



---

# Effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit

Integrale analyse van de resultaten uit de PPS Beter Bodembeheer en een eerste vertaalslag naar praktische boodschappen

Isabella Selin Norén | Daan Verstand & Janjo de Haan



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH

---



---

# Effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit

Integrale analyse van de resultaten uit de PPS Beter Bodembeheer en eerste vertaalslag naar praktische boodschappen

Isabella Selin Norén  
Daan Verstand  
Janjo de Haan

Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door de Stichting Wageningen Research (WR), business unit Open Teelten, in het kader van de PPS Beter Bodembeheer (projectnummer TKI-AF-16064/BO-BO-56-001-005).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Wageningen, januari 2021

---

Rapport WPR-856

---

Selin Norén, I., Verstand, D., de Haan, J., 2021. *Effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit; Integrale analyse van de resultaten uit de PPS Beter Bodembeheer en eerste vertaalslag naar praktische boodschappen*. Wageningen Research, Rapport WPR 856.

Wageningen Research, Rapport WPR 856

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/536510>

Trefwoorden: Bodembeheer, maatregelen, bodemfuncties, adviezen, integrale analyse.

© 2021 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research (WPR), Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AK Lelystad; [www.wur.nl/plant-research](http://www.wur.nl/plant-research).

KvK: 09098104 te Arnhem  
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

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

Rapport WPR-856

Foto omslag: Harry Verstegen, Bodem Kwaliteit op Zand, Vreedepeel.

---

# Inhoud

	<b>Woord vooraf</b>	<b>5</b>
	<b>Samenvatting</b>	<b>7</b>
<b>1</b>	<b>Inleiding en aanleiding</b>	<b>9</b>
	1.1 Aanleiding en doel	9
	1.2 Leeswijzer	9
<b>2</b>	<b>Materiaal en methodiek</b>	<b>11</b>
	2.1 Ondernomen stappen	11
	2.2 Framework effecten van bodemmaatregelen op bodemkwaliteit, bodemfuncties en toepasbaarheid	11
	2.2.1 Bodemkwaliteit	12
	2.2.2 Bodemfuncties	12
	2.2.3 Toepasbaarheid	13
	2.3 Inventarisatie van maatregelen	13
	2.3.1 Systeemprouwen PPS Beter Bodembeheer	13
	2.3.2 Maatregelcategorieën	14
	2.4 Kwalitatieve analyse	14
	2.5 Kwantitatieve analyse	16
	2.6 Adviezen en boodschappen	17
<b>3</b>	<b>Resultaten</b>	<b>19</b>
	3.1 Kwalitatieve analyse	19
	3.2 Kwantitatieve analyse gereduceerde grondbewerking	24
	3.2.1 Productiviteit	24
	3.2.2 Waterregulatie en -zuivering	26
	3.2.3 Recycling van nutriënten	29
	3.2.4 Koolstofvastlegging	30
	3.2.5 Habitat voor biodiversiteit	31
	3.2.6 Toepasbaarheid	32
	3.3 Kwantitatieve analyse organische stofaanvoer	33
	3.3.1 Productiviteit	34
	3.3.2 Waterregulatie en -zuivering	36
	3.3.3 Recycling van nutriënten	38
	3.3.4 Koolstofvastlegging	40
	3.3.5 Habitat voor biodiversiteit	40
	3.3.6 Toepasbaarheid	41
<b>4</b>	<b>Discussie</b>	<b>43</b>
	4.1 Resultaten en boodschappen	43
	4.2 Methodiek	45
	4.3 Kennislacunes	46
<b>5</b>	<b>Conclusies en vervolgstappen</b>	<b>47</b>
	5.1 Conclusie resultaten	47
	5.2 Vervolgstappen	48
	<b>Literatuur</b>	<b>49</b>

---

# Woord vooraf

Dit rapport is een onderdeel van de afronding van de PPS Beter Bodembeheer 2017-2020. De resultaten uit de PPS zijn hier gebundeld en voor zover mogelijk geanalyseerd. Om dat te doen, is een methodiek ontwikkeld die het mogelijk maakt om de effecten van bodemmaatregelen integraal te beoordelen op bodemkwaliteit en bodemfuncties en vervolgens te vertalen naar adviezen en boodschappen. Deze methodiek is in samenspraak met de stuurgroep en andere onderzoekers uit de PPS tot stand gekomen. We willen specifiek Michael van der Schoot en Annet Zweep bedanken voor hun betrokkenheid en aanscherpingen.

Voor het toepassing van de methodiek, waarmee de resultaten van dit rapport tot stand zijn gekomen, waren we sterk afhankelijk van de resultaten van de systeemprouven en de verantwoordelijke collega-onderzoekers die deze proeven uitvoeren. We hebben hen uitvoerig kunnen consulteren, hun data gebruikt en gedurende het gehele project kunnen bevragen over de effecten van de maatregelen in hun proef. We willen Derk van Balen, Wiepie Haagsma, Marie Wesselink, Harry Verstegen, Paulien van Asperen en Johnny Visser daar hartelijk voor bedanken. Zonder hen hadden we deze analyse niet kunnen uitvoeren.



---

# Samenvatting

Dit rapport beschrijft de brede effecten van bodemmaatregelen voor een duurzaam bodembeheer. Hiervoor zijn de maatregelen uit de systeemprouven van de Publiek Private Samenwerking (PPS) Beter Bodembeheer eerst kwalitatief en vervolgens deels kwantitatief geanalyseerd met toepassing van een ontwikkeld framework. Het framework dat ontwikkeld is richt zicht op de volgende drie facetten van bodembeheer en maatregelen.

- Bodemkwaliteitsaspecten: organische stof, fysische-, chemische- en biologische- bodemkwaliteit, grotendeels afgeleid uit de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden Nederland (BLN-indicatorset),
- Bodemfuncties: productiviteit, waterregulatie- en zuivering, recycling van nutriënten, koolstofvastlegging, habitat voor biodiversiteit (volgens de Landmark-systematiek),
- Toepasbaarheidsaspecten van maatregelen: benodigde kennis en kunde, bedrijfsresultaat en arbeid, machine vereisten, toepasbaar en geschikt areaal.

Doel van dit onderzoek is om een compleet beeld te krijgen van hoe maatregelen bijdragen aan duurzaam bodembeheer en hoe er van uit dit beeld boodschappen en adviezen voor de praktijk opgesteld kunnen worden. Dit onderzoek draagt hiermee bij aan de doelstelling in het Nationaal Programma Landbouwbodems waarin beoogd wordt dat alle landbouwbodems in Nederland in 2030 duurzaam beheerd worden.

De kwalitatieve analyse van een zestal maatregelcategorieën is gedaan op alle drie de facetten. Deze maatregelcategorieën zijn: gereduceerde grondbewerking, organische stofaanvoer, groenbemesters, bemesting, grondontsmetting, en combinaties van maatregelen. De analyse resulteert in een wisselend beeld. Positieve, negatieve en neutrale effecten van maatregelen zijn aangetroffen binnen maatregelcategorieën en grondsoorten. Daarnaast zijn een aantal effecten nog onzekerheden of onbekend. De analyse brengt diverse win-wins en trade-offs tussen aspecten naar voren.

De kwantitatieve verdieping is vervolgens uitgevoerd voor bodemfuncties en toepasbaarheidsaspecten bij twee maatregelcategorieën; organische stofaanvoer met de focus op aanvoer van compost en gereduceerde grondbewerking met de focus op niet-kerende grondbewerking (NKG). Hieruit volgt een gedetailleerder beeld van de effecten op bodemfuncties en toepasbaarheid welke voor het formuleren van boodschappen gebruikt kan worden. Dat is samen met betrokken partners en belanghebbende uit de PPS gedaan. Er wordt duidelijk dat NKG op kleigrond een positieve bijdrage levert aan de functies waterregulatie en -zuivering en habitat voor biodiversiteit. Op productie is geen eenduidig effect gevonden. Op zand en dalgrond blijkt juist dat de maatregel een positief effect heeft op productie en recycling van nutriënten en geen effect op waterregulatie en -zuivering. Het effect op koolstofvastlegging is op beide grondsoorten niet eenduidig. Met inachtneming van een aantal toepasbaarheidsvraagstukken, zoals onkruidbeheersing en productiviteit van fijnzadige gewassen, is het een geschikte maatregel voor beter bodembeheer. Voor de maatregel organische stofaanvoer zijn op zowel klei als zandgrond nog een aantal onbekende effecten, zoals op waterregulatie- en zuivering. Er zijn positieve effecten op productiviteit en koolstofvastlegging op beide grondsoorten. Het aanvoeren van extra organische stof, via compost, is een goed toepasbare maatregel behalve dat het kosten met zich mee brengt en de beschikbaarheid van goede kwaliteit compost gering is. Tevens zijn er wettelijke normen rondom het toepassen van organische stof.

Het analyseren van de effecten van maatregelen via het opgestelde framework is een geschikte aanpak gebleken die ook ondersteund werd door de betrokkenen van de PPS. Het opstellen van boodschappen vanuit systeemprouffresultaten vraagt nog meer aandacht, omdat er onzekerheden en onbekende effecten meespelen, zoals het opschalen van effecten vanuit een proef naar praktijk en het optellen van losse effecten van losse maatregelen naar systeemniveau. Dat is iets waar in het vervolg van deze PPS, samen met partners, uitgebreid aan gewerkt zal gaan worden. Tevens zal daar ook voor andere maatregelcategorieën een vergelijkbare analyse gedaan worden, om zo een uitgebreider overzicht op te kunnen stellen van de bijdrage van maatregelen op duurzaam bodembeheer.





---

# 1 Inleiding en aanleiding

## 1.1 Aanleiding en doel

*'Mijn streefbeeld is dat in 2030 alle Nederlandse landbouwbodems duurzaam worden beheerd, zodat de bodem optimaal kan functioneren en de kwaliteit zo hoog mogelijk is en blijft voor volgende generaties'* (LNV, 2018, p. 2), aldus de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.

Om dit streefbeeld te realiseren, is het belangrijk dat er helder is wat bijdraagt aan duurzaam bodembeheer en wat niet. Daarvoor zijn de resultaten uit de PPS-en over bodembeheer uiterst bruikbaar. In de PPS Beter Bodembeheer (2017-2020) en haar voorganger de PPS Duurzame Bodem (2013-2016) is uitgebreid onderzoek gedaan naar de effecten van diverse maatregelen op de bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten op verschillende grondsoorten in Nederland. Tot nu toe is, naast de vele en diverse deelrapporten en publicaties, alleen een korte overall samenvatting van de resultaten van de PPS Duurzame Bodem gemaakt. In 2020 loopt de PPS Beter Bodembeheer af en daarom is een project gestart om 1) een integraal totaaloverzicht te geven van wat de stand van kennis is van effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties, 2) concrete adviezen hieruit af te leiden voor praktijk en beleid, 3) aan te geven waar nog witte vlekken voor onderzoek aanwezig zijn, en 4) deze resultaten te communiceren naar een brede doelgroep. Dit rapport geeft een overzicht van de resultaten van dit project in 2020 voor de onderdelen 1-3.

De resultaten van deze integrale synthese zijn opgesteld op basis van de kennis uit de PPS Beter Bodembeheer en aanverwante projecten. De integrale synthese kan benut worden om het doel uit het Nationaal Programma Landbouwbodems dat alle landbouwbodems in 2030 duurzaam beheerd worden te realiseren.

## 1.2 Leeswijzer

Na deze introductie worden in hoofdstuk 0 de gebruikte materialen en methodieken toegelicht. Daar wordt het framework voor analyse gepresenteerd. Vervolgens worden eerst de kwalitatieve resultaten van deze analyse getoond (hoofdstuk 3.1), gevolgd door de diepgaandere kwantitatieve resultaten voor de maatregelen *gereduceerde grondbewerking* en *organische stofaanvoer* (hoofdstukken 3.2 en 3.3). Deze resultaten worden besproken in hoofdstuk 4 waar eerst adviezen en boodschappen vanuit de resultaten zijn opgesteld en ook de methodiek wordt geëvalueerd. Hoofdstuk 5 sluit af met de conclusies die getrokken kunnen worden. Tevens worden daar vervolgstappen voorgesteld.



---

## 2 Materiaal en methodiek

In dit hoofdstuk wordt de aanpak van het onderzoek toegelicht. Dat wordt gedaan aan de hand van de ondernomen stappen. Daarin wordt het opgestelde framework toegelicht en uitgelegd hoe en met welke data dat framework is ingevuld in een kwalitatieve analyse, gevolgd door een kwantitatieve onderbouwing. Tot slot wordt ingegaan op hoe de resultaten gebruikt zijn om tot adviezen en boodschappen te komen.

### 2.1 Ondernomen stappen

Dit project brengt de effecten tot op heden bekend, van maatregelen en toepasbaarheidsaspecten vanuit de vier systeemprouwen bij elkaar in afweging met resultaten uit andere projecten en literatuur om vervolgens samen met betrokkenen lessen en boodschappen hieruit te halen om duurzaam bodembeheer binnen handbereik te brengen. De aanpak is omschreven in de volgende stappen:

1. Uitwerken van framework om duurzaamheid van bodems inzichtelijk te maken.
2. Inventarisatie van maatregelen. Hierbij ligt de focus op de maatregelen die onderzocht worden in de systeemprouwen van de PPS.
3. Kwalitatief beeld op hoofdlijnen van de effecten van maatregelen op bodemkwaliteit en bodemfuncties op basis van interviews met de proefveldhouders.
4. Voorleggen en bespreken van resultaten uit stap 3 aan onderzoekers en partners in de PPS.
5. Uitwerking van hoofdlijnen: kwantificering en verdere onderbouwing van de effecten.
6. Workshop om resultaten uit stap 5 te bespreken. Doel hiervan is het aanscherpen van resultaten en bespreken van conclusies en adviezen naar praktijk en beleid op basis van resultaten.
7. Samenstellen rapportage en opstellen adviezen.

Op basis van de resultaten uit deze studie zijn animaties gemaakt over niet-kerende grondbewerking en organische stof en twee pagina's opgenomen in de tweede editie van het Beter Bodembeheer Magazine (PPS Beter Bodembeheer, 2020).

### 2.2 Framework effecten van bodemmaatregelen op bodemkwaliteit, bodemfuncties en toepasbaarheid

Om inzicht te krijgen in het effect van bodemmaatregelen op de bodem bestaan meerdere invalshoeken. Ten eerste de bodemkwaliteitsaspecten en bijbehorende indicatoren die zich richten op karakteristieken van de bodem. Deze geven een wat abstract beeld van de bodem, zoals de zuurgraad, de organische stofhoeveelheid en de schimmelbiomassa. Een goede score op deze indicatoren leidt tot een hoge bodemkwaliteit. De vraag is echter *bodemkwaliteit waarvoor?* Daarom wordt in de tweede optie gefocust op de uitkomsten en prestaties van de bodem; de bodemfuncties. Als de bodem hoge prestaties levert op de bodemfuncties, kan ervanuit gegaan worden dat de bodem in goede staat is, op de korte en de lange termijn. Onderliggend aan deze functies liggen ook indicatoren, die vaak overeenkomen met die van de bodemkwaliteitsaspecten. Maatregelen komen bij beide invalshoeken in beeld als er doelgericht gewerkt moet worden aan de bodem en het duurzame gebruik ervan. De implementatie van de juiste maatregel(en) kan dan leiden tot een verbetering van de bodemkwaliteit of/ en de bodemfuncties. De vraag is echter, wat is het effect van een maatregel? Zijn er afwentelingseffecten op andere aspecten of functies? Vanuit het boerenperspectief is het ook belangrijk om een idee te krijgen van de toepasbaarheid van een maatregel. Daar komen de kosten en uitvoerbaarheid van de maatregel naar voren, die naast het effect op de aspecten of functies ook bepalend zijn of de maatregel toegepast wordt.

Onze analyse in dit rapport is gebaseerd op de effecten van maatregelen op bodemkwaliteitsaspecten en bodemfuncties van maatregelen die in de vier systeemprouven aanwezig zijn. We zijn voor een goed oordeel echter afhankelijk van wat er allemaal gemeten is in die proeven. Niet alle benodigde data waren up-to-date en niet alle indicatoren waren gemeten in alle proeven bij het uitvoeren van dit onderzoek. Bij het beschikbaar komen van nieuwe resultaten en metingen betekend dat dus dat onze resultaten later bijgesteld of aangescherpt kunnen worden door dit voortschrijdende inzicht. De beoordelingen die nu gemaakt zijn is gebaseerd op dat wat er tot de eerste helft van 2020 bekend en gemeten is. Een voordeel van deze aanpak is dat helder wat welke kenmerken nog niet bekend of uitgewerkt zijn, wat een goede input is voor vervolgonderzoek.

Hieronder worden de bodemkwaliteit, bodemfuncties en toepasbaarheidsaspecten nader verklaard en worden de door ons geselecteerde onderliggende indicatoren gepresenteerd die als basis van de analyse dienen.

### 2.2.1 Bodemkwaliteit

**Bodemkwaliteit** is opgesplitst in vier aspecten, welke weer uiteenvallen in losse indicatoren die gebaseerd zijn op de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden Nederland (BLN)-indicatoren set (Hanegraaf, van den Elsen, de Haan, & Visser, 2019). In enkele gevallen zijn er aanpassingen geweest aan deze indicatorenlijst. Bij organische stof is 'Stabiele fractie organische stof' niet meegenomen in deze analyse omdat deze indicator niet gemeten is. Bij bodemfysische indicatoren is de 'Textuur' niet meegenomen omdat die niet beïnvloedbaar is en dus niet geschikt voor evaluatie van de maatregelen. Bij bodemchemische indicatoren is 'Sporenelementen' toegevoegd omdat dit een relevante indicator is voor de evaluatie van enkele maatregelen in de proeven. Bij bodembioologische indicatoren is de indicator voor aaltjes opgesplitst in 'Aaltjesdiversiteit en aantallen' en 'Plantparasitaire aaltjes' voor de evaluatie. 'Pathogene bodemschimmels' is toegevoegd omdat die relevant is om enkele maatregelen te evalueren. 'Plaagdruk' en 'Onkruid aantallen' zijn toegevoegd bij bodembioologisch als teeltgegevens die belangrijk zijn voor het evalueren van effecten van de maatregelen. Hieronder staan de aspecten en indicatoren voor deze analyse genoemd (**Tabel 1**).

**Tabel 1.** De aspecten van bodemkwaliteit en de bijbehorende indicatoren. Indicatoren die niet opgenomen zijn in de BLN indicatorset maar wel in deze analyse zijn bekeken worden in groen aangegeven.

Organische stof	Bodemfysisch	Bodemchemisch	Bodembioologisch
Organische stofhoeveelheid	Watervasthoudend vermogen	Zuurgraad	Aaltjesdiversiteit en aantallen
Organische stofkwaliteit - Heet water extraheerbare koolstof (HWC)	Bodemaggregaten	N-totaal	Plantparasitaire aaltjes
	Droge bulkdichtheid	Potentieel mineraliseerbare stikstof	Bacteriële biomassa
	Indringingsweerstand	Fosfaatstatus	Schimmelbiomassa
		Kalistatus	Regenwormen – aantallen en diversiteit
		Sporenelementen	Pathogene bodemschimmels
			Plaagdruk
			Onkruid aantallen

### 2.2.2 Bodemfuncties

De bodemfuncties bestaan uit de vijf functies die bodems vervullen. We volgen hierbij de indeling van het LANDMARK project (LANDMARK, 2015). Bodemfuncties zijn eigenlijk de prestaties van de bodem die nuttig zijn voor boer en maatschappij (Schulte et al., 2014). Ze zijn een stuk concreter en minder abstract dan de bodemkwaliteitsaspecten en BLN-indicatoren. Om echter een indruk te krijgen van de bodemfuncties, zijn de bodemfuncties voor deze analyse vertaald naar een aantal indicatoren en zo nodig onderliggende indicatoren daarvan.

De vijf **bodemfuncties** en gebruikte indicatoren zijn weergegeven in **Tabel 2**.



**Tabel 2.** De bodemfuncties, hun indicatoren en zo nodig onderliggende indicatoren.

Bodemfunctie	Indicator	Onderliggende indicator(en)
<b>Productiviteit</b>	Productiehoeveelheid	
	Productkwaliteit	
<b>Waterregulatie en -zuivering</b>	Klimaatadaptatie; vochtbehouding en waterinfiltratie en -afvoer	Aggregaatstabiliteit Indringingweerstand (MPa) Structuurbeoordeling
	Waterkwaliteit	N-min najaar N-uitspoeling
<b>Recycling van nutriënten</b>	N-, P-, K-overschotten	
	Nutriëntenefficiëntie (afvoer vs. aanvoer)	
	Aandeel N, P, K uit organische meststoffen	
<b>Koolstofvastlegging</b>	Organische stof/koolstof in de bodem	
<b>Habitat voor biodiversiteit</b>	Voor zover beschikbaar; aantallen en diversiteit van vogels, insecten en bodemleven	

### 2.2.3 Toepasbaarheid

Tot slot is de praktische **toepasbaarheid** van maatregelen beoordeeld, aan de hand van de volgende onderwerpen.

- Behoeft aan kennis en kunde bij implementatie en uitvoering van de maatregel
- Bedrijfsresultaat en arbeid (kosten, baten, effecten op gewasopbrengst)
- Inzet van machines en werktuigen
- Toepasbaar areaal van de maatregel over de landbouwbodems van Nederland

## 2.3 Inventarisatie van maatregelen

Om het framework toe te kunnen passen, zijn de systeemprouven uit de PPS Beterbodembeheer gebruikt. Daarin wordt met verschillende bodemmaatregelen geëxperimenteerd. Eerst worden de systeemprouven toegelicht en daarna wordt ingegaan op gebruikte maatregelen.

### 2.3.1 Systeemprouven PPS Beter Bodembeheer

Om de doelstelling van duurzaam beheerde bodems in 2030 te behalen, is het belangrijk om te weten welke teelt- en bodemmaatregelen welk effect hebben op de verschillende aspecten van de bodem. Om te komen tot een algemeen beeld wat goed is voor de duurzaamheid van de bodem, zullen de losse effecten van maatregelen op bepaalde aspecten van bodembeheer geaggregeerd moeten worden. Maar eerst is het zaak om de losse effecten goed op een rij te hebben staan. De resultaten uit de vier systeemprouven van de PPS Beter Bodembeheer zijn daarvoor als leidraad gekozen, maar dat is ook aangevuld met relevante literatuur en resultaten uit andere programma's, zoals Slim Landgebruik. De vier systeemprouven die zijn benut zijn:

- BASIS (Broekmahoeve Applied Soil Innovation Systems), zavelgrond, in Lelystad. In BASIS licht de nadruk sinds de start in 2009 op grondbewerking varianten binnen een biologische en een gangbare rotatie. Daarnaast worden er geëxperimenteerd met organische stofaanvoer en rijpaden systemen (Crittenden, Poot, Heinen, van Balen, & Pulleman, 2015; Hoek et al., 2019; PPS Beter Bodembeheer, 2017).
- Bodemkwaliteit Veenkoloniën (BKV), dalgrond, in Valthermond. In BKV wordt sinds 2013 gemikt op het verbeteren van de opbrengsten en ecosysteemdiensten van de bodem. Maatregelen die worden vergeleken met de referentie zijn: Niet kerende grondbewerking, tagetes in de rotatie, compost aanvoer, toepassing van de Albrecht-methode om de verhouding Ca-Mg aan te passen, steenmeel toepassing en een combinatie van deze maatregelen (de Haan et al., 2020; PPS Beter Bodembeheer, 2017).
- Bodemkwaliteit op Zand (BKZ), zandgrond, in Vredepeel. In BKZ is het de bedoeling om inzicht te krijgen op de effecten van organische stofbeheer en grondbewerking op

---

opbrengsten, nitraatuitspoeling en bodemkwaliteit. Sinds 2001 liggen er drie bedrijfssystemen naast elkaar: STANDAARD met gangbare aanvoer van organische stof, LAAG waar geen organische stof wordt aangevoerd via mest maar enkel via kunstmest, mineralen concentraat en spuiwater, BIOLOGISCH met een biologische bedrijfsvoering en een hoge organische stofaanvoer via vaste rundermest en runderdrijfmest. In 2011 is elk van de percelen binnen de behandelingen gesplitst in een deel dat geploegd wordt en een deel dat niet kerende bewerkt wordt (NKG). Daarnaast zijn op twee percelen per bedrijfssysteem 4 plots met extra compost aanvoer aangelegd. (de Haan et al., 2018b, 2018a; PPS Beter Bodembeheer, 2017). BKZ heeft als enige proef geen herhalingen binnen de percelen behalve voor compostaanvoer, het is dus in deze proef lastiger om statistisch significante effecten aan te tonen.

- Bodemgezondheidsproef, zandgrond, in Vredepeel. Deze proef is sinds 2006 gericht op het verbeteren van de bodemgezondheid en bodemweerbaarheid in biologische en geïntegreerde teeltsystemen. Er liggen varianten met de toepassing van organische bemesting of kunstmest en mét of zonder chemische gewasbescherming (Martínez-García, Korthals, Brussaard, Jørgensen, & De Deyn, 2018; PPS Beter Bodembeheer, 2017). Er wordt gewerkt met zogenoemde 'Best practice' en 'Bood practice'. De 'Good practice' wordt gezien als referentie situatie en de 'Best practice' probeert dit te optimaliseren.

### 2.3.2 Maatregelcategorieën

Bovenstaande aspecten, functies en toepasbaarheid zijn voor een aantal maatregelcategorieën in kaart gebracht. Deze categorieën volgen de opzetten van de vier systeemprouven. De maatregelcategorieën zijn:

- Grondbewerking
- Organische stofaanvoer
- Grondontsmetting
- Groenbemesters
- Bemesting
- Combinaties van bovenstaande, voor zover beschikbaar.

Elk van deze categorieën bestaan uit een aantal individuele maatregelen die in een bepaalde systeemprouf vergeleken worden met een referentiesituatie. De referentie is de huidige praktijksituatie in de regio van de systeemprouf. Zo valt onder grondbewerking bijvoorbeeld de maatregel *niet-kerende grondbewerking* ten opzichte van *kerende grondbewerking* (ploegen), of onder organische stofaanvoer *compostgiften* ten opzichte van een referentie *bemesting zonder aanvullende compost*.

Voor elk van deze individuele maatregelen kan aangegeven worden, voor zover bekend, hoe ze ten opzichte van de referentiesituatie scoren op de bodemkwaliteitsaspecten, bodemfuncties en in hoeverre ze toepasbaar zijn. De precieze individuele maatregelen en de analyse wordt nader benoemd toegelicht in paragraaf 2.4 en 2.5.

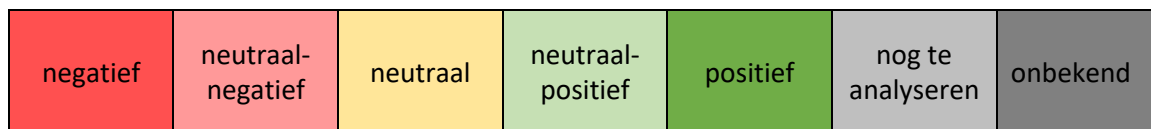
## 2.4 Kwalitatieve analyse

De effecten van individuele maatregelen uit de systeemprouven zijn in eerste instantie op kwalitatieve manier gescoord op de bodemkwaliteitsaspecten en bodemfuncties. Daarbij gaat het om wat het effect op deze indicatoren is als de maatregel wordt vergeleken met de referentie situatie. Dat is gedaan door experts te interviewen die nauw betrokken zijn bij de systeemprouf. Daarbij is ook aangegeven hoe onderbouwd het effect is; is het gemeten en statistisch significant? Of gaat het om een trend/visuele waarnemen? Grashof-Bokdam et al. (2018) hebben een vergelijkbare analyse gedaan maar dan op ecosysteemdiensten.

Voor een overzicht van de precieze, individuele maatregelen zie de tabellen in bijlage 1.

### Beoordeling van de maatregelen

Elke indicator is voorzien van een score die tijdens de interviews met de proefhouders zijn toegekend. Het effect van de specifieke maatregel weergeeft is als volgt gescoord.



**Figuur 1.** Beoordelingskader van de effecten van maatregelen op een indicator

Een negatief toegekende score, betekend een verslechtering van de situatie. Dus als een maatregel de *organische stof hoeveelheid* sterk vermindert in vergelijking met de referentie, wordt een felrode kleur toegekend. Dezelfde kleur wordt toegekend als de parasitaire aaltjes vermeerderden (verslechtering van de situatie). Er is geen objectieve grens tussen deze twee klassen. Hetzelfde geldt voor de grens tussen neutraal-positief en positief. Een felgroene score betekend een aanzienlijke verbetering van de situatie als gevolg van het effect van de maatregel. Een neutraal effect betekent dat het effect onderzocht is, maar dat de maatregel geen effect heeft. Met het licht grijze vlak *nog te analyseren* wordt bedoeld dat er gegevens over een effect beschikbaar zijn, maar dat het effect nog onvoldoende geanalyseerd is om tot een uitspraak te komen. Een deel van deze analyses zal nog uitgevoerd moeten gaan worden. Het donkergrijze vlak *onbekend* geeft aan dat er niks bekend is en geen data beschikbaar zijn over het effect.

Voor de effecten van negatief tot en met positief is ook aangegeven of het effect goed onderbouwd is, of dat het een kwalitatieve inschatting blijft op basis van expert kennis of visuele waarneming, of er onvoldoende metingen gedaan zijn om een kwantitatieve onderbouwing op te stellen.

● = effect goed onderbouwd met statistische analyse	○ = trend, visueel, kwalitatief
---	---------------------------------

### Conclusie per maatregelcategorie

De effecten van individuele maatregelen zijn samengevat en geaggregeerd naar maatregelcategorie-niveau. Dat is per grondsoort (klei en zand + dalgrond) gedaan. Hierin zijn de toegekende scores van losse maatregelen samengenomen om tot een overzicht te komen in de trant van: wat is het effect van de grondbewerkingsmaatregelen tezamen op bijvoorbeeld de bodemfunctie *koolstofvastlegging*.

### Toepasbaarheidsaspecten

De toepasbaarheid van een maatregel is gescoord en ingeschat door de betrokken experts van de systeemproeven.

Voor kennis en kunde zijn de klassen *klein, matig, groot, uitbestedbaar* opgesteld. De uitvoer van sommige maatregelen kan worden uitbested, waardoor kennis en kunde voor de boer zelf verwaarloosbaar is. Hier staan echter wel kosten tegenover, voor de loonwerker bijvoorbeeld.

Voor bedrijfsresultaat en arbeid is dezelfde scoring gebruikt als bij de bodemindicatoren. Een positieve score (groene kleur) betekend dat de maatregel kostenbesparingen, minder arbeid of hogere opbrengsten dan de referentie met zich meebrengen. Resultaten zijn ook gebaseerd op de Wolf et al., (2019).

Bij behoefte voor aanpassing of aanschaf van machines is enkel ja of nee gescoord. Ja betekend dat er aanpassingen nodig zijn of dat er een nieuwe machine aangeschaft dient te worden ter uitvoering van de maatregel. Nee dat de maatregel met het huidige machinepark op een representatief akkerbouwbedrijf uitgevoerd kan worden.

Het toepasbaar areaal van de maatregel is een expert inschatting en wordt uitgedrukt als een % van het areaal in de desbetreffende akkerbouwregio nabij de systeemproof.

### Bundeling effecten

---

De resultaten van deze kwalitatieve beoordeling zijn verzameld in een Excelbestand, dat opgedeeld is in drie tabbladen (en één voor de legenda) waarop de effecten van maatregelen wordt weergegeven:

- Bodemkwaliteit
- Bodemfuncties
- Toepasbaarheid

Verschillende maatregelcategorieën zijn geanalyseerd. Deze categorieën bestaan uit losse individuele maatregelen zoals uitgevoerd in de systeemprouven. De structuur van het Excel bestand is als volgt (zie bijlage 1): De maatregelen zijn in de tabbladen gescoord op aspecten en indicatoren van de drie hoofdthema's bodemkwaliteit, bodemfuncties en toepasbaarheid. Deze zijn vervolgens opgedeeld in 4 bodemkwaliteitsaspecten, 5 bodemfuncties en de toepasbaarheidscriteria. De aspecten zijn beoordeeld doormiddel van één of een aantal meetbare indicatoren, zoals beschreven in hoofdstuk 2.2.

Een voorbeeld:

- Thema: *Bodemkwaliteit*
  - Aspect: *Organische stof*
    - Indicator: *Organische stofhoeveelheid*

## 2.5 Kwantitatieve analyse

De kwalitatieve resultaten zijn in het voorjaar van 2020 bij betrokken en partners van de PPS Beter Bodembeheer voorgelegd met de vraag om een prioritering aan te brengen op bepaalde maatregelcategorieën en aspecten of functies van de bodem. Dat is gedaan doormiddel van een google-form, omdat een fysieke bijeenkomst door Corona-maatregelen niet mogelijk was.

Voor de twee maatregelcategorieën met de hoogste prioriteit uit de rondvraag is een uitgebreide kwantitatieve onderbouwing van de effecten gedaan op de vijf bodemfuncties doormiddel van de uitwerking van effecten op indicatoren en onderliggende indicatoren uit **Tabel 2**.

Vanuit de eerste consultatieronde onder betrokkenen en partners van de PPS Beter Bodembeheer bleek dat de meeste prioriteit werd gegeven aan de maatregelcategorieën gereduceerde grondbewerking en organische stofaanvoer is (zie verslag in bijlage 2). Er is besloten om de verdere uitwerking te doen op de effecten van maatregelen op de bodemfuncties. De bodemfuncties zijn immers de hoofddoelen voor de boer en beleid, zoals productie, kringlooplandbouw, biodiversiteit en koolstofvastlegging. Daarnaast geven de bodemfuncties in grote lijnen de bodemkwaliteitsaspecten weer en kan een toename in bodemfuncties worden verklaard door een verbeterde bodemkwaliteit.

Input voor de kwantitatieve onderbouwing zijn de metingen aan de maatregelen en de referenties uit de systeemprouven. Net als bij de kwalitatieve verkenning, wordt hier ook per grondsoort een uitwerking van de score gemaakt, waarbij klei gebaseerd is op BASIS, zand op BKZ en BDGZ en dalgrond op BKV. **Tabel 3** toont de individuele maatregelen die zijn geanalyseerd voor gereduceerde grondbewerking en organische stofaanvoer.

**Tabel 3.** Overzicht van de maatregelen met betrekking tot grondbewerking en organische stof aanvoer die besproken worden in de kwantitatieve analyse. De laatste kolom geeft de codering weer die gebruikt wordt bij de tabellen met samenvattingen van de resultaten.

Maatregel	Productie-wijze	Maatregel	Proef	Indeling in 'Samenvatting resultaten'
<b>Grondbewerking</b>				
NKG vs. ploegen	gangbaar	NKG met vaste tand en diepwoeler vs. ploegen 25 cm	BKZ	Zand
	Bio	NKG met vaste tand en diepwoeler vs. ploegen 25 cm	BKZ	
NKG met woelen vs. ploegen (tussenvorm)	gangbaar	NKG met jaarlijks woelen tot 25 cm vs. ploegen 25 cm	BASIS	Klei - gangbaar
	bio	NKG met jaarlijks woelen tot 25 cm vs. ploegen 25 cm	BASIS	Klei - biologisch
NKG zonder woelen vs. ploegen (minimaal)	gangbaar	NKG zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs. ploegen 25 cm	BASIS	Klei - gangbaar
	bio	NKG zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs. ploegen 25 cm	BASIS	Klei - biologisch
NKG vs. spitten	gangbaar	NKG met vaste tand en diepwoeler vs. spitten 25 cm	BKV	Dalgrond
<b>Organische stof</b>				
Geen gebruik dierlijke mest	gangbaar	LAAG: (negatieve maatregel) kunstmest, spuiwater, mineralenconcentraat i.p.v. dierlijke mest (STANDAARD)	BKZ	Zand - LAAG
Extra compost	gangbaar	Groencompost gemiddeld 15 ton/ha/jaar, in systeem LAAG (geen o.s. met mest)	BKZ	Zand - Compost
		Groencompost gemiddeld 15 ton/ha/jaar, in systeem STANDAARD (normale organische stofaanvoer met mest)		
	biologisch	Groencompost gemiddeld 15 ton/ha/jaar		
	gangbaar	Natuurcompost 50 ton/ha, eenmalig, GP	BDGZ	Zand - Compost eenmalig
	biologisch	Natuurcompost 50 ton/ha, eenmalig, GP		
	gangbaar	Compost 20-40 ton/ha/jaar	BASIS	Klei - Compost
gangbaar	Groencompost 15 ton/ha/jaar	BKV	Dalgrond - Compost	

Per maatregelcategorie is eerst de hypothese van het effect van de maatregel op de desbetreffende bodemfunctie of indicator toegelicht. Die hypothese is opgesteld doormiddel van het gebruik van relevante literatuur. Vervolgens wordt het effect uit de kwalitatieve analyse nader onderbouwd. Het effect op de bodemfunctie of indicator wordt samengevat, nader toegelicht en onderbouwd door middel van beschikbare data van individuele maatregelen in de systeemprouven.

Het kan voorkomen dat er kleine verschillen zitten tussen de score (toegekende kleur) uit de kwalitatieve en kwantitatieve analyse, doordat er nieuwe gegevens gaandeweg beschikbaar zijn gekomen of dat blijkt dat de kwantitatieve data de kwalitatieve score niet goed onderbouwen. Tot slot wordt per maatregel ingegaan op discussiepunten waarin gereflecteerd wordt op de resultaten en de hypothese en worden punten voor vervolgonderzoek genoemd. Per maatregel worden ook toepasbaarheidspunten genoemd.

Een aantal bodemfuncties vallen uiteen in meerdere aspecten waarop een score en onderbouwing gemaakt wordt. Hierbij is de indeling uit de kwalitatieve inventarisatie van effecten leidend. Zo valt de bodemfunctie waterregulatie en -zuivering uiteen in waterhuishouding én waterkwaliteit, met dus beide ook een samenvattende score en kwantitatieve onderbouwing.

## 2.6 Adviezen en boodschappen

Vanuit de resultaten van de kwantitatieve analyse is getracht adviezen en boodschappen te formuleren voor de boerenpraktijk. Een eerste stap daarvoor is gezet in een workshop in september 2020 met betrokkenen (grotendeels dezelfde als in de eerder rondvraag na de kwalitatieve analyse, zie bijlage 3). In de workshop zijn de resultaten rond een maatregelcategorie en grondsoort besproken om een vertaalslag van resultaat naar advies te kunnen maken. Met de input vanuit de workshop is een eerste aanzet gemaakt voor boodschappen die naar boeren gecommuniceerd kunnen worden, met als uiteindelijke doel om duurzaam bodembeheer inzichtelijk en haalbaar te maken.





---

## 3 Resultaten

De resultaten zijn opgedeeld in een weergave van de kwalitatieve analyse, die gedaan is in het begin van 2020, en de kwantitatieve analyse, die in de zomer en het najaar van 2020 is uitgevoerd. Door voortschrijdend inzicht gedurende het onderzoek kunnen er verschillen zijn ontstaan tussen het effect van maatregelen zoals dat gevonden is in de kwalitatieve en kwantitatieve analyse. Dit kan ook omdat meer data gebruikt werd in de kwantitatieve analyse waardoor de conclusie aangepast moest worden. De kwalitatieve analyse richtte zich op alle maatregelcategorieën en alle thema's, terwijl de kwantitatieve analyse inzoomt op de effecten van de maatregelen 'gereduceerde grondbewerking' en 'organische stofaanvoer' op de vijf bodemfuncties en toepasbaarheid van de maatregel.

### 3.1 Kwalitatieve analyse

#### Resultaten

De drie genoemde Excel-tabbladen met alle resultaten van alle individuele maatregelen zijn in bijlage 1 volledig te vinden. De resultaten in deze tabbladen zijn op basis van gesprekken met de systeemproefhouders in het voorjaar van 2020. Later in 2020 werd in de kwantitatieve analyse dieper gekeken naar de achterliggende data.

**Tabel 4, 5 en 6** zijn de samenvattende tabellen per maatregelcategorie en grondsoort van de drie tabbladen (bodemfuncties, toepasbaarheid en bodemkwaliteit). Deze resultaten worden hier kort toegelicht.

Gereduceerde grondbewerking: Gereduceerde grondbewerking en niet kerende grondbewerking heeft variabele resultaten op productiehoeveelheid en productkwaliteit. De effecten op erosie zijn tevens ook variabel. Voor water-regulatie en zuivering, koolstofvastlegging en habitat voor biodiversiteit worden positieve effecten genoemd en gezien op klei. De totale stikstofhoeveelheid in de bodem wordt sterk verhoogd op klei en de bodemfysische parameters verbeteren. Onkruiddruk wordt op alle grondsoorten hoger. De toepasbaarheid van gereduceerde grondbewerking is goed, maar is iets beter op zand en dalgrond dan op klei. Dit wordt ook teruggezien in het bedrijfsresultaat. Het effect op arbeidsbehoefte verschilt voor bio, gangbaar en de grondsoorten.

Organische stofaanvoer: De maatregel organische stofaanvoer betreft het gebruik van compost. Op klei zijn er weinig beschikbare resultaten. Op zand zijn de effecten op bodemfuncties klein, behalve licht positieve effecten op productiehoeveelheid. Voor de bodemkwaliteitsparameters zijn de effecten neutraal tot licht positief. De toepasbaarheid is redelijk laag in verband met de beperkte beschikbaarheid van compost. Verder is het een makkelijke maatregel om toe te passen. Het kan een positief tot negatief effect hebben op het bedrijfsresultaat afhankelijk van de uitgangssituatie.

Grondontsmetting: Anaerobe grondonzmetting en natte grondonzmetting (gangbare versie en biologische versie) hebben positieve effecten op de productie doordat er minder plant-parasitaire aaltjes zijn. Daarnaast is de teelt van tagetes goed tegen bestrijding van het wortellesieaaltje. Voor de effecten op de andere bodemfuncties waren geen resultaten af te leiden. Effecten van de maatregelen op parasitaire aaltjes en schimmels variëren soms per soort of soortgroep. Het zijn over het algemeen dure maatregelen met een lage toepasbaarheid.

Groenbemesters: Het toepassen van groenbemesters heeft op klei positieve effecten op erosie, klimaatadaptatie en biodiversiteit. De andere resultaten op klei zijn nog niet geanalyseerd. Op zand zijn neutrale tot positieve effecten te zien op productiehoeveelheid en productkwaliteit, positieve effecten op klimaatadaptatie met geen of onbekende effecten op de andere bodemfuncties. Bodemkwaliteitsparameters worden neutraal tot positief beïnvloed. De toepasbaarheid van groenbemesters is goed op klei maar relatief laag op zand in verband met aaltjespopulaties. Het effect

---

op het bedrijfsresultaat op klei is niet beschikbaar maar is licht positief tot sterk negatief op zand en dalgrond.

Bemesting: Bemestingsmaatregelen toonde neutraal-positieve effecten op producthoeveelheid en neutraal-negatieve effecten op productkwaliteit. De nutriëntenoverschotten namen toe. Omdat de maatregelen erg duur zijn is de toepasbaarheid laag en het bedrijfsresultaat slecht.

Hieronder nogmaals de legenda van de toegekende scores die maatregelen hebben op de criteria (**Figuur 2**).

negatief	neutraal-negatief	neutraal	neutraal-positief	positief	nog te analyseren	onbekend
----------	-------------------	----------	-------------------	----------	-------------------	----------

**Figuur 2.** Beoordelingskader van de effecten van maatregelen op een indicator.

**Tabel 4.** Samenvattende tabel uit de kwalitatieve analyse van de effecten van maatregelen op bodemfuncties.

Maatregel	Grondsoort	Productiviteit			Waterregulatie- en zuivering			Koolstof- vastlegging	Habitat voor biodiversiteit	Recycling van nutrieten	
		Productiehoeveelheid	Product- kwaliteit	Bodemvorm- ing en erosie- beheersing	Klimaat- adaptatie/ weerbaar- heid	Water-kwaliteit (uitspoeling N)	Water- kwantiteit eg. irrigatie- behoefte			Nmin najaar (na oogst)	Overschotten NPK
Gereduceerde grondbewerking	Klei	- fijnzadige gewassen 0/+ overige gewassen									
	Zand en dalgrond	0 zand + dalgrond	- zand + dalgrond	- zand + dalgrond							
Organische stofaanvoer	Klei										
	Zand en dalgrond										
Grondontsmetting	Zand en dalgrond										
Groenbemesters	Klei										
	Zand en dalgrond										
Bemesting	Zand en dalgrond										

**Tabel 5.** Samenvattende tabel uit de kwalitatieve analyse van de maatregelen en toepasbaarheidsaspecten.

Maatregel	Grondsoort	Behoeftte kennis en kunde boer	Bedrijfs- resultaat	Arbeid	Mechanisatie aanpassen of kopen?	Welk areaal technisch toepasbaar in regio (%)
Gereduceerde grondbewerking	Klei	Groot		+ gangbaar - biologisch	Ja	60-100% 10-60% bio
	Zand en dalgrond	Matig		- zand 0 dalgrond	Ja	60-100%
Organische stofaanvoer	Klei	Compost - laag Maaimeststof - hoog			Nee	0-60%
	Zand en dalgrond	Laag			Nee	0-10%
Grondontsmetting	Zand en dalgrond	Uitbesteedbaar			Nee	0-10%
Groenbemesters	Klei	Matig			Nee	60-100%
	Zand en dalgrond	Laag/Matig			Tagetes - ja Andere soorten - nee	10-100%
Bemesting	Zand en dalgrond	Laag/matig			Nee	60-100%

**Tabel 6.** Samenvattende tabellen van de effecten van maatregelen op bodemkwaliteitsparameters uit de kwalitatieve analyse.

Maatregel	Grondsoort	Organische stof		Bodemchemisch					
		OS hoeveelheid	OS kwaliteit - HWC	Zuurgraad	N-totaal	Potentieel mineraliseerbare stikstof	Fosfaatstatus eg. Pw	Kalistatus	Micronutriënten en mineralen
Gereduceerde grondbewerking	Klei								
	Zand en dalgrond								
Organische stofaanvoer	Klei								
	Zand en dalgrond								
Grondontsmetting	Zand en dalgrond								
Groenbemesters	Klei								
	Zand en dalgrond								
Bemesting	Zand en dalgrond								

Maatregel	Grondsoort	Bodemfysisch			Bodembiologisch							
		Watervasthoudend vermogen	Bodemaggregaten	Verdichting	Parasitaire aaltjes	Pathogene bodemschimmels	Plagdruk	Onkruid-aantallen	Aaltjesdiversiteit en aantallen	Bacteriebiomassa	Schimmelbiomassa	Regenwormen aantallen en diversiteit
Gereduceerde grondbewerking	Klei											
	Zand en dalgrond											
Organische stofaanvoer	Klei											
	Zand en dalgrond											
Grondontsmetting	Zand en dalgrond											
Groenbemesters	Klei											
	Zand en dalgrond											
Bemesting	Zand en dalgrond											





## 3.2 Kwantitatieve analyse gereduceerde grondbewerking

Hieronder wordt in detail de effecten van maatregelen categorie gereduceerde grondbewerking gepresenteerd, per bodemfunctie en in acht nemend van de grondsoort. Deze maatregelcategorie bestaat met name uit de vergelijking tussen niet kerende grondbewerking (NKG) ten opzichte van conventioneel ploegen.

Voor deze analyse worden op zandgrond in het gangbare deel alleen metingen uit systeem STANDAARD gebruikt omdat dit dichterbij de gangbare praktijk ligt dan systeem LAAG. Resultaten uit het gangbare en biologische systeem worden samen geanalyseerd en gepresenteerd tenzij ze apart beschreven worden. Voor de precieze maatregelen, zie 2.5.

### 3.2.1 Productiviteit

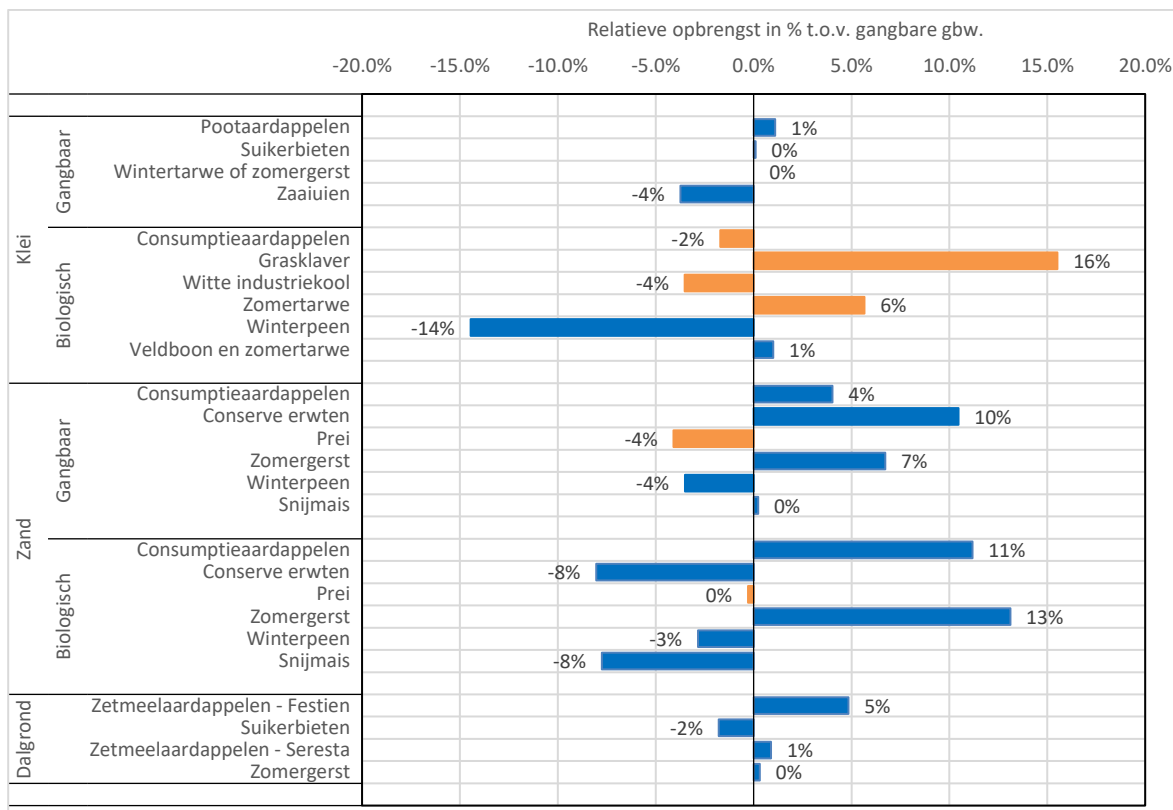
#### Productiehoeveelheid en -kwaliteit

**Hypothese:** De wetenschappelijke literatuur stelt dat de effecten van gereduceerde grondbewerking op gewasopbrengsten variëren afhankelijk van het gewas, met een licht positief effect op zomergraan, aardappel en suikerbiet en negatieve effecten op mais en wintergraan. Er wordt ook gevonden dat de opbrengstvermindering meestal groter is op zandgrond dan op kleigrond (Van den Putte, Govers, Diels, Gillijns, & Demuzere, 2010). Cooper et al., (2016) presenteert in een meta-analyse van biologische systemen een gemiddelde afname van productie van 7.6% als gereduceerde grondbewerking wordt geïmplementeerd ten opzichte van diep kerend ploegen (dieper dan 25 cm). In hun studie vinden ze geen significante opbrengstverschillen als gereduceerde grondbewerking wordt vergeleken met ondiep kerend ploegen (minder dan 25 cm diep). De opbrengsteffecten kunnen door meerdere redenen optreden. Positieve effecten kunnen komen door een verbeterde bodemstructuur en meer bodemleven. De negatieve effecten kunnen komen door een grovere bovengrond met meer organisch materiaal, waardoor het o.a. moeilijker is om een goed zaaibed te maken. Dit kan resulteren in slechtere opkomst en vervolgens in lagere opbrengsten. Daarnaast kan ook de gewasopbrengst beïnvloed worden doordat in gereduceerde grondbewerking onkruidzaden niet diep ondergewerkt worden met hogere onkruiddruk en concurrentie als resultaat (Cooper et al., 2016).

**Resultaat:** In de gangbare rotatie op klei is het alleen de uienopbrengst die significant lager is met gereduceerde grondbewerking (-4%) (figuur 3). De opbrengsten van de andere gewassen blijven nagenoeg gelijk met ploegen. In de biologische rotatie is het alleen de opbrengst

van de peen die achterblijft met gereduceerde grondbewerking en een significant lagere opbrengst heeft (-15%), en de industriekool met behandeling 'minimaal' (-4%). Voor zowel de ui en de peen is de opbrengstverlaging waarschijnlijk voornamelijk toe te schrijven aan lagere plantaantallen. Daarnaast wordt in het biologische systeem ook significante opbrengstverhogingen gezien in grasklaver (+16%) en zomertarwe (+6%). Over het algemeen zijn de jaareffecten groot, het ene jaar doet ploegen het beter, het andere jaar doet gereduceerde grondbewerking het beter. Ervan uitgaande dat er altijd groenbemesters worden geteeld is naast de keuze van groenbemesters de gewasvolgorde van belang omdat er een afstemming tussen gewassen en groenbemesters nodig is. Dit heeft te maken met de effecten van gewasresten van voorgaande teelten en groenbemesters op de zaaibedbereiding. Het financiële bouwplanopbrengst op klei in het gangbare systeem bijna gelijk met ploegen (-1%) en in het biologische systeem iets lager dan ploegen door de lagere peenopbrengst (-8%), maar beide deze effecten zijn niet statistisch significant.

Samenvatting resultaten	
Klei - gangbaar	Bouwplanopbrengst gelijk; alleen minder uienopbrengst
Klei - biologisch	Bouwplanopbrengst gelijk; alleen minder peenopbrengst
Zand - gangbaar en biologisch	Bouwplanopbrengst gelijk; meeropbrengst in aardappel en zomergerst
Dalgrond	Bouwplanopbrengst gelijk; iets meer aardappelopbrengst



**Figuur 3.** Relatieve marktbaar gewasopbrengsten ten opzichte van ploegen (klei en zand) en spitten (dalgrond). Op klei wordt het gemiddelde van behandeling 'minimaal' en 'tussenvorm' gebruikt om de relatieve opbrengst van gereduceerde grondbewerking te berekenen.

Op zand wordt in het gangbare systeem positieve opbrengsteffecten gezien in aardappelen (+4%) en zomergerst (7%) (**Figuur 3**). In het biologische systeem zijn de effecten vergelijkbaar met opbrengstverhogingen in aardappelen (+11%) en zomergerst (13%). Dat de opbrengst iets achterblijft in de andere gewassen zou onder andere te maken kunnen hebben met lagere plantaantallen bij fijnzadige gewassen, verstuing van het zaaibed en voor het biologische systeem ook verhoogde onkruiddruk. De winterpeen is met gereduceerde grondbewerking meestal korter door de grovere bodemstructuur. Het financiële bouwplanopbrengst voor beide zowel gangbaar als biologisch is licht negatief maar niet statistisch significant (Gangbaar: -2%, Biologisch: -1%).

De effecten van gereduceerde grondbewerking op gewasopbrengsten op dalgrond zijn tot nu toe niet groot (**Figuur 3**). Het zetmeelaardappelras Festien heeft een significant hogere opbrengst in gereduceerde grondbewerking (+5%) waardoor het financiële bouwplanopbrengst licht positief is voor gereduceerde grondbewerking, maar niet statistisch significant (+1%). Bij aardappel was het zetmeelpercentage niet verschillend tussen de twee grondbewerkingssystemen. Zomergerst is gevonden een hoger eiwitgehalte te hebben met gereduceerde grondbewerking (de Haan et al., 2020).

**Discussie:** Voor alle drie grondsoorten geldt dat er geen significante verschillen zijn in financiële bouwplanopbrengst door gereduceerde grondbewerking. Dat is redelijk in lijn met de studie van Cooper et al. (2016). De resultaten uit de drie proeven komen aardig overeen met de literatuur wat betreft aardappelen, mais en zomergraan maar niet voor suikerbieten. Veel van de gewas-specifieke effecten op opbrengsten blijven moeilijk te verklaren. De proeven bevestigen ook uitdagingen bij onkruidgevoelige en fijnzadige gewassen. Op klei vormen onkruiden echter geen probleem en opbrengstverschillen zijn er niet aan te wijten. Voor een deel zijn opbrengstderivingen te verminderen door betere zaaitechnieken en een op gereduceerde grondbewerking-aangepaste vruchtwisseling toe te passen. Hier is weinig ruimte voor geweest in de proeven maar is iets wat verder onderzocht zou moeten worden om de volle potentie van gereduceerde grondbewerking in kaart te brengen. Bijvoorbeeld zou vlinderbloemigen geïncorporeerd kunnen worden in de vruchtwisseling omdat deze

positief lijken te reageren op gereduceerde grondbewerking. Dit past bij de verwachte ontwikkelingen qua behoefte aan eiwitgewassen. In de proeven wordt ook ervaren dat het onderwerken van grasachtige groenbemesters en grasklaver lastig is voor gereduceerde grondbewerking en dat de vruchtwisseling en groenbemesterkeuze daarop aangepast zou moeten worden.

### 3.2.2 Waterregulatie en -zuivering

#### **Klimaatadaptatie; vochthuishouding en waterinfiltratie en -afvoer**

**Hypothese:** Er wordt verwacht dat gereduceerde grondbewerking resulteert in een verbeterde weerbaarheid tegen intensieve neerslag doordat er meer organische stof in de bovengrond aanwezig is, in combinatie met stabielere poriën en aggregaten in het bodemprofiel. Op kleigrond is ook de bodembedekking beter in gereduceerde grondbewerking omdat de groenbemesters in de winter kunnen blijven staan. Hierdoor wordt de infiltratie en afvoer van water in het bodemprofiel verbeterd. Gereduceerde grondbewerking wordt ook verwacht beter te presteren bij extreme droogte door een verhoogde organisch stofgehalte in de bovengrond, verbeterde bodemstructuur en doordat de ondergrond niet bereden wordt, wat resulteert in betere beworteling, capillaire werking en dus een verbeterde vochtvoorziening (Crittenden et al., 2015). Op zand- en dalgronden zijn de stabielere poriën minder van belang door de hogere waterdoorlatendheid van deze gronden.

**Resultaat:** In de proef op klei is visueel waargenomen dat de waterinfiltratie bij gereduceerde grondbewerking sneller is en dat bij droogte waterstress minder snel optreedt. Het wel of niet optreden van deze effecten verschilt per gewas en tijd van het jaar. Het hogere infiltratievermogen bij hevige buien

werd in gereduceerde grondbewerking de eerste jaren al zichtbaar maar is niet duidelijk verbeterd in de loop van de tijd. Op basis van visuele beoordeling, werd ook waargenomen dat de bodemstructuur verbeterde in de loop van de tijd. Gereduceerde grondbewerking heeft minder kruimels en meer rond- en scherpblokkige structuren (Schrik, 2014). Metingen bevestigen ook een significant verbeterende aggregaat stabiliteit in de 0-20 laag met een gemiddeld aggregaat-gewichtsdiameter van 0,77 mm bij ploegen tegenover 0,50 mm bij gereduceerde grondbewerking. Terbrügge & Düring (1999) vonden in lange termijn studies in Duitsland ook een verbeterde aggregaat stabiliteit bij afnemende intensiteit van grondbewerkingen. Metingen tonen ook een verbeterde waterretentie aan, maar niet op alle percelen. De indringingsweerstand is over het algemeen bij gereduceerde grondbewerking hoger op de dieptes ca. 7-35 cm maar niet verdicht (**Tabel 7**). Op overige dieptes is het resultaat niet significant verschillend tussen de grondbewerkingssystemen (Crittenden et al., 2015). In het experiment is waargenomen dat in de beginjaren na implementatie van gereduceerde grondbewerking een hogere indringingsweerstand samengaat met een hogere bulkdichtheid, maar dat na enkele jaren (6 jaar) de bulkdichtheid weer vergelijkbaar is met ploegen terwijl de indringingsweerstand hoger blijft. Door de stabielere structuur bij gereduceerde grondbewerking heb je een hogere indringingsweerstand maar vergelijkbare hoeveelheid lucht in de bodem. Dit kan vergeleken worden met het prikken in een bak met knikkers (ploegen) of in een brosheep (gereduceerd).

Samenvatting resultaten	
Klei	Tendens tot betere vochthuishouding
Zand en dalgrond	Geen effect op vochthuishouding

**Tabel 7.** Gemiddelde indringingsweerstand op klei en dalgrond (o.a. de Haan et al., 2020). Significante verschillen met de controle-behandeling (ploegen of spitten) worden met een ster aangegeven en is alleen op dalgrond getoetst. Data op klei zijn de gemiddelden van gangbare en biologische systemen bij elkaar. Vanaf 1,5 MPa is er sprake van hinder voor wortelgroei en vanaf 3,0 MPa is wortelgroei niet meer mogelijk. Metingen zijn echter erg variabel en afhankelijk van vochtgehalte van de grond.

Gronds oort	Grondbewerking	Weerstand 0-20 cm [MPa]	Weerstand 20-40 cm [MPa]	Diepte van wortelbelemmering > 3 MPa [cm]
Klei	Ploegen	0,83	1,45	41
	Gereduceerde grondbewerking – Tussenvorm	1,28	2,17	71
	Gereduceerde grondbewerking – Minimaal	1,00	1,71	75
Zand	Ploegen		0,7	-
	Gereduceerde grondbewerking		1,1	-
Dal- grond	Spitten	0,72	2,18	43
	Gereduceerde grondbewerking	0,67*	1,67*	47

Op zowel zand- als dalgrond is er beperkt gemeten. Uit de metingen die zijn uitgevoerd op zand in 2012 en 2016 worden geen effecten op bodemfysische parameters aangetoond. Metingen in 2019 tonen gewas- en perceelsafhankelijke verschillen tussen gereduceerde grondbewerking en ploegen op de waterretentie, indringingsweerstand (tabel 6) en bulkdichtheid (gemiddeld voor ploegen: 1,3 g/cm<sup>3</sup> en gereduceerde grondbewerking: 1,4 g/cm<sup>3</sup> (Koopmans et al., 2020)). Er zijn verder geen visuele effecten op bodemstructuur of gewas waargenomen. Op dalgrond is gevonden dat de indringingsweerstand significant lager is bij gereduceerde grondbewerking in de lagen 0-40 cm (Tabel 6). Dit heeft (nog) niet geresulteerd in gemeten effecten op vochthuishouding of opbrengst.

**Discussie:** Uit de drie proeven blijkt dat gereduceerde grondbewerking op klei positieve effecten heeft op de bodemstructuur en waterhuishouding. Op zand zijn er enkele tendensen in effecten op bodemparameters te bespeuren. Er zijn echter geen effecten in het gewas zichtbaar en hierover kunnen geen onderbouwde uitspraken gemaakt worden. Om effecten van gereduceerde grondbewerking op klimaatadaptatie en vochthuishouding beter in kaart te brengen moeten betere methodieken toegepast worden om gewas en jaar effecten uit te kunnen sluiten, zoals continue vochtmetingen en tensiometers met sensoren op meerdere dieptes. Daarnaast moeten de bodemfysische metingen die in begin van de proeven uitgevoerd zijn een aantal keer herhaald worden om effecten op structuur in kaart te brengen. Tevens kan er ook gekeken worden naar effect op opbrengst in jaren met extreme droge of natte periodes om effecten van klimaatadaptatie te kwantificeren.

### **Waterkwaliteit; N-min najaar en nitraatuitspoeling**

**Hypothese:** Door het later onderwerken van gewasresten of groenbemesters in gereduceerde grondbewerking op klei en de minder intensieve menging van de bodem, komt het vrijkomen van stikstof later op gang. Hierdoor mineraliseert er dus minder stikstof in de wintermaanden, waardoor er minder risico op nitraatuitspoeling naar het bovenste grondwater is. Ook gedurende het groeiseizoen komt de mineralisatie pas later op gang. De eerste jaren kan dit effect groter zijn door de verminderde aeratie van de grond (van der Weide, van Alebeek, & van den Broek, 2008). Een groter aandeel van de stikstof kan ook verloren gaan als ammoniakemissies of gaan denitrificeren (de Ruijter & Smit, 2007). Op zand- en dalgrond worden gewasresten of groenbemesters ook wanneer er geploegd wordt pas in het voorjaar ondergewerkt en wordt geen invloed hiervan verwacht. Het is echter wel mogelijk dat er nog steeds over het algemeen minder stikstof mineraliseert en dus ook minder uitspoelt bij gereduceerde grondbewerking.

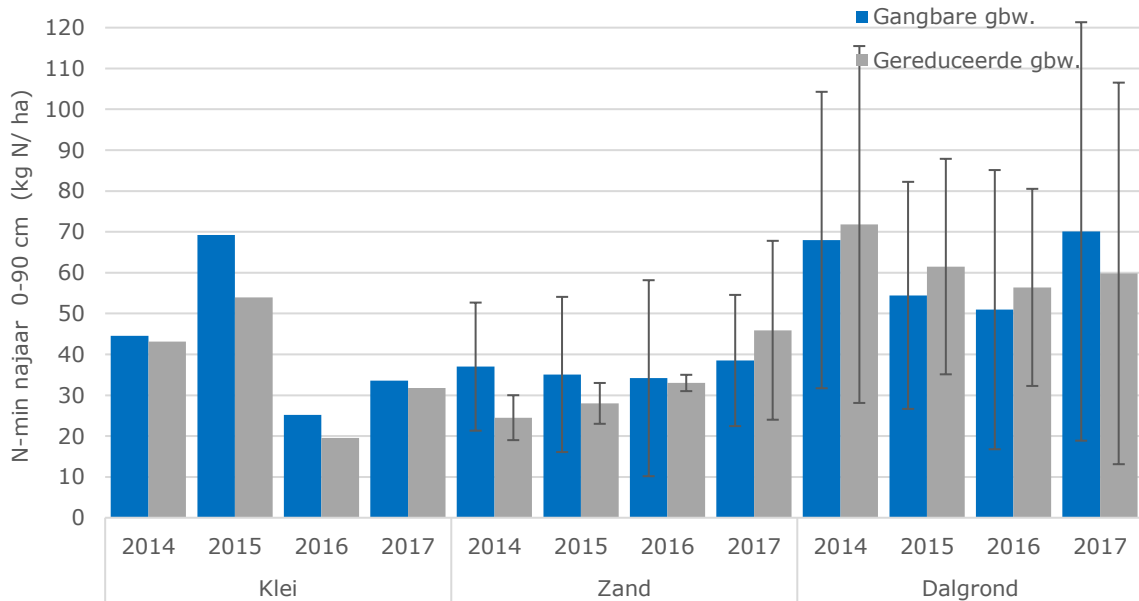
**Resultaat:** Op klei wordt geen effect van gereduceerde grondbewerking op N-min najaar gezien (**Figuur 4**). Wat betreft nitraatuitspoeling voorspellen scenariostudies in NDICEA 27% minder uitspoeling en 22% minder denitrificatie bij gereduceerde grondbewerking op klei. Dit komt overeen met het gemeten resultaat dat de totale hoeveelheid N in de bodem na 8 jaar ca.

400 kg hoger is bij gereduceerde grondbewerking (ca. 50 kg N per jaar gemeten, 33 kg N per jaar gemodelleerd) dan bij ploegen. Verdiepend onderzoek naar effecten op bodemparameters toont dat N-totaal en potentieel mineraliseerbare stikstof(PMN) de meest onderscheidende bodemchemische parameters zijn tussen gereduceerde grondbewerking en ploegen op klei (Hoek et al., 2019).

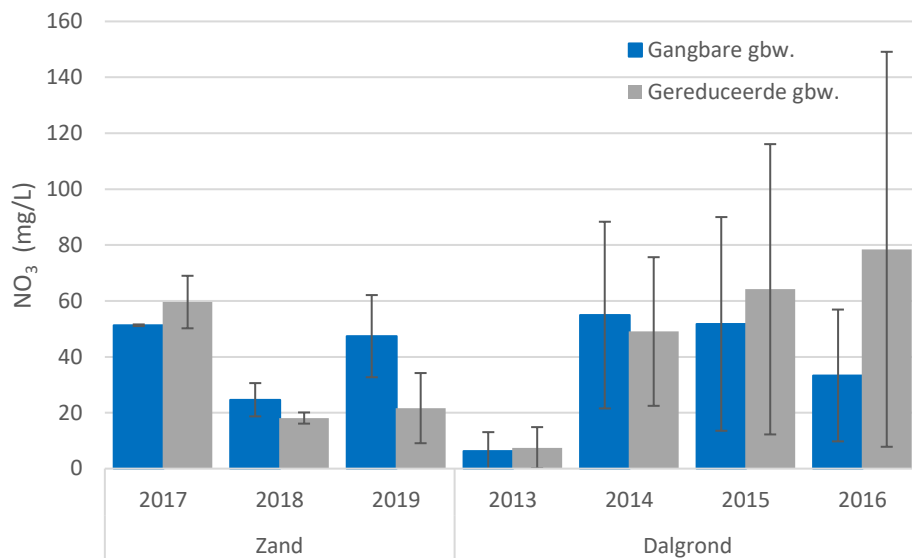
Op zand tussen 2012 en 2017 wordt gemiddeld over de drie systemen een statistische trend gezien voor verlaagde N-min najaar van gemiddeld -22% bij gereduceerde grondbewerking t.o.v. ploegen (Jolink, 2018). De afgelopen twee jaar wordt weer gevonden dat de uitspoeling lager is voor gereduceerde grondbewerking (**Figuur 5**). Of er sprake is van een statistisch significant effect is nog onbekend. Voor zand ontbreekt nog een verklaring voor waar de stikstof blijft, aangezien de gewasopbrengst en de bemesting grotendeels of geheel gelijk zijn voor beide grondbewerkingsvormen. Deels kan de stikstof vastgelegd worden in organische stof en bodemleven (zoals metingen aantonen op klei), maar op zandgrond kan ook een deel van de stikstof denitrificeren.

Op dalgrond worden geen effecten van gereduceerde grondbewerking gemeten op N-min najaar en is ook geen effect van gereduceerde grondbewerking op nitraatuitspoeling aangetoond (**Figuur 5**). De uitspoeling in het object met de combinatie van alle maatregelen waaronder grondbewerking is gelijk aan de standaard.

Samenvatting resultaten	
Klei	Geen effect N min najaar, modelindicatie van minder nitraatuitspoeling
Zand	Statistische trend voor lagere N-min najaar, mogelijk een verminderde nitraatuitspoeling
Dalgrond	Geen effect op N-min najaar zowel als op nitraatuitspoeling



**Figuur 4.** N-min najaar(kg/ha) 0-90 cm op klei-, zand- en dalgrond. Aantal metingen verschilt per proef en systeem. Op zand is alleen het gangbare teeltsysteem meegenomen in deze grafiek. Er zijn geen statistisch aantoonbare effecten van gereduceerde grondbewerking op N-min najaar door de grote variatie in de metingen.



**Figuur 5.** Nitraatconcentraties in het bovenste grondwater (mg nitraat/L) op zand- en dalgrond met gangbare bedrijfsvoering. De metingen op dalgrond zijn gedaan in de behandeling met alle maatregelen gecombineerd en tonen dus niet alleen effecten van gereduceerde grondbewerking maar ook effecten van andere organische stof- en bemestings- maatregelen. Geen significante effecten van gereduceerde grondbewerking op nitraatuitspoeling worden gevonden.

Discussie: Op klei en zand lijkt er, in lijn met de hypothese, een invloed te zijn van gereduceerde grondbewerking op de stikstofhuishouding. Verdiepend onderzoek wordt gedaan naar beschikbare gegevens om het effect op N-min najaar en uitspoeling te verklaren. Op klei zou namelijk de grote gemeten toename in totale stikstof, in tegenstelling tot de oorspronkelijke hypothese, ook tot hogere uitspoeling kunnen leiden. Met metingen van stikstofconcentratie in bodemvocht zou de modelmatige voorspelling van minder uitspoeling gecontroleerd kunnen worden. Door de grote perceelsvariatie op dalgrond zou meer gemeten moeten worden om uitspraken te kunnen maken over effecten op nitraatuitspoeling.

### 3.2.3 Recycling van nutriënten

#### **NPK aanvoer, -efficiëntie en -overschotten**

Hypothese: Door het laat vrijkomen van nutriënten uit gewasresten of groenbemesters bij gereduceerde grondbewerking wordt een hogere beschikbaarheid van nutriënten in het volggewas verwacht, wat zou betekenen dat het mogelijk is om minder te bemesten. Hierdoor zouden lagere nutriëntenoverschotten bereikt kunnen worden.

Resultaat: Nutriëntenoverschotten worden berekend als het verschil tussen aanvoer en afvoer. Verschillen voor gereduceerde grondbewerking en ploegen bestaan uit

opbrengstverschillen en de bijbehorende nutriëntengehaltes als deze gemeten zijn. Aangezien er geen statistisch significante verschillen in de opbrengst op bouwplanniveau gemeten zijn, worden verschillen in nutriëntenoverschotten ook niet verwacht. Op dalgrond waar berekend is met opbrengstverschillen in suikerbiet wordt in het bodemoverschot verschillen van enkele kilo's N, P of K gezien bij toepassing van gereduceerde grondbewerking. Voor een overzicht van de bodemoverschotten, aandeel organische mest en nutriëntenefficiënties in de systemen zie Tabel 10. Deze gegevens zijn gelijk met de behandelingen met gereduceerde grondbewerking.

Samenvatting resultaten	
Klei	Geen effect
Zand	Geen effect
Dalgrond	Geen effect

Discussie: Om te onderzoeken of lagere overschotten mogelijk zijn kunnen meetplots aangelegd worden waarin de beschikbare N gemeten wordt, waarop de bemesting aangepast kan worden.

### 3.2.4 Koolstofvastlegging

#### Koolstofopslag en broeikasgasemissies

**Hypothese:** Door gereduceerde grondbewerking wordt een toename in organische stof en koolstofvastlegging verwacht omdat de bodem minder verstoord wordt waardoor de koolstofmineralisatie afneemt. De toename van organische stof wordt bij gereduceerde grondbewerking voornamelijk verwacht in de bovenste bodemlagen. Bij ploegen is het organische stof meer gelijkmatig verspreid door het bodemprofiel te vinden. Resultaten in de wetenschappelijke literatuur tonen echter dat de hypothese van verhoogde organische stof niet bevestigd wordt door onderzoeksresultaten waarbij de juiste methodiek toegepast werd (Baker, Ochsner, Venterea, & Griffis, 2007). Cooper et al. (2016) noemen dat een toename van organisch materiaal in de bovenlaag door gereduceerde grondbewerking niet direct leidt tot een toename in de diepere lagen in het bodemprofiel. Van Groeningen et al (2011) troffen hetzelfde aan bij case studies in Ierland. Gereduceerde grondbewerking zou ook een effect kunnen hebben broeikasgasemissies via denitrificatie door de veranderde hoeveelheid organische resten, bodemdichtheid en poriën in de bovenste lagen.

**Resultaat:** Op klei variëren de resultaten van metingen van koolstofopslag per meetmoment en lijken verschillen tussen gereduceerd en ploegen groter te worden sinds het begin van de behandeling. Een significant hogere koolstofopslag wordt bij

Samenvatting resultaten	
Klei	Statistische trend tot hogere koolstofvastlegging
Zand en dalgrond	Geen effect op koolstofvastlegging

meerdere meetmomenten aangetoond maar lijkt afhankelijk te zijn van perceel en tijdstip in bouwplan. Soms wordt voor gereduceerde grondbewerking in de bovenlaag hogere koolstofopslag gevonden en ook soms door de hele bewerkte bodemprofiel (bijv. gemiddeld over twee percelen was C-elementair 1,7% bij ploegen en 1,8% bij gereduceerd). Echter tonen de meest recente metingen in 2019 (Koopmans et al., 2020) geen significant effect op koolstofopslag door gereduceerde grondbewerking (**Tabel 8**). Op zand is de variatie in de resultaten van de metingen hoog en kan statistisch gezien geen effect aangetoond worden. Hetzelfde geldt op dalgrond maar hier geldt ook dat het waarschijnlijk te vroeg is om effecten te verwachten aangezien de proef er maar 7 jaar ligt. Daarnaast maakt ook de grote variabiliteit van de percelen het extra moeilijk om effecten statistisch aan te tonen.

Wat betreft denitrificatie is geen invloed van gereduceerde grondbewerking hierop gevonden op klei. Dit komt overeen met dat ook geen bodemverdichting of problemen met anaerobe omstandigheden gevonden zijn (zie paragraaf 26).

**Tabel 8.** *Vergelijking koolstofvastlegging gereduceerde grondbewerking en ploegen op klei, zand en dalgrond. Er zijn geen significante verschillen tussen ploegen en gereduceerde grondbewerking in alle drie proeven. C-elementair is op dalgrond niet gemeten en daarom wordt OS% aangegeven (Koopmans et al., 2020; Koopmans et al., 2019).*

Grondsoort	Grondbewerking	C-elementair (%) – 2019
Klei	Ploegen	0,9
	Gereduceerde grondbewerking	1,0
Zand	Ploegen	2,4
	Gereduceerde grondbewerking	2,2
		Organische stof (%) – 2018
Dalgrond	Spitten	10,7
	Gereduceerde grondbewerking	11,1

**Discussie:** Vanuit deze resultaten kan niet geconcludeerd worden dat deze vorm van gereduceerde grondbewerking bijdraagt aan meer koolstofopslag. Een nadere analyse van alle beschikbare gegevens tot nu toe is wel nodig om een definitieve conclusie te kunnen trekken uit deze proeven. Over het algemeen geldt dat het meeste onderzoek naar gereduceerde grondbewerking en no-till gekeken hebben naar systemen met veel maaivruchten in klimaten die anders zijn dan het Nederlandse



klimaat. Onze bouwplannen verschillen met die in de literatuur o.a. omdat ze een hoge aandeel rooivuchten bevatten. Door de rooivuchten wordt de grond behoorlijk verstoord wat ook bijdraagt aan koolstofmineralisatie. In de literatuur wordt voor systemen met no-till vaak wel een toename in koolstofopslag gevonden. No-till is echter niet toe te passen bij rooivuchten (Luo, Wang, & Sun, 2010; West & Post, 2002). Deze aspecten zouden kunnen verklaren waarom de eigen resultaten verschillen met die uit de literatuur.

### 3.2.5 Habitat voor biodiversiteit

#### **Soorten aantallen en -diversiteit van vogels, insecten en bodemleven**

**Hypothese:** In gereduceerde grondbewerking biedt de verhoogde hoeveelheid gewasresten in de bovenste lagen voedselbeschikbaarheid en een aantrekkelijk habitat voor veel bodemorganismen (Sapkota, 2012). De lagere verstoring zou ook de bodem beter geschikt kunnen maken voor bepaalde soorten. Regenwormen en andere bodemorganismen worden door deze redenen verwacht toe te nemen met gereduceerde grondbewerking (Ernst & Emmerling, 2009). Door de hogere aanwezigheid van bodemleven, insecten en gewasresten kan gereduceerde grondbewerking ook vogels aantrekken. Ook draagt de hogere beschikbaarheid van schuilplaats in groenbemesters en gewasresten hieraan bij.

**Resultaat:** Alleen op klei zijn een aantal biodiversiteitsgroepen onderzocht. De totale hoeveelheid en biomassa van regenwormen variëren erg tussen de jaren maar zijn over het algemeen iets hoger bij gereduceerde grondbewerking (Crittenden, Eswaramurthy, de Goede, Brussaard, & Pulleman, 2014; Michielsen, 2014). De soortenvariatie is consistent hoger in gereduceerde grondbewerking en bij de metingen wanneer ploegen meer regenwormen heeft ligt dat aan een toename in een beperkt aantal soorten. In gereduceerde grondbewerking was het aandeel strooiseleTERS significant hoger dan in ploegen. Ook werd gevonden dat de regenwormpopulatie drie maanden na de hoofdgrondbewerking zich heeft hersteld qua aantallen maar dat de populatie voornamelijk bestaat uit juvenielen (Crittenden et al., 2014).

Samenvatting resultaten	
Klei	Meer diversiteit aan regenwormen en geleedpotigen
Zand en dalgrond	Geen waarnemingen

Geleedpotigen werden in twee groeiseizoenen bemonsterd. Het ene onderzoek toont geen effect van gereduceerde grondbewerking op de totale aantallen geleedpotigen en terwijl het andere onderzoek een positief effect toont van gereduceerde grondbewerking (Miao, 2014; Spee, 2019). Uit deze beide onderzoeken blijkt dat voor loopkevers hetzelfde geldt als voor de regenvormen; de soortendiversiteit is hoger in gereduceerde grondbewerking en het is een beperkt aantal soorten die soms sterk toenemen bij ploegen. Een mogelijke verklaring voor dit effect is het tijdstip van grondbewerking (voorjaar of najaar) wat de overlevingskans verschillend beïnvloedt voor verschillende keversoorten omdat ze verschillende rustperiodes hebben. Tijdstip van bemonsteren na de grondbewerking kan ook een effect hebben gehad op de resultaten.

Schimmelbiomassa en bacteriële biomassa waren op basis van metingen uit 4 jaren gemiddeld 37% hoger bij gereduceerde grondbewerking dan bij ploegen in de bovenste 12 cm van de bodem. Ook werd 64% hoger PMN en 39% hoger HWC gevonden. Alle deze toenames zijn statistisch significant (Kurm et al., 2021 unpublished).

Visuele waarnemingen ondersteunen niet dat er meer vogels gebruikmaken van gereduceerde grondbewerking dan ploegen maar dat percelen van beide grondbewerkingstypen gebruikt worden maar voor verschillende doeleinden (bijv. foerageergebied of schuilplaats).

**Discussie:** Vanuit de beperkte hoeveelheid onderzoek wat uitgevoerd is kan geconcludeerd worden voor klei dat er in lijn met de hypothese een tendens is tot hogere biodiversiteit bij gereduceerde grondbewerking. In alle drie de systeemprouven zou echter de invloed van gereduceerde grondbewerking op het bodemleven beter in kaart gebracht moeten worden door metingen te

---

herhalen meerdere keren per jaar en op verschillende tijdstippen in de vruchtwisseling om effecten van weer en gewas op het resultaat te minimaliseren.

### 3.2.6 Toepasbaarheid

#### **Behoeft kennis en kunde**

Op basis van de ervaringen uit de systeemproeven zijn de uitdagingen voor de boer door gereduceerde grondbewerking het voorbereiden van een goed zaaibed toegespitst op het gewas, het tijdig onderwerken van gewasresten of groenbemesters en het bestrijden van onkruiden aangepast op de omstandigheden van het perceel en dat jaar. Daarom hangt de moeilijkheidsgraad erg af van de gewassen die geteeld worden en of het systeem gangbaar of biologisch is. Op zand en dalgrond is de toename in onkruidbestrijding de grootste uitdaging terwijl op klei het tijdstip van grondbewerking de grootste uitdaging is. Op klei moet de boer ervaring opdoen met het juiste tijdstip van hoofdgrondbewerking, klepelen en onderwerken van de stoppel of groenbemester om een goed zaaibed te kunnen maken met een goede bodemstructuur. Een aangepast gewasvolgorde kan ook hierbij helpen. Het juiste tijdstip van grondbewerking hangt van de bodemcondities af en is verschillend voor een nat of droog voorjaar. Het voorbereiden van een fijn zaaibed voor fijnzadige gewassen zoals peen en ui blijft moeilijk met gereduceerde grondbewerking. Door betere planning en door andere zaaitechnieken toe te passen kan het zaaibed verbeterd worden in gereduceerde grondbewerking. De toename in onkruiddruk zorgt met name voor uitdagingen bij peen, prei en biologische conservenerwten. Gewassen zoals aardappel, granen, mais, gangbare conservenerwten en suikerbiet zijn relatief eenvoudig om met gereduceerde grondbewerking te telen.

#### **Bedrijfsresultaat en arbeid**

Met gereduceerde grondbewerking wordt verwacht dat het bedrijfsresultaat beïnvloed wordt door opbrengsteffecten in combinatie met andere kosten voor arbeid en brandstof omdat er niet geploegd hoeft te worden. Tegelijkertijd zou gereduceerde grondbewerking ook kunnen leiden tot hogere kosten doordat meer grondbewerkingen nodig zijn om gewasresten en groenbemesters weg te werken en om een goede bodemstructuur te krijgen voor het zaaien en planten en om de toename in onkruid mechanisch te bestrijden. Vanuit de proeven blijkt, in lijn met de verwachting, dat gereduceerde grondbewerking zowel economisch beter als slechter uit kan pakken dan gangbare grondbewerking, maar de verschillen zijn niet groot. De kosten zijn op alle grondsoorten lager bij gereduceerde grondbewerking, behalve voor het biologische systeem op zand waar de handwiedkosten toegenomen zijn met gemiddeld € 32/ha/jaar (Tabel 9). De afname in kosten komt met name door lagere kosten voor grondbewerking (brandstofgebruik en arbeid). Voor het systeem op zand is uitgerekend dat de kosten voor grondbewerking € 63/ha/jaar lager zijn voor gereduceerde grondbewerking. Op klei heeft ploegen het beste bedrijfsresultaat, op het gangbare systeem met gereduceerde grondbewerking met woelen na. Op zowel klei als zand komen negatieve verschillen in opbrengsten door verlaagde opbrengsten in de economisch belangrijke gewassen zoals peen en ui. Op dalgrond blijkt dat gereduceerde grondbewerking voordeliger is dan spitten en is er ook geen verschil gevonden in de onkruiddruk.

Of het economische bedrijfsresultaat met gereduceerde grondbewerking positiever is dan met ploegen of spitten is met name afhankelijk van de bouwplan en of het teeltsysteem biologisch of gangbaar is. De handwiedkosten nemen namelijk toe in biologische systemen met gereduceerde grondbewerking. Als de economisch belangrijke gewassen een opbrengstderving ondervinden met gereduceerde grondbewerking en de besparingen op kosten dit niet compenseren kan het bouwplansaldo negatiever uitkomen. In dit deelonderzoek is gerekend met productprijzen uit de KWIN, waardoor bijvoorbeeld biologische peen hier slecht presteert. Het is mogelijk dat een herhaling van de economische analyse met een andere aanpak andere resultaten zouden opleveren. Het volledige resultaat over de invloed van gereduceerde grondbewerking op het bedrijfsresultaat kan gelezen in het rapport van de Wolf et al. (2019).

**Tabel 9.** Overzicht van het economische bedrijfsresultaat van gereduceerde grondbewerking op klei, zand en dalgrond. Handwieduren zijn alleen meegenomen in de kosten op zand in het biologische systeem.

Grondsoort	Gereduceerde grondbewerking	Systeem	Verschil kosten t.o.v. standaard	Verschil opbrengsten t.o.v. standaard	Totaal verschil/ha/jaar t.o.v. standaard
Klei	met woelen	Gangbaar	€ 13	0	€ 13
	zonder woelen	Gangbaar	€ 62	- € 88	- € 26
	met woelen	Biologisch	€ 54	- € 559	-€ 505
	zonder woelen	Biologisch	€ 65	- € 726	-€ 661
Zand	met woelen	Gangbaar	€ 63	- € 116	-€ 53
		Biologisch	- € 32	- € 130	-€ 162
Dalgrond	met woelen	Gangbaar	€ 88	€ 42	€ 130

### Machines en werktuigen

Om gereduceerde grondbewerking toe te kunnen passen zijn beperkte aanpassingen in de machinepark nodig. De ploeg kan vervangen worden met een cultivator waarmee wat bespaard kan worden in aankoop en onderhoud. Er zijn specifieke cultivatoren beschikbaar voor gereduceerde grondbewerking waarmee het risico op opstropen van gewasresten kleiner is dan met een standaard cultivator. Daarnaast is een goede zaaimachine die schijfkouters heeft nodig. Die zijn meestal duurder dan gewone zaaimachines. Voor het inzaaien van groenbemesters in stoppel moet ook een machine beschikbaar zijn voor lichte grondbewerking. Bij het zoeken naar machines in het buitenland moet opgelet worden dat ze geschikt zijn voor de grondsoort hier omdat de meeste machines ontwikkeld zijn voor löss. Daarnaast zijn de machines vaak erg groot waardoor ze niet zullen passen bij kleine tot middelgrote bedrijven.

### Toepasbaar areaal

Als maatregel zou gereduceerde grondbewerking op de meeste gangbare bedrijven toegepast kunnen worden afhankelijk van de gewassen in het bouwplan. Op percelen met fijnzadige gewassen die gevoelig zijn voor onkruid kan het lastiger zijn. Gewassen die geplant/gepoot worden en grotere zaden hebben (granen en peulvruchten) doen het goed met gereduceerde grondbewerking. Vanuit kosten en arbeidsoogpunt is het toepasbare areaal lager voor biologische systemen door benodigde extra arbeid voor mechanische en handmatige onkruidbestrijding door de hogere onkruiddruk in gereduceerde grondbewerking. De toepasbaarheid is ook afhankelijk van de onkruiddruk van de locatie. Afhankelijk van de grondsoort nemen ook het risico op stuiven toe, waar sommige gewassen meer onder lijden dan andere. Samengevat, de combinatie van grondsoort en gewas bepaalt het succes in gereduceerde grondbewerking. Positieve effecten op opbrengst door verhoogde weerbaarheid tegen extreem weer zijn niet aangetoond behalve dat de toename in bodembedekking helpt bij wateroverlast.

## 3.3 Kwantitatieve analyse organische stofaanvoer

Hieronder wordt in detail de effecten van maatregelen categorie organische stofaanvoer gepresenteerd, per bodemfunctie en in acht nemend van de grondsoort.

De resultaten van twee typen organische stof maatregelen worden gepresenteerd in dit hoofdstuk. De maatregelen zijn al genoemd in hoofdstuk 2.5. Deze zijn 1. Geen aanvoer van dierlijke mest (genaamd systeem LAAG) en 2. Aanvoer van natuur- of groencompost. De maatregel compost werd met verschillende grote giften toegediend, van 15 ton tot 40 ton jaarlijks, of 50 ton eenmalig. De situatie van toediening verschilde ook, hier wordt onderscheid gemaakt tussen toediening van compost in systemen met verschillende mate van aanvoer van dierlijke mest (LAAG-STANDAARD-Biologisch). Tevens verschilt de locatie en grondsoort van toediening (klei, zand, dalgrond) en het teeltsysteem (gangbaar-biologisch).

In de samenvattingen zijn de resultaten gebundeld onder een maatregel-grondsoort combinatie. Wanneer er opvallende verschillen zijn in de resultaten tussen systemen en toedieningen worden ze

afzonderlijk van elkaar besproken. Een gedetailleerd overzicht van alle maatregelen wordt in 2.5 getoond.

### 3.3.1 Productiviteit

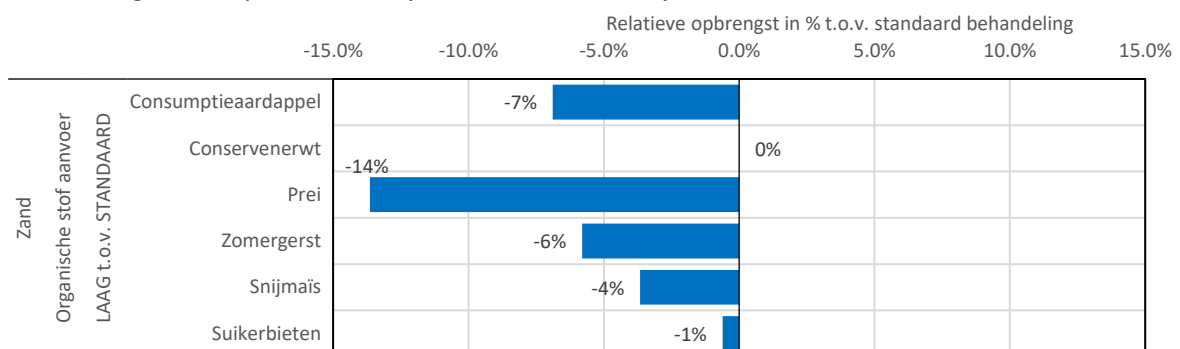
#### Marktbaar opbrengst en -kwaliteit

**Hypothese:** We verwachten dat organische stofaanvoer met organische mest en compost de bodemkwaliteit verbetert. Een toename in organische stof stimuleert het bodemleven en verbetert de bodemstructuur. Door de verbeterde bodemkwaliteit en het vrijkomen van nutriënten uit de organische stof wordt verwacht dat de gewasopbrengsten verbeteren, met name bij een slechte bodemkwaliteit als uitgangssituatie (D’Hose et al., 2014; Singer et al., 2004). Toepassing van compost met een hoge C/N-verhouding kan wel leiden tot tijdelijke vastlegging van stikstof waardoor plantengroei belemmerd wordt. Dit kan worden vermeden door compost met een geschikte C/N-verhouding te gebruiken of de compost ruim voor het groeiseizoen (in het najaar) toe te passen. Effecten van compost op productkwaliteit en zelfs kwaliteitsverbeteringen zijn mogelijk, maar dit hangt af van het gewas en de compostkwaliteit (Singer et al., 2004). In vergelijking met andere minerale en ook dierlijke mestsoorten kan compost een grotere variatie aan mineralen en sporenelementen bevatten. De extra stimulering van het bodemleven hierdoor zou ook eventueel de opname van deze nutriënten vergemakkelijken. Dit zou positieve effecten kunnen geven op productkwaliteit.

#### Resultaat:

In de proef op zand, is de productie van de gewassen in systeem LAAG (geen aanvoer van organische meststoffen) lager in vergelijking met systeem STANDAARD (**Figuur 6**). Voor alle gewassen behalve conservenerwt wordt een productievermindering gevonden. Het is met name de opbrengst van prei die achterblijft (-14%). De effecten zijn echter niet statistisch significant. Verschillen in kwaliteit van het gewas tussen de systemen wordt vooral gevonden in de aardappel waar de kwaliteit lager is in systeem LAAG (de Haan et al., 2018a)

Samenvatting resultaten	
Klei – Compost	Significant hogere opbrengst bij granen en conservenerwten
Zand – LAAG	Verlaagde opbrengsten
Zand – Compost jaarlijks	Hogere opbrengsten in LAAG, geen effect in STANDAARD
Zand – Compost eenmalig	Kan significant hogere opbrengsten geven
Dalgrond - Compost	Significant hogere opbrengst in suikerbiet



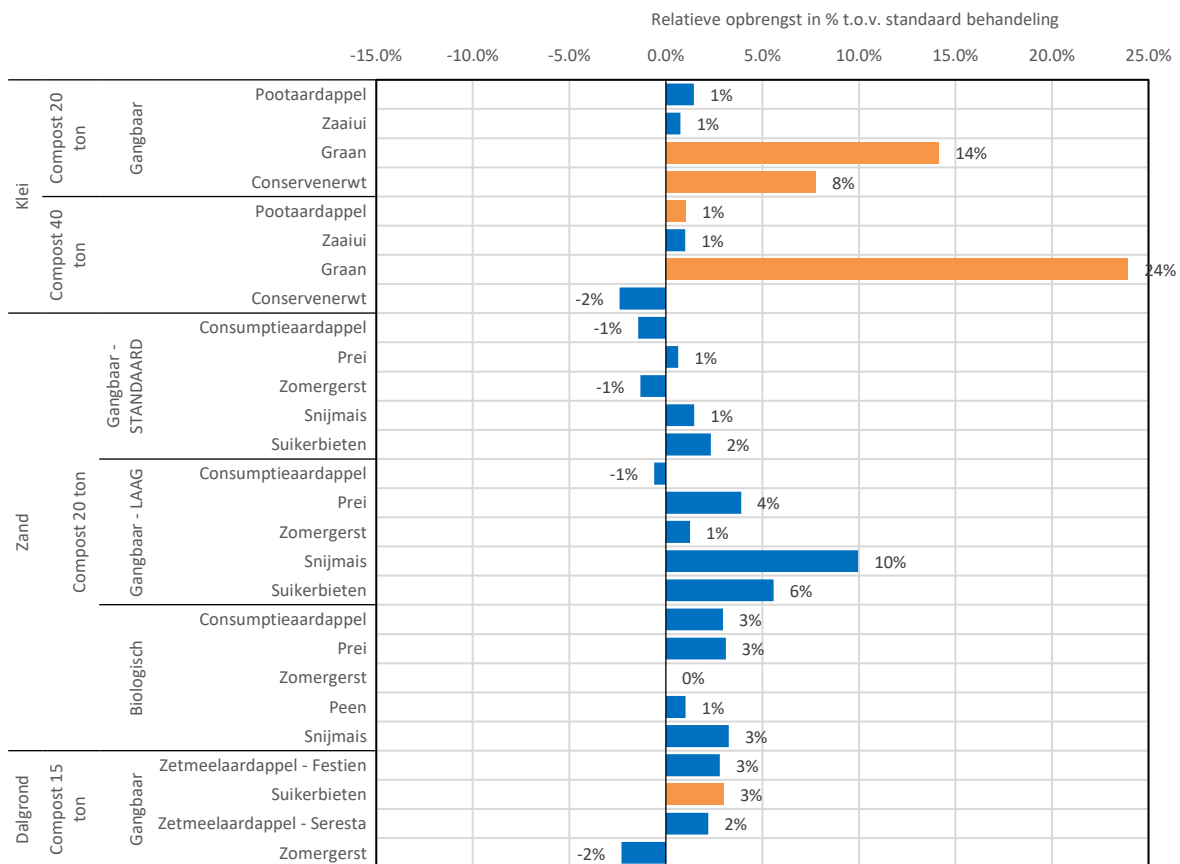
**Figuur 6.** Relatieve marktbaar gewasopbrengsten van LAAG (geen organische stof aanvoer), ten opzichte van een standaard bemesting met dierlijke mest (STANDAARD). Bij een blauwe kleur is er geen significant verschil aangetoond ( $p < 0,05$ ).

In het systeem STANDAARD zijn de opbrengsten nagenoeg gelijk met en zonder aanvoer van compost (**Figuur 7**). In LAAG hebben de compostplots gemiddeld een 4% hogere opbrengst. De snijmaïsoopbrengst is gemiddeld 10% hoger met compost en de opbrengsten van suikerbieten en prei zijn ca. 5% hoger. Geen van de opbrengstverschillen door compost zijn significant in zowel STANDAARD als LAAG. De opbrengsten in LAAG met compost liggen gemiddeld op het niveau van STANDAARD zonder compost. In het biologische systeem zijn de effecten van compost op opbrengst klein. Gemiddeld over alle gewassen was de opbrengst iets hoger bij toediening van compost, maar dit

effect was niet significant. Gewaskwaliteitsaspecten zijn niet geanalyseerd in de compostplots (de Haan et al., 2018b, 2018a).

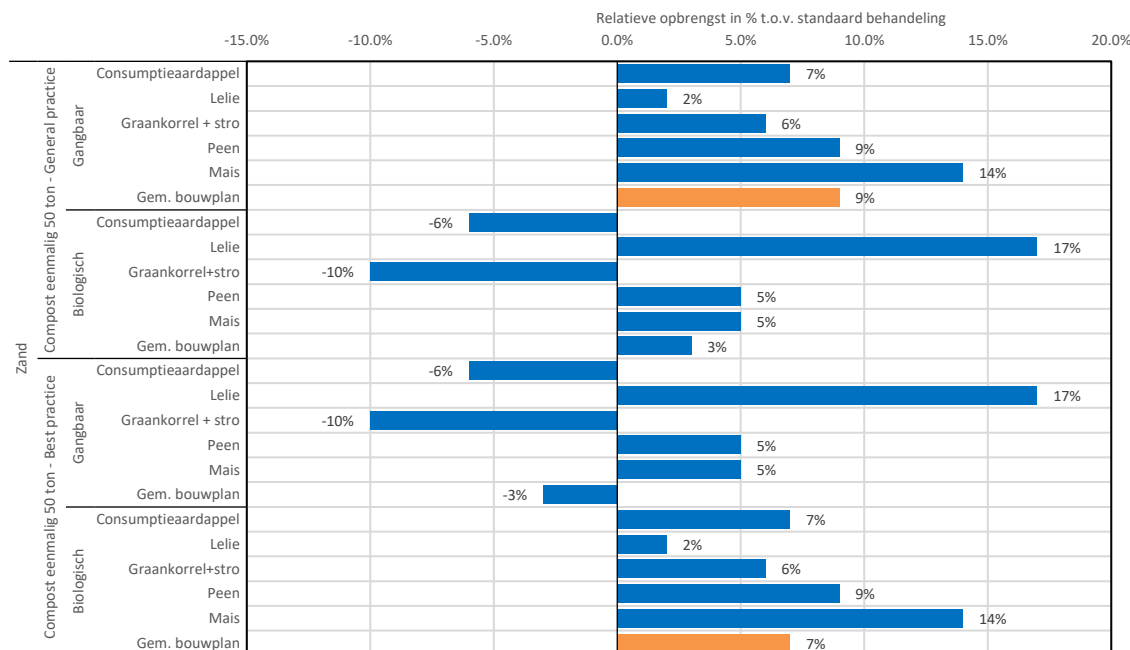
Op klei resulteert 20 ton compost per hectare per jaar is significant verbeterde opbrengst in graan (+14%) en conservenerwten (+8%). Met 40 ton compost per hectare per jaar is er een significante opbrengstverhoging in pootaardappel (+1%) en graan (+24%) (**Figuur 7**). Gemiddeld over de gewassen is het opbrengsteffect +6% maar dit is niet statistisch significant.

Op dalgrond gaat door de aanvoer van compost de opbrengsten van de aardappelen (+2-3%) en suikerbiet (+3%) omhoog en de opbrengst van zomergerst omlaag (-2%). Het opbrengsteffect is alleen significant bij de suikerbiet. Gemiddeld over de gewassen wordt een klein positief effect gevonden van 1% wat niet significant is. Compost heeft alleen significant negatieve effecten op de kwaliteit van zomergerst die kleinere korrels krijgt met een hoger eiwitgehalte. Dit komt mogelijk doordat bij de zomergerst de compost leidt tot een lagere stikstofbeschikbaarheid voor het gewas door langzamere mineralisatie en immobilisatie van stikstof (de Haan et al., 2020).



**Figuur 7.** Relatieve gewasopbrengsten bij jaarlijkse toepassing van compost, ten opzichte van een standaard bemesting. De opbrengsten zijn op klei uit de jaren 2015-2019 (twee jaren gemeten per gewas) 2013-2016 op zand en 2014-2017 op dalgrond. Een oranjekleur betekent een significant verschil met de standaardbehandeling ( $p < 0,05$ ), bij een blauwe kleur is er geen significant verschil aangetoond.

In de proef op zand waarbij compost eenmalig toegepast werd is een significant positief effect te zien op de gemiddelde opbrengst van de gewassen in het gangbare systeem – General practice (+9%) en in het biologische systeem – Best practice (+7%) (**Figuur 8**). Op gewasniveau zijn er geen significante verschillen in opbrengst. Wat je in het gangbare systeem mogelijk ziet is dat als de (bodem)omstandigheden suboptimaal zijn (zoals in het General practice-systeem), compost een steuntje in de rug is en de opbrengst significant kan verbeteren.



**Figuur 8.** Relatieve gewasopbrengsten na eenmalige toepassing van compost, ten opzichte van een standaard bemesting. De opbrengsten zijn uit de jaren 2007-2014 en op basis van drie teeltjaren voor mais, twee teeltjaren voor biologische aardappel en voor de rest maar één teeltjaar. Een oranje kleur betekent een significant verschil met de standaardbehandeling ( $p < 0,05$ ), bij een blauwe kleur is er geen significant verschil aangetoond.

**Discussie:** De effecten van organische meststoffen en compost op gewasopbrengsten komen grotendeels overeen met de verwachting. Door alleen minerale meststoffen te gebruiken (LAAG) gaan de opbrengsten voor bijna alle gewassen omlaag. In het geval van lage OS aanvoer kan aanvoer van compost weer zorgen voor toenames in opbrengsten. Met gebruik van compost als aanvulling op organische meststoffen (bv. in STANDAARD of biologische systemen) worden in de meeste gewassen niet-significante toenames in gewasopbrengsten gevonden. Het voortzetten van de experimenten zou kunnen zorgen voor statistisch significante effecten. Anderzijds, uit praktisch en economisch opzicht zouden effecten op de opbrengsten na deze proefduur wel beter zichtbaar moeten zijn.

### 3.3.2 Waterregulatie en -zuivering

#### Klimaatadaptatie; vochthuishouding en waterinfiltratie en -afvoer

**Hypothese:** Er wordt verwacht dat organische stof aanvoer resulteert in een verbeterde weerbaarheid tegen intensiever neerslag doordat er meer organische stof aanwezig is, waardoor de bodemstructuur verbetert. In de literatuur wordt aangegeven dat dit met name komt door verbeterde aggregaatstabiliteit en lagere bodemdichtheid (Diacono & Montemurro, 2010). De organische stof zou ook kunnen leiden tot een verbeterde vochtvoorziening bij droogte (Bot & Benites, 2005; Hudson, 1994).

**Resultaat:** Op klei zijn er geen data beschikbaar. Op zand zijn er bodemfysische metingen gedaan in 2012 en 2016 en deze lieten geen verschillen zien tussen systeem LAAG en STANDAARD in indringingsweerstand, bulkdichtheid, watervasthoudend vermogen en porievolume (Vervoort, 2016; Visser, Schoot, Korthals, & Haan, 2014). In de compostplots op zand zijn geen bepalingen gedaan van bodemfysische parameters en zijn ook geen visuele effecten waargenomen in de gewassen. Hetzelfde geldt op dalgrond waar alleen indringingsweerstand gemeten is in de combi-behandeling (zie **Tabel 7**).

Samenvatting resultaten	
Klei	Data niet beschikbaar
Zand - LAAG	Geen effect
Zand en dalgrond - Compost	Geen visuele of gemeten effecten

**Discussie:** Het resultaat dat organische meststoffen geen effect hebben op bodemfysische parameters komt niet overeen met de hypothese. Echter zijn de resultaten niet verassend omdat de verwachte effecten op organische stof gehalte gering zijn, een grote spreiding hebben en dus veel waarnemingen vergen om aan te tonen. Als deze aspecten van waterhuishouding in kaart gebracht moeten worden in deze proeven zouden meer intensief gemeten moeten worden op meerdere momenten gedurende het seizoen en over de jaren heen. Vrij uitgebreide metingen van bodemvocht zijn voor het experiment op dalgrond beschikbaar en zouden nog uitgewerkt kunnen worden.

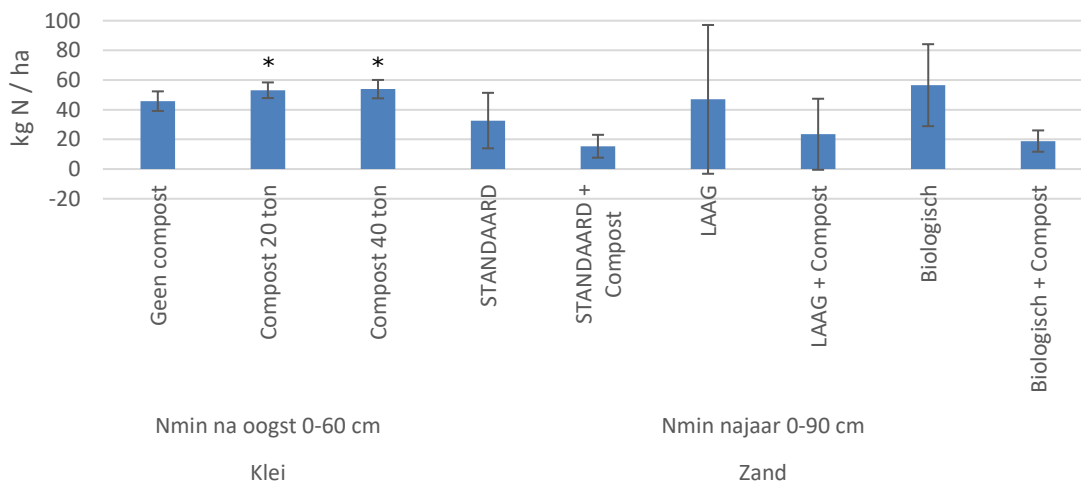
### Waterkwaliteit; N-min najaar en nitraatuitspoeling naar bovenste grondwater

**Hypothese:** De nitraat die gebonden is in organische mest mineraliseert langzamer en meer onvoorspelbaar dan minerale meststoffen waardoor het risico op mineralisatie en vervolgens uitspoeling buiten de teeltperiode toeneemt. Experimenteel onderzoek (Basso & Ritchie, 2005) en modelstudies (van Hoppers-Brandt en van der Burgt, 2013; en Groenendijk et al. 2017) geven aan dat bij toepassing van compost de nitraatuitspoeling zal stijgen als in de stikstofbemesting geen rekening wordt gehouden met de mineralisatie uit de compost. Als dit wel gedaan wordt is de nitraatuitspoeling vergelijkbaar. In de loop van de jaren zijn we in de proeven daar wel rekening mee gaan houden.

#### Resultaat

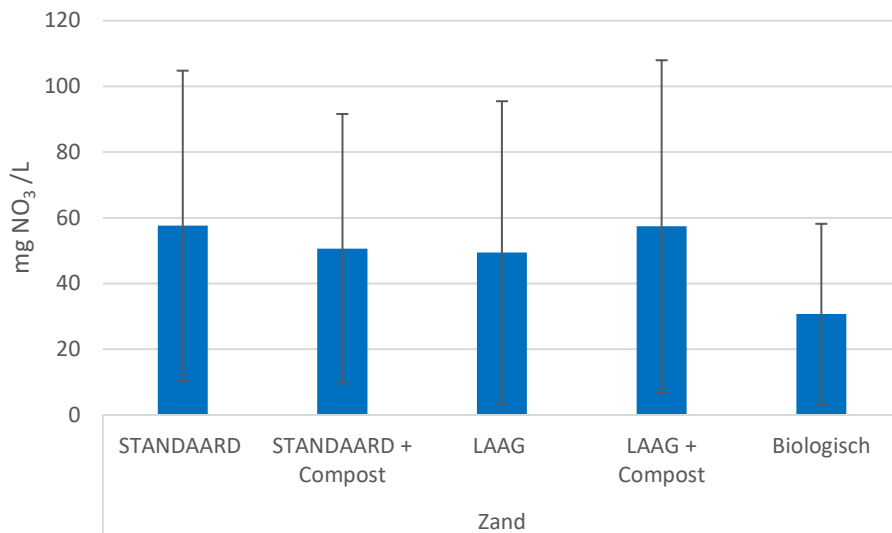
Op klei wordt een significant hogere N-min gevonden bij zowel 20 als 40 ton compost (**Figuur 9**). Geen metingen kunnen gedaan worden van de nitraatuitspoeling i.v.m. de meetmethode en de grootte van de compostplots. Het risico op uitspoeling heeft wel een positieve relatie met N-min najaar en kan daaruit afgeleid worden.

Samenvatting resultaten	
Klei	Significant hogere N-min
Zand - LAAG	Gemiddeld lagere nitraatuitspoeling, niet significant
Zand - Compost	Gemiddeld lagere N-min, niet significant
Dalgrond - Compost	Geen effect op N-min of nitraatuitspoeling



**Figuur 9.** Minerale stikstof (kg/ha) in de bodem uit de lagen 0-60 cm op klei (na oogst) 2016 en 2019 en 0-90 cm op zand (najaar) 2017-2019. Resultaten van N-min najaar op dalgrond zijn alleen gemeten in de combi-behandeling en worden getoond in figuur 4, pagina 25. Een (\*) staat voor een significant hogere waarde vergeleken met de behandeling zonder compost.

In het experiment op zand is de N-min najaar voor LAAG en STANDAARD gemiddeld lager dan de streefwaarde van 45 kg/ha en zijn er geen significante verschillen tussen systeem LAAG en STANDAARD (**Figuur 9**). De nitraatuitspoeling is in het systeem LAAG lager dan in systeem STANDAARD in alle jaren behalve twee, maar het effect is niet significant (**Figuur 9**). Gemiddeld over de jaren bedroeg de nitraatconcentratie in het grondwater in LAAG en STANDAARD, respectievelijk 49 en 58 mg per liter en lag dus allen voor systeem STANDAARD boven de norm 50 mg per liter **Figuur 10**.



**Figuur 10.** Gemiddelde nitraatconcentratie (mg NO<sub>3</sub>/L) in het grondwater op zand met en zonder compost. De meetperiode is 2012-2019. In de compostplots van het biologische systeem is de nitraatuitspoeling niet gemeten. Nitraatuitspoeling op dalgrond wordt op weergegeven in Figuur 5.

Compost heeft geen significant effect op de nitraatuitspoeling op zandgrond in de periode 2013-2016 (Jolink, 2018). Ondanks de opbouw van organische stikstof in de bodem in de compostplots heeft dit (nog) niet geleid tot hogere uitspoeling.

Op dalgrond is N-min najaar alleen gemeten in de combiplots, deze worden gepresenteerd in **Figuur 4**, Hetzelfde geldt voor de nitraatuitspoeling, deze worden in Figuur 5, gepresenteerd.

**Discussie:** De voorlopige resultaten tonen dat gebruik van compost geen toename hoeft te veroorzaken in nitraatuitspoeling. Dit is dus in tegenspraak met de hypothese van mogelijke verhoogde uitspoeling. De verlaagde uitspoeling op zand (LAAG t.o.v. STANDAARD) lijkt niet te liggen aan een verhoogd stikstofbodemoverschot (zie tabel 10.). Een ander belangrijk punt is dat het moeilijk blijft om relaties te leggen met nitraatuitspoeling omdat de variabiliteit in de metingen groot is en veel aspecten zoals neerslagoverschot en drainage de metingen beïnvloeden (de Haan et al., 2018b).

### 3.3.3 Recycling van nutriënten

#### **NPK aanvoer, -efficiëntie en -overschotten**

**Hypothese:** De stikstof gebonden in organische mest mineraliseert langzamer en meer onvoorspelbaar dan minerale meststoffen waardoor risico op mineralisatie buiten de teeltperiode toeneemt. Dit zou kunnen leiden tot hogere NPK-overschotten als de bemesting niet aangepast wordt hierop (van Hospers-Brandt en van der Burgt, 2013; en Groenendijk et al. 2017). Anderzijds wanneer ervoor gezorgd wordt dat er weinig periodes zijn zonder gewasgroei en stikstofopname bijvoorbeeld door gebruik van groenbemesters kan het risico op verlies door ontijdige mineralisatie sterk beperkt worden.

**Resultaat:** Voor het experiment op klei zijn de nutriëntenbalansen van de compostplots nog niet uitgewerkt.

Voor systeem LAAG en STANDAARD op zand daalt het gemiddelde stikstofbodemoverschot als de mineralisatie en vastlegging van stikstof worden meegenomen. Omdat het verschil tussen mineralisatie en vastlegging in LAAG lager is dan in STANDAARD is er bij het op deze manier

Samenvatting resultaten	
Klei	Niet geanalyseerd
Zand – LAAG	Overschotten en efficiënties vergelijkbaar met STANDAARD
Zand – Compost	Hogere overschotten, efficiënties nemen af
Dalgrond - Compost	N- en P-overschotten nemen toe, K overschot afneemt, efficiënties nemen af



gecorrigeerde bodemoverschot vrijwel geen verschil meer tussen de systemen (Tabel 10). Het stikstofbodemoverschot van LAAG was 13 kg N per ha lager dan in STANDAARD omdat de lagere aanvoer onvoldoende gecompenseerd werd door een lagere afvoer via gewasopbrengsten. Voor fosfaat geldt dat voor beide systemen het gemiddelde overschot negatief is maar niet significant verschillend voor de twee systemen. Beide systemen zijn niet helemaal in evenwicht, wat wel het streven is. Met de negatieve overschotten is handhaving van de fosfaattoestand van de bodem lastig. Wat betreft de kalibalans heeft LAAG een gemiddeld overschot van net iets boven de streefwaarde, maar STANDAARD zit ruim onder de streefwaarde van 40 kg K<sub>2</sub>O per ha door een hogere afvoer. Het kalioverschot is niet significant verschillend tussen de systemen (de Haan et al., 2018b). De efficiënties zijn vergelijkbaar met het enige verschil een iets lagere K-efficiëntie is bij LAAG.

Bij aanvoer van compost op dalgrond is het verschil tussen N totaal en N-werkzaam aanzienlijk en zijn de N-overschotten gemeten als N totaal aanzienlijk (figuur 10). Met N-werkzaam worden echter geen grote verschillen gezien in de overschotten tussen compost en de standaard. Het P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> overschot met compost is volgens verwachting aanzienlijk hoger. Dat van de toegediende P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in compost slechts de helft hoeft te worden meegerekend in de mineralenboekhouding betekent nog niet dat het niet in de bodem terecht komt. De met de compost aangevoerde K<sub>2</sub>O worden in het bemestingsplan gedeeltelijk gecompenseerd door lagere andere mestgiften. Over het geheel genomen neemt, ten opzichte van de standaard, het kaliumtekort flink af bij toepassing van compost. Bij toepassing van compost is de verwachting dat deze toenemende overschotten vooral in de bodem opgeslagen worden en niet verloren gaat naar water of lucht (de Haan et al., 2020).

**Tabel 10** Het N-, P-, en K -bodemoverschot, aandeel N, P, en K uit organische mest en efficiëntie (afvoer/aanvoer) per systeem. Voor systeem LAAG en STANDAARD zijn de getallen uit 2011-2016, behalve de aandeel organische mest die uit 2017-2019 is, de compostbehandelingen in LAAG en STANDAARD zijn uit 2013-2016 en de getallen op dalgrond uit 2014-2017.

Grondsoort	Behandeling		N	P	K
<b>Zand</b>	LAAG	Overschot (kg/ha)	89	-2	45
		Aandeel organisch (%)	48%	-	-
		Efficiëntie (%)	60%	107%	81%
	STANDAARD	Overschot (kg/ha)	102	-3	23
		Aandeel organisch (%)	62%	-	-
		Efficiëntie (%)	59%	108%	90%
	LAAG + compost	Overschot (kg/ha)	175	51	59
		Aandeel organisch (%)	71%	-	-
		Efficiëntie (%)	41%	50%	77%
	STANDAARD + compost	Overschot (kg/ha)	206	35	66
		Aandeel organisch (%)	78%	-	-
		Efficiëntie (%)	40%	61%	77%
<b>Dalgrond</b>	Geen compost	Overschot (kg/ha)	14	-20	-52
		Aandeel organisch (%)	46%	100%	53%
		Efficiëntie (%)	92%	138%	132%
	Met compost	Overschot (kg/ha)	144	43	-12
		Aandeel organisch (%)	57%	100%	64%
		Efficiëntie (%)	53%	62%	113%

**Discussie:** Bij alle systeemprouven ligt de aandeel organische meststoffen tussen de 40-80%. De keuze voor een lage OS-aanvoer resulteert in een lager aandeel terwijl het toepassen van compost het aandeel verhoogt. De efficiënties gaan als verwacht omlaag door aanvoer van compost, maar een groot deel van de nutriënten is gebonden aan de organische stof en hoeven dus geen risico's te vormen voor hogere uitspoeling en wanneer in de bemesting in de toekomst hier ook rekening mee gehouden wordt leidt dit niet tot minder efficiënt meststofgebruik op de lange termijn.

### 3.3.4 Koolstofvastlegging

#### Koolstofopslag en broeikasgasemissies

**Hypothese:** Met regelmatige aanvoer van organische meststoffen zoals dierlijke mest en compost wordt verwacht dat de koolstofvastlegging op langere termijn zal toenemen (Diacono & Montemurro, 2010). Compost, met veel verteerde organische stof zou per ton een groter effect moeten hebben op koolstofvastlegging dan een verse organische mest. Echter zijn veranderingen in bodemorganische stof en dus koolstofopslag moeilijk om aan te tonen.

**Resultaat:** Koolstofvastlegging is in het najaar van 2018 en 2019 gemeten in de drie proeven. Op klei zien we dat compost tot een significant toename in organische stof leidt (**Tabel 11**). Op zand zien we geen significante verschillen tussen STANDAARD en LAAG, maar wel een significant verhoogde organische stof door compost ten opzichte van STANDAARD. Op dalgrond zien we een niet-significante toename met compost. (Koopmans et al., 2019)

Samenvatting resultaten	
Klei	Significante toename
Zand - LAAG	Geen effect
Zand - Compost	Trend tot toename
Dalgrond	Niet significante toename

**Tabel 11.** Vergelijking koolstofvastlegging organische stof aanvoer en standaard bemesting op klei, zand en dalgrond. Significante verschillen met de standaard worden aangeduid met een ster (\*) (Koopmans et al., 2020, 2019)

Grondsoort	Maatregel	C-elementair (%)	Organische stof (%) - gloeiverlies
Klei	Kunstmest	0,91	3,0
	Compost 20 ton	1,01	3,2*
	Compost 40 ton	1,14	3,6*
Zand	LAAG	-	4,3
	STANDAARD	-	4,0
	STANDAARD + compost	-	4,7 *
Dalgrond	Standaard bemesting	-	10,7
	Compost	-	12,0
	Compost + tagetes	-	12,7

**Discussie:** De resultaten zijn op klei als verwacht maar niet op zand en dalgrond. Voor de vergelijking LAAG en STANDAARD is de omgekeerde relatie gevonden van wat verwacht werd, ook kon geen statistisch significante verschillen aangetoond worden voor de compostplots op zand en dalgrond. Dat geen significante verschillen in koolstofvastlegging gevonden werd kan liggen aan grote variatie in de metingen, de grootte van de verwachte verschillen en de kwaliteit en hoeveelheid van de compost. Op dalgrond speelt de grote variatie in organische stofgehalten in het proefveld een rol om überhaupt significante verschillen aan te kunnen tonen.

### 3.3.5 Habitat voor biodiversiteit

#### Soorten aantallen en -diversiteit van vogels, insecten en bodemleven

**Hypothese:** Aanvoer van organische stof via meststoffen draagt bij met voedsel voor het bodemleven (D'Hose et al., 2018). Dit kan vervolgens ook bovengrondse organismen stimuleren door doorwerking in de voedselpiramide (Idinger & Kromp, 1997).

**Resultaat:** Er zijn erg weinig metingen gedaan aan biodiversiteit in de drie experimenten. Alleen de bacteriële biomassa is gemeten in 2019 in een aantal compostplots van het experiment op klei. Hier worden significante toenames gevonden in bacteriële biomassa voor beide compostbehandelingen (kunstmest: 42,8 mg C/kg, 20 ton compost: 56,5 mg C/kg, 40 ton

Samenvatting resultaten	
Klei	Toename in bacteriële biomassa
Zand en dalgrond	Geen waarnemingen

compost: 69,3 mg C/kg) (Koopmans et al., 2020)

**Discussie:** De beperkte eigen resultaten komen overeen met wat gevonden wordt in de literatuur; dat de bacteriële biomassa toeneemt bij gebruik van compost. In een grote analyse van meerjarige experimenten in Europa worden de effecten van drijfmest, stalrest en compost op bodemorganismen ten opzichte van alleen kunstmest in kaart gebracht (D'Hose et al., 2018). Stalrest leidde tot een ca. 150% toename in regenwormen, drijfmest een toename van ca. 100% en compost een toename van ca. 65%. Een klein aantal studies wijzen op dat plantparasitaire nematoden niet worden beïnvloed door organische stof aanvoer of zelfs in aantallen afnemen. Bacterievore nematoden nemen significant toe bij aanvoer van organische meststoffen, terwijl fungivore nematoden afnemen maar alleen significant voor compost. Alle drie meststoffen veroorzaken significante toename van ca. 30% in biomassa van micro-organismen zoals bacteriën en schimmels.

### 3.3.6 Toepasbaarheid

#### Behoeft kennis en kunde

Gebruik van compost en mest is een makkelijke maatregel om toe te passen. Het kan wel een uitdaging zijn om compost te vinden van voldoende kwaliteit tegen een goede prijs.

#### Bedrijfsresultaat en arbeid

Over de bedrijfsresultaten bij toepassing van compost op klei zijn geen gegevens beschikbaar. Op zand pakt het bedrijfsresultaat in STANDAARD in ieder gewas economisch gunstiger uit dan met LAAG met een verschil van €1236 (**Tabel 12**). Een deel van dit verschil kwam door de hogere opbrengst in STANDAARD, en een deel vanwege de ontvangen betaling voor dierlijke mest.

Met compost is het bedrijfsresultaat gemiddeld positief in systeem LAAG (€142) maar niet zo gunstig in STANDAARD (-€78). Compost is een relatief dure maatregel van ruim €100 per hectare per jaar. In systeem LAAG zorgt het toedienen van compost voor een verhoging van de bruto geldopbrengst die de meerkosten compenseert, maar in STANDAARD waren de kosten hoger dan de meeropbrengst en wordt dus een negatief saldo gehaald. Op dalgrond heeft het systeem met aanvoer van compost een negatief bedrijfsresultaat van -€85 per hectare ten opzichte van de standaard. Tegenover de hogere kosten van compost, is er ook een vermindering in de kosten voor kunstmest gecombineerd met een hogere opbrengst van de suikerbiet. De laatste twee posten zijn echter niet groot genoeg om de meerkosten voor de compost te compenseren (de Wolf et al., 2019).

Het aanvoeren van compost heeft weinig of geen meerkosten voor arbeid ten opzichte van gebruik van andere meststoffen. Dierlijke mest levert vaak geld op, terwijl mineralenconcentraat, kunstmest en compost geld kosten. Afhankelijk van het gewas kan organische stof aanvoer de opbrengst verhogen. De proef op zand geeft een indicatie dat extra organische stof vooral effect heeft in situaties waarin de aanvoer (te) laag is. Organische stof aanvoer is dus financieel voordelig als de aanvoer in het bestaande systeem te laag is, waardoor gewassen profiteren van extra organische stofaanvoer. De toename in opbrengst weegt dan op tegen de kosten, zeker als de aanvoer gerealiseerd wordt met dierlijke mest en niet via (duurdere) compost. Het is belangrijk om te beseffen dat de financiële effecten die hier zijn doorgerekend met name de korte termijneffecten van organische stof zijn (de Wolf et al., 2019).

**Tabel 12.** Overzicht van het economische bedrijfsresultaat van organische stof maatregelen zand en dalgrond.

Grondsoort	Behandeling	Vershil kosten /ha/jaar	Vershil opbrengsten /ha/jaar	Totaal verschil /ha/jaar
Zand	LAAG t.o.v. STANDAARD	- € 213	- € 1023	- € 1236
	LAAG + compost t.o.v. LAAG	- € 104	€ 246	€ 142
	STANDAARD + compost t.o.v. STANDAARD	- € 117	€ 39	- € 78
Dalgrond	Compost t.o.v. standaard bemesting	- € 121	€ 37	- € 85

---

### **Machine en werktuigen**

Aanvoeren van meer organische meststoffen vergt geen aankoop van machines bij de meeste boeren. Uitrijden van organische meststoffen gebeurt overwegend door loonwerkers.

### **Toepasbaar areaal**

Door de beperkte beschikbaarheid van grote hoeveelheden compost van goede kwaliteit blijft de toepasbare areaal in Nederland vooralsnog klein. De hoeveelheden die in de proeven toegepast werd zijn veel hoger dan wat in de gangbare praktijk toegepast zou worden omdat het dan door wettelijke beperkingen niet kan in combinatie met organische mest waardoor kunstmest toegepast zou moeten worden met hogere kosten als gevolg. In de proeven is voor deze hoeveelheid gekozen om versnelde effecten te zien en door proef-technische redenen.

## 4 Discussie

De discussie is opgedeeld in drie delen; het bespreken van de resultaten en boodschappen, een bespreking van de methodiek en tot slot de geïdentificeerde kennislacunes.

### 4.1 Resultaten en boodschappen

**Tabel 13** en **Tabel 14** tonen de samengevoegde resultaten uit de kwantitatieve analyse, zodat de resultaten overzichtelijk naast elkaar staan en zo goed besproken kunnen worden en boodschappen afgeleid kunnen worden.

**Tabel 13.** *Samenvatting van de resultaten uit de kwantitatieve analyse van de effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties. Een dichte punt betekend goed onderbouwd effect, een open punt een effect met meer onzekerheid en interpretatie.*

Maatregel	Grondsoort	Productiviteit	Waterregulatie en -zuivering		Recycling van nutriënten	Koolstofvastlegging	Habitat voor biodiversiteit
			Klimaatadaptatie	Waterkwaliteit			
<i>Gereduceerde grondbewerking</i>	Klei	•	•	o	•	•	•
	Zand	•	o	•	•	•	
	Dalgrond	•	o	•	•	•	
<i>Minder organische stof aanvoer - Geen gebruik dierlijke mest</i>	Zand	•	o	•	•	•	
<i>Organische stof aanvoer - Extra compost</i>	Klei	•		o		•	•
	Zand	•	o	•	•	•	
	Dalgrond	•	o	•	•	•	

**Tabel 14.** *Samenvatting van de resultaten uit de kwantitatieve analyse van de toepasbaarheid van bodemmaatregelen.*

Maatregel	Grondsoort	Kennis en kunde	Bedrijfsresultaat	Arbeid	Mechanisatie aanpassen of kopen?	Technisch toepasbaar areaal in regio (%)
<i>Gereduceerde grondbewerking</i>	Klei	Groot		+ gangbaar - biologisch	Ja	60-100% gangbaar 10-60% biologisch
	Zand	Matig				
	Dalgrond					
<i>Minder organische stof aanvoer - Geen gebruik dierlijke mest</i>	Zand	Laag			Nee	60-100%
<i>Organische stof aanvoer - Extra compost</i>	Klei					
	Zand					
	Dalgrond					
					0-10%	

Het benutten van deze resultaten in boodschappen vereist dat de effecten betrouwbaar en schaalbaar zijn zodat een boodschap bruikbaar is voor een ondernemer die wilt werken aan duurzaam bodembeheer. De praktische toepasbaarheid is daar ook een belangrijke component in. Deze stap is besproken met betrokken partners uit de PPS Beter Bodembeheer en is gediscussieerd over wat er met de resultaten gedaan kan worden richting boer en beleid. Daaruit kwam naar voren dat

---

boodschappen op te stellen zijn vanuit de resultaten, mits er voldoende betrouwbare resultaten beschikbaar zijn en deze ook toepasbaar zijn in de praktijk. Voor gereduceerde grondbewerking op kleigrond is dat mogelijk, terwijl voor bijvoorbeeld organische stofaanvoer op klei nog niet alle effecten helder in beeld zijn. Zie bijlage 3 voor een uitwerking van deze workshop in september 2020.

Uit het analyseren en bespreken van de resultaten uit de kwantitatieve analyse van de metingen in de systeemprouwen, kwamen er een aantal algemene punten naar voren, die kunnen dienen als boodschap. De algemene punten en boodschappen zijn per maatregelcategorie (gereduceerde grondbewerking of organische stofaanvoer) en grondsoort (kleigrond of zand- en dalgrond) gestructureerd (zie ook het Beter Bodembeheer Magazine (2020)):

#### Gereduceerde grondbewerking op kleigrond

Voor toepassing van gereduceerde grondbewerking op kleigrond zijn geen negatieve effecten gevonden en worden functionele en maatschappelijke doelen gediend. De opbrengsten van de gewassen variëren echter tussen gewassen, met name fijnzadige gewassen hebben het lastig. Op bouwplanniveau is dit effect in het gangbare systeem klein, maar in biologische systemen groter. Er wordt meer koolstof vastgelegd (ook al nog discussie over de grootte van het effect) en de waterhuishouding en biodiversiteit lijkt te verbeteren. Belangrijke toepassingsvragen zijn wanneer de effecten zichtbaar worden na implementatie, hoe de onkruidbeheersing ingericht moet worden en hoe en wanneer de gereduceerde grondbewerking het best uitgevoerd kan worden. In de gangbare systemen zijn de kosten soms iets hoger dan de baten en soms visa versa (variant met woelen), in biologische systemen zijn de kosten een stuk hoger vanwege de toegenomen kosten voor onkruidbestrijding. Het toepassen van gereduceerde grondbewerking vraagt een aanpassing in het machinepark, maar daarmee zou de maatregel op veel bedrijven toegepast kunnen worden.

#### Gereduceerde grondbewerking op zand en dalgrond

De effecten van gereduceerde grondbewerking zijn voor de meeste bodemfuncties gering. Dat betekent dat het implementeren ervan goed bij de boer moet passen, om toch positieve resultaten te kunnen halen. Stikstofuitspoeling wordt verminderd, wat bijdraagt aan de bodemfunctie waterregulatie en zuivering. De kosten zijn op zandgrond hoger dan de baten, terwijl dit op dalgrond andersom is. Het toepassen van gereduceerde grondbewerking is lastiger op onkruidgevoelige percelen, vraagt een aanpassing in het machinepark, maar daarmee zou de maatregel op veel bedrijven toegepast kunnen worden.

#### Organische stofaanvoer op kleigrond

Omdat de data nog maar deels is geanalyseerd en beschikbaar is, is het lastig om concrete boodschappen te formuleren. Goede praktijkvoorbeelden kunnen ter inspiratie dienen voor geïnteresseerde boeren. Uit de resultaten blijkt dat het extra aanvoeren van organische stof in de vorm van compost bijdraagt aan een hogere productie en vastlegging van koolstof op kleigrond, maar ook tot een verhoogde N-min. Dit is een potentieel risico op een negatief effect. Bij toepassing moet daar een oplossing voor worden gevonden, zoals het aanpassen van de N – bemesting en het maximaal toepassen van vanggewassen. Het toepassen van deze maatregel lijkt goed mogelijk vanuit de toepasbaarheidsaspecten. De financiële kant van de maatregel is echter nog niet uitgewerkt. Daarnaast is een vaak genoemd probleem dat er weinig compost van goede kwaliteit (niet vervuild) beschikbaar is, waardoor het toepasbaar areaal op kleigronden gering is. Daarnaast loopt men mogelijk in de praktijk aan tegen wet en regelgeving omtrent de hoeveelheid toegestane aanvoer van organische stof aan. In de proeven kan en is meer aangevoerd worden dan in de praktijk mogelijk is. Dat zal voor de praktijk inhouden dat als compost wordt toegediend (in kleinere hoeveelheden dan in de proeven) de het langer zal duren voordat de in de proef aangetoonde verschillen bereikt zullen worden.

#### Organische stofaanvoer op zand en dalgrond

De aanvoer van extra organische stof in de vorm van compost leidt waarschijnlijk tot hogere opbrengsten op zandgrond. Het verlagen van de reguliere organische stofaanvoer leidt tot een verlaging van de opbrengsten. Op de andere bodemfuncties, zoals waterkwaliteit (via uitspoeling van

N) zijn er geen effecten gemeten of zijn de effecten nog onzeker of onbekend (biodiversiteit). Dat er weinig effecten op bodemfuncties en bodemkwaliteit lijken te zijn, maar wel positieve effecten op opbrengsten, kan komen doordat er alleen kortdurende positieve effecten zijn op de nutriëntenbeschikbaarheid en bodemkwaliteit na het toedienen van het organische stof. Het aanvoeren van compost kost financieel iets meer dan dat het oplevert. Het aanvoeren van compost kost financieel iets meer dan dat het oplevert. Met deze effecten in beeld kan de boer een afweging maken of positieve effecten van extra organische stofaanvoer in balans zijn met de hogere kosten. Een belangrijke vraag is hoe de maatregel presteert tijdens extreme weersomstandigheden, wat zeker gezien klimaatverandering relevant is. Daarnaast is een vaak genoemd probleem dat er weinig compost van goede kwaliteit (niet vervuild) beschikbaar is, waardoor het toepasbaar areaal op zand- en dalgronden gering is. Tevens loopt men in de praktijk aan tegen wet en regelgeving omtrent de hoeveelheid toegestane aanvoer van organische stof aan. In de proeven kan en is meer aangevoerd worden dan in de praktijk mogelijk is. Dat zal voor de praktijk inhouden dat als compost wordt toegediend (in kleinere hoeveelheden dan in de proeven) het langer zal duren voordat de in de proef aangetoonde verschillen bereikt zullen worden.

Onzekerheden in, of het onbekend zijn van, effecten zullen verder uitgezocht moeten worden, zodat helder wordt of een maatregel daadwerkelijk toepasbaar is en bijdraagt aan duurzaam bodembeheer (zie paragraaf 4.3).

## 4.2 Methodiek

Om deze integrale analyse van de effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties en bodemkwaliteit te maken, is een nieuwe methodiek ontwikkeld. Deze methodiek benut de data uit voornamelijk de systeemproeven om tot een oordeel te komen in hoeverre een maatregel bijdraagt aan beter bodembeheer. Er is gekozen om dat in eerste instantie kwalitatief voor bodemkwaliteitsaspecten en bodemfuncties te doen. De verdere, kwantitatieve analyse is gedaan met de focus op de bodemfuncties, omdat die intuïtiever zijn en meer helderheid geven over de prestatie van de bodem voor de te vervullen ecosysteemdiensten. De vertaalslag van losse indicatoren naar bodemfuncties in het opgestelde analysekader van de effecten van bodemmaatregelen is hier op basis van expertkennis gedaan. De gekozen indicatoren bepalen zo de bodemfunctie en dus de uitkomst van de analyse en het effect van maatregelen. Waren andere indicatoren gekozen, kan het zijn dat de resultaten anders uit waren gepakt. De gebruikte indicatoren zijn voorgelegd en besproken met betrokken onderzoekers en partners, waardoor er draagvlak en consensus voor het framework is en de vertaalslag van losse indicatoren naar bodemfuncties gemaakt kan worden. De scores die zijn toegekend in met name de kwalitatieve analyse zijn ook op basis van expert inschattingen gedaan. Een sterk positief effect kreeg een donker groenen score door de expert toegewezen, een minder sterk positief effect licht groen. Er zijn voor de indicatoren geen harde kwantitatieve grenzen opgesteld om zo te beoordelen of een effecten lichtgroen of donkergroen is. Hetzelfde geldt voor negatieve effecten (donker en lichtrood). Hier zijn de expertinschattingen en de statistische onderbouwingen van het effect gevolgd om de kleur toe te kennen. Andere experts of betrokkenen zouden deze scores anders uitgedrukt kunnen hebben. We bevelen aan om in een vervolg te pogen om beoordelingskaders op te stellen hiervoor zodat de beoordeling objectiever gedaan kan worden.

Een andere vertaalslag die gemaakt is, is die van resultaten in de systeemproeven naar praktijkniveau. Hier is aangenomen dat de systeemproeven representatief zijn voor een bepaalde grondsoort en regio en dat het extrapoleren van resultaten op die manier mogelijk is. Dat brengt echter ook onzekerheden met zich mee, omdat boerenbedrijven verschillen qua Ausgangssituatie, gewassen en grondsoortvariaties, waardoor ook de effecten van maatregelen kunnen verschillen. Er is getracht om vanuit de resultaten van de analyse op basis van de systeemproeven, boodschappen te formuleren voor de praktijk. Dat is in de tweede workshop met betrokken onderzoekers en partner besproken, en dat blijkt nog niet eenvoudig te zijn. Enerzijds omdat er nog kennisvragen zijn, en anderzijds omdat ook aan de toepassingskant nog vragen zijn over de maatregelen. In 4.1 is een aanzet gedaan om boodschappen en adviezen te formuleren op basis van de resultaten en de discussies in de workshops.

---

Ondanks de onzekerheden lijken de stappen van de opgestelde methodiek geschikt om op een integrale manier, via de bodemfuncties en de toepasbaarheidsindicatoren, inzichtelijk te maken hoe losse bodemaatregelen bij kunnen dragen aan beter bodembeheer en daarbij inzichtelijk maken waar eventuele trade-offs optreden tussen functies of andere aspecten, zoals economische prestatie. De methodiek zal in het vervolg van de PPS Beter Bodembeheer, die start in 2021, verder uitgewerkt, bediscussieerd, aangepast en toegepast worden op meerdere maatregelen, zodat ook maatregelen goed tegen elkaar afgezet kunnen worden en er nagedacht kan worden over elkaar versterkende of aanvullende combinaties van maatregelen. Ook zal de huidige kwantitatieve analyse nog geactualiseerd worden met nieuwe gegevens die beschikbaar komen.

## 4.3 Kennislacunes

### Kennis lacunes

Uit de analyses bleek dat er nog veel 'grijze vakjes' zijn (zie uitwerking in hoofdstuk 0 en de tabellen in bijlage 1); waar de effecten onbekend zijn of er nog data geanalyseerd moet worden. Het onderzoeken van deze effecten, en daarmee het invullen van deze vakjes is relevant om een completer beeld van de maatregelen te krijgen en zo beter gefundeerde uitspraken te kunnen doen en adviezen op te kunnen stellen. Over het algemeen is er in het systeemprouwen namelijk meer gefocust op de functies (of onderdelen van functies) productiviteit, recycling van nutriënten en waterzuivering. De functies, of onderdelen van functies, zoals klimaatadaptatie - waterregulatie en biodiversiteit zijn minder onderzocht (mede vanwege het gebrek aan data) terwijl deze aspecten als belangrijk beschouwd worden vanuit het beleid. Dat er minder gefocust is op deze functies is deels omdat deze functies moeilijker en duurder te onderzoeken zijn, en omdat gestructureerd en meerjarig onderzoek nodig is om deze functies goed in kaart te brengen.

Bij BASIS, de proef op kleigrond, zou meer aandacht besteed kunnen worden aan fysische bodemparameters, vochthuishouding en biodiversiteit en minder aan mineralen en bemesting. In de proeven Bodemkwaliteit op zand is nog weinig gemeten aan fysische bodemparameters en biodiversiteit; hier zou meer aandacht aan besteed moeten worden om mogelijkheden voor klimaatadaptatie, bodemkwaliteit en biodiversiteit vast te stellen. De proef Bodemkwaliteit Veenkoloniën zou voortgezet moeten worden om effecten van gereduceerde groundbewerking op alle bodemfuncties in kaart te brengen. Tot nu toe is zijn namelijk nog weinig effecten waargenomen of gemeten wat mede komt door de relatief recente start van de proef.



# 5 Conclusies en vervolgstappen

Hieronder worden eerst de getrokken conclusies gepresenteerd, waarna de vervolgstappen volgen.

## 5.1 Conclusie resultaten

De conclusie richt zich op de vier doelstellingen van het project: 1) een integraal totaaloverzicht te geven van wat de stand van kennis is van effecten van bodemmaatregelen op bodemfuncties, 2) concrete adviezen hieruit af te leiden voor praktijk en beleid, 3) aan te geven waar nog witte vlekken voor onderzoek aanwezig zijn en 4) bredere communicatie.

### Overzicht effecten van maatregelen

Om een integraal overzicht te kunnen opstellen van de effecten van bodemmaatregelen is een nieuwe aanpak opgesteld. Dit framework analyseert de effecten van bodemmaatregelen op een breed aantal criteria; bodemkwaliteit – biologisch, chemisch, organische stof, fysische, en bodemfuncties; productie, waterregulatie en zuivering, habitat voor biodiversiteit, recycling van nutriënten en koolstofvastlegging en toepasbaarheidsaspecten; kennis en kunde, en bedrijfseconomie, machine inzet, en het toepasbaar areaal. Uit deze analyse blijkt:

- Dat de effecten van deze maatregelcategorieën sterk verschillen. Zo verschillen de effecten per individuele maatregel binnen één categorie en verschillen de effecten per grondsoort.
- Dat een aantal effecten nog onbekend zijn of vragen om verdere analyses van beschikbare data. De verscheidenheid aan effecten maakt het lastig om vanuit deze kwalitatieve analyse op te kunnen maken of een maatregelcategorie bijdraagt aan beter bodembeheer in algemenere zin.
- Dat de toepasbaarheid van maatregelen relevant is. Zo lijken sommige maatregelen veelbelovend, zoals het aanvoeren van compost, maar is de toepasbaarheid laag vanwege de hoge kosten, is er beperkte beschikbaarheid van geschikte compost en loopt men tegen wet en regelgeving omtrent de aanvoer van organische stof aan.

Uit de kwantitatieve analyse zijn conclusies voor de effecten van gereduceerde groundbewerking en organische stofbeheer op bodemfuncties per grondsoort per bodemfunctie en toepasbaarheidsaspecten opgesteld.

- Gereduceerde groundbewerking:
  - Voor kleigrond is een positief effect gevonden op waterregulatie en -zuivering en op habitat voor biodiversiteit. Het effect op koolstofvastlegging lijkt positief maar is onzeker. Er is geen effect gevonden op productiviteit en recycling van nutriënten.
  - Op zand- en dalgrond heeft deze maatregel een positief effect op productiviteit en recycling van nutriënten, is het effect op habitat voor biodiversiteit onbekend en is er geen effect op waterregulatie en -zuivering en koolstofvastlegging.
  - Op de toepasbaarheidsaspecten scoort de maatregel redelijk goed, zo zijn de extra kosten gering en met name in het gangbare systemen is het toepasbaar areaal groot voor zowel klei als zandgrond. Er zijn nog wel een aantal kennisvragen qua uitvoering van de maatregel, zoals het tijdstip van bewerkingen, onkruidbestrijding en de productiviteit van fijnzadige gewassen.
- Organische stofaanvoer:
  - Voor kleigrond is voor de aanvoer van compost een effect positief effect gevonden op productie, koolstofvastlegging en habitat voor biodiversiteit. Op de andere twee de bodemfuncties, waterregulatie en -zuivering en recycling van nutriënten is het effect onbekend.
  - Op zand- en dalgrond is er geen effect (zand) en een positief effect (dalgrond) op productiviteit en koolstofvastlegging. Op recycling van nutriënten is er geen effect

---

(dalgrond), voor zandgrond is het effect onbekend. Het effect op waterregulatie en habitat voor biodiversiteit is onbekend.

- Compost aanvoeren is een eenvoudig uit te voeren maatregel maar brengt kosten met zich mee en is beperkt in zijn beschikbaarheid.

### Adviezen

Uit de resultaten blijkt dat de effecten van maatregelen per bodemfunctie verschillen en dat ook de toepasbaarheid varieert. Toch zijn de volgende boodschappen omtrent bodembeheer en maatregelen opgesteld.

- Gereducerde grondbewerking
  - Voor kleigrond kan de maatregel een positieve bijdrage leveren aan beter bodembeheer, waarbij extra aandacht op fijnzadige gewassen en toepasbaarheidsaspecten zoals planning en onkruidbeheer nodig is.
  - Op zandgrond toont gereduceerde grondbewerking geringe effecten waardoor niet gesteld kan worden dat gereduceerde grondbewerking flink bijdraagt aan beter bodembeheer. Echter, de waterkwaliteit verbetert, en de andere bodemfuncties ervaren geen grote negatieve effecten, waardoor een maatschappelijk (beleids)doel gediend kan worden zonder het functionele doel in gedrang te brengen.
  - Daarbij is wel aandacht nodig voor de toepasbaarheidsaspecten, zoals kosten, kennis en kunde en machinevereisten.
- Organische stofaanvoer
  - Voor kleigrond lijkt het een veelbelovende maatregel voor beter bodembeheer, ondanks dat een aantal effecten nog onbekend zijn. Maar de kennisleemten rond klimaatadaptatie en recycling van nutriënten moeten gevuld worden.
  - Op zandgrond toont de maatregel vaak geen effect, maar er is wel een positief effect op productie waardoor is compost aanvoeren een maatregel is die agronomisch gezien bijdraagt aan beter bodembeheer op zand en dalgronden.
  - Een barrière voor implementatie kan zijn dat de kosten hoger zijn dan de baten en tevens het risico op een verhoogde N-min op kleigrond.

Bovenstaande bewijst dat er trade-offs tussen effecten aanwezig zijn, waarbij gekeken moet worden naar het bereiken van functionele en maatschappelijke doelen. De uitdaging is om daar een juiste balans in te vinden.

### Witte vlekken

Er zijn witte vlekken geïdentificeerd. Zo is er meer focus nodig op de bodemfuncties waterregulatie en zuivering en biodiversiteit. Daarnaast is in de systeemprouwen meer onderzoek nodig naar bodemfysische parameters.

### Bredere communicatie

Partners zijn regelmatig geïnformeerd en geconsulteerd over de voortgang en resultaten en zo meegenomen in het proces. De resultaten van dit onderzoek zijn samengevat in het Beterbodembeheer Magazine inclusief twee animaties en twee video's rond grondbewerking en organische stofbeheer. Dit is een eerste stap in de brede verspreiding van resultaten.

## 5.2 Vervolgstappen

In het vervolg van deze in 2020 aflopende PPS Beter Bodembeheer (*PPS Beter Bodembeheer – integraal naar de praktijk*, start begin 2021) zal het gestarte werk dit jaar worden voortgezet naar de andere maatregelcategorieën, zoals groenbemesters en wordt er voor de reeds uitgewerkte maatregelen een update plaats en wordt er uitgebreider naar de bodemkwaliteitsaspecten gekeken. Dat gebeurt ook voor combinaties tussen maatregelen, waar gekeken wordt naar synergiën en trade-offs van combinaties ten opzichte van losse maatregelen. Hierbij worden ook de mogelijke economische langere termijn consequenties aangegeven (economische module). Vanuit de resultaten kunnen adviezen en boodschappen samen met partners voor de praktijk worden opgesteld. Op basis van de witte vlekken wordt bijgedragen aan een kennisagenda voor de vervolgjaren.

# Literatuur

- Baker, J. M., Ochsner, T. E., Venterea, R. T., & Griffis, T. J. (2007). Tillage and soil carbon sequestration- What do we really know? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *118*(1-4), 1-5. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2006.05.014>
- Basso, B., & Ritchie, J. T. (2005). Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize-alfalfa rotation in Michigan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, *108*(4), 329-341. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.01.011>
- Bot, A., & Benites, J. (2005). *The importance of soil organic matter - Key to drought-resistant soil and sustained food and production* (Vol. 1). <https://doi.org/10.5194/soil-1-707-2015>
- Cooper, J., Baranski, M., Stewart, G., Nobel-de Lange, M., Bàrberi, P., Fließbach, A., ... Mäder, P. (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis. *Agronomy for Sustainable Development*, *36*(1). <https://doi.org/10.1007/s13593-016-0354-1>
- Crittenden, S. J., Eswaramurthy, T., de Goede, R. G. M., Brussaard, L., & Pulleman, M. M. (2014). Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. *Applied Soil Ecology*, *83*, 140-148. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.03.001>
- Crittenden, S. J., Poot, N., Heinen, M., van Balen, D. J. M., & Pulleman, M. M. (2015). Soil physical quality in contrasting tillage systems in organic and conventional farming. *Soil and Tillage Research*, *154*, 136-144. <https://doi.org/10.1016/j.still.2015.06.018>
- D'Hose, T., Cugnon, M., De Vlieghe, A., Vandecasteele, B., Viaene, N., Cornelis, W., ... Reheul, D. (2014). The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Applied Soil Ecology*, *75*, 189-198. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.11.013>
- D'Hose, T., Molendijk, L., Van Vooren, L., van den Berg, W., Hoek, H., Runia, W., ... Ruyschaert, G. (2018). Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on European multiyear field experiments. *Pedobiologia*, *66*(December 2017), 18-28. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2017.12.003>
- de Haan, J., Asperen, P. Van, Visser, J., Burgt, G. J. Van Der, Smit, E., Dawson, A., & Klompe, K. (2020). Bodemmaatregelen op dalgrond in de Veenkoloniën : effecten op bodemkwaliteit , opbrengst en financiële meerwaarde.
- de Haan, J., Wesselink, M., Van Dijk, W., Verstegen, H., Van Geel, W., & Van Den Berg, W. (2018a). *Biologische teelt op een zuidelijke zandgrond: opbrengst, bemesting, bodemkwaliteit en stikstofverliezen*. Retrieved from <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/440225>
- de Haan, J., Wesselink, M., Van Dijk, W., Verstegen, H., Van Geel, W., & Van Den Berg, W. (2018b). Effect van organische stofbeheer op opbrengst, bodemkwaliteit en stikstofverliezen op een zuidelijke zandgrond. Retrieved from <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/440226>
- de Ruijter, F. J., & Smit, A. L. (2007). *Het lot van stikstof uit gewasresten*.
- de Wolf, P., Dawson, A., & Klompe, K. (2019). *Kosten en baten van bodemmaatregelen*.
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, *30*(2), 401-422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Ernst, G., & Emmerling, C. (2009). Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*, *45*(3), 247-251. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2009.02.002>
- Grashof-Bokdam, C., Pleijte, M., Potters, J., & Vijn. (2018). *Prikkels voor duurzaam bodembeheer in de Nederlandse landbouw*.
- Hanegraaf, M., van den Elsen, E., de Haan, J., & Visser, S. (2019). Bodemkwaliteitsbeoordeling van landbouwgronden in Nederland - Indicatorset en systematiek, versie 1.0. *Wurpubs*, *31*(0), 1-18. Retrieved from <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/498307>
- Hoek, J., Balen, D. Van, Haagsma, W., Asperen, P. Van, Sukkel, W., Haan, J. De, & Bloem, J. (2019). Bodemindicatoren in BASIS Bodemindicatoren in BASIS.
- Hudson, B. D. (1994). Soil organic matter and available water capacity. *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Idinger, J., & Kromp, B. (1997). Ground photoelector evaluation of different arthropod groups in unfertilized, inorganic and compost-fertilized cereal fields in eastern Austria. *Biological Agriculture and Horticulture*.
- Jolink, J. (2018). *The effect of reduced tillage on conventional and organic farming systems*.

- Koopmans, C., Timmermans, B., De Haan, J., van Opheusden, M., Selin Noren, I., Slier, T., & Wagenaar, J. P. (2020). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023, 50.
- Koopmans, C., Timmermans, B., Wagenaar, J. P., van t Hull, J., Hanegraaf, M., & De Haan, J. (2019). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023, 50.
- LANDMARK. (2015). Soil functions concept. Retrieved October 14, 2020, from <http://landmark2020.eu/soil-functions-concept/>
- LNV. Brief bodemstrategie tweede kamer (2018).
- Luo, Z., Wang, E., & Sun, O. J. (2010). Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139(1-2), 224-231. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.08.006>
- Martínez-García, L. B., Korthals, G., Brussaard, L., Jørgensen, H. B., & De Deyn, G. B. (2018). Organic management and cover crop species steer soil microbial community structure and functionality along with soil organic matter properties. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 263(May), 7-17. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.04.018>
- Miao, K. (2014). *Effects of soil management and crop diversity on the survival of arthropods in arable fields overwintering.*
- Michielsen, R. (2014). *Earthworms in European temperate agricultural systems.*
- PPS Beter Bodembeheer. (2017). Lange Termijn Experimenten. Retrieved October 8, 2020, from <https://www.beterbodembeheer.nl/nl/beterbodembeheer/themas/Lange-termijn-proeven.htm#tab1>
- PPS Beter Bodembeheer. (2020). Beter bodembeheer magazine. Retrieved December 17, 2020, from <https://www.beterbodembeheermagazine.nl/wur-najaar-2020/beter-bodembeheer-magazine>
- Sapkota, T. B. (2012). Conservation Tillage Impact on Soil Aggregation, Organic Matter Turnover and Biodiversity, (April), 141-160. [https://doi.org/10.1007/978-94-007-4113-3\\_6](https://doi.org/10.1007/978-94-007-4113-3_6)
- Schrik, Y. (2014). Visuele bodembeoordeling, stageverslag. Van Hall Larenstein.
- Schulte, R. P. O., Creamer, R. E., Donnellan, T., Farrelly, N., Fealy, R., O'Donoghue, C., & O'hUallachain, D. (2014). Functional land management: A framework for managing soil-based ecosystem services for the sustainable intensification of agriculture. *Environmental Science and Policy*, 38, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2013.10.002>
- Singer, J. W., Kohler, K. A., Liebman, M., Richard, T. L., Cambardella, C. A., & Buhler, D. D. (2004). Tillage and Compost Affect Yield of Corn, Soybean, and Wheat and Soil Fertility. *Agronomy Journal*, 96(2), 531. <https://doi.org/10.2134/agronj2004.0531>
- Spee, J. (2019). *The effect of reduced tillage on the presence of epigeal arthropods, stageverslag.*
- Tebrügge, F., & Düring, R. A. (1999). Reducing tillage intensity - A review of results from a long-term study in Germany. *Soil and Tillage Research*, 53(1), 15-28. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00073-2](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00073-2)
- Van den Putte, A., Govers, G., Diels, J., Gillijns, K., & Demuzere, M. (2010). Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. *European Journal of Agronomy*, 33(3), 231-241. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2010.05.008>
- van der Weide, R., van Alebeek, F., & van den Broek, R. (2008). En de boer, hij ploegde niet meer?: Literatuurstudie naar effecten van niet kerende grondbewerking versus ploegen, 39. Retrieved from <http://edepot.wur.nl/3507>
- van Groenigen, K. J., Hastings, A., Forristal, D., Roth, B., Jones, M., & Smith, P. (2011). Soil C storage as affected by tillage and straw management: An assessment using field measurements and model predictions. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140(1-2), 218-225. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2010.12.008>
- Vervoort, A. (2016). *The effect of tillage system on the quality of arable sandy soil.*
- Visser, J., Schoot, J. R. Van Der, Korthals, G., & Haan, J. De. (2014). *Bodemkwaliteit Op Zand: T nul meting bodem.*
- West, T. O., & Post, W. M. (2002). & CONSERVATION Soil Organic Carbon Sequestration Rates by Tillage and Crop Rotation : A Global Data Analysis. *Soil Science Society of America Journal*, 66(April), 1930-1946.

# Bijlage 1 Resultaat - kwalitatieve overzichten

**Figuur 11.** Legenda invulling cellen in de kwalitatieve overzichten.

negatief of afname	neutraal-negatief of afname	neutraal	neutraal-postief of toename	positief of toename	nog te analyseren	niet gemeten	• = effect of afwezigheid van effect goed onderbouwd met statistische analyse	o = trend, visueel, kwalitatief
--------------------	-----------------------------	----------	-----------------------------	---------------------	-------------------	--------------	---	---------------------------------

**Figuur 12.** Kwalitatief overzicht van effecten van maatregelen op bodemfuncties.

Maatregel korte beschrijving	Grondsoort	Prod. wijze	Regio	Sectoren	Maatregel lange beschrijving	Experiment	Productiviteit			Waterregulatie en -zuivering			Koolstofvastlegging	Habitat voor biodiversiteit	Recycling van nutriënten			
							Productiehoeveelheid	Productkwaliteit	Bodemvorming en erosie-beheersing	Klimaatadaptatie/weerbaarheid	Waterkwaliteit (uitspoeling N)	Waterkwantiteit (eg. Irrigatie-behoefte)			Koolstofopslag	Biodiversiteit	Nmin najaar (na oogst)	Overschotten NPK
<b>Gereduceerde grondbewerking</b>																		
<b>Conclusie klei</b>																		
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>																		
NGK vs ploegen	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NGK met vaste tand en diepwoeler vs ploegen 25 cm	BKZ	•	o	o							•	•	
NGK vs ploegen	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NGK met vaste tand en diepwoeler vs ploegen 25 cm	BKZ	•	o	o							•	•	
NGK met woelen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NGK met jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	•	•	o	o	o	•	•	o				
NGK met woelen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NGK met jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	•	•	o	o	o	•	•	o				
NGK zonder woelen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NGK zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	•	•	o	o	o	•	•	o				
NGK zonder woelen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NGK zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	•	•	o	o	o	•	•	o				
ondiep ploegen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	ondiep ploegen 15 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	•	•										
ondiep ploegen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	ondiep ploegen 15 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	•	•										
NGK vs spitten	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	NGK met vaste tand en diepwoeler vs spitten 25 cm	BKV	•	•	o		•		o	o	•	•	•	
<b>Organische stofaanvoer</b>																		
<b>Conclusie klei</b>																		
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>																		
Geen dierlijke mestgebruik	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	<b>Negatieve maatregel:</b> kunstmest, spuiwater, mineralenconcentraat ipv dierlijke mest	BKZ	•	o	o				o			•	•	
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr, in systeem laag (geen o.s. met mest)	BKZ	•	o	o				o			o	•	
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr, in systeem standaard (normale organische stofaanvoer met mest)	BKZ	•	o	o				o			o	•	
Extra compost	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr	BKZ	•	o	o				o			o	•	
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Natuurcompost 50 ton/ha eenmalig	BDGZ	•	•										
Extra compost	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Natuurcompost 50 ton/ha eenmalig	BDGZ	•	•										
Haar-meel	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	7 ton/ha/jr eenmalig	BDGZ	•	•										
Chitine	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	10 ton/ha/jr eenmalig	BDGZ	•	•										
Extra compost	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	20-40 ton/ha/jr	BASIS												
Maaimeststof	klei	bio	Centraal	akkerbouw	Grasklaver inwerken op basis van N behoefte gewas	BASIS												
Extra compost	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Groencompost 15 ton/ha/jr	BKV	•	•			•			o	•	•	•	
<b>Grondotsmetting</b>																		
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>																		
Anaerobe grondotsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groene biomassa inwerken en afdekken met plastic	BDGZ	•	•										
Natte grondotsmetting	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Middel Monam	BDGZ	•	•										
Natte grondotsmetting	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	TerraFit met afdekking	BDGZ	•	•										
Cultiviteit	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Machinatie die de grond verhit	BDGZ	•	•										
Biofumigatie	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Brassica juncea gewas telen en inwerken vs braak	BDGZ	•	•										
<b>Groenbemesters</b>																		
<b>Conclusie klei</b>																		
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>																		
Grasklaver	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Grasklaver telen en inwerken mei vs braak	BDGZ	•											
Grasklaver	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Grasklaver telen en inwerken mei vs braak	BDGZ	•											
Tagetes	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, in systeem good practice vs braak	BDGZ	•	•										
Tagetes	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, in systeem best practice vs braak	BDGZ	•	•										
Tagetes	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli vs braak	BDGZ	•	•										
Groenbemestermengsel	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Mengsel van 10-15 gewassen telen en inwerken, vanaf juli vs braak	BDGZ	•	•										
Groenbemester	klei	gangbaar/bio	Centraal	akkerbouw	groenbemester na winter vernietigen vs voor winter vernietigen, in systeem NKG	BASIS			o	o				o				
Tagetes	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, ipv zomergest	BKV	•	•		o	•			o	•	•	•	
<b>Bemesting</b>																		
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>																		
Ca/Mg	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Ca/Mg Albrechtmethode vs alleen standaard bemesting	BKV	•	•			•			o	•	•	•	
Steenmeel	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Steenmeel vs alleen standaard bemesting	BKV	•	•			•			o	•	•	•	
<b>Combinaties van maatregelen</b>																		
Grondbewerking en OS aanvoer	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NGK en compost vs ploegen zonder compost	BKZ												
Combi grondotsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes, chitine en compost vs braak en standaard bemesting	BDGZ	•	•										
Combi grondotsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Anaerobe grondotsmetting, compost en haarmeel vs braak en standaard bemesting	BDGZ	•	•										
Grondbewerking en OS aanvoer	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NGK en compost vs ploegen en compost	BASIS												
Grondbewerking en OS aanvoer	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NGK en maaimeststof vs ploegen en maaimeststof	BASIS												
Combinatie BKV	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	NGK, tagetes, steenmeel, Ca/Mg, compost vs ploegen en standaard bemesting	BKV	•	•	o	o	•			o	•	•	•	

Figuur 13. Kwalitatief overzicht van maatregelen m.b.t. toepasbaarheidsaspecten.

Maatregel korte beschrijving	Grondsoort	Prod. wijze	Regio	Sectoren	Maatregel lange beschrijving	Experiment	Behoefte kennis en kunde boer	Bedrijfsresultaat	Arbeid	Mechanisatie aanpassen of kopen?	Welk areaal technisch toepasbaar in regio (%)
<b>Gereduceerde grondbewerking</b>											
<b>Conclusie klei</b>											
							<b>Groot</b>		<b>+ gangbaar - biologisch</b>	<b>Ja</b>	<b>60-100% 10-60% bio</b>
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>											
							<b>Matig</b>		<b>- zand 0 dalgrond</b>	<b>Ja</b>	<b>60-100%</b>
NKG vs ploegen	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NKG met vaste tand en diepwoeler vs ploegen 25 cm	BKZ	Matig	•	o	Ja	60-100%
NKG vs ploegen	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NKG met vaste tand en diepwoeler vs ploegen 25 cm	BKZ	Groot	•	o	Ja	60-100%
NKG met woelen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NKG met jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	Groot	•	o	Ja	60-100%
NKG met woelen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NKG met jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	Groot	•	o	Ja	10-60%
NKG zonder woelen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NKG zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	Groot	•	o	Ja	60-100%
NKG zonder woelen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NKG zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	Groot	•	o	Ja	10-60%
ondiep ploegen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	ondiep ploegen 15 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	Groot	o	o	Ja	60-100%
ondiep ploegen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	ondiep ploegen 15 cm vs ploegen 25 cm	BASIS	Groot	o	o	Ja	60-100%
NKG vs spitten	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	NKG met vaste tand en diepwoeler vs spitten 25 cm	BKV	Matig	•	o	Ja	60-100%
<b>Organische stofaanvoer</b>											
<b>Conclusie klei</b>											
							<b>Compost laag Maaimeststof hoog</b>			<b>Nee</b>	<b>0-60%</b>
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>											
							<b>Laag</b>			<b>Nee</b>	<b>0-10%</b>
Geen dierlijke mestgebruik	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	<b>Negatieve maatregel</b> : kunstmest, spuiwater, mineralenconcentraat ipv dierlijke mest	BKZ	Laag	•	o	Nee	60-100%
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr, in systeem laag (geen o.s. met mest)	BKZ	Laag	•	o	Nee	0-10%
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr, in systeem standaard (normale organische stofaanvoer met mest)	BKZ	Laag	•	o	Nee	0-10%
Extra compost	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr	BKZ	Laag	•	o	Nee	0-10%
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Natuurcompost 50 ton/ha eenmalig	BDGZ	Laag	•	o	Nee	0-10%
Extra compost	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Natuurcompost 50 ton/ha eenmalig	BDGZ	Laag	•	o	Nee	0-10%
Haarmeel	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	7 ton/ha/jr eenmalig	BDGZ	Laag	•	o	Nee	0-10%
Chitine	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	10 ton/ha/jr eenmalig	BDGZ	Laag	o	o	Nee	0-10%
Extra compost	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	20-40 ton/ha/jr	BASIS	Laag	•	o	Nee	0-10%
Maaimeststof	klei	bio	Centraal	akkerbouw	Grasklaver inwerken op basis van N behoefte gewas	BASIS	Groot	•	o	Ja	10-60%
Extra compost	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Groencompost 15 ton/ha/jr	BKV	Laag	•	o	Nee	0-10%
<b>Grondontsmetting</b>											
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>											
							<b>Uitbestedbaar</b>			<b>Nee</b>	<b>0-10%</b>
Anaerobe grondontsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groene biomassa inwerken en afdekken met plastic vs geen behandeling	BDGZ	Uibesteedbaar	•	o	Nee	0-10%
Natte grondontsmetting	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Middel Monam vs geen behandeling	BDGZ	Uibesteedbaar	•	o	Nee	0-10%
Natte grondontsmetting	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Terrafit met afdekking vs geen behandeling	BDGZ	Uibesteedbaar	•	o	Nee	0-10%
Cultivit	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Machine die de grond verhit vs geen behandeling	BDGZ	Uibesteedbaar	•	o	Nee	0-10%
Biofumigatie	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Brassica juncea gewas telen en inwerken vs braak	BDGZ	Laag	•	o	Nee	60-100%
<b>Groenbemesters</b>											
<b>Conclusie klei</b>											
							<b>Matig</b>			<b>Nee</b>	<b>60-100%</b>
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>											
							<b>Laag/Matig</b>			<b>Tagetes ja Andere soorten nee</b>	<b>10-100%</b>
Grasklaver	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Grasklaver telen en inwerken mei vs braak	BDGZ	Laag	•	o	Nee	60-100%
Grasklaver	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Grasklaver telen en inwerken mei vs braak	BDGZ	Laag	•	o	Nee	60-100%
Tagetes	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, in systeem good practice vs braak	BDGZ	Matig	•	o	Ja/Uitbestedbaar	10-60%
Tagetes	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, in systeem best practice vs braak	BDGZ	Matig	•	o	Ja/Uitbestedbaar	10-60%
Tagetes	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli vs braak	BDGZ	Matig	•	o	Ja/Uitbestedbaar	10-60%
Groenbemestermengsel	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Mengsel van 10-15 gewassen telen en inwerken, vanaf juli vs braak	BDGZ	Matig	o	o	Nee	60-100%
Groenbemester	klei	gangbaar/bio	Centraal	akkerbouw	groenbemester na winter vernietigen vs voor winter vernietigen, in systeem NKG	BASIS	Matig	•	o	Nee	60-100%
Tagetes	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, ipv zomergerst	BKV	Matig	•	o	Ja/Uitbestedbaar	60-100%
<b>Bemesting</b>											
<b>Conclusie zand en dalgrond</b>											
							<b>Laag/matig</b>			<b>Nee</b>	<b>60-100%</b>
Ca/Mg	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Ca/Mg Albrechtmethode vs alleen standaard bemesting	BKV	Matig	•	o	Nee	60-100%
Steenmeel	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Steenmeel vs alleen standaard bemesting	BKV	Laag	•	o	Nee	60-100%
<b>Combinaties van maatregelen</b>											
Grondbewerking en OS aanvoer	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NKG en compost vs ploegen zonder compost	BKZ	Matig /Groot	•	o	Ja	0-10%
Combi grondontsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes, chitine en compost vs braak en standaard bemesting	BDGZ	Matig	o	o	Ja/Uitbestedbaar	0-10%
Combi grondontsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Anaerobe grondontsmetting, compost en haarmeel vs braak en standaard bemesting	BDGZ	Uibesteedbaar	o	o	Nee	0-10%
Grondbewerking en OS aanvoer	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NKG en compost vs ploegen en compost	BASIS	Groot	•	o	Ja	0-10%
Grondbewerking en OS aanvoer	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NKG en maaimeststof vs ploegen en maaimeststof	BASIS	Groot	•	o	Ja	10-60%
Combinatie BKV	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	NKG, tagetes, steenmeel, Ca/Mg, compost vs ploegen en standaard bemesting	BKV	Matig	o	o	Ja	10-60%



Figuur 14. Kwalitatief overzicht van maatregelen op bodemkwaliteitsparameters.

Maatregel korte beschrijving	Grondsoort	Prod. wijze	Regio	Sectoren	Maatregel lange beschrijving	Experiment	Organische stof		Bodemfysisch		Bodemchemisch					Bodembioologisch			Plagdruk	Onkruid-aantallen	Aaltjes-diversiteit en aantallen	Bacterie-biomassa	Schimmel biomassa	Regen-wormen aantallen en diversiteit			
							OS hoeveelheid	OS kwaliteit HWC	Watervasthoudend vermogen	Bodem-aggregaten	Verdichting	Zuurgraad	N-totaal	Potentieel mineraliseer-bare stikstof	Fosfaatstatus eg. Pw	Kalstatus	Micronutrien-ten, mineral-en en sporen-elementen	Parasitaire aaltjes							Pathogene bodem-schimmels		
<b>Gereduceerde grondbewerking</b>																											
<i>Conclusie klei</i>																											
<i>Conclusie zand en dalgrond</i>																											
NKG vs ploegen	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NKG met vaste tand en diepwoeler vs ploegen 25 cm	BKZ	o																				
NKG vs ploegen	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NKG met vaste tand en diepwoeler vs ploegen 25 cm	BKZ	o																				
NKG vs spitten	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	NKG met vaste tand en diepwoeler vs spitten 25 cm	BKV																					o
NKG met woelen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NKG met jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS			o	o	o																o
NKG met woelen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NKG met jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS			o	o	o																o
NKG zonder woelen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NKG zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS			o	o	o																o
NKG zonder woelen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NKG zonder jaarlijks woelen tot 25 cm vs ploegen 25 cm	BASIS			o	o	o																o
ondiep ploegen vs ploegen	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	ondiep ploegen 15 cm vs ploegen 25 cm	BASIS																					o
ondiep ploegen vs ploegen	klei	bio	Centraal	akkerbouw	ondiep ploegen 15 cm vs ploegen 25 cm	BASIS																					o
<b>Organische stofaanvoer</b>																											
<i>Conclusie klei</i>																											
<i>Conclusie zand en dalgrond</i>																											
Geen dierlijke mestgebruik	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Negatieve maatregel: kunstmest, spuiwater, mineralenconcentraat ipv dierlijke mest	BKZ	o																				
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr, in systeem laag (geen o.s. met mest)	BKZ	o																				
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr, in systeem standaard (normale organische stofaanvoer met mest)	BKZ	o																				
Extra compost	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groencompost 15 ton/ha/jr	BKZ	o																				
Extra compost	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Natuurcompost 50 ton/ha eenmalig	BDGZ																					
Extra compost	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Natuurcompost 50 ton/ha eenmalig	BDGZ																					
Haarmeel	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	7 ton/ha/jr eenmalig	BDGZ																					
Chitine	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	10 ton/ha/jr eenmalig	BDGZ																					
Extra compost	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Groencompost 15 ton/ha/jr	BKV																					
Extra compost	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	20-40 ton/ha/jr	BASIS																					
Maaimeststof	klei	bio	Centraal	akkerbouw	Grasklaver inwerken op basis van N behoefte gewas	BASIS																					
<b>Grondontsmetting</b>																											
<i>Conclusie zand en dalgrond</i>																											
Anaerobe grondontsmetting	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Groene biomassa inwerken en afdekken met plastic vs geen behandeling	BDGZ																					
Natte grondontsmetting	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Middel Monam vs geen behandeling	BDGZ																					
Natte grondontsmetting	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Terraft met afdekking vs geen behandeling	BDGZ																					
Cultiviteit	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Machine die de grond verhit vs geen behandeling	BDGZ																					
Biofumigatie	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Brassicajunceus gewas telen en inwerken vs braak	BDGZ																					
<b>Groenbemesters</b>																											
<i>Conclusie klei</i>																											
<i>Conclusie zand en dalgrond</i>																											
Grasklaver	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Grasklaver telen en inwerken mei vs braak	BDGZ																					
Grasklaver	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Grasklaver telen en inwerken mei vs braak	BDGZ																					
Tagetes	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, in systeem good practice vs braak	BDGZ																					
Tagetes	zand	gangbaar	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, in systeem best practice vs braak	BDGZ																					
Tagetes	zand	bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes telen en inwerken, zaai juli vs braak	BDGZ																					
Groenbemestermengsel	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Mengsel van 10-15 gewassen telen en inwerken, vanaf juli vs braak	BDGZ																					
Groenbemester	klei	gangbaar/bio	Centraal	akkerbouw	groenbemester na winter vernietigen vs voor winter vernietigen, in systeem NKG	BASIS																					
Tagetes	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Tagetes telen en inwerken, zaai juli, ipv zomergerst	BKV																					
<b>Bemesting</b>																											
<i>Conclusie zand en dalgrond</i>																											
Ca/Mg	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Ca/Mg Albrechtmethode vs alleen standaard bemesting	BKV																					
Steenmeel	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	Steenmeel vs alleen standaard bemesting	BKV																					
<b>Combinaties van maatregelen</b>																											
Grondbewerking en OS aanvoer	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	NKG en compost vs ploegen zonder compost	BKZ	o																				
Combi bodemgezondheid 1	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Tagetes, chitine en compost vs braak en standaard bemesting	BDGZ																					
Combi bodemgezondheid 2	zand	gangbaar/bio	ZO-NL	akkerbouw-veehouderij-groentenrotatie	Anaerobe grondontsmetting, compost en haarmeel vs braak en standaard bemesting	BDGZ																					
Grondbewerking en OS aanvoer	klei	gangbaar	Centraal	akkerbouw	NKG en compost vs ploegen en compost	BASIS																					
Grondbewerking en OS aanvoer	klei	bio	Centraal	akkerbouw	NKG en maaimeststof vs ploegen en maaimeststof	BASIS																					
Combinatie BKV	dalgrond	gangbaar	NO-NL	akkerbouw	NKG, tagetes, steenmeel, Ca/Mg, compost vs ploegen en standaard bemesting	BKV					o																

---

# Bijlage 2    Uitvraag en verslag consultatie ronde 1 betrokkenen en partners

## *Het Project*

### **Aanleiding en doel**

In de PPS Beter Bodembeheer (vanaf 2017) en haar voorganger de PPS Duurzame Bodem (2013-2016) is veel onderzoek gedaan naar het effect van diverse maatregelen op de bodemkwaliteit en ecosysteemdiensten. Tot nu toe is alleen een korte samenvatting van de resultaten van de PPS Duurzame Bodem gemaakt naast de vele en diverse deelrapporten en publicaties. In 2020 loopt de PPS af en is het goed om 1) een integraal totaal overzicht te geven van wat de stand van kennis is, 2) aan te geven wat concrete adviezen zijn voor praktijk en beleid wat betreft duurzaam bodembeheer, 3) aan te geven waar nog witte vlekken voor onderzoek aanwezig zijn en 4) deze resultaten te communiceren naar een brede doelgroep.

Het doel is een integrale synthese van de kennis uit de PPS Beter Bodembeheer en aanverwante projecten over de effecten van maatregelen voor duurzaam bodembeheer op bodemkwaliteitsaspecten en ecosysteemdiensten in de open teelten in Nederland met een integraal overzicht van de prestaties van de verschillende maatregelcombinaties in de systeemprouwen.

### **Aanpak**

In het project hebben we de volgende stappen gepland:

1. *Inventarisatie van maatregelen.* Hierbij baseren we ons vooral op de maatregelen die onderzocht worden in de systeemprouwen van de PPS (Bodemkwaliteit op Zand BKZ-Vredepeel, BASIS-Lelystad, Bodemgezondheidsproef BDGZ-Vredepeel en Bodemkwaliteit Veenkoloniën – BKV Valthermond).
2. *Kwalitatief beeld op hoofdlijnen* van effecten van maatregelen op bodemkwaliteit en bodemfuncties op basis van interviews met de proefveldhouders.
3. *Voorleggen van resultaat aan onderzoekers en partners in de PPS.*
4. *Uitwerking* van hoofdlijnen: kwantificering en verdere onderbouwing van de effecten.
5. *Workshop om resultaten uit stap 4 te bespreken.* Doel hiervan is het aanscherpen van resultaten en bespreken van conclusies en adviezen naar praktijk en beleid op basis van resultaten
6. *Samenstellen rapportage en opstellen adviezen.*
7. *Communicatie van resultaten.* Het maken van de infographic/flyer, vakbladartikelen en filmpjes en zorgen dat de adviezen uit dit project o.a. in Handboek Bodem en Bemesting worden opgenomen.

## *Vraag om feedback*

Deze vraag om feedback is stap 3 in de hierboven beschreven aanpak. Doel hiervan is om 1) te checken of we vanuit de systeemprouwen een voldoende goed beeld hebben op de beoordeling van de effecten of dat andere informatie uit de PPS of van elders noodzakelijk is om hierbij te betrekken, 2) om zicht te krijgen waar in de analyse we de nadruk moeten leggen en 3) alvast nieuwe onderzoeksvragen voor een vervoliprogramma zichtbaar krijgen.

Hiervoor ontvangen jullie een Excelbestand met de samenvattende tabellen en een online vragenlijst (Google-Forms).

## *De tabellen*

### **De tabellen met de inventarisatie**

Het Excelbestand is opgedeeld in drie tabbladen (en één voor de legenda) waarop de effecten van maatregelen wordt weergegeven:

- Bodemkwaliteit
- Bodemfuncties



- Toepasbaarheid

**Bodemkwaliteit** is opgesplitst in vier aspecten:

- Organische stof
- bodemfysisch
- bodemchemisch
- bodembiologisch

De bodemfuncties bestaan uit de vijf functies die bodems vervullen. We volgen hierbij de indeling van het LANDMARK project. Rogier Schulte heeft deze functies toegelicht op de kennisdag van de PPS Beter Bodembeheer op 16 januari 2020. Voor meer info zie <http://landmark2020.eu/soil-functions-concept/>. De vijf **bodemfuncties** zijn:

- Productiviteit
- Waterregulatie en -zuivering
- Koolstofvastlegging
- Habitat voor biodiversiteit
- Recycling van nutriënten

Tot slot is de praktische **toepasbaarheid** van maatregelen beoordeeld, aan de hand van een aantal aspecten.

### Opzet van de tabellen

Elk tabblad begint met de maatregelen links in beeld, die telkens hetzelfde zijn voor de drie sheets. De losse maatregelen zijn gecategoriseerd in zes thema's (rijen in het Excelbestand).

- Grondbewerking
- Organische stofaanvoer
- Grondontsmetting
- Groenbemesters
- Bemesting
- Combinaties

Onder deze categorieën zijn de kenmerken van de losse maatregelen genoemd: uitleg maatregel, proefnaam, grondsoort en productiesysteem.

De maatregelen zijn verder naar rechts in de tabbladen gescoord op aspecten en indicatoren van de drie hoofdthema's (bodempkwaliteit, bodemfuncties, toepasbaarheid). Deze zijn vervolgens opgedeeld in de hierboven beschreven aspecten (4 bodempkwaliteitsaspecten, 5 bodemfuncties). De aspecten zijn beoordeeld doormiddel van één of een aantal meetbare indicatoren.

Een voorbeeld:

- Thema: *Bodemkwaliteit*
  - Aspect: *Organische stof*
    - Indicator: *Organische stofhoeveelheid*

### Beoordeling van de maatregelen

Elke indicator is voorzien van een score die tijdens de interviews met de proefhouders zijn toegekend. Getoond is het effect van de specifieke maatregel weergeeft op de indicator. Deze kwalitatieve scoring is als volgt:

negatief	neutraal-negatief	neutraal	neutraal-positief	positief	nog te analyseren	niet gemeten
----------	-------------------	----------	-------------------	----------	-------------------	--------------

Een negatief toegekende score, betekent een verslechtering van de situatie. Dus als een maatregel de *organische stof hoeveelheid* sterk vermindert, wordt een felrode kleur in dat vakje toegekend. Dezelfde kleur wordt toegekend als de parasitaire aaltjes vermeerderen (verslechtering van de situatie). De proefveldhouder heeft de beoordeling gedaan of iets negatief of neutraal-negatief is. Er is geen objectieve grens tussen deze twee klassen. Een neutraal effect betekent dat het effect onderzocht is, maar dat de maatregel geen effect heeft.

Voor de effecten van negatief tot en met positief is ook aangegeven of het effect goed onderbouwd is, of dat het een kwalitatieve inschatting is of er onvoldoende metingen gedaan zijn om een harde uitspraak te kunnen maken. De onderbouwing wordt aangegeven door middel van het teken in de cel:

● = effect goed onderbouwd met statistische analyse	○ = trend, visueel, kwalitatief
---	---------------------------------

Met het licht grijze vlak *nog te analyseren* wordt bedoeld dat er gegevens over een effect beschikbaar zijn, maar dat het effect nog onvoldoende geanalyseerd is om tot een uitspraak te komen. Een deel van deze analyses zal in de komende maanden worden uitgevoerd. Jullie kunnen in de vragenlijst ook aangeven voor welke onderwerpen nadere analyse belangrijk is. Het donker grijze vlak *niet gemeten* geeft aan dat er niks bekend is en geen data beschikbaar is over het effect.

### Conclusie per maatregelcategorie

De scores van losse maatregelen zijn samengevat per maatregelcategorie, per grondsoort (klei en zand+dalgrond). Hierin zijn de toegekende scores van losse maatregelen samengenomen om tot een overzicht te komen in de trend van: wat is het effect van de grondbeweringsmaatregelen tezamen op bijvoorbeeld de indicator *organische stofhoeveelheid*.

Deze conclusieregels worden gelijk onder de maatregelcategorie getoond in de tabel. Daaronder staan vervolgens de scores van de losse maatregelen.

### De vragenlijst

In de Google Forms-vragenlijst wordt naar jullie reactie gevraagd op de tabel zelf (leesbaarheid) en de toegekende scores daarin. Tevens willen we identificeren waar we meer uitzoektijd in kunnen stoppen, om zo toe te werken naar de (kwalitatieve) verklaring achter de scores in plaats van de in de huidige tabel toegekende semi-kwantitatieve scores. Jullie kunnen ook suggesties doen voor maatregelen of combinaties van maatregelen die nu niet in de lijst staan. Deze suggesties nemen we mee voor de opzet van de systeemprouwen en vervolgonderzoeken. Uiteindelijk is het de bedoeling dat er concrete adviezen voor overheid en boer opgesteld worden op basis van resultaten van dit project. Daar kunnen jullie ons goed bij helpen, en kunnen jullie je ideeën voor adviezen al aandragen. Andere suggesties wat betreft vervolgstappen zijn meer dan welkom.

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfdEuHDLsqRTHyRyEtft29c39lm1AH9ruSay3ZSCTKkExkfeA/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfdEuHDLsqRTHyRyEtft29c39lm1AH9ruSay3ZSCTKkExkfeA/viewform?usp=sf_link)

De vragenlijst werd ingevuld op een google form. De vragen betroffen de opmaak en begrijpbaarheid van de uitgewerkte tabel, de resultaten in de tabel, vroeg naar aspecten waar meer focus op aangebracht dient te worden, adviezen die afgeleid kunnen worden en vervolgstappen die genomen kunnen worden. Hieronder worden de vragen die gesteld zijn in de enquête opgesomd:

1. Wat vindt u van de weergave van de resultaten in de Excel tabel? Is het helder en overzichtelijk?
2. Heeft u nog tips om de weergave van de resultaten te verbeteren?
3. Hoe kijkt u overall naar de resultaten vanuit de systeemprouwen (conclusie regels klei, zand+dalgrond)? Klopt dit met het beeld dat u heeft van vergelijkbare praktijk-toepassing van de maatregelen? Zo niet, noem welke en ligt het toe.
4. Welke effecten binnen welke maatregelcategorieën ziet u graag verder/nauwkeuriger uitgezocht worden op welke van de vier bodemkwaliteitsaspecten. Vink aan
5. Licht toe op welke specifieke aspecten en indicatoren u meer verdieping wilt hebben op bodemkwaliteit.
6. Welke effecten binnen maatregelcategorieën ziet u graag verder/nauwkeuriger uitgezocht worden op welke van de vijf bodemfuncties. Vink aan
7. Licht toe op welke specifieke aspecten en indicatoren u meer verdieping wilt hebben op bodemfuncties.
8. Welke effecten binnen maatregelcategorieën ziet u graag verder/nauwkeuriger uitgezocht worden op de praktische toepasbaarheid van de maatregelen. Vink aan
9. Licht toe op welke specifieke aspecten en indicatoren u meer verdieping wilt hebben op toepasbaarheid van maatregelen
10. Welke additionele maatregelen of combinaties van maatregelen zou u graag onderzocht willen zien?

11. Welke adviezen kunnen we uit deze resultaten afleiden voor het beleid?
12. Welke adviezen kunnen we uit deze resultaten afleiden voor de boer?
13. Heeft u nog toevoegingen of suggesties voor vervolgstappen?

#### Reacties

Hieronder worden de gebundelde reacties getoond en een greep uit de reacties per vraag weergegeven.

Aantal reacties op formulier: 14

Aantal aanvullende reacties via e-mail (soms van eenzelfde persoon die ook het formulier heeft ingevuld) : 7

#### Vraag 1. Weergave van de tabel

Het betreft veel informatie, wat op een overzichtelijke manier is weergegeven en ontsloten. Door de grote hoeveelheid gegevens vraagt het wel tijd om het goed te begrijpen. Het naast elkaar hebben staan van de resultaten is waardevol, omdat zo goed vergelijkingen gemaakt kunnen worden tussen maatregelen, systeemprouwen en bodemkwaliteitsaspecten en functies.

#### Vraag 2. Tips voor verbetering weergave

Breng meer focus aan op de conclusies/samenvattingen. Dat zijn de punten waar het eigenlijk om draait, omdat daar per maatregelcategorie een score wordt toegekend wat betreft bodemkwaliteit, bodemfuncties en toepasbaarheid.

#### Vraag 3. Overall resultaten in tabel

De conclusies per maatregelcategorieën geven een veralgemeniseerde score aan. Dat is waardevol maar roept ook weer vragen op waar dat effect vandaan komt. Er zijn niet veel groene vlakken zichtbaar; hoe komt dat? Zijn de gekozen maatregelen dan wel de juiste om beter bodem beheer te realiseren?

#### Vraag 4. Verdieping Bodemkwaliteitsaspecten

In onderstaande fig. zijn de aantallen vinkjes die gezet zijn bij de effecten van een maatregelcategorie op bodemkwaliteitsaspecten te zien.

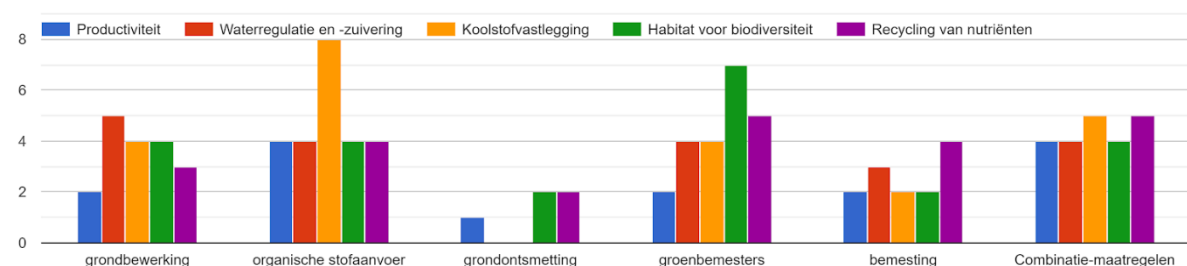
#### Vraag 5. Toelichting verdieping Bodemkwaliteitsaspecten

Er is met name interesse in de effecten van organische stof aanvoer maatregelen en groenbemesters op bodemkwaliteitsaspecten. Met name fysische bodemkwaliteit is veel aangevinkt. Echter, er wordt ook genoemd dat juist het overzicht van de verschillende maatregel categorieën belangrijk is, zodat de effecten van de maatregelcategorieën goed kunnen worden vergeleken met elkaar.

#### Vraag 6. Verdieping Bodemfuncties

In onderstaande fig. zijn de aantallen vinkjes die gezet zijn bij de effecten van een maatregelcategorie op bodemfuncties te zien.

6. Welke effecten binnen maatregelcategorieën ziet u graag verder/nauwkeuriger uitgezocht worden op welke van de vijf bodemfuncties. Vink aan



#### Vraag 7. Toelichting verdieping Bodemfuncties

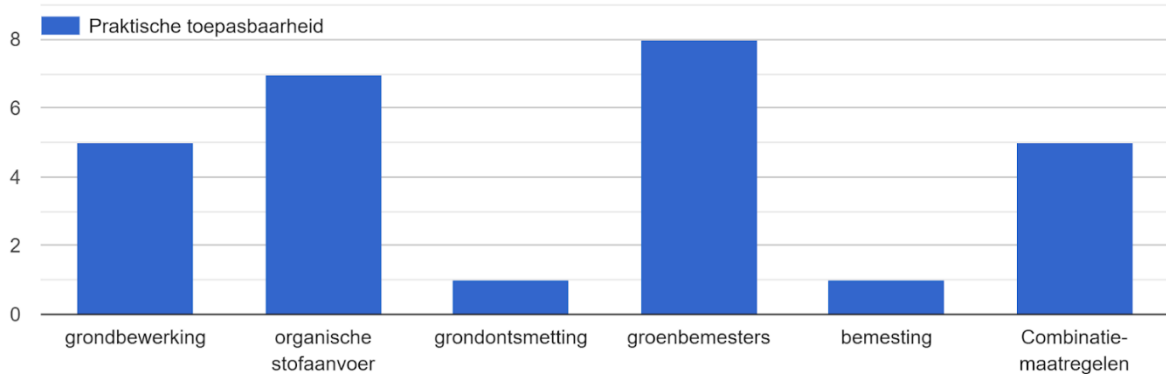
Er is met name interesse in de effecten van grondbewerking, organische stof en groenbemesters op alle bodemfuncties. Ook de combinaties van maatregelen is vaak aangevinkt omdat het overzicht op alle vijf de bodemfuncties relevant wordt gevonden.

In de toelichting worden de effecten op water, koolstofvastlegging en kringlooplandbouw (recycling van nutriënten) vaak genoemd, mede omdat deze onderwerpen erg actueel zijn.

### Vraag 8. Verdieping praktische toepasbaarheid

In onderstaande fig. zijn de aantallen vinkjes die gezet zijn bij toepasbaarheid van maatregelen weergegeven.

8. Welke effecten binnen maatregelcategorieën ziet u graag verder/nauwkeuriger uitgezocht worden op de praktische toepasbaarheid van de maatregelen. Vink aan



### Vraag 9. Toelichting verdieping praktische toepasbaarheid

Wederom moet volgens de geënquêteerde de meeste aandacht geschonken worden aan grondbewerking, organische stof aanvoer, groenbemesters en combinaties van maatregelen. Men noemt dat rode scores op toepasbaarheid ertoe zullen leiden dat maatregelen niet geïmplementeerd worden, ook al zijn de scores op andere bodemaspecten wel positief. Tevens moet er meer focus komen op de toepasbaarheid van maatregelpakketten en strategieën en minder op losse maatregelen.

### Vraag 10. Additionele maatregelen

Een breed pallet van opmerkingen is genoemd; - slimme combinaties van maatregelen die meerdere doelen dienen, zoals bodemkwaliteit, reststromen en ziekteverdraagbaarheid. - Praktische toepasbaarheid van maatregelen en een goede overbrenging van uitvoerbaarheid van maatregelen naar adviseurs en boeren. - Verklaring van achterliggende processen bij de effecten van NKG en zand- en kleigrond.

### Vraag 11. Adviezen beleid

Er is al redelijk wat bekend over de effecten van maatregelen. Er zouden van daaruit meer beleidsadviezen gegeven moeten kunnen worden. De langlopende systeemprouwen zijn daarbij essentieel. Aan de andere kant, een goed advies vraagt maatwerk, waarbij generieke adviezen meestal niet bruikbaar zijn. Wees daarnaast realistisch in wat de landbouw kan; de mogelijkheden voor forse koolstofopslag moet worden getemperd, omdat het uit de proeven lastig blijkt om dit te realiseren en de resultaten niet enkel positief zijn.

### Vraag 12. Adviezen boer

Strategische advieslijnen en praktisch gebruikadvies per grondsoort moeten op te stellen zijn met deze resultaten. Tagetes toont louter positieve resultaten, dus waarom zou men dit niet implementeren?

### Vraag 13. Toevoegingen vervolgstappen

- Meer onderzoek naar de reden van het ontbreken van positieve effecten van organische stof en groenbemesters.
- Meer aandacht voor schimmels, biodiversiteit en natuurlijke bestrijding, telen zonder glyfosaat.
- Vertalen en overbrengen van resultaten naar onderwijs en telers.

### De volgende stappen in dit project

De verdere uitwerking van dit project zal, in acht nemend de enquête resultaten, starten met een verdere uitwerking van de bodemfuncties. Dat zijn de hoofddoelen voor de boer en beleid, zoals productie, kringlooplandbouw, biodiversiteit en koolstofvastlegging. Daarnaast geven de bodemfuncties in grote lijnen de bodemkwaliteitsaspecten weer. Een goede bodemkwaliteit leidt tot goede uitkomsten bij de bodemfuncties.

De verdere uitwerking van de effecten gaat eerst richten op de conclusie-effecten van de maatregelcategorieën 'organische stofaanvoer', 'grondbewerking' en 'groenbemesters'. Daar zal ook zeker aandacht zijn voor de praktische uitvoerbaarheid van maatregelen.

---

# Bijlage 3    Uitvraag en verslag consultatie ronde 2 betrokkenen en partners

## Programma workshop 10 september 2020

Het idee is dat we in de workshop naar de resultaten van de kwantitatieve analyse kijken, deze bespreken en bediscussiëren wat we hiermee kunnen richting advies naar de boer.

Tijd	Onderdeel
9:00-9:25 min	Intro project en methodiek + vragen
9:25-9:55 min	Delen resultaten en boodschappen maatregelen op bodemfuncties
9:55-10:00	Korte pauze en naar groepjes
10:00-10:20	1 <sup>e</sup> ronde in groepjes om 1 maatregel-grondsoort combinatie te bespreken.
10:20-10:40	2 <sup>e</sup> ronde in groepjes om aanvullingen te maken 1 maatregel-grondsoort combinatie te bespreken
10:40-11:00	Wrap up vanuit groepjes en hoe nu verder.

## Verslag Workshop PPS BBB Integrale afronding

Deze workshop diende om een aanzet te maken met betrokkenen en partners om de resultaten uit de PPS Beter Bodem Beheer toepasbaar aan te bieden voor de praktijk. Dat is een van de doelen van deze Integrale Afronding van de PPS in 2020. De aanwezigen waren te spreken over de aanpak en keuzes die gemaakt zijn om via de effecten van maatregelen op bodemfuncties een inschatting te krijgen van in hoeverre een bodem goed beheerd kan worden. Daarnaast was het een nuttige discussie over hoe de resultaten gebruikt kunnen worden om boodschappen en adviezen te gaan formuleren. Bedankt voor jullie bijdragen!

Hieronder zijn per onderdeel van de workshop de belangrijkste vragen en antwoorden uit de workshop genoteerd.

### Presentatie Daan Verstand: Introductie en Methodiek

Zie slides *presentatie ppsbbbia workshop 10 september DV 2*, waarin de achtergrond van het project wordt toegelicht en de onderzoeksmethode verhelderd wordt. Daarin worden de vijf bodemfuncties besproken en welke indicatoren gebruikt worden om het effect van bodemaatregel hierop in kaart te brengen.

Besproken vragen het antwoorden:

- Wat zijn goede indicatoren om de bodemfunctie *recycling van nutriënten* goed te dekken?
  - Kijken naar input in het systeem? Aanvoer en efficiëntie van nutriëntengebruik.
- Is het een idee om economische aspecten naast het functionele niveau (zoals opbrengst) ook op maatschappelijk niveau (koolstof vastlegging, biodiversiteit) te bekijken?
  - Dit is zeker een interessant punt, maar geen onderwerp voor de PPS. Het zal wel benoemd worden om iets om verder naar te kijken (door anderen).
- Maak ook zeker de impact die maatregelen hebben kwantitatief helder, zodat duidelijk wordt welke maatregelen hoeveel bijdragen aan beter bodembeheer.
- Hoe zit het met de statistische onderbouwing van effecten?
  - Nu overgenomen uit rapportages van systeemprouven, we hebben geen eigen analyses gedaan over de proeven heen.
- Dekken we met de bodemfuncties alle aspecten van de maatschappelijke doelen?

- In ons analyse kader hebben we de 5 bodemfuncties als leidend genomen, waar als de prestatie op deze functies goed zijn we kunnen stellen dat de bodem in goede conditie is.

### **Presentatie Isabella Selin-Norén over resultaten**

Zie slides 07092020\_Presentatie workshop Isabella. De effecten van de maatregelen Organische stofaanvoer en Gereduceerde grondbewerking op de bodemfuncties worden hierin behandeld. Tevens zijn toepasbaarheidsaspecten zoals kosten en gevraagde kennis en kunde toegelicht.

- Het is een mooie overzichtelijke presentatie, hoe kunnen de resultaten uiteindelijk ontsluit worden? Via een online- applicatie?
  - We gaan nadenken met de partners en betrokkenen hoe en in welke vorm dit gedaan kan worden, in de vervolg PPS.
- De opbrengsten (en effecten) en de meeste andere indicatoren zijn op basis van metingen uit meerdere jaren, meestal ten minste een vruchtwisseling.
- De hoeveelheid chemische onkruidbestrijding is niet of nauwelijks meer in het gangbaar systeem bij gereduceerde grondbewerking.
  - Dit kan toegevoegd als resultaat worden bij de bodemfunctie water.
- Zijn de verschillen tussen bio en gangbaar te verklaren door de aanwezige ziekten/plagen?
  - Mogelijk wel door verschillen in aaltjesbesmettingen op zand en dalgrond. Vraag is of er aanknopingspunten zijn voor verschillen in overleving van ziekten en plagen tussen ploegen - NKG.
- Toepasbaarheid verder uitdiepen: ja, samen met partners. Als de resultaten en boodschappen helder zijn, zit de volgende uitdaging in het toepasbaar maken van de maatregelen.

### **Discussie in groepjes per maatregel en grondsoort**

In vier kleine groepjes wordt er gediscussieerd over de resultaten en in hoeverre deze bruikbaar zijn voor boodschappen naar boeren toe (en wat zijn deze boodschappen dan?). Dat wordt gedaan per grondsoort (klei-zand) en de 2 maatregelen (OrganischeStof aanvoer en gereduceerde grondbewerking) In een tweede ronde draaien de groepjes door en vullen ze de aantekeningen aan.

- Organische stofaanvoer op kleigrond
  - Data zijn helaas nog maar deels geanalyseerd, waardoor boodschappen nog niet te formuleren zijn.
  - C-vastlegging significant positief (op zand niet aangetoond)
  - Boer met positieve resultaten kan als inspiratie dienen voor anderen.
- Organische stofaanvoer op zandgrond
  - Extrapolatie van resultaten is lastig door grote verscheidenheid aan bodem en maatregelen.
  - Richt op de interactie tussen grondbewerking en organische stofaanvoer. Zijn er combinatie-effecten?
  - Kijk ook naar de extreme weersituaties en de prestaties van maatregelen op die momenten.
  - Compost kwaliteit en beschikbaarheid is een probleem.
  - Compost leidt niet tot meer uitspoeling.
  - Boer kan met deze resultaten afweging maken tussen positieve effecten meer os. aanvoer versus de kosten van de maatregel.
- Gereduceerde grondbewerking op kleigrond
  - Met gereduceerde grondbewerking worden functionele en maatschappelijke doelen gediend, zoals een verbetering in de waterhuishouding. Er zijn nog toepasbaarheidsvragen, zoals onkruidbeheersing en uitvoering van bewerkingen. Daarvoor is het belangrijk dat er ondersteuning voor boeren beschikbaar komt.
  - Tijdsaspect blijven benadrukken; na hoeveel jaar kunnen er effecten verwacht worden?
  - Onzekerheden in de effecten op koolstofvastlegging.
- Gereduceerde grondbewerking op zandgrond

- Eerst vergelijken met grotere meta-analyses van de maatregel, kunnen we de effecten verklaren, anders voorzichtig opereren wat betreft adviezen
- Aangezien verschillen zo klein zijn moet de teler kiezen wat bij hem past
- Arbeid en kostenbesparingen zijn te realiseren door minder bewerkingen

### Wrap up

In een centrale afronding van de workshop komen goede punten terug vanuit de groepjes.

- Nuttige exercitie om in gesprek te gaan over wat deze resultaten betekenen en hoe ze benut kunnen worden. Dat is iets wat we in de toekomst nog vaker zullen gaan doen met elkaar.
- Hoe kunnen resultaten uit systeemprouwen geëxtrapoleerd worden naar praktijk situaties in de regio?
- Kleinere resultaten vanuit bijvoorbeeld bodembioïologie en bodemweerbaarheid meenemen binnen ons wat strakke analyse-schema. Op die manier kan het wat breder worden dan enkel 1 proef en 1 maatregel. Betrek de specialisten en gemaakte meta-analyses.
- Kunnen we tijdens extreme situaties de effecten beter registreren om zo de effecten beter in beeld te krijgen?

### Vervolgstappen tot en met december 2020

- Aanvullen ontbrekende resultaten, voor zover beschikbaar, op de twee maatregelen en de vijf bodemfuncties.
- Opstellen van rapportage met de methodiek en werkwijze, aannames en resultaten (kwalitatieve en kwantitatieve uitkomsten) en discussies, inclusief een aanzet naar te formuleren boodschappen.
- Bijdrage aan de afsluitende dag van de PPS BeterBodemBeheer 3 december 2020.

### Aanwezigen

Naam	Organisatie
<b>Aleid Dik</b>	Nederlandse Akkerbouw Vakbond (NAV)
<b>Pieter Brooijmans</b>	Suikerunie
<b>Ton Hendrickx</b>	Coöperatieve Zuidelijke Aan-en Verkoop Vereniging (CZAV)
<b>Michael van der Schoot</b>	Land en Tuinbouw Organisatie Nederland (LTO)
<b>Jan Gottschall</b>	Nederlandse Aardappel Organisatie (NAO)
<b>Peter Knippels</b>	Land en Tuinbouw Organisatie Nederland (LTO)
<b>Thea van Beers</b>	Agrifirm
<b>Geert Hermans</b>	Teelt Overleg Groenten (TOG)
<b>Coen van Ruiten</b>	Hogere Agrarische School (HAS) Den Bosch
<b>Annet Zweep</b>	Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV)
<b>Laurens Nuijten</b>	Bionext
<b>Conno van Dam</b>	Van Iperen B.V.
<b>Marijgje Wijers</b>	Zuidelijke Land en Tuinbouw Organisatie (ZLTO)
<b>Chris Koopmans</b>	Louis Bolk Instituut (LBI)
<b>Geert Jan van der Burgt</b>	Stichting Proefboerderijen Noordelijke Akkerbouw (SPNA)
<b>Leender Molendijk</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Paul Galema</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Marjoleine Hanegraaf</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Derk van Balen</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Gerben Bakker</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Hein ten Berge</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Johnny Visser</b>	Wageningen University and Research (WUR)
<b>Ad van Haperen</b>	Wageningen University and Research (WUR)





To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen University & Research

**Open Teelten**

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

**[www.wur.nl/openteelten](http://www.wur.nl/openteelten)**

Rapport WPR-856

---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 12.500 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---