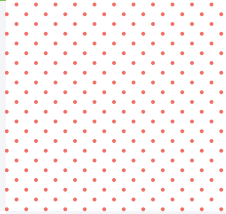
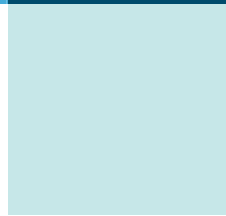
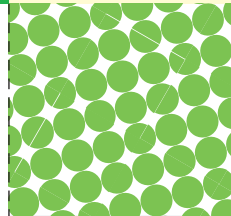
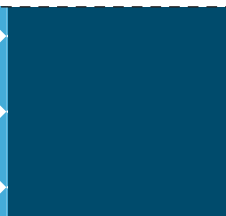
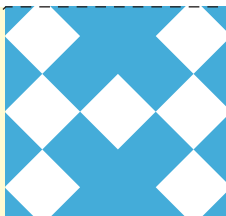
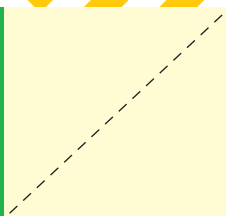
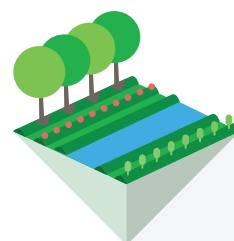


DUURZAAM BODEMBEHEER IN DE NEDERLANDSE LANDBOUW



WAGENINGENUR

For quality of life






DUURZAAM BODEMBEHEER IN DE NEDERLANDSE LANDBOUW

Visie en bouwstenen voor een kennisagenda

Hein ten Berge en Joeke Postma, redacteurs

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR
December 2010



© 2010 Wageningen, Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO)

Alle intellectuele eigendomsrechten en auteursrechten op de inhoud van dit document behoren uitsluitend toe aan de Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek (DLO). Elke openbaarmaking, reproductie, verspreiding en/of ongeoorloofd gebruik van de informatie beschreven in dit document is niet toegestaan zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO.

Voor nadere informatie gelieve contact op te nemen met: DLO in het bijzonder onderzoeksinstituut Plant Research International.

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

In opdracht van het (toenmalig) Ministerie van LNV

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR

Praktijkonderzoek Plant en Omgeving, onderdeel van Wageningen UR

Wageningen UR Livestock Research

Alterra, onderdeel van Wageningen UR

LEI, onderdeel van Wageningen UR

Louis Bolk Instituut

Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR

Adres : Postbus 616, 6700 AP Wageningen
: Wageningen Campus, Droevendaalsesteeg 1, Wageningen
Tel. : 0317 – 48 05 69
E-mail : info.pri@wur.nl
Internet : www.pri.wur.nl
Twitter : PPO_PRI



VOORWOORD

Een ondernemer kan op heel veel verschillende manieren de functionele eigenschappen van de bodem beïnvloeden. Het is noodzakelijk om de bodem dusdanig te beheren dat er niet alleen economische voordelen gehaald worden, maar dat er ook oog is voor de waarden van de bodem voor natuur, milieu, waterhuishouding, klimaat en welzijn van de mens.

Dit rapport laat zien welke uitdagingen er nog zijn om duurzaam bodembeheer tot een succes te maken voor ondernemers en samenleving.

Willen we in de toekomst kunnen profiteren van duurzaam bodembeheer dan is er krachtenbundeling nodig van overheden, bedrijfsleven en onderzoek.

Dit rapport doet aanbevelingen over de benodigde kennisontwikkeling en innovaties, die met diverse belanghebbenden gerealiseerd kunnen worden.

Ik hoop dat een ieder zich laat inspireren door de brede en gedetailleerde informatie in dit rapport en dat het mag leiden tot gezamenlijke initiatieven in de toekomst om het bodembeheer in de Nederlandse landbouw te verduurzamen.

Ernst van den Ende

Algemeen directeur Plant Sciences Group

INHOUDSOPGAVE

VOORWOORD	3
SAMENVATTING	7
HOOFDSTUK 1	12
Beleidscontext	14
Dit rapport	15
Referenties	19
Leeswijzer	22
HOOFDSTUK 2	24
Dimensies van duurzaamheid	26
Bodembeheer: beheerdoelen	27
Doelen: prioritering, ondernemer, samenleving en beleid	28
Doelen: conflicten en synergie	29
HOOFDSTUK 3	32
3.1 Keuzes, handelingen, strategieën en systemen	34
3.2 Waterbeheer (A)	38
3.3 Vruchtwisseling, groenbemesters en gewasrestenbeheer (B)	40
3.4 Grondbewerking en berijding (C)	42
3.5 Bemesting (D)	45
3.6 Gewasbescherming (E)	48
HOOFDSTUK 4	52
4.1 Wat zijn knelpunten bij duurzaam bodembeheer?	54
4.2 Inventarisatie van knelpunten in de Nederlandse landbouw	56
4.3 Verduurzaming: wie betaalt?	58
4.4 Visie: speerpunten met synergie	59

HOOFDSTUK 5

66

5.1	Kennisagenda en BO-programmering	68
5.2	Stand van zaken en benodigde acties per speerpunt	72
5.2.1	Beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid	73
5.2.2	Beheer van bodemstructuur	84
5.2.3	Beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid	97
5.2.4	Beheer van bovengrondse biodiversiteit	106
5.2.5	Bodembeheer in relatie tot waterhuishouding	110
5.2.6	Kosten, baten en adoptie van duurzaam bodembeheer	115
5.3	Aanpak kennisagenda	118
5.4	Aanbevelingen	124

BIJLAGEN

128

Bijlage I	Werkgroep	130
Bijlage II	Deelnemers workshop duurzaam bodembeheer 30 maart 2010	131
Bijlage III	Verwachte ontwikkelingen met grote impact op bodembeheer	132
Bijlage IV	Knelpunten en oplossingsrichtingen, per sector en grondsoort	142
Bijlage VI	Achtergrond bij gekozen speerpunten	167
Bijlage VII	Overzicht meerjarige veldproeven	187
Bijlage VIII	Inventarisatie van tools voor specifieke aspecten van bodembeheer	200
Bijlage IX	Ecosysteemdiensten van de bodem	201



SAMENVATTING

Wageningen UR (University & Research centre) en het Louis Bolk Instituut hebben in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (EL&I), voorheen ministerie van LNV, een visie opgesteld over duurzaam bodembeheer. Ook worden bouwstenen aangedragen voor een kennisagenda. Op basis hiervan kan het beleid prioriteiten stellen voor onderzoek en kennisdoorstroming.

Duurzaam bodembeheer in de landbouw draagt bij aan diverse dimensies van duurzaamheid: economie (inclusief voedselvoorziening), natuur (inclusief biodiversiteit), milieu, waterhuishouding, klimaat (adaptatie en mitigatie) en welzijn van de mens (ondernemer, consument, burger en recreant). Om het begrip duurzaam bodembeheer concreet te maken, zijn in dit rapport specifieke doelen die met het bodembeheer worden nagestreefd, geformuleerd: de **bodembeheerdoelen**. Sommige doelen zijn gesteld vanuit het perspectief van de ondernemer, andere hebben een bredere maatschappelijke waarde. De benoemde doelen zijn:

- hoge productiviteit per hectare en hoge productkwaliteit
- lage arbeidsbehoefte
- lage behoefte aan fossiele brandstoffen
- hoge benutting en lage emissie en accumulatie van nutriënten, goede retentie en nalevering van nutriënten
- hoge weerbaarheid en dus lage behoefte aan chemische gewasbescherming voor de bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden
- hoog vermogen tot afbraak van verontreinigingen
- goede waterregulering (infiltratie, interne drainage, vochtnalevering) en lage behoefte aan beregening
- ruime tijdvensters voor werkzaamheden (draagkracht, bewerkbaarheid)
- bijdrage aan mitigatie van klimaatverandering (lage emissies CO₂, methaan en lachgas; opslag van C in organische stof)
- geen bodemdegradatie door grondverlies (wind- en watererosie), verzilting of

- besmetting met (quarantaine)ziekten
- ruimte voor bovengrondse en ondergrondse biodiversiteit – óók biodiversiteit waarvan de functie voor de landbouw onbekend is – door voedsel en habitat te verschaffen
- bescherming van het cultuurhistorisch patrimonium (bodemarchief, cultuurlandschap)
- sluiten van kringlopen
- behoud van potentiële bodemfuncties – met name de biotische – en het voorkómen van irreversibel functieverlies

Bodembeheer omvat – in deze notitie – alle **keuzen, handelingen en maatregelen** ofwel de toolkit van de ondernemer die de bodem beïnvloeden, inclusief handelingen die daarmee nauw verwant zijn en de directe omgeving van de bodem beïnvloeden. Denk bij dit laatste aan toedieningstechnieken (voor herbiciden en meststoffen) die niet altijd de bodem zelf maar wel de emissie van ongewenste stoffen beïnvloeden. Of denk aan het beheer van gewasresten waarmee kansen voor biodiversiteit worden beïnvloed.

De toolkit van de ondernemer omvat vijf clusters voor bodembeheer: waterbeheer (A), vruchtwisseling (B), grondbewerking en berijding (C), bemesting (D) en gewasbescherming (E). Via keuzen en maatregelen in deze clusters kunnen ondernemers één of meerdere functionele eigenschappen van de grond beïnvloeden, zoals begaanbaarheid en bewerkbaarheid, ziekteveerbaarheid, opbrengstpotentie, nutriëntenbenutting en slempgevoeligheid. Vaak zal deze beïnvloeding via een drietal **bodemkenmerken** verlopen:

- organische stof en bodemvruchtbaarheid
- structuur van de bouwvoor en ondergrond
- bodembiodiversiteit en bodemveerbaarheid

Deze kenmerken zijn sterk verbonden met het gehele functioneren van de bodem.

Ondernemers en samenleving erkennen het belang van duurzaam bodembeheer, maar er zijn diverse knelpunten die dit belemmeren. Deze notitie benoemt voor de belangrijkste tien combinaties van grondsoorten en sectoren een aantal **knelpunten** en stelt ook **oplossingsrichtingen** voor.

In de **landbouwpraktijk** zijn er vooral zorgen over:

- de opbouw en handhaving van de productiviteit van de grond
- het werken met minder gewasbeschermingsmiddelen (wettelijke beperkingen)
- het werken met minder meststoffen (wettelijke beperkingen)
- negatieve gevolgen van schaalvergroting: toenemende inzet van zware machines en als gevolg daarvan aantasting van de bodemstructuur
- de omgang met veranderde waterregimes (extremen in het weer, aanpassingen van de waterhuishouding omwille van natuurdoelen)

Belangrijke **maatschappelijke wensen** zijn:

- reductie van energiegebruik
- reductie van het gebruik van eindige grondstoffen (bijvoorbeeld fosfaat)
- reductie van emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen
- terugdringing van de emissie van broeikasgassen
- behoud en toename van biodiversiteit in de bodem en op het veld

Via een **kennisagenda** kunnen overheid, agrarische sector, onderzoek en andere belanghebbenden gericht en geïntegreerd werken aan de knelpunten rondom duurzaam bodembeheer. Veel knelpunten zijn aan te pakken door hiaten in kennis weg te nemen en door ontwikkeling van innovaties rondom de drie bodemkenmerken. Het voorstel is dan ook om een belangrijk deel van de kennisactiviteiten te richten op de drie overeenkomstige **speerpunten**:

- beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid
- beheer van bodemstructuur
- beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid

Daarnaast worden drie andere speerpunten voor kennisactiviteiten benoemd die minder strikt op bodemkwaliteit gericht zijn, maar evengoed van belang zijn voor een duurzaam bodembeheer:

- beheer van bovengrondse biodiversiteit
- bodembeheer in relatie tot waterhuishouding
- kosten, baten en adoptie van duurzaam bodembeheer

Voor elk speerpunt wordt een groot aantal suggesties gedaan voor innovatieopgaven en onderzoek om kennishiaten weg te werken.

Door de innige samenhang tussen bodemeigenschappen en -processen bestaan er tussen

de speerpunten veel raakvlakken en overlap. Daarnaast is er vaak sprake van een sterke samenhang tussen maatregelen. Zo heeft minder grondbewerking grote consequenties voor de mogelijkheden van onkruidbeheersing of structuurherstel. Om genoemde redenen is het zinvol om een deel van de activiteiten voor de beoogde kennisagenda te groeperen in systeemonderzoek, waarbij maatregelen in onderlinge samenhang ontwikkeld worden. Daarnaast is het belangrijk voldoende ruimte te blijven reserveren voor thematisch onderzoek, zowel toegepast als fundamenteel, en voor de kennisverspreiding naar de praktijk.

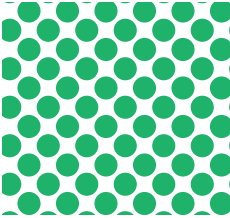
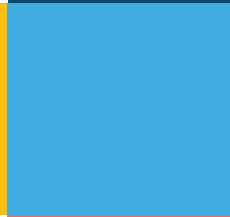
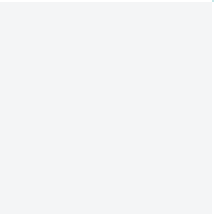
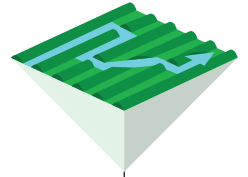
In deze notitie is bewust geen onderscheid gemaakt tussen de aanpak voor de gangbare en biologische landbouw. De doelen, processen en bodemeigenschappen van beide systemen komen immers in grote mate overeen. Bovendien kan door de verschillende benaderingswijzen in de biologische en gangbare landbouw een breder palet aan oplossingsrichtingen ontstaan. Met een dergelijke gezamenlijke aanpak kan de kennisontwikkeling sneller gaan en kan de kennisbenutting groter zijn.

De uitdaging voor overheid, sector en maatschappelijke organisaties is om onder meer op basis van deze notitie gezamenlijk de knelpunten te prioriteren en op basis daarvan een kennisagenda te benoemen. Wanneer nieuwe kennis wordt geïntegreerd tot samenhangende strategieën voor bodembeheer zullen onderzoeksresultaten sneller hun weg vinden in de praktijk met voordelen voor zowel de ondernemer als de samenleving.



1

INLEIDING EN LEESWIJZER





De laatste jaren komt zowel in Nederland als op Europees niveau het begrip duurzaam bodemgebruik steeds sterker als beleidsthema voor de landbouw naar voren. Duurzaam bodembeheer bestaat uit een complex geheel van deelthema's en vele doelen die deels met elkaar conflicteren. Wat goed is om het ene doel te bereiken, kan averechts uitwerken op een ander doel. Deze notitie benoemt de doelen van duurzaam bodembeheer, het arsenaal aan maatregelen dat agrarische ondernemers tot hun beschikking hebben (toolkit), de knelpunten die een duurzaam bodembeheer in de weg staan en de speerpunten voor onderzoek en beleid. Tot slot worden de belangrijkste kennisvragen en innovatieopgaven voor de komende jaren opgesomd. Ze vormen bouwstenen voor een kennisagenda gericht op transitie naar een duurzamer bodembeheer.

BELEIDSCONTEXT

Verduurzaming van de landbouwproductie is een belangrijke beleidsprioriteit. De ontwikkeling van ondersteunende kennis wordt daarbij als onontbeerlijk beschouwd. De contouren van het nieuwe thema Verduurzaming Plantaardige Productieketen omschreef het toenmalige ministerie van LNV dan ook als volgt (LNV-offerteverzoek aan Wageningen UR, augustus 2009): *'Verduurzaming van de plantaardige productie door innovatie is een belangrijke beleidsprioriteit van de minister. Beleid daarvoor is neergelegd in diverse nota's en richtlijnen, zoals Kiezen voor Landbouw, Nota Duurzame Gewasbescherming, 4e Actieprogramma Nitraatrichtlijn en Implementatie Kaderrichtlijn Water, Energie, Klimaat en Bodem. Ook ziet de minister voor duurzame landbouw een belangrijke trekkersrol voor een duurzame wereldvoedselproductie.'*

Op nationaal niveau maakt duurzaam bodemgebruik in de landbouw onderdeel uit van de vernieuwing en verbreding van het bodembeleid, zoals is ingezet met de Beleidsbrief Bodem (TK, 2003). Hierin staat dat het kabinet duurzaam bodemgebruik in de landbouw wil bevorderen. Op 10 juni 2008 is het convenant *'Schone en Zuinige Agrosectoren'* afgesloten. Daarin heeft de rijksoverheid met de partijen in de agrosectoren afspraken gemaakt over

energiebesparing, reductie van broeikasgasemissies en gebruik en productie van duurzame energie. Verder heeft het beleid rond het thema bodem natuurlijk veel raakvlakken met de Ecologische Hoofdstructuur, het klimaatbeleid rond waterbeheer, het beleid voor biodiversiteit, het fytosanitair beleid en mestbeleid. Deels is dit nationale beleid autonoom, deels hangt het samen met Europese overeenkomsten en voornemens. Tenslotte heeft Nederland ook sterk ingezet op stimulering van de biologische landbouw, en langs die weg tevens het belang van duurzaam bodembeheer bevestigd.

De EU-Bodemstrategie (COM(2006)231) en het daarin opgenomen voorstel tot een Kaderrichtlijn Bodem (COM(2006)232) stellen bodemdegradatie aan de orde, en roepen op tot beleid om bedreigingen als erosie, bodemverontreiniging, verdichting, afname van het gehalte aan organische stof en biodiversiteit te voorkomen of te beperken. Minder exclusief op de bodem gericht, maar evenzeer van belang voor nationaal beleid rond bodembeheer zijn de volgende Europese (kader)richtlijnen: Nitraatrichtlijn (91/676/EEC), IPPC Richtlijn (96/61/EC), Kaderrichtlijn Water (200/60/EC), NEC Richtlijn (2001/81/EC), Habitat Richtlijn (92/43/EEC) en Vogelrichtlijn (79/409/EEC). Verder zal ook de nieuwe EU Kaderrichtlijn Duurzaam Gebruik van Pesticiden COM(2006)373 van invloed zijn op het Nederlands beleid.

DIT RAPPORT

Een visie is een weinig gebruikelijke rapportagevorm in de onderzoekswereld. Het laat weliswaar veel vrijheid rond de afbakening en presentatie van de studie, maar verplicht daarmee ook tot zelf keuzen maken. Mogelijk is dat juist de reden waarom de opdrachtgever om deze vorm heeft gevraagd. De vele thema's verbonden met duurzaam bodembeheer maken dit onderwerp immers dermate complex, dat fragmentatie – zowel in beleid als onderzoek – op de loer ligt, en er dus behoefte ontstaat aan een samenbindend en richtinggevend overzicht. Een tweede probleem is de vele conflicten tussen doelen van bodembeheer. Wat goed is om het ene doel te bereiken, kan juist averechts werken op een ander doel. Zo zorgt een groenbemester voor organische stof en het vasthouden van mineralen, maar kunnen in bepaalde situaties ook plantparasitaire nematoden vermeerderd worden.

Als antwoord op deze twee problemen – thematische fragmentatie, conflicten tussen doelen – is gezocht naar manieren om thematische lijnen in zowel beleid als onderzoek te integreren,

teneinde de verduurzaming van bodembeheer in de praktijk beter te kunnen ondersteunen. Die integratie vereist het expliciet maken van de doelen van duurzaam bodembeheer en het prioriteren van wegen om die te bereiken. Dit lost echter niet de onverenigbaarheid van sommige doelen op: in de landbouwpraktijk blijft elke beheerstrategie een uitkomst van keuzen, waarbij voor agrarisch ondernemers sommige doelen zwaarder wegen dan andere.

Deze notitie levert bouwstenen voor een door EL&I te ontwikkelen kennisagenda. Toch is de notitie geen literatuurreview. Een omvattende review over de vakgebieden die een rol spelen in bodembeheer, vereist een grote en diepgaande studie. Deze notitie brengt inzichten, ervaringen en verwachtingen bijeen van een divers samengestelde groep onderzoekers (bijlage I). Het resultaat is selectief en subjectief, maar de keuzes zijn weloverwogen en beargumenteerd gemaakt.



Centraal in deze notitie staat het bodemgebruik door de landbouw: melkveehouderij en diverse sectoren van de open teelten: akkerbouw, vollegrondsgroenteteelt, fruitteelt, en bollen- en boomteelt. Het gaat dus om bodembeheer in de context van bedrijfsvoering als economische activiteit. Het hoofddoel van agrarische ondernemers daarbij is een rendabele ontwikkeling en behoud op langere termijn van een gezonde en productieve bodem. De nadruk op landbouw onderscheidt deze studie van sommige eerdere studies naar duurzaam bodembeheer. Door deze nadruk is het

handelingsperspectief van de agrarisch ondernemer als leidraad gekozen: hoe kan hij door keuzen en handelingen de bodem duurzamer beheren? Door de oriëntatie op landbouw als economische activiteit ligt er een relatief sterke nadruk op het spanningsveld tussen productie en economie enerzijds en overige maatschappelijke wensen rond duurzaamheid anderzijds, waaronder het vervullen van ecosystemediensten door de bodem.

Deze notitie beoogt ook bij te dragen aan meer verbinding tussen kennisontwikkeling en -benutting in de biologische en gangbare landbouw. De biologische landbouw, waar het



arsenaal aan corrigerende ingrepen van oudsher beperkt is, besteedt altijd al veel aandacht aan de kwaliteit van de bodem om gezonde gewassen en goede opbrengsten te krijgen. De laatste decennia – zeker sinds de regulering van natte grondontsmetting in 1989 – is er óók in de gangbare landbouw volop aandacht voor bodemgezondheid. Biologische en gangbare voorlopers pionieren elk binnen hun eigen mogelijkheden aan het behoud en de verbetering van de bodemkwaliteit. In beide sectoren zijn de laatste jaren veel ontwikkelingen, die deels teruggrijpen op ouder onderzoek. Zo heeft de biologische landbouw aandacht voor rijpadensystemen (*controlled traffic*) en voor niet-kerende grondbewerking, systemen die in de jaren '70 eerst in gangbare context ontwikkeld zijn maar destijds niet door de brede praktijk zijn opgepakt. De hernieuwde aandacht breidt zich nu ook uit naar gangbaar. Ook in de resistentieveredeling, voor beide landbouwsystemen van levensbelang, is er nu voortdurend uitwisseling van kennis.

Ook al hebben de biologische en gangbare landbouw verschillende posities, ze worden in deze notitie niet steeds apart behandeld. In een geïntegreerde kennisagenda is er plaats voor beide systemen en ruimte voor veel kruisbestuiving. Een groot deel van de bodemprocessen en -relaties verloopt immers gelijk, al verschilt het belang van de knelpunten en de beschikbaarheid van oplossingsrichtingen. Overigens verschillen bedrijven op verschillende grondsoorten, sectoren en bedrijfstypen binnen gangbaar of biologisch óók heel sterk.

Dit is niet de eerste studie over duurzaam bodemgebruik, noch de eerste die als doel heeft een basis te leggen voor de programmering van onderzoek. Eerdere studies waren vaak breder van opzet en/of voor andere toepassingen geschreven, maar leverden wel veel aanknopingspunten en inzichten. Naar enkele van deze nauw verwante studies wordt verwezen: bijlage IX toont enkele belangrijke overzichten uit die documentatie.

Bij de indeling van deze notitie (zie ook leeswijzer) is ervoor gekozen om vooral aspecten met een integrerend karakter te belichten. Hierdoor is veel – evenzeer relevant – materiaal in de bijlagen terecht gekomen.

Duurzaamheid heeft veel dimensies. Om zicht te krijgen op de maatschappelijke wensen en doelen rond verduurzaming en verwachtingen over ontwikkelingen in Nederland die van invloed zijn op landgebruik en bodembeheer, ging deze studie van start met een workshop

met stakeholders. Zij vertegenwoordigden een groot aantal maatschappelijke organisaties (30 maart 2010, deelnemers zie bijlage II). De uitkomsten zijn samengevat in bijlage III. De resultaten werden vervolgens gebruikt als startpunt voor de verdere uitwerking van deze studie. De eerste stap daarbij was het ordenen van de vele wensen rond duurzaamheid tot een hanteerbare en dus beknopte set van duurzaamheidswensen, toegesneden op bodemgebruik in de landbouw (hoofdstuk 2). Deze wensen worden aangeduid als beheerdoelen.

We richten ons hier op het bereiken van die beheerdoelen via bodembeheer. Hoewel de genoemde doelen vrijwel zonder uitzondering steeds wensen van de brede samenleving zijn, verloopt het bereiken daarvan wel via de agrarisch ondernemers. De afwegingen en de daaruit voortvloeiende keuzes en maatregelen vormen samen hun beheerstrategie. Het faciliteren van verduurzaming dient zich daarom te richten op ondersteuning van de ondernemers bij het maken van afwegingen (kennis) en op verbreding van het palet aan duurzame maatregelen die ze kunnen nemen (innovatie).



Om het opstellen van een samenhangende en afgebakende kennisagenda mogelijk te maken, is het van belang eerst duidelijk te definiëren wat we verstaan onder duurzaam bodembeheer en uit welke elementen dat bestaat. En hoe ziet de toolkit van de ondernemer eruit, welke acties kan hij ondernemen en met welke bedoeling hij die zou uitvoeren? Welke acties rekenen we tot bodembeheer, welke niet? Met andere woorden: aan welke knoppen kan de ondernemer eigenlijk draaien om het beheer te verduurzamen? Hoofdstuk 3 gaat op deze vragen in.

Hoofdstuk 4 met bijlagen geeft een overzicht van de knelpunten die een duurzaam bodembeheer in de weg staan. Het gaat hier veelal om conflicten tussen economie en de andere dimensies van duurzaamheid (natuur, klimaat et cetera), maar er kunnen ook conflicten zijn tussen bijvoorbeeld milieu en klimaat, natuur en milieu. De opsomming van

knelpunten is ingedeeld naar sectoren en grondsoorten. Dit hoofdstuk gaat tevens in op verwachte ontwikkelingen en de wijze waarop die bestaande knelpunten versterken of nieuwe kunnen oproepen. De knelpunten werden door de werkgroep geïnventariseerd op grond van de expertise in betrokken kennisinstellingen, aanvullend op hetgeen de stakeholders in de workshop naar voren hebben gebracht.

De knelpunten bepalen in belangrijke mate de te ontwikkelen strategieën voor een duurzamer bodembeheer. En dus ook welke beschikbare en te ontwikkelen kennis en technologie nodig zijn om deze knelpunten op te lossen, te reduceren of te omzeilen. Hoofdstuk 4 benoemt een zestal speerpunten voor de ontwikkeling en verspreiding van kennis en innovatie. De eerste drie zijn geselecteerd omdat de werkgroep verwacht dat door verbetering van de drie centrale bodemkenmerken – organische stof en bodemvruchtbaarheid, structuur van de bouwvoor en ondergrond, bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid – vele knelpunten tegelijk zijn aan te pakken; de drie andere speerpunten zijn benoemd om resterende belangrijke knelpunten aan te pakken. Nieuwe kennis en innovaties op deze speerpunten is onmisbaar. Alleen dan is over de volle breedte van de Nederlandse landbouw tot een duurzamer beheer van de bodem te komen. Hoofdstuk 4 laat ook zien hoe het werk aan de gekozen speerpunten bijdraagt aan het wegnemen van knelpunten en welke doelen met betrekking tot duurzaamheid daarmee gediend zijn.

Hoofdstuk 5 draagt bouwstenen aan voor een kennisagenda. Per speerpunt zijn de belangrijkste kennisvragen en innovatieopgaven benoemd, tegen de achtergrond van de huidige stand van kennis en techniek. De werkgroep heeft zich laten leiden door bestaande en verwachte knelpunten die het bereiken van duurzaam beheer in de weg staan. Bij de selectie van speerpunten en kennisvragen is geen rekening gehouden met de bestaande programmatische structuur van het door EL&I-gefinancierde onderzoek. Daarmee raakt deze notitie soms ook aan thema's of programma's buiten het BO-programma waarvoor deze studie is uitgevoerd (Verduurzaming Plantaardige Productieketens, BO-12.03).

REFERENTIES

- ▶ *De bodem als partner in duurzame ontwikkeling. Een onderzoekagenda voor de toekomst.*

Dutch Soil Platform, dec. 2008. 32 pp.

- ▶ Faber J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont en L.C. Braat, 2009. *Ecosysteemdiensten en bodembeheer: maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit*. Alterra Rapport 1813. ISSN 1566-7197. 150 pp.
- ▶ Rutgers M., C. Mulder en A.J. Schouten (Eds.), 2007. *Typeringen van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit*. RIVM Rapport 607604008/2007. 96 pp.
- ▶ Rutgers M., C. Mulder, A.J. Schouten, J.J. Bogte, A.M. Breure, J. Bloem, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J.H. Faber, N. van Eekeren, F.W. Smeding, H. Keiderl, R.G.M. de Goede en L. Brussaard, 2005. *Typeringen van bodemecosystemen. Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit*. RIVM Rapport 607604007/2005. 105 pp.
- ▶ *Duurzaam bodemgebruik in de landbouw. Een beoordeling van agrarisch landgebruik in Nederland*. VROM, LNV, SenterNovem Bodem+, in opdracht van Stuurgroep Bodem, in het kader van het uitvoeringsprogramma Beleidsbrief Bodem. Den Haag 2006. 50 pp. Met bijlagen.
- ▶ Smit A. en K.B Zwart, 2008. *Duurzaam Bodemgebruik, inzichten en aanbevelingen*. Alterra Rapport 1544.2. 40 pp.
- ▶ Dam A.M. van, H.C. de Boer, M. de Beuze, A. van der Klooster, L.J.M. Kater, W. van Geel en P. van der Steeg, 2006. *Duurzaam bodemgebruik in de landbouw, advies uit de praktijk*. PPO nr. 340101. 67 pp.
- ▶ Smit A., I. Lubbers, K.B. Zwart en D. Brunt, 2007. *Duurzaamheidsanalyse van bodemgebruik in natuurgebieden*. Alterra Rapport 1626. 120 pp.
- ▶ Reubens B., K. D'Haene, T. D'Hose en G. Ruyschaert, 2010. *Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie*. Het Interreg project "BodemBreed", www.bodembreed.eu

LEESWIJZER

Dimensies van duurzaamheid, te bedienen via bodembeheer

(economie, milieu, water, natuur, klimaat, mens)

Bodembeheersdoelen

Door realisatie van deze doelen draagt bodembeheer bij aan dimensies van duurzaamheid

HOOFDSTUK 2
TABEL 1.1

Bodembeheer

De combinatie van alle maatregelen (= keuzes en handelingen) met betrekking tot bodem; alle mogelijke maatregelen samen vormen de 'toolkit' van de ondernemer. Er zijn vele combinaties (strategieën) mogelijk. De keuze van strategie bepaalt mate waarin respectievelijke bodembeheerdoelen worden bediend.

HOOFDSTUK 3
CLUSTERS A T/M E
FIGUUR 3.1

Zie figuur 3.1 voor relaties tussen bodembeheer, bodemeigenschappen en bodemfuncties.

Knelpunten per grondsoort-sector

Dit zijn conflicten tussen bodembeheerdoelen (en tussen dimensies van duurzaamheid); deze staan het gelijktijdig bereiken van meerdere doelen in de weg

HOOFDSTUK 4
BIJLAGEN 3,4,5

Voorstel **speerpunten** door kennis en innovatie op deze punten worden knelpunten aangepakt en wordt duurzamer bodembeheer mogelijk.

HOOFDSTUK 5

Bouwstenen voor een kennisagenda

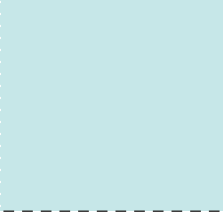
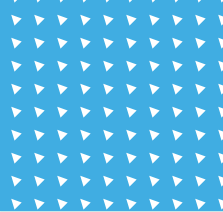
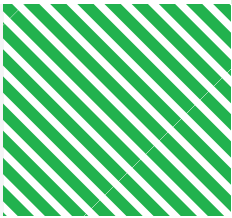
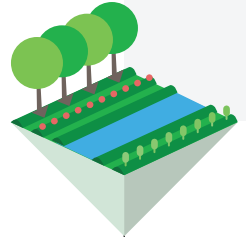
Stand van zaken, kennisvragen en innovatieopgaven per speerpunt

- ◆ beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid
- ◆ beheer van bodemstructuur
- ◆ beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid
- ◆ beheer van bovengrondse biodiversiteit
- ◆ bodembeheer in relatie tot waterhuishouding
- ◆ kosten, baten en adoptie van duurzaam beheer



2

DUURZAAM BODEMBEHEER: WENSEN EN DOELEN





Het uitgangspunt van een duurzame gewasproductie is een bodem die in fysisch, chemisch en biologisch opzicht goed functioneert, nu en in de toekomst. Zo'n bodem is de basis voor een robuust bodem-gewassysteem dat perioden van extremen (hitte, wateroverlast, droogte) kan overbruggen, dat een beperkte behoefte heeft aan inputs (meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen), dat ongewenste stoffen kan afbreken en dit alles bij een blijvend voldoende hoog niveau van productie per hectare. Het ontwikkelen en onderhouden van zo'n gezonde bodem is het primaire doel van duurzaam bodembeheer in de landbouw. Daarnaast zijn er doelen vanuit de bredere samenleving. Echter ook die doelen kunnen veelal slechts via de agrarisch ondernemer bereikt worden. Dit hoofdstuk stelt een lijst beheerdoelen voor om het begrip 'duurzaam bodembeheer' concreet te maken. Beheerdoelen kunnen conflicteren, maar er zijn ook kansen om met gericht beheer meerdere doelen tegelijk te bedienen.

DIMENSIES VAN DUURZAAMHEID

Duurzaamheid als concept kent vele interpretaties. Als leidraad kan een breed geaccepteerde definitie dienen, in 1983 verwoord door de VN World Commission on Environment and Development (WCED)¹:

'Duurzame ontwikkeling is ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie, zonder het vermogen aan te tasten van toekomstige generaties om in hun eigen behoeften te voorzien.'

De maatschappelijke wens tot duurzaam bodembeheer heeft zeker niet alleen betrekking op duurzame gewasproductie, maar ook op de implicaties die de wijze van beheer heeft op de breder maatschappelijke dimensies van duurzaamheid. De werkgroep onderscheidt als uitwerking van het veelgebruikte ppp-drieluik (people, planet, profit) de volgende dimensies:

- economie (productie, kosten, werkgelegenheid en inkomen voor ondernemer

¹ Veelal aangeduid als de Brundtland-definitie naar de Noorse Gro Harlem Brundtland die de commissie voorzat.

Met beheerdoelen worden zowel wensen als doelen aangeduid. Wat de één ziet als wens van de samenleving, ziet de ander als doel voor de ondernemer of omgekeerd. De lijst van beheerdoelen is samengesteld op grond van een inventarisatie, uitgevoerd met een breed samengestelde groep stakeholders rond bodembeheer in Nederland. Het door hen bijeengebrachte materiaal heeft de werkgroep bewerkt tot de indeling in tabel 2.1. Daarbij is gestreefd naar:

- reductie en bundeling tot nevengeschikte doelen. Het ene doel staat dus niet ten dienste van het andere; ze moeten allemaal in voldoende mate worden bediend. Natuurlijk is elk doel ook weer een middel om hogere doelen te bereiken; die zijn hier niet benoemd.
- benoeming van doelen op een zo laag mogelijk niveau, zodat ze nog herkenbaar verbonden zijn met bodem en bodembeheer.

Bij de formulering van de beheerdoelen is zekere aggregatie geaccepteerd van ongelijksoortige begrippen zoals middelengebruik, bodemfuncties en bodemeigenschappen die de functies ondersteunen. Sommige beheerdoelen hebben vooral betrekking op het zuinig gebruik of totale vermindering van bepaalde productiemiddelen (arbeid, areaal, brandstof, gewasbeschermingsmiddelen, meststoffen), terwijl andere gericht zijn op behoud of stimulering van bepaalde bodemfuncties, die op hun beurt soms de efficiënte benutting of vermindering van inputs ten dienste staan. Een meer strikte scheiding van ongelijksoortige maar nauw verbonden begrippen zou tot een lange opsomming met veel duplicering hebben geleid (zie ook hoofdstuk 3 voor de samenhang tussen genoemde begrippen).

DOELEN: PRIORITERING, ONDERNEMER, SAMENLEVING EN BELEID

Er is geen prioritering in de doelen aangebracht, want die hangt sterk af van het standpunt van de beschouwer. Daar komt bij dat elk doel – of beter: de mate waarin het doel bereikt wordt – zijn eigen maatstaf kent. Prestaties van de verschillende doelen zijn dus moeilijk tegen elkaar af te wegen. Evenmin is onderscheid gemaakt tussen private doelen van de ondernemer en doelen gesteld door de samenleving. Van de doelen in tabel 2.1 dienen sommige meer het private belang van de ondernemer en andere meer het algemene belang van de samenleving, zoals dat

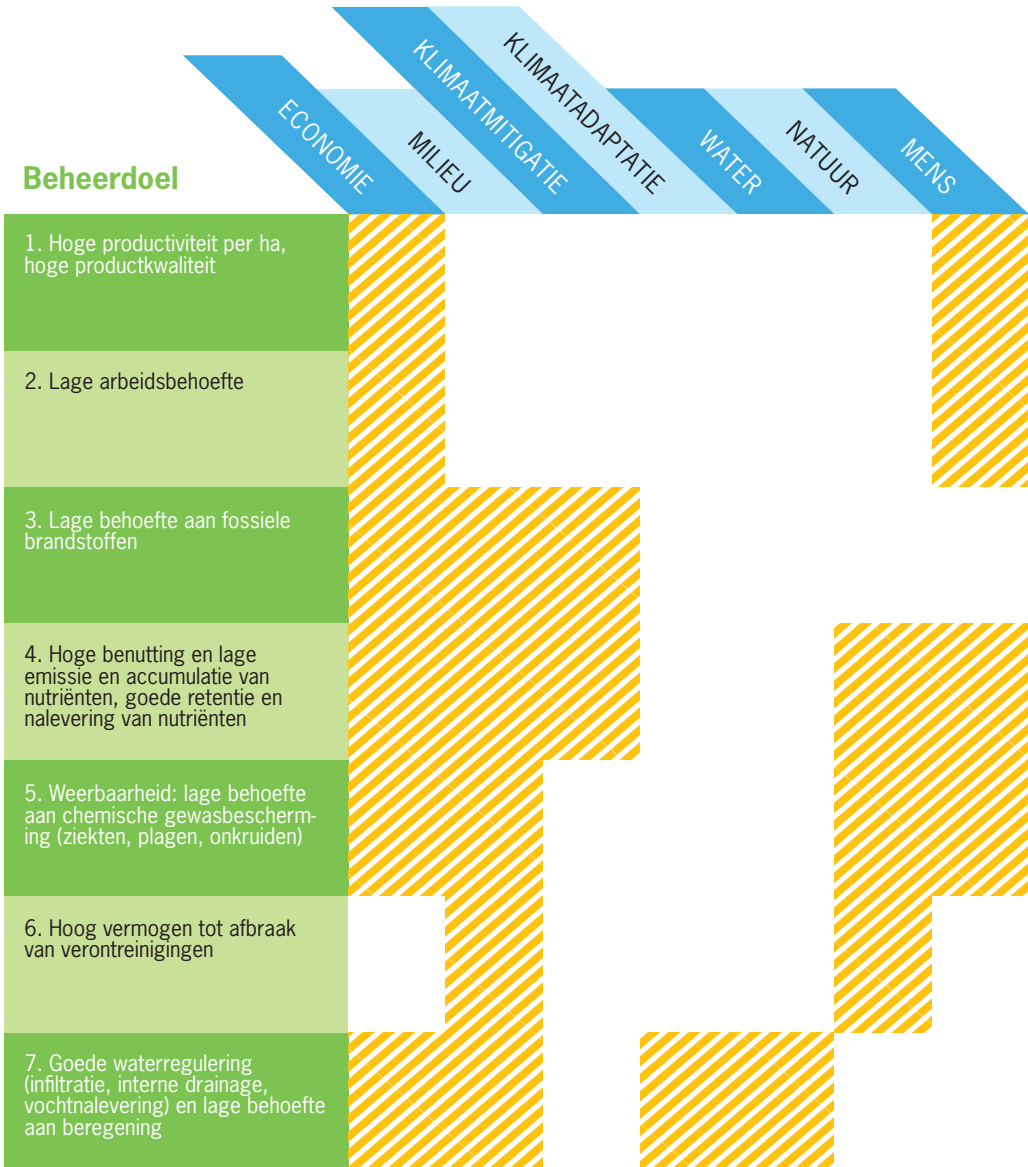
aan de orde komt in diverse beleidsnota's. Sommige doelen zijn van belang voor zowel ondernemer als samenleving; via wetgeving wordt die koppeling overigens vaak ook afgedwongen. Hoe dan ook, de uiteenlopende doelen zullen meestal wel bereikt moeten worden via de ondernemer. Wetgeving mag daarbij voorwaarden stellen, maar de uitvoering moet wel biofysisch, technisch en economisch mogelijk zijn. Bij de behandeling van knelpunten in hoofdstuk 4 zullen we dezelfde twee zijden van de medaille tegenkomen. Zo kunnen respectievelijk de belasting van het oppervlaktewater met nutriënten en opbrengstderving door krappe gebruiksnormen als twee aparte knelpunten worden benoemd, maar het zijn twee kanten van één probleem. De werkgroep heeft geprobeerd opsommingen te bekorten door dergelijke verdubbelingen te vermijden.

DOELEN: CONFLICTEN EN SYNERGIE

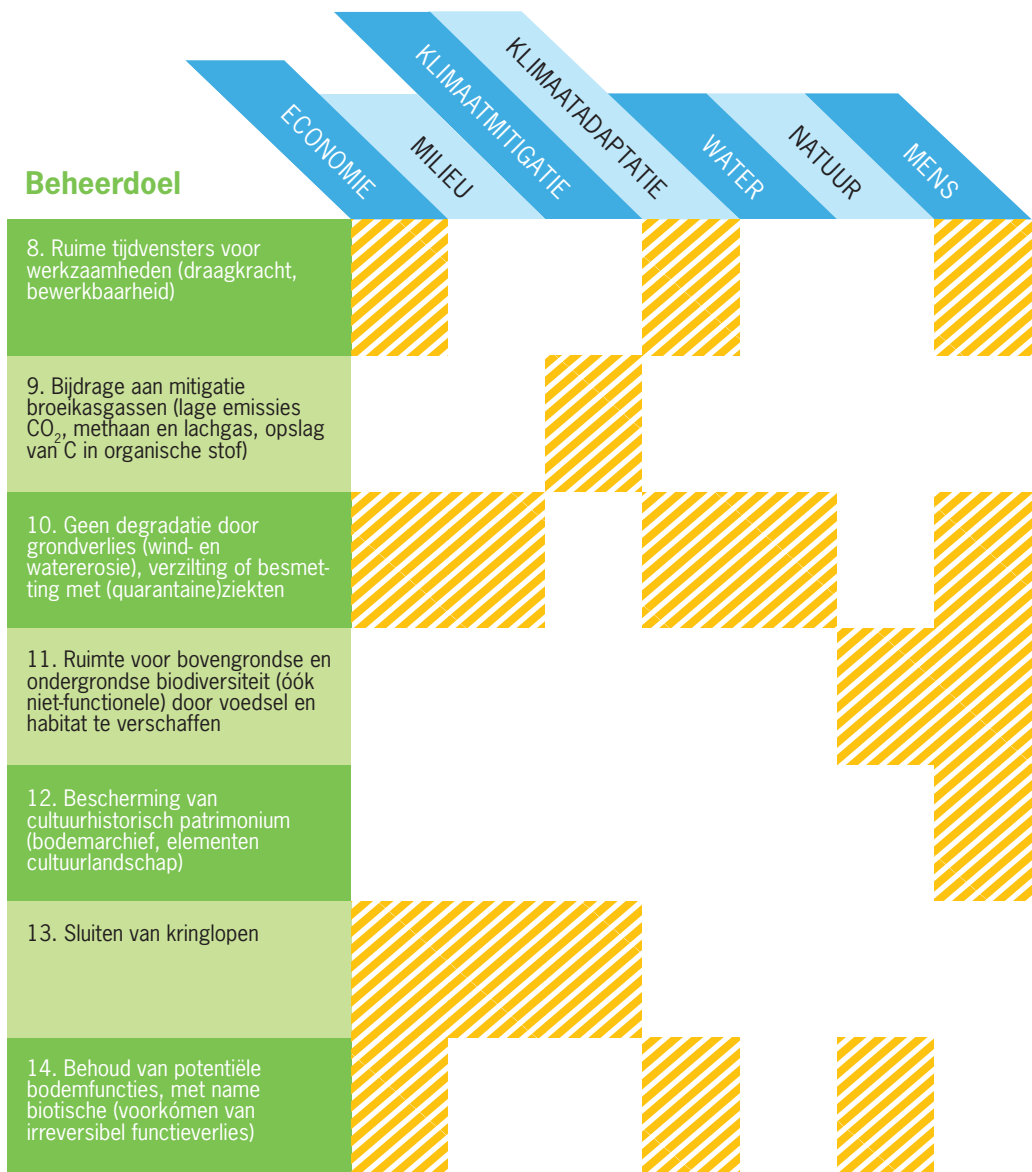
Hoewel de doelen in tabel 2.1 onderling niet principieel strijdig hoeven te zijn, zullen er vaak conflicten ontstaan, zodra bodembeheer concreet gemaakt wordt in een gekozen beheerstrategie. De strategie zal vaak bijdragen aan een aantal beheerdoelen, maar op andere punten (beheerdoelen) juist slecht scoren (zie hoofdstukken 3 en 4).

Voor de kennisagenda betekent dit dat aandacht nodig is voor het identificeren van dergelijke conflicten. Minstens zo belangrijk zijn kansen voor synergie: waar met gericht beheer meerdere doelen tegelijk bediend kunnen worden. Vooruitlopend op hoofdstuk 4 noemen we daarom hier reeds drie centrale bodemkenmerken die zich bij uitstek lenen voor het benutten van synergie: bodemstructuur, bodembiodiversiteit en organische stof (gehalte, type, verdeling, aanvoer). Ze worden beschouwd als de sleutels ter verduurzaming van het bodembeheer, want ze vormen de schakels (zie figuur 3.1) tussen enerzijds keuzes en handelingen (het handelingsrepertoire van de ondernemer) en anderzijds het goed functioneren van de bodem (al wat nodig is om beheerdoelen van ondernemer en maatschappij te bereiken). Juist omdat ze ten dienste staan van die doelen, zijn deze drie bodemkenmerken hier (tabel 2.1) niet als beheerdoelen opgenomen, hoewel ze daar op allerlei manieren nauw mee verbonden zijn. Deze bodemkenmerken komen terug in de speerpunten voor een kennisagenda (hoofdstukken 4 en 5).

DIMENSIES VAN DUURZAAMHEID



Tabel 2.1 Wensen en doelen van ondernemers en de samenleving voor een duurzaam bodembeheer (beheerdoelen) en hun bijdragen aan dimensies van duurzaamheid.

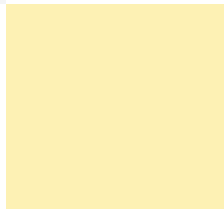
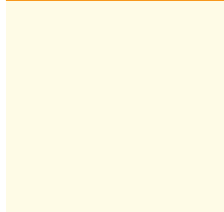
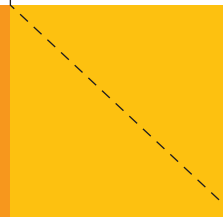
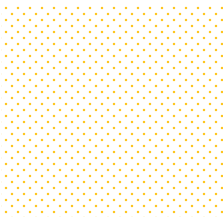
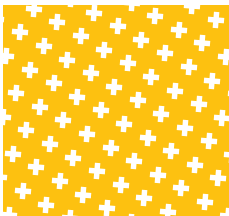
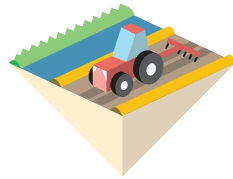


Geen bijdrage
 Bijdrage



3

BODEMBEHEER: DE TOOLKIT VAN DE ONDERNEMER





Bodembeheer omvat alle keuzes, handelingen en maatregelen die de agrarisch ondernemer voor zijn bodem neemt. Wanneer hij het beheer gericht samenstelt en optimaliseert om bepaalde doelen na te streven, zoals een hoge productie of lage behoefte aan fossiele brandstoffen, noemen we dat een strategie. En er is sprake van een systeem als er een sterke noodzakelijke samenhang bestaat tussen de uit te voeren maatregelen. Voor deze notitie zijn de keuzes, handelingen en maatregelen als volgt geclusterd: waterbeheer; vruchtwisseling, groenbemesters en gewasrestenbeheer; grondbewerking en berijding; bemesting; en gewasbescherming. In dit hoofdstuk worden de clusters behandeld. Figuur 3.1 laat de samenhang zien tussen het gevoerde beheer en een aantal bodemfuncties die daarmee beïnvloed worden, zoals bijvoorbeeld bewortelbaarheid en berijdbaarheid. Het effect van bodembeheer op de bodemfuncties verloopt veelal via enkele samengestelde bodemkenmerken: 1. organische stof en bodemvruchtbaarheid, 2. bodembiodiversiteit en biomassa en 3. structuur van de bouwvoor en ondergrond.

3.1 KEUZES, HANDELINGEN, STRATEGIEËN EN SYSTEMEN

Bodembeheer door de ondernemer is uiteindelijk niet meer of minder dan een set van keuzes en handelingen of maatregelen. Wanneer hij die set gericht samenstelt en optimaliseert om bepaalde doelen na te streven, noemen we dat geheel een strategie en een systeem als er een sterke noodzakelijke samenhang bestaat tussen de uit te voeren maatregelen.

Een goede strategie is afgestemd op de lokale biofysische en economische condities, maar wordt ook in belangrijke mate bepaald door de mogelijkheden, kennis en prioriteiten van de ondernemer. Er zijn vele keuzemogelijkheden, maar uiteindelijk voert elk bedrijf maar één beheer uit. Het proces van kiezen, afwegen, optimaliseren en innoveren door ondernemers is allesbehalve transparant. Handelingen gebeuren deels routinematig, deels bewust en deels worden ze ook bepaald door de actuele status (kwaliteit) van de bodem, die op zijn beurt weer deels het resultaat is van eerder gevoerd beheer. De bodem is immers een reactor met een

lang geheugen. Daarin stapelen zich in de loop der jaren de effecten op van gevoerd beheer, van keuzes die korter of langer geleden gemaakt werden.

De keuze van een ondernemer voor een bepaalde beheerstrategie heeft directe invloed op de mate waarin de beheerdoelen worden bereikt, en houdt dus impliciet of expliciet ook een prioritering in van doelen. Voor het ontwikkelen van effectief beleid voor duurzaam bodembeheer is het belangrijk om meer inzicht te krijgen in de wijze waarop ondernemers bodembeheerstrategieën bepalen, welke factoren keuzes beïnvloeden, waar synergie te behalen is en welk type interventies geschikt zijn om doorbraken in bodembeheer te bewerkstelligen.

TOELICHTING BIJ FIGUUR 3.1

Er is hier bewust gestreefd naar een strak stelsel van begrippen met hun onderlinge samenhang. Figuur 3.1 brengt de meest evidente relaties tussen *beheerdoelen*, *bodembeheer* en *bodemeigenschappen* en *bodemfuncties* in beeld. Deze figuur is van belang voor een goed begrip van deze notitie, en wordt daarom verder toegelicht. Vanzelfsprekend kan een dergelijk schema niet compleet zijn.

De figuur laat de vele wijzen van samenhang zien tussen het gevoerde beheer (blok onderin de figuur met daarin de clusters A-E die de toolkit van de ondernemer vormen) en de daarmee aangestuurde bodemfuncties (het blok bovenin de figuur met daarin de functies en functionele eigenschappen, a-h). Die samenhang verloopt vaak (alle bruine pijlen) door de beïnvloeding van de drie centrale bodemkenmerken: 1. *organische stof en bodemvruchtbaarheid*, 2. *bodembiodiversiteit en biomassa* en 3. *structuur van de bouwvoor en ondergrond*. Daarnaast is er ook een rechtstreekse invloed (dus niet via genoemde drie kenmerken) van beheer op de bodemfuncties a-h (de gekleurde pijlen, één kleur per cluster).

De figuur beperkt zich tot grootheden die min of meer stabiel zijn of zich langzaam aanpassen (maanden, jaren, decennia). Snelwisselende toestandsgrootheden zoals temperatuur of vochttoestand zijn weggelaten, maar het gedrag van dergelijke meer dynamische variabelen wordt wel in sterke mate bepaald door de hier afgebeelde eigenschappen, alsook rechtstreeks door het opgelegde beheer. Ook hier is omwille van de leesbaarheid van de figuur een strikte consequentie gemedend.. Zo zijn de functies a-h soms een mix van functie en functionele eigenschap. Zoals gezegd in hoofdstuk 2 hebben de beheerdoelen soms betrekking op bodemfuncties voor de agrarische productie (functies a-h, bijvoorbeeld

vochtregulering) en soms rechtstreeks betrekking op het beheer zelf (A-E, bijvoorbeeld spaarzame inzet van bepaalde inputs).

Van veel relaties in de figuur is bekend dát ze bestaan en belangrijk zijn voor de gewasproductie, maar vaak is niet goed bekend hóe ze precies verlopen. Dat laatste is ook lang niet altijd nodig, en is zeker geen kompas geweest bij het aandragen van bouwstenen voor een kennisagenda.

HANDELINGSPERSPECTIEF

Bodembeheer bestaat uit elementen die samen wel het handelingsrepertoire of handelingsperspectief van de ondernemer worden genoemd. Het is de gereedschapskist – de toolkit – waarmee de ondernemer zijn strategie uitvoert. De keuzes, handelingen en maatregelen die samen het bodembeheer vormen zijn te vatten in de clusters (de letters verwijzen naar figuur 3.1 en de cijfers naar de volgende paragrafen):

3.2 waterbeheer (A)

3.3 vruchtwisseling, groenbemesters en gewasrestenbeheer (B)

3.4 grondbewerking en berijding (C)

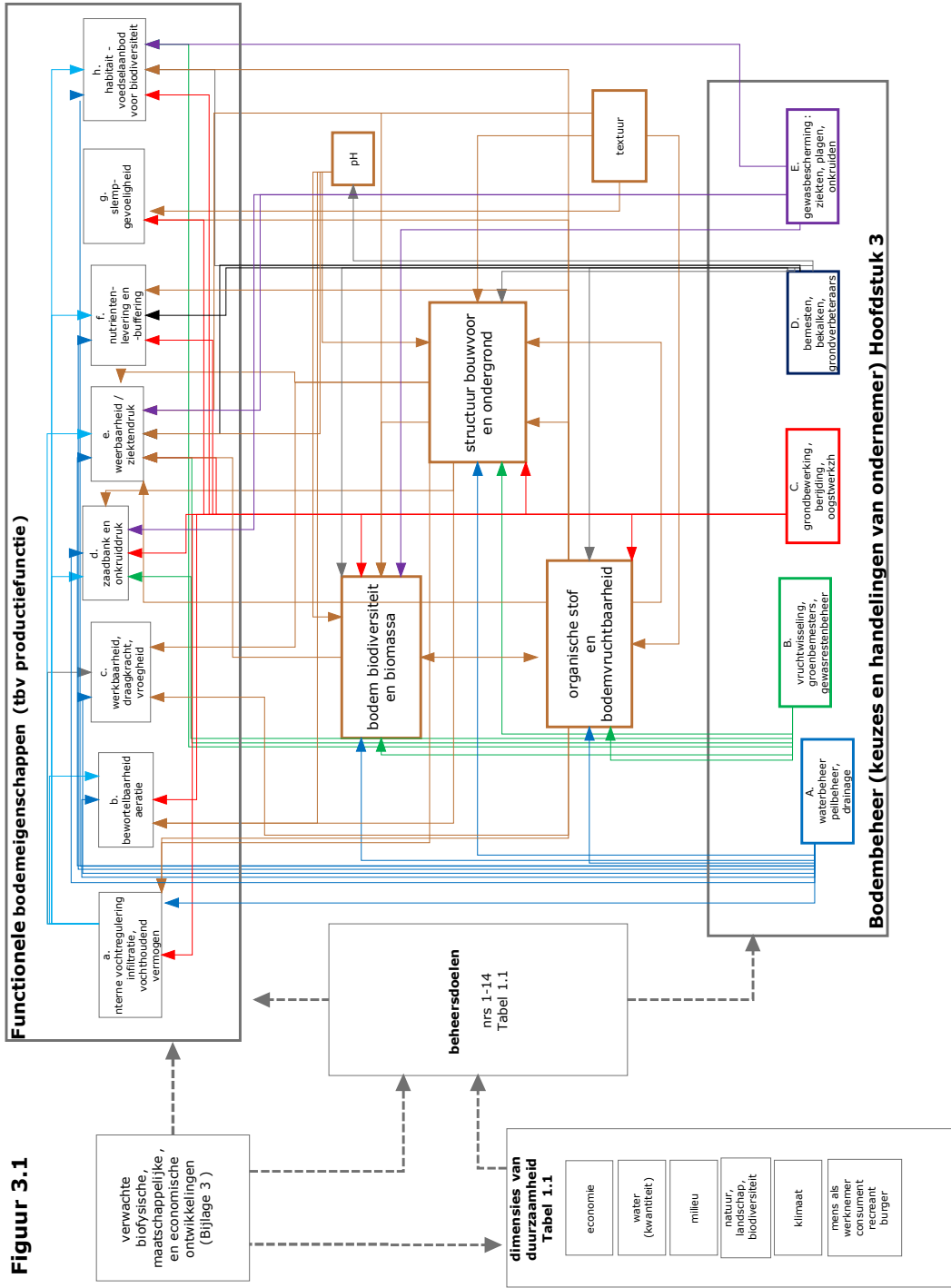
3.5 bemesting (D)

3.6 gewasbescherming (E)

Hierna volgt een algemeen overzicht van de keuzes en maatregelen die landbouwbedrijven nemen en die de bodemkwaliteit beïnvloeden. Het is geen uitputtend overzicht en ook geen voorgestelde selectie van onderwerpen voor onderzoek of een kennisagenda; het is een algemene introductie in de hoofdlijnen van bodembeheer. Figuur 3.1 biedt op een aantal punten houvast bij het lezen van onderstaande paragrafen.



Figuur 3.1



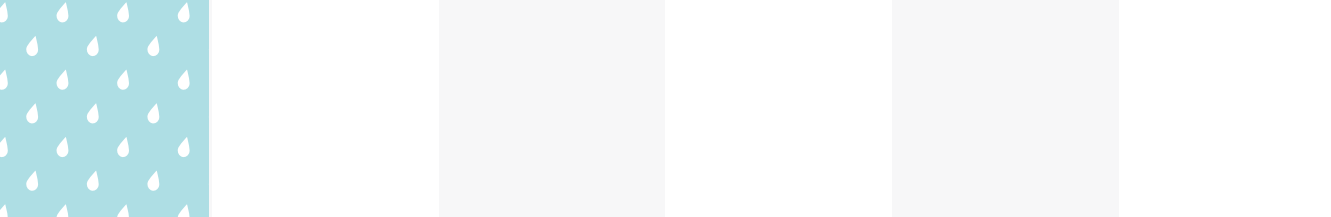
3.2 WATERBEHEER (A)

Water- en luchthuishouding bepalen het vochtprofiel en de aeratie van de grond door het jaar heen. Ze bepalen de mogelijkheden om de grond te bewerken en te belasten en ze beïnvloeden de plantengroei en het bodemleven. De actuele vochttoestand en aeratie zijn de resultanten van de aan- en afvoer van water (neerslag, verdamping, drainage, bemaling) bij zekere bodemeigenschappen (bijvoorbeeld infiltratiecapaciteit, waterdoorbaarheid, vochthoudend vermogen, opdrachtigheid, bewortelbaarheid).

Het waterbeheer omvat de maatregelen die buiten de wortelzone genomen kunnen worden om de waterhuishouding en daarmee ook de luchthuishouding in de grond direct te beïnvloeden. Deze omvatten het beheer van het grondwaterpeil (drainage, draininfiltratie) en het slootwaterpeil en maatregelen zoals veldegalisatie, begreppeling en beregening. Het waterbeheer heeft grote invloed op de draagkracht, vroegheid (opwarming) en bewerkbaarheid van de grond, en natuurlijk ook op de levering van vocht aan het gewas in droge perioden en waterafvoer in natte perioden. In bepaalde regio's speelt peilbeheer een belangrijke rol bij het tegengaan van verzilting.

Indirect is de lucht- en waterhuishouding te beïnvloeden via maatregelen als grondbewerking. Dit soort maatregelen hebben invloed op de bodemstructuur en daarmee samenhangende bodemeigenschappen en -functies. Waterbeheermaatregelen en indirecte maatregelen (respectievelijk de donker- en lichtblauwe pijlen in figuur 3.1) bepalen samen de vochtvoorziening van de wortelzone en de afvoer van overtollig water, en bepalen dus ook de aeratie voor wortels en het bodemleven. Net als droogte heeft ook een te natte wortelzone een negatief effect op de opbrengst, kwaliteit en oogstbaarheid van producten. Bewerking en berijding onder te natte condities leidt tot structuurberdief. Natte omstandigheden kunnen – vaak in combinatie met structuurberdief – leiden tot zuurstofgebrek voor de wortels, verhoogde druk van bepaalde ziekten en de onkruidbeheersing ernstig beperken.





Opbrengstderving door zowel een te droge als te natte grond zal vrijwel steeds samengaan met een verlaagde nutriëntenbenutting en dus een verhoogde kans op verliezen. Natte condities verhogen de kans op denitrificatie (in aanwezigheid van organische stof, waarbij behalve stikstofgas ook het broeikasgas lachgas kan ontstaan) en op uitspoeling van nitraat (waaruit elders ook weer lachgas kan ontstaan). Sterke vernatting verhoogt de mobiliteit van fosfaat en daarmee de belasting op het grond- en oppervlaktewater bij gronden met hoge fosfaatverzadiging. Greppels en bolle percelen bevorderen de afstroming van water en zorgen daardoor voor een hogere belasting van het oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten. Voor deze milieubelastende stoffen vormen drains een vergelijkbare *shortcut* tussen het bodemsysteem en het oppervlaktewater.

Soms wordt landbouwgrond omwille van natuurdoelen in omliggende gebieden vernat. Onder natte omstandigheden verloopt de afbraak van organisch materiaal trager. Of dit ook kansen biedt voor de klimaatmitigatiefunctie via een grotere koolstofopslag in de bodem, zal mede afhangen van de biomassa-productie, die ook zelf van de hydrologie afhangt. Peilverhoging verkleint de bewortelbare zone, waardoor gewassen gevoeliger worden voor bodemplagen. Beregening beïnvloedt via het beschikbare bodemvocht de ontwikkelingsmogelijkheden van ziekten en plagen.

Wellicht de belangrijkste duurzaamheidsproblematiek rond waterbeheer ligt in het veenweidegebied. Drainage omwille van de begaanbaarheid (voor machines en weidend vee) en productie (o.a. via vroegheid) versnelt de oxydatie en inklinking van veen met een hoge CO₂-emissie. Degradering van veengronden is mogelijk af te remmen met onderwaterdrainage door drains in omgekeerde richting te gebruiken voor infiltratie vanuit (opgezette) sloten. Vrijwel overal wordt het waterpeil op regionaal niveau buiten de bevoegdheid van de individuele ondernemer ingesteld. Regionale proefprojecten in Brabant (LOP stuwen) en de Wieringermeer (Bollenmeer) lieten echter goede resultaten zien van meer controle door de ondernemer. De noodzaak tot beregening kon daar worden uitgesteld en verminderd. De vereiste samenwerking en het overleg tussen de diverse actoren mag een complicerende factor zijn, hier lijken toch belangrijke kansen voor verduurzaming te liggen. Bij variabel of dynamisch peilbeheer wordt het peil sterker afgestemd op de landbouwkundige

behoefte en bijvoorbeeld opgezet in perioden van het groeiseizoen wanneer een voldoende watervoorziening belangrijker is dan de draagkracht.

Berekening valt meestal wel direct onder het beheer van de ondernemer, al zijn er op veel plaatsen op zandgronden beperkingen aan gesteld en is berekening op sommige andere plaatsen onmogelijk door verzilting.

3.3 VRUCHTWISSELING, GROENBEMESTERS EN GEWASRESTENBEHEER (B)

Vruchtwisseling is de opeenvolging van hoofdgewassen, vanggewassen en groenbemesters in een rotatie. De akkerbouw groepeert de hoofdgewassen in maaivruchten (granen), peulvruchten en rooivruchten (aardappel, biet, wortelen). Elk gewas heeft een eigen invloed op de bodem. De vruchtwisseling heeft een zeer belangrijke invloed op vrijwel alle bodemeigenschappen en bodemfuncties. De keuze van gewassen en de frequentie waarmee deze in de rotatie terugkomen, hebben op de eerste plaats een sterke invloed op de ontwikkeling van ziekten, plagen en onkruiden. Enerzijds doordat de beheersbaarheid (mogelijkheid tot ingrijpen en verminderen) van de plagen per teelt verschilt, anderzijds doordat elk gewas specifieke plaagorganismen stimuleert. Daarnaast kan ook de algemene ziektevering via de vruchtwisseling worden beïnvloed. Onderdeel van de vruchtwisseling is natuurlijk ook de keuze van rassen, en daarmee is het belang genoemd van robuuste en resistente rassen.

Vanggewassen, groenbemesters en gewasresten – vooral stoppels en stro – brengen vers organisch materiaal in de bodem. Dat is de bron van energie voor vrijwel alle bodemorganismen. Zowel het afbraakproces als de daarbij resterende en nieuw gevormde organische stof (OS) spelen een belangrijke rol in het bodemecosysteem. Voldoende aanvoer van organisch materiaal wordt algemeen gezien als essentieel voor een goede fysische, chemische en biologische bodemkwaliteit. Dit geldt voor zowel lichte gronden (waar bijvoorbeeld vochtretentie sterk door organische stof wordt bepaald) als zwaardere gronden (waar bijvoorbeeld de bewerkbaarheid met organische stof samenhangt). Vanggewassen

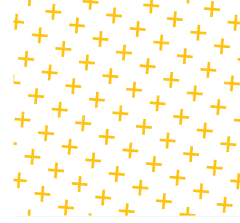
onderscheppen nitraat en kunnen zo bijdragen aan een betere stikstofbenutting, mits het gewas slaagt (voldoende biomassa en niet te vroeg doodvriezen) en de zo behouden stikstof in mindering wordt gebracht op de input van het volgende jaar. Veel van de huidige rotaties zijn te nauw en het land komt te laat vrij om vanggewassen en groenbemesters goed in te passen. Daarnaast zijn vooral op zandgronden veel vanggewassen en groenbemesters minder geschikt wegens de bevordering van schadelijke aaltjes.

Uit gewasresten kan 's winters veel nitraat uitspoelen. Het al dan niet in- of onderwerken van groenbemesters en gewasresten hangt nauw samen met de grondbewerking. Er zijn aanwijzingen dat de mate van onderwerken invloed heeft op de verdeling van gasvormige N-verliezen uit gewasresten (ammoniakvervluchtiging versus denitrificatie).



De gewasrotatie heeft via de mechanische werking van wortels (poriënvorming) ook invloed op de bodemstructuur (en daarmee op de doorlatendheid en aeratie). Zo kunnen diepwortelende gewassen een rol spelen bij de aanpak van verdichting van de ondergrond. Ook via grondbewerking en andere aspecten van mechanisatie (belasting door berijding, oogstwerkzaamheden, inwerken van gewasresten) heeft de keuze van gewassen invloed op de bodemstructuur. Elk gewas heeft namelijk zijn eigen gemechaniseerde teeltactiviteiten. Vooral bij rooivruchten op zwaardere gronden kan onder ongunstige (natte) omstandigheden in het najaar structuurbederf optreden.

Een aparte vruchtwisseling vinden we in de melkveehouderij, waar grasland vaak permanent is en maïs in continueelt wordt verbouwd. Een alternatief is wisselbouw, waarbij gras en maïs elkaar om de paar jaar afwisselen. Dit gebeurt om de ziektedruk in de maïs en veronkruiding van het gras te verminderen. De stikstofvoorraad die onder grasland wordt opgebouwd komt dan vrij in de maïsfase en kan door de maïs benut worden, indien de bemesting overeenkomstig wordt gereduceerd. In een aantal gebieden vindt ook vruchtwisseling plaats door uitruil tussen veehouderij- en akkerbouwbedrijven (grasland-aardappelen). Aan het scheuren van grasland – of dit nu in wisselbouw of op permanent grasland gebeurt – zitten knelpunten met betrekking tot duurzaamheid (hoofdstuk 4).



In de biologische teelt speelt vruchtwisseling een hoofdrol: er zijn minder opties voor plaagbeheersing dan in de gangbare teelt en daarnaast hangt de stikstofvoorziening van de gehele rotatie in belangrijke mate af van binding van stikstof door vlinderbloemigen. Dit laatste geldt zowel voor de akkerbouw als voor de melkveehouderij, waar klaver een centrale plaats inneemt. Deze afhankelijkheid in de biologische landbouw van natuurlijke stikstofbinding resulteert in een groter beslag op het landbouwareaal om eenzelfde hoeveelheid voedsel te produceren. Dat impliceert minder ruimte voor ander landgebruik zoals bijvoorbeeld natuur.

Door het streven naar verduurzaming en daarmee vermindering van het gebruik van inputs houdt ook de gangbare landbouw in toenemende mate rekening met relaties tussen vruchtwisseling en bodemkwaliteit. Dit staat op gespannen voet met de economische duurzaamheid. Veel gewassen genereren momenteel onvoldoende saldo per hectare om de hoge vaste lasten te dekken en zijn om die reden uit de vruchtwisseling verdwenen. Verdere specialisatie (vernuwing van de rotatie) betekent verlies van de vele voordelen die een ruime vruchtwisseling kan bieden, tenzij die via landruil en huurland worden bereikt. Die oplossingsrichting heeft echter weer zijn eigen knelpunten (zie hoofdstuk 4).

3.4 GRONDBEWERKING EN BERIJDING (C)

Grondbewerkingen worden uitgevoerd met één of meer van de volgende doelen:

- het losmaken van verdichte grond om het functioneren van de bodem te verbeteren (waterinfiltratie, aeratie, mechanische weerstand voor worteling, omzetting van aerobe stikstof)
- het onderwerken van gewasresten en onkruid, diep genoeg om een schoon, onkruidvrij zaai-, poot- of plantbed te kunnen realiseren, zonder overdracht van ziekten en plagen op het volggewas
- het inwerken of gedeeltelijk inwerken van dierlijke mest
- het maken van een zaai-, poot- of plantbed waarin goed machinaal gezaaid, gepoot of geplant kan worden
- het doden van onkruid of bodembedekkers

In de huidige, gangbare landbouw worden praktisch alle bewerkingen op het veld gemechaniseerd uitgevoerd, met een zo hoog mogelijke capaciteit om bij de huidige hoge arbeids- en grondkosten rendabel te kunnen blijven produceren. De bewerkingen worden soms onder ongunstige, natte bodemomstandigheden uitgevoerd. Doordat er door het jaar heen veel over het veld gereden wordt met grote, vaak bodemvriendelijke machines wordt de bodem relatief zwaar belast. Na de oogst is de grond dan verdicht geraakt. Deze ontwikkeling heeft ertoe geleid dat in de gangbare landbouw jaarlijks een vrij diepe hoofdgrondbewerking wordt uitgevoerd – 20 à 30 cm diep – om de verdichte grond weer los te maken voordat het volgende gewas ingezaaid wordt.



Het standaard werktuig voor de hoofdgrondbewerking is nog altijd (rister)ploegen, soms voorafgegaan door een stoppelbewerking om de vertering van gewasresten in gang te zetten en onkruidzaden te laten kiemen. De ploeg keert de grond en laat een ruw oppervlak achter, vrij van gewasresten en onkruiden. Op lichte zavel- en zandgronden wordt de grond in het voorjaar vlak voor de zaaibedbereiding en het zaaien geploegd. Op kleigronden wordt in het najaar geploegd om de grond in de winter te laten verweren, opdat in het voorjaar voldoende losse grond aanwezig is om een zaaibed te maken en voor een snellere opdroging, opwarming en stikstofmineralisatie in het voorjaar. Wintertarwe wordt in de herfst ingezaaid op een grof zaaibed, gemaakt na ploegen, direct na een bewerking met een spitmachine of, steeds meer, na een niet-kerende bewerking met een cultivator met vaste tanden.

In het voorjaar wordt de zaai-, poot- of plantbedbereiding uitgevoerd op geploegde grond. Voor zaaibedden met een zaaibed van enkele centimeters diep wordt de grond oppervlakkig bewerkt. Voor poot- en plantbedden wordt de grond dieper (8 cm) bewerkt en bij aardappels en peen worden ruggen gevormd. Op kleigronden moet de grond intensiever bewerkt worden dan op zandgronden. Grondbewerkingen om bodembedekkers en onkruid te doden (eggen, wiedeppen of schoffelen) worden standaard in de biologische landbouw uitgevoerd. In de gangbare landbouw kunnen hiervoor ook onkruidbestrijdingsmiddelen ingezet worden.

Vaak houdt de verdichting die door de jaren heen ontstaan is, niet op bij de ploegdiepte. Daaronder is er ook een meer of minder verdichte laag aanwezig (ploegzool, ondergrondverdichting). Zolang hiervan geen ernstige hinder wordt ondervonden, wordt aangeraden die laag zo te laten. In feite beschermt deze dichte laag de diepere ondergrond voor verdere verdichting door belasting van de grond. Als de laag echt storend is (zeer ondoorlatend), kan deze met een woeler opgebroken worden zonder de grond te keren. Woelen kost echter veel energie en het effect is tijdelijk als de oorzaak niet weggenomen wordt; op termijn kan woelen zelfs averechts werken.

Bodemverdichting en structuurbederf en daarmee samenhangende anaërobie kunnen de emissie van lachgas en methaan (broeikasgassen) bevorderen. Anderzijds kan een luchtiger structuur na grondbewerking juist anaërobie voorkomen of verminderen. Over de effecten van grondbewerking op de emissie van broeikasgassen en op de totale opslagcapaciteit voor koolstof in de bodem lopen de meningen nog zeer uiteen en mogelijk hangen de effecten sterk van lokale factoren af.

De jaarlijkse cyclus van verdichten (berijden, te nat bewerken) en weer losmaken (hoofdongrondbewerking, woelen) van de grond kost veel energie, tijd en geld. Bovendien kan blijvende structuurschade en verstoring van het bodemleven ontstaan als de grond te zwaar belast of te nat bewerkt wordt. Door te ploegen worden aanwezige, mogelijk stabiele structuren in de grond die de doorlatendheid bevorderen, zoals wormgangen en wortelkanalen, afgebroken. Andere veronderstelde nadelen van intensief of veelvuldig bewerken zijn verplaatsing van organische stof naar een diepere laag en versnelde afbraak van organische stof, en dus emissie van eerder opgeslagen koolstof zoals CO₂ en andere eerdergenoemde broeikasgassen. Wegens al deze ongewenste effecten bestaat momenteel veel belangstelling voor systemen die de bodem minder verdichten (lichtere mechanisatie, lagedrukberijding, teelt met vaste rijpaden) en systemen met minder of minder ingrijpende grondbewerking, zoals eco-ploegen (minder diep ploegen), niet-kerende grondbewerking (NKG) en minimale grondbewerking. Deze systemen zijn nog sterk in ontwikkeling en kennen hun eigen specifieke problematiek rond onkruidbeheersing, gewasrestenbeheer en mogelijk daarmee verbonden overdracht van ziekten. Bodemvriendelijke machine-ontwerpen (licht, lage druk, rijpaden) worden gehinderd doordat de machines ook groot moeten zijn, met hoge

capaciteiten en laadvermogens, om een hoge arbeidsproductiviteit te halen en zo renderend te kunnen produceren. Systematisch minder of minimaal bewerken van de grond verhoudt zich moeilijk tot het hoge aandeel rooivruchten in de Nederlandse gewasrotaties. Vooral voor de teelt van aardappelen en peen is het geheel achterwege laten van grondbewerking een probleem zolang voor de teelt ruggen met fijne, losse grond nodig zijn.

Vanwege het grote belang van een goede bodemkwaliteit in de biologische landbouw en het feit dat hier meer veldbewerkingen uitgevoerd worden (bijvoorbeeld vals zaaibed, schoffelen, branden), is de ontwikkeling van vaste rijpaden (CTF, *controlled traffic farming*) en minimaal grond bewerken de afgelopen jaren vooral in deze sector in de belangstelling gekomen. Grondbewerking, gewasrestenbeheer en onkruidbeheersing moeten daar wegens hun nauwe samenhang als geïntegreerde alternatieve systemen worden ontwikkeld. Dit geldt ook voor de gangbare landbouw om niet terug te vallen op een verhoogde inzet van herbiciden.

De ontwikkeling van genoemde alternatieve systemen leunt sterk op innovaties in mechanisatie voor een meer bodemvriendelijke uitvoering van allerlei werkzaamheden. Voorbeelden zijn de aanvoersleepslang, waarbij de zware mesttank niet over het perceel wordt gereden, oogsten vanaf vaste rijpaden, kleine wagens voor transport van oogstproducten vanaf het veld en oogsten met lage bodemdruk. Precisietechnieken en sensortechnologie spelen een belangrijke rol bij een aantal van deze innovaties.

3.5 BEMESTING (D)



Bemesting is gericht op voeding van het gewas en onderhoud van bodemvruchtbaarheid. Beide zijn essentieel voor een goede productie. Nutriëntenafvoer via geogste producten moet gecompenseerd worden door aanvoer van nieuwe nutriënten. Daarnaast moeten ook nutriëntenverliezen gecompenseerd worden, wil de bodem niet interen op de bestaande bodemvruchtbaarheid. Verliezen zijn groter naarmate de jaarlijkse doorstroom (input en output) en

bijpassende nutriëntenvoorraad in de bodem groter zijn. Verliezen kosten geld, belasten het milieu (fosfaat, nitraat, ammoniak) en klimaat (lachgas) en zijn ook onduurzaam waar het om eindige grondstoffen (fosfaat) gaat. Stikstof (N) is niet eindig, maar de productie van kunstmest vergt wel fossiele brandstof. Voor de bemestingsstrategie betekent verduurzaming daarom vooral beperking van nutriëntenverliezen zonder te veel derving aan opbrengst.

Het verband tussen nutriëntenaanbod en gewasproductie staat daarbij centraal. De responscurve loopt bij een hoog aanbod naar een plafond, omdat andere factoren beperkend worden (gewas- en bodemeigenschappen, water en weer, andere beheeraspecten dan het aanbod van betreffend nutriënt). Omdat meststoffen relatief goedkoop zijn, is het economisch rendabel om vlak tegen dit plafond aan te produceren. De benutting is dan echter laag en de verliezen zijn hoog. Dit is de algemene situatie in intensieve gangbare landbouwsystemen overal ter wereld. Vooral bij stikstof, veelal het meest opbrengstbeperkende nutriënt. Waar genoemd plafond door bodemverbetering verhoogd kan worden, kunnen stikstofverliezen sterk gereduceerd worden zonder dat er opbrengstderving optreedt.

De beschikbaarheid van fosfaat voor het gewas wordt vooral bepaald door de fosfaattoestand van de bodem, meer dan door de jaarlijkse gift. Bouwplanbemesting richt zich daarom op het op peil houden van de fosfaattoestand over de gehele rotatie. Het grote aanbod aan dierlijke mest heeft in veel Nederlandse bodems geleid tot forse accumulatie van fosfaat, die vervolgens weglekt naar het grond- en oppervlaktewater. Het afbouwen van deze voorraden zal nog vele decennia kosten. Specifiek voor fosfaat wordt de bodemvruchtbaarheid uitgedrukt in klassen en zijn ook de gewassen ingedeeld in klassen van fosfaatbehoefte. Zo hebben diverse bladgroenten, peulvruchten en aardappelen een hoge fosfaatbehoefte; granen daarentegen een lage.

Het gebruik van meststoffen is aan banden gelegd via de zogenoemde gebruiksnormen. Zo is er een stikstofgebruiksnorm (som van kunstmest-N en werkzame N in dierlijke mest), fosfaatgebruiksnorm en een aparte gebruiksnorm dierlijke mest die de totale N-aanvoer in dierlijke mest beperkt. De wettelijk vastgestelde werkingscoëfficiënt is de fractie van de stikstof in de mest die als werkzaam meetelt. Sinds de invoering van dit stelsel in 2006 is het opstellen van een bemestingsplan in de gangbare akkerbouw en andere open teelten

in belangrijke mate een optimalisatie geworden binnen de grenzen van deze drie normen. De uitkomst wordt mede beïnvloed door premies voor het accepteren van dierlijke mest uit regio's met een hoog mestoverschot. De relatieve onbetrouwbaarheid en soms te late of te langzame mineralisatie uit dierlijke mest wegen echter in het voordeel van kunstmest.

Wanneer de aanvoer van organische stof via de vruchtwisseling (gewassen) onvoldoende is, wordt dit aangevuld met dierlijke mest of organische mest van plantaardige oorsprong (compostsoorten). De mestwetgeving beperkt via de gebruiksnormen de aanvoer van organische stof, óók in de vorm van compost. Dit wordt vooral als probleem ervaren in de tuinbouw, waar gestreefd wordt naar hogere gehalten aan organische stof in de bouwvoor (dan in de akkerbouw), terwijl de eigen productie van organisch materiaal (gewasresten) er vaak lager is; groenbemesters worden er vaak gemeden met het oog op nematoden.

Voor de grondgebonden veehouderij bepalen de gebruiksnormen de noodzaak om mest af te voeren, wat geld kost. Low tech mestscheidingstechnieken op het eigen bedrijf worden momenteel ontwikkeld om mestafvoer te beperken. Dit levert nieuwe producten op, waarmee de wettelijke gebruiksruimte voor stikstof en fosfaat beter benut kan worden. Dat geldt ook voor specifieke producten die via meer industriële (high tech) mestverwerking samengesteld kunnen worden. Door mestscheiding ontstaan ook nieuwe mogelijkheden voor de aanvoer van organische stof naar de kleigebieden. Naast voordelen geeft de komst van nieuwe producten ook aanleiding tot zorg, wat noopt tot borging van de kwaliteit (samenstelling en fytosanitaire kwaliteit). Dit laatste geldt met name voor producten afkomstig uit menging van reststromen zoals bij co-vergisting.

Naast de gebruiksnormen zijn perioden vastgesteld waarbinnen mest mag worden toegediend. Sinds 2009 mag drijfmest ook op kleigronden pas in het voorjaar toegediend worden. Voor akkerbouwbedrijven op kleigronden, waar mest van oudsher in het najaar vóór het ploegen werd toegediend, zijn aanpassingen in de mechanisatie nodig om structuurbederf door belasting bij voorjaarstoediening te voorkomen. De verplichting om de mest in sleufjes toe te dienen of in dezelfde werkgang onder te werken om ammoniakemissie te reduceren is hierbij een complicatie. Systemen met een aanvoersleepslang (navelstreng) en lage bodemdruk zijn ontwikkeld om wintertarweland of geploegde grond in het voorjaar

zo min mogelijk te belasten. Voorjaarsmesttoediening in wintertarwe is mogelijk met dit bodemvriendelijke systeem zonder noemenswaardig opbrengstverlies. De effecten in de aardappelteelt zijn in onderzoek. De problematiek van mechanisatie is in dit geval complexer door de korte tijd tussen voldoende opdroging van de grond (draagkracht en bewerkbaarheid) en poten.

De bemestingspraktijk kent verschillende strategieën. De biologische praktijk is sterker dan de gangbare praktijk gericht op het voeden van de bodem en het onderhoud van bodemvruchtbaarheid. Een zeker niveau van bodemvruchtbaarheid is in alle systemen essentieel voor buffering van de nutriëntenbeschikbaarheid voor het gewas – dit geldt zeker voor fosfaat – maar hogere vruchtbaarheid leidt tot hogere verliezen als de mestgift daar niet op afgestemd is. Er liggen hier veel kansen voor precisiebemesting gericht op lokale variatie in bodemvruchtbaarheid (opbrengstkaarten, bodemindicatoren). Verder speelt precisiebemesting (timing, plaatsing, startdosering) in toenemende mate een rol ter verhoging van de nutriëntenbenutting. GPS-gesteunde rijenbemesting met dierlijke mest is daarbij een recent en kansrijk perspectief, omdat hiermee scheiding in twee werkgangen (respectievelijk mestinjectie en inzaai) mogelijk is geworden.

Naast bemesting worden bodemverbeteraars en bekalking soms apart genoemd. Bekalking gebeurt ter correctie van een te lage pH (t.b.v. gewasproductie en soms ziektedruk), maar stimuleert tegelijk óók de afbraak van organische stof en de emissie van CO₂ uit kalk en organische stof. Bodemverbeteraars zijn veelal compostproducten, zie hierboven.

3.6 GEWASBESCHERMING (E)

Gewasbescherming is het geheel van maatregelen om gewassen te beschermen tegen concurrentie met andere planten (onkruidbestrijding) en tegen ziekten en plagen. In de twintigste eeuw werd de gewasbescherming grotendeels met chemische gewasbeschermingsmiddelen uitgevoerd. Het werd echter steeds meer duidelijk dat het gebruik van sommige middelen ernstige



gevolgen had voor het ecosysteem: verontreiniging van de bodem, ophoping van toxische stoffen in natuurlijke voedselketens, doding van gewenste organismen (ook in de bodem) en residuen in voedingsmiddelen voor mens en dier. Sindsdien is het gebruik van een groot aantal middelen niet meer toegestaan. Het beleid is om de inzet van chemische middelen te verminderen. Daarom worden methoden voor niet-chemische beheersing gestimuleerd. Niet-chemische beheersing van onkruiden en bodemziekten is direct verbonden met het bodembeheer. Bij chemische gewasbescherming zal men zich moeten afvragen wat de invloed is op bodemorganismen en of dit het goed functioneren van de bodem schaadt, waaronder het natuurlijke vermogen om bodemziekten beperkt te houden.

Hierna wordt beschreven welke mechanische en natuurlijke maatregelen deel uitmaken van het bodembeheer. De grondsoort (klei, zand, zavel et cetera) heeft grote invloed op het al of niet aanwezig zijn van bepaalde onkruiden, ziekten en plagen en daarmee op de behoefte aan gewasbeschermingsmaatregelen (zie ook hoofdstuk 4 Knelpunten en oplossingsrichtingen).

BODEMGEBONDEN ZIEKTEN EN PLAGEN

Voor het bodembeheer in de open teelten betekent de toelating van minder chemische middelen feitelijk dat grondontsmetting niet meer standaard uitgevoerd kan worden om bodemziekten te bestrijden. Bovendien is gebruik van diverse chemische grondontsmettingsmiddelen niet meer toegestaan. Als gevolg hiervan heeft de ondernemer minder mogelijkheden om corrigerend op te treden bij een uit de hand gelopen ziektedruk door nematoden of andere ziekteverwekkers. De ondernemer zal combinaties van maatregelen moeten inzetten om een toename van de ziektedruk te voorkomen. Vruchtwisseling, resistente rassen, hygiëne en evenwichtige bemesting zijn hierbij sleutelbegrippen. Ook een optimale benutting van bodemweerbaarheid hoort in deze rij thuis. Een goede rotatie houdt rekening met de opbouw van ziekten en plagen per gewas, waarbij een ongevoelig gewas geteeld wordt na een gewas dat de ziekte of plaag vermeerdert. Voor polyfage ziekten en plagen – deze tasten verschillende gewassen aan – is deze rotatiestrategie niet zinvol. Indien beschikbaar kunnen resistente rassen ingezet worden. Helaas zijn er juist voor veel bodemziekten en -plagen vaak geen resistente rassen voorhanden.

Hygiënemaatregelen zijn cruciaal om introductie van bodemgebonden ziekten en plagen te voorkomen. Hierbij geldt onder andere: schoon zaai- of plantgoed gebruiken, geen grond verslepen en niet beregenen met besmet oppervlaktewater (bijvoorbeeld *Ralstonia* bij pootgoed). Teelmaatregelen gericht op de vitaliteit van het gewas, zoals evenwichtige bemesting, zaaitijdstip, goede vochthuishouding en bodemstructuur, zorgen ervoor dat het gewas tegen een stootje kan en (mogelijk) minder gevoelig is voor ziekten.

Last but not least: de bodem heeft een natuurlijke weerbaarheid tegen ziekten en plagen. Door de enorme diversiteit van organismen in de bodem en door de competitie tussen deze organismen om het beschikbare voedsel, kan een ziekteverwekker zich niet zo gemakkelijk vestigen, minder vermeerderen of zal de populatie van de ziekteverwekker afnemen. Hoewel veel van de mechanismen van natuurlijke ziekteverweering niet bekend zijn, staat vast dat een divers bodemleven belangrijk is. Daarnaast zijn er vele groepen micro-organismen of bodemfauna bekend die de groei of ontwikkeling van ziekten en plagen specifiek remmen of prederen. Door de veelheid aan interacties tussen bodemleven en ziekte- en plaagorganismen is slechts een beperkt aantal van de mechanismen van ziekteverweering goed beschreven. Algemeen kan wel gesteld worden dat maatregelen die het bodemleven stimuleren (organische bemesting en compost, vermijden van bestrijdingsmiddelen, goede vochthuishouding et cetera) gunstig zijn voor de natuurlijke weerbaarheid van de bodem tegen ziekten en plagen. Daarnaast zijn er maatregelen die bepaalde groepen van het bodemleven stimuleren en zodoende meer specifieke aspecten van bodemweerbaarheid verhogen: chitine stimuleert chitine-afbrekende bacteriën met antagonisme tegen nematoden en schimmels. Minder grondbewerking stimuleert mogelijk mycorrhiza's en regenwormen en minder bemesting bevordert mycorrhiza's. Tot op heden zijn er nog geen sturingsmogelijkheden om bodemweerbaarheid zo gericht te sturen dat opbrengsten gewaarborgd zijn.

Voor het toevoegen van antagonistische bacteriën en schimmels is een dure registratie nodig (bestrijdingsmiddelenwet) indien geclaimd wordt dat ze ziekten en plagen bestrijden. Hierdoor is het aantal biologische bestrijders op de markt in Nederland (en Europa) bijzonder beperkt. Het gebruik van insecten, mijten en nematoden als biologische bestrijders wordt door de Flora- en Faunawet gereguleerd.

Een goed functionerende bodem is essentieel voor een divers bodemleven en vitale gewassen. In de biologische landbouw is duurzaam bodembeheer daar al jaren op gericht. Sinds de jaren tachtig wordt ook in de gangbare landbouw het ontwikkelen van een vitale bodem steeds meer als oplossingsrichting gezien voor de beheersing van bodemziekten. Wanneer het mechanisme van bodemweerbaarheid begrepen wordt, kunnen er methoden worden ontwikkeld om er gericht op te sturen.

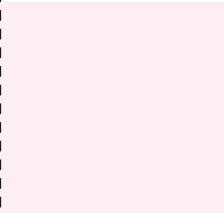
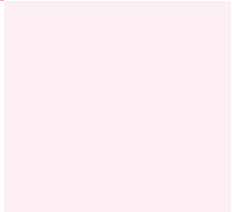
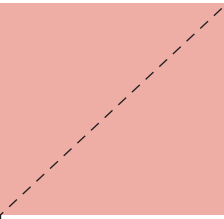
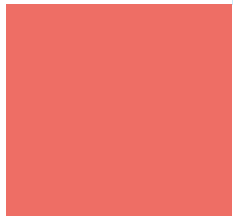
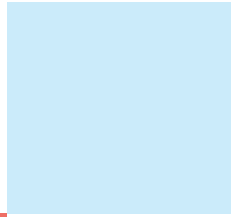
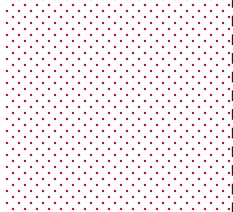
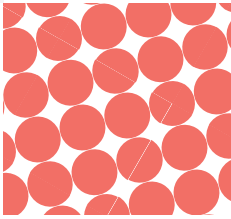
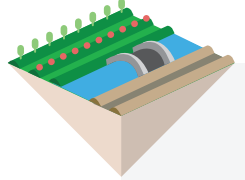
ONKRUIDBEHEERSING

In de gangbare landbouw wordt overwegend chemische onkruidbestrijding toegepast, met minder middelen dan voorheen. De biologische landbouw kent alleen onkruidbestrijding via preventie en mechanische en fysische bestrijding, die grotendeels onderdeel uitmaken van het bodembeheer (ploegen, vals zaaibed, wiedegeen, volvelds of tussen de rijen schoffelen, handmatig onkruid bestrijden). Voor deze niet-chemische opties is echter veelal extra fossiele brandstof nodig. Ook zijn er niet voor alle omstandigheden goede niet-chemische technieken beschikbaar. Problemen zijn er met name in fijnzadige gewassen en ook de effectieve beheersing van wortelonkruiden stuit nog op problemen. Verder ligt er een uitdaging voor de fysische onkruidbeheersing in diverse niet-kerende grondbewerkingssystemen, vooral bij weinig losse grond en in situaties met veel gewasresten/groenbemesters. Zo is bij no till de beheersing van groenbemesters en onkruiden zonder chemie moeilijk. Voor een succesvolle mechanische onkruidbestrijding zijn losse grond, precies werken en tijdige uitvoering van de bewerkingen noodzakelijk. Voor verdere verduurzaming liggen er goede kansen via precisietechnieken (onkruidherkenning, lage- en plaatsspecifieke dosering), al dan niet gekoppeld aan systemen met vaste rijpaden.



4

KNELPUNTEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN





Doelen van duurzaam bodembeheer kunnen met elkaar conflicteren en dus knelpunten opleveren. Zo streeft de ondernemer naar een renderende bedrijfsvoering, wat bijdragen aan milieu, klimaat of natuur op korte termijn in de weg kan staan. Beheermaatregelen die meer kosten dan opleveren, vallen daarom snel af. Conflicten treden niet alleen op tussen economie en andere duurzaamheidsdimensies, maar ook tussen deze dimensies onderling. Zo kan met een bepaald beheer het klimaat goed bediend worden, maar het milieu juist worden benadeeld. Het komt aan op oplossingsrichtingen en innovaties die knelpunten opheffen en zo meerdere bodemdoelen tegelijk bedienen. Drie onderwerpen zijn zo sterk met het functioneren van de bodem verbonden, dat ze een centrale plaats op de kennisagenda verdienen. Ze worden daarom als speerpunten aangeduid. Het gaat om: beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid, beheer van bodemstructuur, en beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid. Daarnaast zijn er drie speerpunten die weliswaar minder gericht zijn op bodemeigenschappen, maar wel van groot belang zijn voor de transitie naar een duurzamer bodembeheer: beheer van bovengrondse biodiversiteit; bodembeheer in relatie tot waterhuishouding; en kosten, baten en adoptie van duurzaam bodembeheer.

4.1 WAT ZIJN KNELPUNTEN BIJ DUURZAAM BODEMBEHEER?

Knelpunten zijn – in deze notitie – conflicten tussen beheerdoelen, waarvoor in de huidige praktijk nog geen breed geaccepteerde oplossing bestaat. Het kan zijn dat er geen maatregel of beheersysteem bekend is dat teeltkundig afdoende werkt, dat een effectieve maatregel nog onvoldoende bekend, toepasbaar of te duur is of dat alternatieve beheersopties andere ongewenste gevolgen hebben voor ondernemer of samenleving.

Vaak zal het gaan om strijdigheid tussen economie en andere doelen. Een renderende bedrijfsvoering is voor de ondernemer vanzelfsprekend van levensbelang en beheeropties

die meer kosten dan ze opleveren vallen al snel af. Daarnaast zijn er ook veel knelpunten te noemen die, los van de economische context, voortkomen uit biofysische wetmatigheden waardoor met bepaald beheer de ene duurzaamheidsdimensie (bijvoorbeeld klimaat) goed bediend wordt maar een andere (bijvoorbeeld milieu) juist benadeeld. Verder zijn er knelpunten die in eerste instantie voortkomen uit wet- en regelgeving, maar uiteindelijk vaak terug te voeren zijn op conflicten tussen economie en overige dimensies van duurzaamheid.

Knelpunten zijn veelal verbonden aan specifieke onderdelen van het handelingsrepertoire van de ondernemer (bijvoorbeeld rond grondbewerking of vruchtwisseling). Ook knelpunten met een meer algemeen karakter, zoals verdroging of het verlies van biodiversiteit op het platteland door algemene ontwikkelingen in de landbouw, zijn terug te voeren op beheerstrategieën van de ondernemers. Schaalvergroting, specialisatie, intensivering van bouwplannen, gebruik van inputs en efficiënte mechanisatie zonder oogstverliezen spelen hierbij immers een belangrijke rol. Van de verschillende typen knelpunten geven we ter illustratie slechts enkele voorbeelden, zonder verdere poging tot classificatie:

- door specialisatie, en daardoor vernauwing van rotaties, vinden steeds meer teelten plaats op gehuurd land. Vanwege een steeds geringere betrokkenheid van de grondeigenaar bij de primaire productie is er niemand die de bodemkwaliteit op langere termijn bewaakt
- grootschalige, bodemonvriendelijke mechanisatie onder de huidige, gangbare omstandigheden is noodzakelijk voor een positief bedrijfsrendement, maar is slecht voor de bodemstructuur en daarmee samenhangende functies (impact op o.a. water, klimaat)
- grasland wordt gescheurd en vernieuwd om de zodekwaliteit te verbeteren (productie, economie), maar daarbij komen grote hoeveelheden CO₂ (klimaat) en nitraat (milieu) vrij
- om stikstofverliezen in de winter te beperken schrijft de wet voor dat mest op kleibouwland niet meer in het najaar mag worden toegediend. Voorjaarstoediening verhoogt het risico op structuurbederf (met impact op water en economie), beperkt de mogelijkheid om vroeg te zaaien (economie) en vereist de ontwikkeling van nieuwe mechanisatie
- het inwerken van stikstofrijke gewasresten beperkt emissie van ammoniak

- (milieu), maar stimuleert de productie van lachgas (klimaat)
- minder intensieve of minder frequente grondbewerking spaart diesel (klimaat, milieu), maar gaat vaak gepaard met verhoogde inzet van herbiciden (milieu)

4.2 INVENTARISATIE VAN KNELPUNTEN IN DE NEDERLANDSE LANDBOUW

Een kennisagenda moet gericht zijn op het oplossen van knelpunten rond duurzaam bodembeheer, en op het (verder) ontwikkelen van mogelijke oplossingsrichtingen hiervoor. Dit vereist eerst een overzicht van de knelpunten en oplossingsrichtingen. In bijlage IV staat een overzicht voor de belangrijkste grondsoort-sectorcombinaties:

- grasland op zand
- grasland op klei
- grasland op veen
- akkerbouw en vollegrondsgroenten op zavel en klei
- akkerbouw op zand in regio Noordoost
- akkerbouw en vollegrondsgroenten op zand in regio Zuidoost
- löss (alle sectoren)
- bollenteelt
- boomkwekerij
- fruitteelt

De tabellen in bijlage IV vormen een belangrijk onderdeel van deze notitie. Aanvankelijk werd gepoogd om de knelpunten van elke afzonderlijke sector te prioriteren. Daar is uiteindelijk vanaf gezien. Zolang er niet één gemeenschappelijke grondslag bestaat waarmee het belang van economie, natuur, milieu, klimaat et cetera is uit te drukken, zal de prioritering sterk afhangen van de beschouwer. Sommige reviewers van deze notitie oordeelden dat de



opsomming van knelpunten teveel vanuit ondernemersperspectief gezien is. De werkgroep is echter van mening dat de genoemde knelpunten zowel private als publieke doelen in de weg staan. Beheer dat als 'onduurzaam' wordt gezien, wordt uitgevoerd omdat alternatief beheer technisch nog niet mogelijk of inpasbaar is, economisch niet rendeert, onbekend is of nieuwe knelpunten oproept. In al deze gevallen is het wegnemen van de knelpunten in het belang van zowel de ondernemer als de samenleving. Natuurlijk kan duurzamer beheer enigszins worden afgedwongen door wet- en regelgeving. Deze notitie is echter niet gericht op de onderbouwing daarvan.

Om tot de opsomming van knelpunten in bijlage IV te komen, werden de knelpunten eerst per beheerdoel (tabel 2.1) en per beheercluster (A t/m E, respectievelijk vruchtwisseling, waterhuishouding, grondbewerking, bemesting, gewasbescherming) geïnventariseerd. Het resultaat daarvan is opgenomen als bijlage V.

Richten bijlagen IV en V zich niet te veel op huidige knelpunten, terwijl een kennisagenda toch op de toekomst gericht moet zijn? Om deze vraag te beantwoorden, brachten de werkgroep en betrokken stakeholders hun verwachtingen over toekomstige ontwikkelingen in beeld (bijlage III). Op grond van deze verwachtingen rond maatschappij, economie en klimaat meent de werkgroep dat veel van de huidige knelpunten in de komende jaren zullen blijven bestaan en vaak juist versterkt zullen worden. Dit komt onder andere door:

- toenemende eisen rond productkwaliteit (onder andere residuen, fytosanitaire regels, vorm en afmeting van producten)
- wereldwijde toenemende voedselvraag en 'competing claims' op landareaal
- grilliger weer door klimaatverandering
- maatschappelijke wens tot reductie van broeikasgassen vanuit de landbouw
- toenemend belang van kringlopen en retourstromen
- 'wegzuiging' van organische materialen voor biobrandstoffen
- schaalvergroting en specialisatie
- verdere verlaging van gebruiksnormen voor meststoffen
- afnemende beschikbaarheid van gewasbeschermingsmiddelen
- verweving, ruimte voor natuur, ruimte voor klimaat, ruimte voor water
- ruimte voor biodiversiteit in de weide en op de akker

Daartegenover staat dat ook de technologische ontwikkeling voortschrijdt, die nieuwe mogelijkheden brengt voor een duurzamer beheer. Die kansen moeten goed benut worden bij het ontwikkelen van oplossingsrichtingen.

Bij het inventariseren van de knelpunten is er geen onderscheid gemaakt tussen biologische en gangbare landbouw, hoewel de prioritering van knelpunten en mogelijke oplossingsrichtingen voor beide typen landbouwsystemen soms zullen verschillen. De biologische landbouw hecht een groot belang aan de ontwikkeling van teeltsystemen met meer vruchtwisseling, betere bodemstructuur en goede mogelijkheden voor mechanisch/fysische onkruidbestrijding. Problemen rond bodemgezondheid worden in de biologische landbouw minder als knelpunt aangewezen. Waar ze optreden hangen problemen vaak samen met te nauwe rotaties, het gebruik van klaver als groenbemester, verondersteld slechte kwaliteit van organische stof en slechte bodemstructuur. Soms worden bestaande problemen ook minder gevoeld, bijvoorbeeld *Verticillium dahliae* of *Pratylenchus penetrans* in aardappel, ziekten die later in het seizoen niet tot uitdrukking komen omdat al vroeg loof wordt gebrand wegens *Phytophthora infestans*. Een ander voorbeeld is aantasting in peen door *Meloidogyne hapla*, waar handmatig uitsorteren mogelijk is door de hogere prijs voor biologische peen.

4.3 VERDUURZAMING: WIE BETAALT?

Voor alle technologische innovaties ten dienste van een duurzamer bodemgebruik geldt dat er uiteindelijk voldoende economisch perspectief moet zijn – voor eindgebruiker en investerend bedrijfsleven – om ze tot werkelijk bruikbare toepassingen te kunnen ontwikkelen. Veel nieuwe ontwikkelingen stranden, omdat ze economisch niet haalbaar zijn. Dit geldt overigens ook voor laagtechnologische maatregelen zoals verruiming van de vruchtwisseling – binnen of tussen bedrijven. Daarmee zouden in veel systemen meerdere vliegen in één klap geslagen kunnen worden, maar dat gebeurt niet wegens verwachte inkomensderving.



Meestal is geen van de partijen (producent, keten, consument of samenleving) in principe bereid om blijvend extra te betalen voor een duurzamer productiewijze. Een uitzondering vormt de consument van biologische producten, die vrijwillig bereid is te betalen voor een eigen productiewijze. In het algemeen worden in het huidige marktstelsel de maatschappelijke kosten echter veelal niet in de productprijs verrekend. Uiteraard strekt dit probleem veel verder dan alleen bodembeheer. Via een strak en consequent wettelijk kader dat (internationaal) dwingt tot vergelijkbare duurzaamheidsprestaties bij producenten, zou de consument gedwongen kunnen worden de werkelijke prijs, dus inclusief de nu afgewentelde kosten, te betalen. Zolang dat niet gebeurt, vormen rechtstreekse betalingen van de samenleving aan de landbouw een zinvol alternatief, zoals in GLB-kader voor geleverde groene en blauwe diensten. Deze route zou ook in het kader van bodembeheer verder verkend kunnen worden, bijvoorbeeld bij het wegnemen van renderende maar sterk milieubelastende teelten in bepaalde regio's.

4.4 VISIE: SPEERPUNTEN MET SYNERGIE

Vornoemde schema's reiken ver buiten hetgeen bereikt kan worden via kennisbeleid. Bij verduurzaming via kennisbeleid zal vooral gezocht moeten worden naar innovaties en maatregelen die zoveel synergie met zich brengen dat ze op enige termijn zonder extra subsidies of beloningen rendabel zijn.

Om hiertoe te komen is eerst de lijst van knelpunten op hoofdlijnen samengevat. Vrijwel alle landbouwsystemen (de hierboven gegeven combinaties van sector en grondsoort) in Nederland zijn intensief, wat deels samenhangt met hoge grondprijzen. De arbeids- en hectareopbrengst worden gemaximaliseerd door nauwe vruchtwisseling, veelvuldig gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen, beperking van de arbeidsbehoefte door opschaling en specialisatie, en gebruik van grotere en zwaardere machines. Deze productiewijze belast het milieu en omliggende ecosystemen, vereist een hoge inzet van brandstof en andere grondstoffen, brengt grootschalig verlies van biodiversiteit op akkers en weiden, geeft een hoge mechanische belasting van de bodem en een hoge

chemische belasting van het bodemecosysteem. Daarnaast zijn er opgaven vanuit de klimaatproblematiek, enerzijds vanwege de noodzaak om teeltsystemen robuuster te maken tegen verondersteld grilliger weersverlopen en anderzijds vanwege de wens tot reductie van broeikasgassen uit de landbouw en benutting van de bodem voor de opslag van koolstof. Slechts een klein deel van deze problemen is vooralsnog via wetgeving aangepakt. Het gebruik van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen is reeds drastisch beperkt en deze beperkingen zullen de komende jaren verder worden aangescherpt. Daarmee groeit de behoefte aan beheeropties die met minder inputs toekunnen. De innovatiebehoefte is echter breder, zoals hiervoor aangegeven, om problemen rond bodemstructuur, klimaat en biodiversiteit aan te kunnen pakken, al dan niet ondersteund door wetgeving.

Bij het zoeken naar oplossingsrichtingen om de vele knelpunten tegelijk aan te pakken, springen drie onderwerpen eruit die zo sterk verbonden zijn met het gehele functioneren van de bodem, dat ze een centrale plaats op de kennisagenda verdienen en daarom als speerpunten worden aangeduid. De speerpunten zijn:

- beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid
- beheer van bodemstructuur
- beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid

Bij een verlaagde inzet van meststoffen, gewasbeschermingsmiddelen en brandstof moet het bodemsysteem zélf optimaal ontwikkeld worden om de functies van nutriëntenconserving en -buffering, ziektevering en structuurvorming zo goed mogelijk te vervullen. Dit vereist een goede ontwikkeling van de bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid, die op hun beurt afhangen van voldoende aanvoer van vers organisch materiaal en van goede waterhuishouding en aeratie. Deze laatste twee hangen weer sterk samen met bodemstructuur, naast de belangrijke invloed van de externe waterhuishouding. Ook de bodemstructuur en bewortelbaarheid hangen sterk af van de aanvoer van organische stof, maar daarnaast natuurlijk ook van grondbewerking en belasting door berijding. Bodemvruchtbaarheid en organische stof zijn onderling sterk gekoppeld en zijn daarom onder één noemer gebracht.

Duurzaam bodembeheer moet dus gericht worden op het optimaal beheren van de genoemde drie (samengestelde) bodemkenmerken. We verwijzen nogmaals naar figuur

3.1 om hun centrale plaats te onderstrepen. In bijlage IV is aangegeven welke van de knelpunten samenhangen met deze drie kenmerken. Tabel 4.1 laat zien welke dimensies van duurzaamheid bediend kunnen worden via kennisbeleid gericht op deze drie speerpunten. Daarnaast zijn twee andere speerpunten in de tabel opgenomen (Deze andere twee speerpunten worden later toegelicht).

Beheerdoel	BEHEER VAN ORGANISCHE STOF EN BODEMVRUCHTBAARHEID	BEHEER VAN BODEMSTRUCTUUR	BEHEER VAN BODEMBIODIVERSITEIT EN BODEMWEERBAARHEID	BEHEER VAN BOVENGRONDE BIODIVERSITEIT	BODEMBEHEER IN RELATIE TOT WATERHUISSHOUING
1. Hoge productkwaliteit en productiviteit per ha	Sterke bijdrage	Bijdrage	Bijdrage	Geen bijdrage	Bijdrage
2. Lage arbeidsbehoefte	Geen bijdrage	Bijdrage	Bijdrage	Geen bijdrage	Geen bijdrage
3. Lage energiebehoefte (diesel)	Geen bijdrage	Bijdrage	Bijdrage	Geen bijdrage	Geen bijdrage
4. Lage nutriëntenbehoefte (input), hoge -benutting, lage -emissies, lage -accumulatie, hoge -conservering	Bijdrage	Bijdrage	Bijdrage	Geen bijdrage	Bijdrage
5. Weerbaarheid: lage behoefte aan chemische gewasbescherming (ziekten, plagen, onkruiden)	Bijdrage	Bijdrage	Sterke bijdrage	Bijdrage	Bijdrage
6. Hoge afbraak van verontreinigingen	Bijdrage	Bijdrage	Bijdrage	Geen bijdrage	Geen bijdrage
7. Goede waterregulering (infiltratie, geen afstroming, interne drainage, vochthoudend vermogen, lage beregeningsbehoefte)	Bijdrage	Bijdrage	Sterke bijdrage	Geen bijdrage	Sterke bijdrage

Tabel 4.1. Potentiële bijdragen van de speerpunten aan het bereiken van beheerdoelen.

Geen bijdrage
 Bijdrage
 Sterke bijdrage

Beheerdoel	BEHEER VAN ORGANISCHE STOF EN BODEMFRUCHTBAARHEID	BEHEER VAN BODEMSTRUCTUUR	BEHEER VAN BODEMBIODIVERSITEIT EN BODEMWEERBAARHEID	BEHEER VAN BOVENGRONDSE BIODIVERSITEIT	BODEMBEHEER IN RELATIE TOT WATERHUISSHOUING
8. Ruime tijdvensters voor werkzaamheden (berijding, bewerking, oogst)					
9. Bijdrage aan mitigatie broeikasgassen (lage emissies CO ₂ , methaan en lachgas; hoge opslag C)					
10. Geen degradatie door grondverlies (wind- en watererosie), verzilting of besmetting met (quarantaine)ziekten					
11. Ruimte voor biodiversiteit (bovengronds, ondergronds) door voedsel en habitat te verschaffen					
12. Behoud van cultuurhistorisch patrimonium (bodemarchief, elementen cultuurlandschap)					
13. Sluiten van kringlopen/gebruik reststromen					
14. Behoud van potentiële functies, met name biotische (voorkomen van irreversibel functieverlies)					

Tabel 4.1. Potentiële bijdragen van de speerpunten aan het bereiken van beheerdoelen.

Geen bijdrage
 Bijdrage
 Sterke bijdrage

De sterke onderlinge verbondenheid tussen de drie speerpunten kan de kritiek oproepen dat ze juist daarom niet gescheiden genoemd zouden moeten worden. Toch is dat nodig. Weliswaar zal een belangrijk deel van de kennisagenda gericht moeten zijn op de ontwikkeling van deze onderwerpen in hun onderlinge samenhang (systeemonderzoek), maar daarnaast is er behoefte aan kennis en innovatie op elk van deze drie afzonderlijke onderwerpen. Dat vereist zelfstandige sporen van kennisontwikkeling en innovatie. Vanzelfsprekend moeten de resultaten uiteindelijk wel weer getoetst worden in een bredere context.



Meteen moet hier toegevoegd worden dat dit trio van speerpunten niet de panacee zal blijken, waarmee alle knelpunten opgelost of zelfs maar aangepakt kunnen worden. Genoemde samenhangen mogen intussen door velen onderschreven worden, er bestaat weinig goed getoetste kwantitatieve kennis over. Hoe ver kunnen we langs deze weg komen? Wat is de economische haalbaarheid op korte en lange termijn van beheer dat zich expliciet richt op het optimaliseren van deze kenmerken? Dit zijn nog grote vraagtekens. Als een visie de aanduiding is van een route die op subjectieve gronden kansrijk wordt geacht, maar tegelijk onzeker is, dan is de selectie van deze onderwerpen als hoofdstructuur voor een kennisagenda de kern van de gevraagde visie. Juist vanwege die onzekerheid zal bij de uitwerking voldoende aandacht gegeven moeten worden aan het

kwantificeren van de impact van alternatief beheer op alle genoemde doelen.

De werkgroep stelt verder voor om drie andere belangrijke onderwerpen hoog op de kennisagenda te zetten en duidt deze daarom eveneens als speerpunten aan:

- beheer van bovengrondse biodiversiteit
- bodembeheer in relatie tot waterhuishouding
- kosten, baten en adoptie van duurzaam bodembeheer

Deze onderwerpen zijn van andere aard dan de voorgaande. Zeggenschap over de waterhuishouding ligt vrijwel overal buiten de bevoegdheid van de individuele ondernemer. Waterbeheer is altijd een regionale aangelegenheid. Invloed geven aan individuele

ondernemers vereist een hoge mate van afstemming, naast technische aanpassingen in de inrichting van het watersysteem. Peilbeheer beïnvloedt in sterke mate een aantal functionele eigenschappen, waaronder begaanbaarheid en bewerkbaarheid, ziektedruk, haalbare opbrengst en nutriëntenbenutting (zie hoofdstuk 3). Het is denkbaar dat bij een grilliger neerslagpatroon het belang van lokale 'fine tuning' groter zal worden. Er zijn op dit gebied enkele succesvolle projecten geweest, die navolging verdienen en kansen bieden om opbrengstderiving door extremen te beperken, vooral in zandgebieden. Dit onderwerp kan moeilijk in klassieke experimenten of in systeemonderzoek aangepakt worden. Een meer voor de hand liggende aanpak is regionale projecten met groepen ondernemers, die in nauw overleg met stakeholders worden opgezet en uitgevoerd.

Een belangrijk voorbeeld van onduurzaam beheer, waar het gaat om mitigatie van de klimaatproblematiek, is het veenweidegebied. Jaarlijks oxideert daar een organische bodemlaag van een aantal millimeters dikte tot CO₂. De mogelijkheid tot berging van koolstof in de Nederlands akkerbouw staat in geen verhouding tot dit enorme verlies. De problematiek hangt direct samen met de waterhuishouding, maar het lijkt onwaarschijnlijk dat kennis en innovatie hier een rem op kunnen zetten. De oorzaken zijn genoegzaam bekend. Wel kan inpassing van mitigerende maatregelen in de bedrijfsvoering een onderwerp zijn voor het kennisbeleid.

Met kennis en innovatie op de eerste drie speerpunten en op de relatie bodem-water is één belangrijk knelpunt nog niet gediend: het snelle en grootschalige verlies aan biodiversiteit in de Nederlandse landbouw. Het gaat hier niet alleen om biodiversiteit in de bodem (dat al deel uitmaakt van de eerste drie speerpunten) maar juist ook om bovengrondse biodiversiteit. Natuurlijk zijn deze twee categorieën niet strikt te scheiden. Ook is er weinig bekend over de samenhang daartussen. Evenmin willen we hier onderscheid maken tussen wat soms als functionele en niet-functionele biodiversiteit wordt aangeduid. Waarom moet functionaliteit een criterium zijn bij de vaststelling of organismen het behouden waard zijn? Wat is de functie van de veldleeuwerik voor de landbouw en samenleving? Het verlies aan biodiversiteit is weliswaar grootschalig maar tegelijk (of juist daarom) ook sluipend. Wie valt het op dat genoemde zanger boven de Nederlandse akker in de laatste drie decennia met 95% (!) afnam? Net als bij de teruggang van vele insecten en planten liggen er sterke verbindingen met gewas- en

bodembeheer, waaronder onkruidbeheersing en gewasrestenbeheer. De werkgroep pleit ervoor om als deel van de bodemagenda, apart in te zetten op dit thema van biodiversiteit omdat het niet vanzelf zal meelopen met verbeteringen op eerdergenoemde speerpunten. Ontwikkeling van biodiversiteit vereist specifieke maatregelen die niet voor andere doeleneinden genomen worden. Integendeel, ze zullen soms complicerend ingrijpen op het overige bodembeheer.

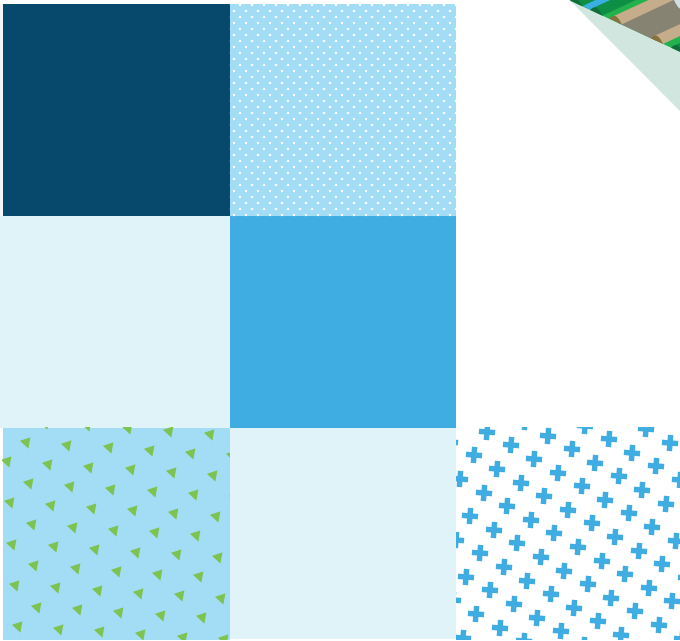
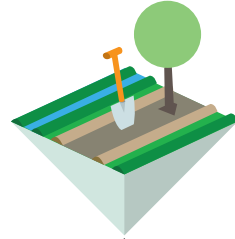
In hoofdstuk 5 worden per speerpunt de belangrijkste kennisvragen en innovatie opgaven uitgewerkt.



II
C1
18/
/4

5

BOUWSTENEN VOOR EEN KENNISAGENDA DUURZAAM BODEMBEHEER





Dit hoofdstuk geeft bouwstenen voor een kennisagenda. Voor elk van de zes speerpunten voor een duurzaam bodembeheer wordt de stand van kennis, innovaties en kennishiaten gegeven. Het overzicht geeft dus aan waar de komende jaren aan gewerkt kan worden. Het is van belang om bij kennis- en innovatieontwikkeling gebruik te maken van de innovatieve kracht van de ondernemers en het toeleverend bedrijfsleven door samen te werken en kennis en ervaringen te delen. Dit bevordert ook de kennisverspreiding naar de praktijk. Voor kennisontwikkeling zijn systeem- en thematisch onderzoek nodig. Systeemonderzoek waarbij maatregelen en innovaties in onderlinge afstemming worden ontwikkeld, draagt bij aan geïntegreerde beheersystemen. Met doelgericht thematisch onderzoek is snel vooruitgang te boeken op specifieke aspecten, en is een bredere variatie van praktijksituaties te bestrijken.

Bij een breed gedragen kennisagenda hoort een evenwichtige inzet van middelen door de diverse belanghebbende partijen. Dit vereist intensief overleg tussen overheid en belanghebbenden om tot gezamenlijke prioritering te komen.

5.1 KENNISAGENDA EN BO-PROGRAMMERING

Een kennisagenda is een samenhangend plan voor de ontwikkeling, verspreiding (praktijk en onderwijs) en implementatie van kennis, dat bijdraagt aan het bereiken van gestelde beleidsdoelen (zie hoofdstuk 1). Hier betekent dat: kennis die bijdraagt aan een brede verduurzaming van plantaardige productieketens, met oog voor alle eerdergenoemde dimensies van duurzaamheid (economie, milieu, natuur, water, klimaat en het welzijn van de mens).

Deze notitie beoogt een structuur aan te reiken die het Ministerie van EL&I houvast biedt bij het organiseren en verder ontwikkelen van een kennisagenda, gericht op verduurzaming van het bodembeheer in de Nederlandse landbouw. Het nieuwe beleidsondersteunend (BO) Programma Duurzame en Gezonde Bodem (2011) maakt van die kennisagenda een belangrijk onderdeel uit. Daarmee dient deze notitie dan ook de afbakening en ontwikkeling van dat

programma.

Toch geeft de werkgroep in dit hoofdstuk een breder overzicht van benodigde stappen om het bodembeheer in de landbouw duurzamer te maken. De stappen zijn zo talrijk, veelomvattend (kennis) en vaak ingrijpend (praktijk), dat ze niet alle aan bod kunnen komen in een BO-programma dat – noodzakelijkerwijs – beperkt van omvang is. Dit hoofdstuk geeft aan welke stappen naar het oordeel van de werkgroep belangrijk zijn. Verdere prioritering is nodig om tot een evenwichtige invulling van het beoogde BO-programma te komen.

Dit overzicht kan daarnaast óók benut worden als raamwerk bij het aansturen van ander onderzoek dat verband houdt met bodembeheer, zoals onderzoek uitgevoerd in WUR-KennisBasis (KB) verband. Tevens kan dit hoofdstuk gebruikt worden door andere stakeholders die, zelfstandig of in aansluiting op voornoemde programmering, via kennisbenutting willen bijdragen aan een duurzamer gebruik van de bodem. Daartoe worden vele aanknopingspunten aangereikt.

AFBAKENING

De hiaten in kennis (ontwikkeling, verspreiding, implementatie) die in dit hoofdstuk worden opgesomd, zijn aangeduid op grond van de verwachting dat het 'vullen' van deze hiaten de ondernemer daadwerkelijk zal helpen bij het duurzamer beheren van de bodem. Daarmee kan hij de landbouwkundige productie en de kwaliteit van de producten verhogen en tevens andere functies – of dimensies van duurzaamheid – bedienen. Het handelingsperspectief van de ondernemer en de door hem gevoelde knelpunten hebben veel gewicht gekregen. Grof samengevat (zie knelpunten hoofdstuk 4) bestaan in de landbouwpraktijk vooral zorgen rond:

- de opbouw en handhaving van de productiviteit van de grond
- het werken met minder gewasbeschermingsmiddelen (wettelijke beperkingen)
- het werken met minder meststoffen (wettelijke beperkingen)
- negatieve gevolgen van schaalvergroting: toenemende inzet van zware machines en als gevolg daarvan aantasting van de bodemstructuur
- de omgang met veranderde waterregimes (extremen in het weer, aanpassingen van de waterhuishouding omwille van natuurdoelen)

Naast de bedrijfsmatige doelen van de ondernemer zijn er duurzaamheidsdoelen die vanuit maatschappelijke wensen voortkomen maar wel degelijk ook van belang kunnen zijn voor de individuele ondernemer, afhankelijk van zijn betrokkenheid hierbij, en de specifieke bedrijfssituatie:

- reductie van energiegebruik
- reductie van het gebruik van eindige grondstoffen (bijvoorbeeld fosfaat)
- reductie van emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen
- terugdringing van de emissie van broeikasgassen
- meer biodiversiteit in de bodem en op het veld

De bouwstenen voor een kennisagenda in dit hoofdstuk zijn gericht op het beter functioneren van een gezonde bodem als productiefactor. Dit maakt een hoge productiviteit van het land mogelijk met beperkte inputs en lage emissies. Daarmee wordt aan beide typen knelpunten tegemoet gekomen: die vanuit het economisch perspectief van de ondernemer en die vanuit maatschappelijke duurzaamheidswensen.

De keuze van de onderwerpen voor een kennisagenda is subjectief. Hier is zoveel mogelijk gestreefd naar een selectie van onderwerpen, waarmee het aantal duurzame beheeropties (systemen, technieken, maatregelen) voor de ondernemer kan worden vergroot. Door de keuze valt een aantal terreinen grosso modo buiten het bestek van deze notitie, hoewel er overduidelijk wel veel raakvlakken mee bestaan. Het gaat om:

- kennis ter onderbouwing of handhaving van wet- en regelgeving (voor meststoffen, fytosanitaire maatregelen, gewasbescherming, bodemverontreiniging)
- kennis voor de inrichting en het beheer van de groene ruimte (anders dan landbouw), waaronder kennis voor groen-blauwe diensten en voor beheerslandbouw
- kennis voor natuurbeheer
- kennis voor monitoring in het kader van nationale of internationale overeenkomsten (bijvoorbeeld KRW, NEC, Nitraatrichtlijn)
- kennis ter verbetering van bestuurlijke organisatie (relaties tussen nationale en lagere overheden en bestuursorganen)

De uitsluiting van de genoemde terreinen heeft niet alleen te maken met de hier gekozen nadruk op verduurzaming via de toolkit van de ondernemer, maar óók met het gegeven dat onderzoek en kennisbenutting op deze ‘andere’ terreinen dermate uitgebreid zijn, dat een consolidatie (aanduiden van de stand van zaken en hiaten) niet uitgevoerd kon worden in het bestek van deze studie.

VAN KNELPUNTEN NAAR SPEERPUNTEN



De complexiteit van de bodem en het bodembeheer, het belang van de bodem als productiefactor voor agrarisch ondernemers alsook de maatschappelijke wensen voor een duurzaam bodembeheer zijn beschreven in hoofdstuk 2 en 3. Uit het streven naar een bodembeheer dat gelijktijdig bijdraagt aan meerdere dimensies van duurzaamheid vloeien knelpunten voort. Deze zijn in hoofdstuk 4 benoemd alsook een aantal ontwikkelingen die bepaalde knelpunten versterken of nieuwe oproepen. Daarnaast zijn bij de knelpunten ook mogelijke oplossingsrichtingen aangegeven.

Uitgaande van het ondernemersperspectief, maatschappelijke duurzaamheidswensen, knelpunten en oplossingsrichtingen zijn ter afsluiting van hoofdstuk 4 zes speerpunten benoemd:

- beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid
- beheer van bodemstructuur
- beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid
- beheer van bovengrondse biodiversiteit
- bodembeheer in relatie tot waterhuishouding
- kosten, baten en adoptie van duurzaam bodembeheer

Dit zijn de terreinen waarop meer kennis en innovatie ontwikkeld en benut zouden moeten worden, om tot een duurzamer bodembeheer te komen. In tabel 4.1 werd samengevat aan welke aspecten van duurzaam bodembeheer (beheerdoelen) kennis en innovatie uit de onderscheiden speerpunten kunnen bijdragen.

De eerste drie speerpunten zijn gericht op de drie centrale bodemkenmerken. Ze vormen de schakels tussen het bodembeheer en de bodemfuncties (hoofdstuk 3, figuur 3.1). Ze worden door vele maatregelen beïnvloed en beïnvloeden op hun beurt vele gewenste functionele bodemeigenschappen, die een gezonde en productieve bodem maken. De overige drie speerpunten zijn van andere aard – minder strikt op bodemeigenschappen gericht – maar hebben eveneens een groot belang in de transitie naar een werkelijk duurzamer beheer van de bodem (zie tabel 4.1). Voor elk speerpunt is in paragraaf 5.2 gepoogd een overzicht te geven van de stand van zaken rond kennis en innovatie en van hiaten die aangepakt zouden moeten worden.

Overeenkomstig eerdere hoofdstukken wordt ook hier de biologische landbouw niet apart behandeld. Bij de verdere ontwikkeling van de beoogde kennisagenda zal aandacht gegeven moeten worden aan de vraag wáár gangbaar en biologisch samen kunnen lopen en waar ze een aparte ontwikkeling vergen. De biologische landbouw kan door haar integrale ambities ten aanzien van duurzaamheid zeker inspiratie bieden voor de gangbare landbouw. Het verbinden van biologische en gangbare landbouw in de toekomstgerichte vraagstellingen rond verduurzaming leidt tot verbreding en differentiatie van de kennisagenda. Dit kan bijdragen aan het vinden van goede oplossingen voor duurzaamheidvraagstukken. Het proces van innovatie en verduurzaming kan zo worden verbreed, verdiept en versneld.

5.2 STAND VAN ZAKEN EN BENODIGDE ACTIES PER SPEERPUNT

Veel onderwerpen die bij de speerpunten worden genoemd, zijn al opgenomen in onderzoeksprogramma's of waren dat in het verleden. Hierna volgt een kort overzicht van de belangrijkste onderwerpen per speerpunt. Daarbij wordt vermeld waar al voldoende kennis beschikbaar is maar mogelijk nog kennisverspreiding nodig is, welke onderwerpen in onderzoek zijn en welke kennishiaten de komende jaren aandacht verdienen in een kennisagenda.

Alle zes speerpunten zijn van belang voor een brede verduurzaming van het bodembeheer in de Nederlandse landbouw. Toch wordt in de uitwerking hierna een onderscheid gemaakt tussen de eerste drie speerpunten die ondubbelzinnig deel uitmaken van het kennisdomein bodem (paragraaf 5.2.1-5.2.3) en de speerpunten die veel raakvlakken hebben met andere kennisdomeinen (paragraaf 5.2.4-5.2.6). Terwijl de eerste drie speerpunten min of meer de traditionele deelterreinen van de bodemkunde, agronomie, gewasbescherming en landbouwtechniek omvatten, maken de punten in de paragrafen 5.2.4-5.2.6 niet alleen deel uit van het kennisdomein bodem, maar óók van de veel bredere domeinen biodiversiteit, water, economie en communicatie. Het was daarom voor de werkgroep bij het opstellen van deze notitie niet goed mogelijk om de laatstgenoemde onderwerpen uit te werken tot beknopte overzichten van bestaande kennis en benodigde acties, wat voor de eerste drie speerpunten wel gedaan is (tabellen 5.1-5.3 met bijbehorende toelichting). Voor verdere achtergronden van de speerpunten wordt verwezen naar bijlage VI.

5.2.1 BEHEER VAN ORGANISCHE STOF EN BODEMVRUCHTBAARHEID

Onder dit speerpunt valt onderzoek naar strategieën om de chemische bodemvruchtbaarheid en het organische stofgehalte op peil te houden, onderzoek naar de rol van organische stof en organische inputs bij opbrengstvorming en nutriëntenbenutting én onderzoek om de benutting van meststoffen te verhogen. De stand van zaken rond deze aspecten wordt hieronder kort toegelicht.

ORGANISCHE STOF IN DE BODEM

Het belang van organische stof (OS) voor de bodemvruchtbaarheid is al meer dan honderd jaar een bron van controverse in het landbouwkundig onderzoek. Volgens sommigen zijn positieve effecten van organische stof of van organische bemesting terug te voeren op de verhoogde aanvoer van nutriënten (met de gebruikte organische inputs); anderen menen dat de aanwezigheid en/of de aard van organische stof zélf invloed hebben op de haalbare opbrengst. De mechanismen daarachter zijn moeilijk te achterhalen en te generaliseren wegens de vaak lange vereiste looptijd (decennia), de invloed van lokale omstandigheden

(grondsoort) en de invloed van andere aan behandelingen gekoppelde factoren (zoals rotatie-effecten op structuur en bodemgezondheid). Omdat er in Nederland geen langlopende onderzoeken naar organische stof zijn, zijn we in belangrijke mate aangewezen op experimenten in het buitenland.

In een recent uitvoerige studie van meerdere langlopende experimenten in het Verenigd Koninkrijk¹ wordt geconcludeerd dat, alles in aanmerking genomen, er een positieve en soms grote invloed is van organische stof op de opbrengst van rooigewassen en zomergranen maar meestal niet van wintergranen. Soms werd de invloed pas zichtbaar na de introductie van hoogproductieve rassen.

In Nederland hecht de praktijk veel waarde aan de OS-voorziening in de groenteteelt en sommige sierteelten – zeker op lichte gronden – maar verbanden met opbrengst of productkwaliteit zijn nauwelijks gekwantificeerd. Een positieve correlatie tussen prei-opbrengst en het OS-gehalte werd gevonden in een vergelijkende studie met een klein aantal percelen in het zuidelijk zandgebied, waar 1% OS overeenkwam met een jaarlijkse productiewaarde van € 1000,- per hectare (in netto prei-opbrengst); echter een causaal verband via nutriëntenbeschikbaarheid of andere factoren kon niet uitgesloten worden.

In Nederland is in voorbije decennia weinig onderzoek gedaan naar organische stof. Een studie door Reijneveld (Blgg) kon gemiddeld geen systematische daling van OS-gehalten in Nederlandse bodems aantonen. In Vlaanderen daarentegen werd wel een algemene daling vastgesteld in de periode 1990-2000, zowel op gras- als op bouwland. Deze daling wordt toegeschreven aan verlaging van de toegelaten mestdoseringen, nadat OS-gehalten eerst waren gestegen in 1960-1990 toen grote hoeveelheden dierlijke mest werden gebruikt. De Nederlandse praktijk vreest dat ook hier op termijn een dergelijke daling zal optreden door de aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen. De invloed van fosfaatsnormen op de (potentiële) aanvoer van organische inputs is voldoende onderzocht. De meeste bedrijfstypen kunnen onder de nieuwe wetgeving voldoende organisch materiaal aanvoeren, althans afgemeten aan de vuistgetallen voor de aanvoer van EOS (effectieve organische stof) zoals gehanteerd door de advieswereld.

1 A.E. Johnston, P.R. Poulton, K. Coleman, 2009. *Soil Organic Matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes*. 58 pp. *Advances in Agronomy* 101.

Wel bestaat er behoefte aan onderzoek naar en communicatie over methoden om de EOS-aanvoer te verhogen. Vooral op intensieve bedrijfstypen op lichte gronden zal het beheer aangepast moeten worden, nu het gebruik van drijfmest en champost aan banden gelegd is. Op de eerste plaats leent compost zich hiertoe. Om het beperkte aanbod aan te vullen, is onderzoek gewenst naar nieuwe producten met een hoge EOS-inhoud per eenheid fosfaat. Bij de mestsoorten verdient rundermest de voorkeur boven varkensmest omwille van de veel gunstiger verhouding tussen EOS- en fosfaatinhoud. Mestscheiding kan rundermest nog aantrekkelijker maken (dikke fractie) door een deel van de aanwezige stikstof af te scheiden en zo de stikstofgebruiksruimte op het ontvangend akkerbouwbedrijf minder te belasten. De gebruiksruimte wordt zo, gezien de relatief lage werkingscoëfficiënt (0.30), bovendien efficiënt benut ter verhoging van het N-leverend vermogen van de bodem (zie volgende paragraaf Chemische bodemvruchtbaarheid). Ondanks deze voordelen is de acceptatie onder akkerbouwers nog laag; reden om hier onderzoek en communicatie op te richten. Methoden ter verhoging van het OS-gehalte die geen beslag leggen op de gebruiksruimte voor meststoffen zijn wisselbouw (inpassen van een grasfase) en de teelt van groenbemesters. Voor wisselbouwsystemen is de akkerbouwer aangewezen op landruil met melkveehouders, die echter vaak terughoudend zijn omdat zij verlies van bodemkwaliteit vrezen. Het is onduidelijk of dit terecht is. Onderzoek en communicatie zouden hier meer aandacht aan moeten geven. Voor het oplossen van knelpunten rond groenbemesters en vanggewassen (zie paragraaf Benutting van meststoffen - stikstof).

Het kwantificeren van de impact van een verminderde EOS-aanvoer op de ontwikkeling van het OS-gehalte in de bodem vereist nog onderzoek. Rekenmodellen daartoe moeten enerzijds eenvoudig zijn om ze voor uiteenlopende bedrijfstypen (rotaties met vele gewassen) te kunnen toepassen, anderzijds moeten ze de werkelijkheid voldoende benaderen. Dergelijke eenvoudige modellen (zoals NUTMATCH en NDICEA) werden in de afgelopen jaren ontwikkeld, maar vereisen nog een betere calibratie aan de hand van langlopende experimenten. Daarmee werd in 2009-2010 een begin gemaakt (op basis van Rothamsted-data).

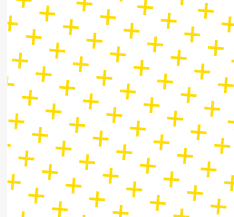
Experimenteel onderzoek naar de relatie tussen de EOS-aanvoer en ontwikkeling van de OS in de bodem is voorhanden voor de bollenteelt op duinzand (financiering door PT), waar de

jaarlijkse afbraak van OS mogelijk hoger ligt dan op dekzand. Als dat laatste inderdaad het geval blijkt, staan de fosfaatnormen mogelijk wel de handhaving van een voldoende OS-niveau in de weg. Ook hier ontbreken echter onderbouwde streefwaarden voor het OS-gehalte. Een onderwerp dat zijdelings met de OS-voorziening verband houdt, is stofbestrijding op lichte zandgronden. Nieuw onderzoek hiernaar is in voorbereiding.

Mogelijk is de jaarlijkse aanvoer van organisch materiaal en de aard daarvan belangrijker dan de absolute waarde van het OS-gehalte. Het lijkt verstandig om nieuw onderzoek te richten op methoden die niet alleen het OS-gehalte op peil houden, maar die tevens op korte termijn bijdragen aan ziektevermindering, nutriëntenbenutting en/of opbrengstvorming. Dit vereist procesonderzoek op geselecteerde locaties, eventueel ook in het buitenland. Het lopend onderzoek in Nederland biedt aanknopingspunten op de proeftuin te Lisse, op proefbedrijf Vredepeel en op het proefveld Mest als Kans bij Lelystad. In Lisse wordt stalmest vergeleken met andere bronnen van organische stof en nutriënten (onderzoek met Productschap Tuinbouw); met name voor de teelt van broeihyacinthouders zouden hoge stalmestgiftens telers onmisbaar zijn.

Op Vredepeel worden de effecten van verschillende organische producten op bodemgezondheid onderzocht. Deze effecten blijken groot en langdurig, en maken voortzetting van dit onderzoek belangrijk. Eveneens op Vredepeel (project Nutriënten Waterproof) werd het effect van verschraling onderzocht, waarbij gedurende tien jaar geen dierlijke mest werd aangevoerd. Er zijn aanwijzingen dat de opbrengst al daalt voordat er een meetbare daling in OS-gehalte optreedt; oorzaken zijn vooralsnog onduidelijk. Hoewel de praktijk steeds zal proberen verschraling te voorkomen, kan dit onderzoek verbanden blootleggen die van belang zijn voor een optimaal meststoffenbeheer, met name rond de verhouding tussen dierlijke mest en kunstmest.

Cruciaal voor het beheer van OS in de kleiregio's is de verdere ontwikkeling van bodemvriendelijke (lagedruk)technieken voor mesttoediening in het voorjaar, waarmee structuurbederf wordt vermeden (zie speerpunt beheer van bodemstructuur). Een andere ontwikkeling die van belang is voor de OS-voorziening op kleigronden is mestscheiding; de daarbij geproduceerde dikke fractie mag als vaste mest nog wel in het najaar toegediend



worden (op klei- en veengronden).

Vanuit de klimaatagenda bestaat belangstelling voor het verhogen van de koolstofopslag in landbouwgronden. Hierbij zijn kennisvragen rond de maximale opslagcapaciteit, de borging op termijn van aangelegde koolstofvoorraden en de wijze waarop accumulatie economisch rendabel gemaakt kan worden. Een beproefde methode voor een versnelde opbouw van koolstof is een fase met grasland. Echter gaat bij de omzetting van grasland naar bouwland veel weer koolstof als CO₂ verloren.

Momenteel bestaat er veel belangstelling voor char-producten, organische materialen die via verkoling biologisch/chemisch stabiel gemaakt zijn. Daardoor zou C tot veel hogere niveaus in de bodem opgehoogd kunnen worden. Onderzoeksvragen hierbij hebben onder andere betrekking op de toxiciteit van de teerachtige verbindingen in chars en op de functies die dergelijke inert gemaakte stoffen in de bodem nog kunnen vervullen. Als die nihil zijn, kunnen chars evengoed buiten de bodem worden opgeslagen zonder dat hun klimaatbijdrage verandert. Voorts dient men te bedenken dat het verkolen van producten die anders aan de bodem zouden worden toegevoegd (mest, gewasresten) de herbenutting van nutriënten in de weg staat, een energiebron onthoudt aan het bodemleven en zo de rol van OS in het ondersteunen van de productiefunctie kan schaden. Dit geldt ook voor de afvoer van organisch materiaal voor energieopwekking.

CHEMISCHE BODEMVRUCHTBAARHEID: FOSFAATTOESTAND

Door toevoeging van grote hoeveelheden fosfaat via dierlijke mest aan de bodem is de afgelopen decennia de fosfaatvoorraad van veel Nederlandse landbouwgronden hoog opgelopen. Verdere ophoping wordt enigszins afgeremd nu sinds 2010 de toegelaten fosfaataanvoer gedifferentieerd is naar de fosfaattoestand van de bodem. Maar ophoping gaat door waar het fosfaatoverschot positief is. Het 4e Actieprogramma Nitraatrichtlijn voorziet daarom in evenwichtsbemesting (aanvoer = afvoer) vanaf 2015. Onderzoek is voorhanden (B012.07) om deze systematiek van differentiatie verder te onderbouwen en te verfijnen. Voor gronden met een lage fosfaattoestand ($P_w < 25$ op bouwland, $P_{AL} < 16$ op grasland) is wettelijk de mogelijkheid van reparatiebemesting voorzien.

De jaarlijkse fosfaatafvoer in geogste producten is in voorbije jaren afdoende gedocumenteerd. Dit geldt ook voor de invloed van de jaarlijkse fosfaataanvoer op het fosfaatoverschot en op de ontwikkeling van de fosfaattoestand van de bodem. Het onderzoek naar daarmee samenhangende fosfaatverliezen en de opbouw van fosfaatpools wordt nog steeds voortgezet op acht locaties met langlopend onderzoek (op bouwland en grasland; nu onder te brengen in KB, voorheen in B012.07).

De bepaling van de fosfaattoestand ten behoeve van bemesting is afdoende onderzocht. Wel staat nog de vertaling van het Pw-gebaseerde bemestingsadvies naar een advies op grond van de fosfaattoestand bepaald via CaCl_2 -extractie (zoals door Blgg nu standaard uitgevoerd) ter discussie.

Een nieuwe onderzoeksvraag is gericht op de rol van organische stof in de fosfaatvoorziening van gewassen. Deze staat centraal bij onderzoek door ILVO (Vlaanderen) dat in 2011 is gestart en waarop Nederlands onderzoek zal aansluiten.

CHEMISCHE BODEMVRUCHTBAARHEID – STIKSTOFLEVERING

De accumulatie van nutriënten via dierlijke mest heeft ook voor stikstof geleid tot een relatief hoge bodemvruchtbaarheid. De beschikbaarheid van stikstof voor gewassen hangt vooral af van de mineralisatie van organische stikstofverbindingen. Anders dan bij fosfaat bestaat er voor de verwachte beschikbaarheid van stikstof uit de bodem nog geen goede biologisch/chemische indicator, althans niet voor bouwland. Onderzoek naar zo'n indicator voor het stikstofleverend vermogen (NLV) is voorhanden. De inzet is een indicator te ontwikkelen die gebruikt kan worden bij de planning van stikstofbemesting in bijmestsystemen en voor een optimale toedeling van meststoffen aan de percelen binnen een bedrijf.

Een deel van de jaarlijkse stikstoflevering komt voor rekening van de zogenoemde nawerking van dierlijke mest. Deze werd in de jaren 1995-2005 afdoende onderzocht en modelmatig onderbouwd. Zowel de korte- als de langetermijnwerking van diverse soorten dierlijke mest – in termen van kunstmestequivalenten of *fertiliser value* – zijn daarmee goed gekwantificeerd.

Waarschijnlijk als gevolg van het ontbreken van een betrouwbare indicator om de

bodemvruchtbaarheid voor stikstof te kwantificeren, houdt het stikstofbemestingsadvies geen rekening met de toestand van de bodem. Er zijn voor deze toestand geen streeftrajecten vastgesteld en het eventuele belang daarvan voor opbrengstvorming en stikstofbenutting is vooralsnog onduidelijk. Men gaat ervan uit dat hoge niveaus in elk geval vermeden moeten worden om nitraatverlies te beperken. Of er, anderzijds, een zekere minimale stikstoflevering gehandhaafd moet worden is een onderzoeksvraag (zie ook volgende paragraaf).

BENUTTING VAN MESTSTOFFEN – STIKSTOF

Een hoge benutting van stikstof draagt bij aan milieukwaliteit (nitraat, ammoniak) en vermindert de uitstoot van het broeikasgas N_2O . Bij de huidige N-gebruiksnormen is de efficiëntie waarmee gewassen stikstof opnemen relatief laag. Die kan, gegeven de opnamecapaciteit van gewassen, niet drastisch verhoogd worden zonder de jaarlijkse N-input fors te verlagen. Het 4e Actieprogramma Nitraatrichtlijn kondigt dan ook een verdere reductie van de N-gebruiksnormen aan voor regio's waar de nitraatuitspoeling te hoog is. Met name in het zuidelijk zandgebied is dat het geval. De opbrengstderving die bij verschillende normstellingen verwacht mag worden, is voor een groot aantal gewassen afdoende in kaart gebracht.

Tegen deze achtergrond dient het onderzoek naar bodemvruchtbaarheid gericht te zijn op het beperken van de opbrengstderving bij een verlaagde stikstofinput. Daartoe zijn er in essentie twee pijlers:

- a. zorgen dat er van de jaarlijks toegediende N een grotere fractie wordt opgenomen (terugwinningsfractie), hetzij in het jaar van toediening hetzij later
- b. zorgen dat met de hoeveelheid door het gewas opgenomen N méér oogstbaar product wordt gemaakt (interne N-benutting door het gewas)

Soms wordt als derde optie een hogere N-levering uit de bodem genoemd. Dit is op termijn alleen correct indien die verhoging ontstaat door betere conservering van stikstof die wel werd toegediend maar nog niet in het geoogste gewas werd afgevoerd. Deze derde optie maakt dan dus deel uit van optie (a).

Voor het verhogen van de terugwinningsfractie (optie a) zijn vanaf 1990 verschillende technieken ontwikkeld, die steeds gebruikmaken van indicatoren voor de N-status van

het gewas of de bodem. Varianten van dergelijke bijmestsystemen zijn voor een aantal belangrijke gewassen al jaren opgenomen in de Adviesbasis bemesting, maar worden toch weinig toegepast. Hun belang voor de praktijk zal toenemen wanneer de gebruiksnormen worden verlaagd. Daarop vooruitlopend moet het onderzoek bijdragen aan een betere toepasbaarheid (automatisering) van deze technieken. Gewassensoren, precisiestrooiers en beslisregels vormen hierbij de bouwstenen. Onderzoek op Valthermond toonde tevens de mogelijkheden om met geo-informatie de stikstofbenutting (bodemeigenschappen, historische opbrengstpatronen) te verhogen. De kosteneffectieve ontwikkeling van dergelijke perceelspaspooten verdient nog meer aandacht. Verder moeten beslisregels – voor timing en dosering – worden ontwikkeld voor lagere totaalgiften, om adequaat te kunnen reageren op de aangescherpte stikstofnormen (zandgronden). Lopend onderzoek hiernaar richt zich vooral op consumptieaardappel en prei. Er is veel dynamiek in de sector op dit terrein, met loonwerkers, machinebouwers en voorlopers. Wat ontbreekt, is de integratie tot systemen waarin alle technische componenten goed samenwerken.

Voor een betere terugwinning van N uit dierlijke mest werd in 2008-2010 GPS-gestuurde rijenbemesting in maïs – separaat van het inzaaien – ontwikkeld. Door deze scheiding van werkgangen ontstaat een veel ruimer tijdvenster, waardoor rijenbemesting met dierlijke mest ook via de loonwerkers mogelijk wordt; bestaande capaciteitsproblemen in het drukke voorjaar zouden hiermee opgelost kunnen worden. Onderzoek met de sector is nodig om tot brede implementatie te komen.

Zoals gezegd dient óók de terugwinning van stikstof op langere termijn (na het seizoen van toediening) te worden verhoogd. Conservering via vanggewassen en stikstofarme gewasresten (stro) spelen hierin een centrale rol. Het onderscheppen van stikstof door vanggewassen in relatie tot het zaaitijdstip is voldoende gedocumenteerd. Vanggewassen worden weinig gebruikt in intensieve systemen, veelal omdat het hoofdgewas te laat wordt geoogst. Hierdoor is het niet mogelijk om nog vóór de winter een goed vanggewas te krijgen. Om dit probleem te ondervangen zijn systemen met onderzaai ontwikkeld, zoals op De Marke, die met succes in maïs wordt gebruikt. Er zijn aanwijzingen dat hiermee ook de draagkracht van de grond bij de oogst wordt verbeterd. Deze aanpak verdient meer navolging in de praktijk (communicatie). Een andere reden waarom vanggewassen en groenbemesters

beperkt worden ingezet, is de vrees voor aaltjesvermeerdering. Er is behoefte aan onderzoek naar winterharde vanggewassen die geen aaltjes vermeerderen.

De herbenutting van stikstof na het inwerken van vanggewassen en groenbemesters is vaak laag. Momenteel wordt onderzocht wat de rol van het tijdstip van inwerken is. Verder wordt er gewerkt aan processing van gewasresten en afgemaaide vanggewassen, gericht op conservering en herbenutting van zowel stikstof als organische stof. Wat de beoogde route voor terugwinning van stikstof ook moge zijn, een goede benutting kan alléén bereikt worden als de verwachte bijdrage uit andere bronnen wordt ingehouden op de jaarlijkse nieuwe stikstofgift.

Een hoge stikstofbenutting steunt niet alleen op een hoge terugwinningsfractie maar óók op een hoge interne benutting (optie b), dus een hoge gewasproductie per eenheid opgenomen stikstof. Een Nederlandse metastudie uit 2009 over een groot aantal proeven liet zien dat in vrijwel alle grote akkerbouwgewassen de interne N-benutting groter is naarmate de lokale opbrengstpotentie (maximaal behaalde opbrengst in betreffende proef) hoger is. De oorzaken voor variatie in die potentie zijn onbekend maar zeker divers en omvatten óók weersomstandigheden. Een eerste belangrijke onderzoeksvraag is of en hoe de opbrengstpotentie door bodembeheer verhoogd kan worden. Eerdergenoemde overzichtstudie door Johnston (2009) beantwoordt die vraag bevestigend, wijzend op productieverhogingen die zijn bereikt door het gebruik van dierlijke mest of door het inpassen van een grasfase in de rotatie. Een tweede belangrijke vraag is of daarmee óók de overall benutting van stikstof is te verhogen. Dit is niet vanzelfsprekend, omdat (a) verbetering van de bodemkwaliteit vaak via investering in organische stikstof verloopt die in de balans betrokken moet worden en (b) een eventueel verhoogde stikstoflevering uit de bodem de terugwinning van N uit meststoffen verlaagt.

Een grondige analyse van bovengenoemd vraagstuk lijkt opportuun, nu de aanscherping van de stikstofnormen vooral op zandgronden noopt tot bemestingsstrategieën die de stikstofbenutting maximaliseren, terwijl het gebruik van dierlijke mest ter discussie staat door de lagere doelmatigheid (lees werkingscoëfficiënt) ten opzichte van kunstmest. Eén belangrijk criterium bij een vergelijking tussen strategieën moet de N-emissie per eenheid

gewasproductie zijn, bij gelijke gewasproductie.

BENUTTING VAN MESTSTOFFEN – FOSFAAT

Sinds 2007 wordt onderzoek uitgevoerd naar praktische methoden voor een efficiënt en zuinig gebruik van fosfaatmeststoffen. Onder gecontroleerde omstandigheden werd aangetoond dat met een locale plaatsing van fosfaat en door coating van zaaizaad van verschillende gewassen de benutting van fosfaat zeer sterk te verhogen is. Momenteel worden deze methoden praktijkrijp gemaakt voor met name fosfaatbehoefteige gewassen op jonge zeekleigronden in Zuidwest-Nederland. In het onderzoek krijgt tevens het hergebruik van fosfaat uit RWZI's (struviet) aandacht, omdat fosfaat een eindige grondstof is en herbenutting op termijn belangrijk is.

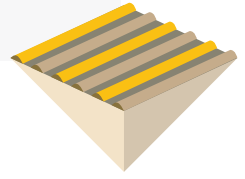
Voorts wordt in 2011 onderzoek gestart naar bedrijfsspecifieke normstelling voor fosfaat (BO12.07) in de graasveehouderij om de fosfaat in de bedrijfseigen dierlijke mest maximaal te benutten en zo tevens de behoefte aan kunstmestfosfaat te beperken.

Samenwerking met het Vlaamse ILVO zal zich in 2011 en volgende jaren richten op interacties tussen fosfaatbeschikbaarheid en -benutting en organische stof. Daarbij zullen onder andere de Nederlandse locaties met langlopend fosfaatonderzoek worden benut. In een eerdergenoemd onderzoek uit het Verenigd Koninkrijk werd een duidelijke invloed van organische stof op de relatie tussen fosfaattoestand en gewasopbrengst vastgesteld; die werd toegeschreven aan een door organische stof verbeterde bodemstructuur (kleigrond).

ONDERWERP	PRAKTIJKRIJP, NOODZAAK VERDERE IMPLEMENTATIE	IN ONDERZOEK	NIEUW ONDERZOEK, NOG TE STARTEN
Onderbouwing gebruiksnormen t.b.v. meststoffenwet: effecten van fosfaatoverschot op fosfaattoestand		<ul style="list-style-type: none"> • veeljarige fosfaatproefvelden op bouwlanden grasland (t/m 2010 in B012.07, daarna naar KB) 	
Voorkomen van opbrengstderving bij sterk verlaagde N-gebruiksnormen: verhoging N-benutting door het gewas	<ul style="list-style-type: none"> • geleide bemesting in prei, afstemmen aanbod op gewasbehoefte 	<ul style="list-style-type: none"> • indicatoren voor N-leverend vermogen van bouwland • geleide bemesting: afstemmen aanbod op behoefte • GPS-rijenbemesting met dierlijke mest in maïs • differentiatie N-gebruiksnorm voor maïs 	<ul style="list-style-type: none"> • perceelspanpoorten ter optimalisatie van nutriëntenbenutting
Voorkomen van opbrengstderving bij sterk verlaagde P-gebruiksnormen: verhoging P-benutting door het gewas		<ul style="list-style-type: none"> • technieken efficiënte benutting fosfaat-meststoffen • bedrijfsspecifieke fosfaatnormstelling melkveehouderij 	<ul style="list-style-type: none"> • procesonderzoek naar invloed organische stof op fosfaat beschikbaarheid (ILVO)
Opbouw van organische stof, voorkomen van verschraling door beperkte aanvoer van organisch materiaal en langetermijnbenutting van achtergebleven N	<ul style="list-style-type: none"> • onderzaai groenbemesters en vanggewassen in maïs • acceptatie dikke fractie van rundermest in akkerbouw • landruil tussen akkerbouwers en melkveehouders t.b.v. wisselbouw • strategieën voor optimale inzet van meststoffen en grondverbeteraars voor bodemkwaliteit op korte en lange termijn, binnen normen 	<ul style="list-style-type: none"> • afvoer en verwerking N-rijke gewasresten • inwerktijdstip winterharde vanggewassen • alternatieven voor stalmest in hyacint op duinzand • alternatieven voor runderdrijfmest ter bestrijding van stuifschade • kwantificeren van afbraaksnelheid OS* op duinzand (EOS*-behoefte) t.b.v. rekentools voor praktijk • calibratie van rekentools voor optimaliseren van strategieën t.b.v. OS* en bodemvruchtbaarheid op termijn 	<ul style="list-style-type: none"> • nieuwe producten met hoge EOS*-aanvoer per eenheid fosfaat • onderzoek rol van OS en dierlijke mest bij opbrengstvorming, terugwinning van nutriënten en interne benutting door het gewas (o.a. via langjarige datasets EU en samenwerking met ILVO) • systeemexperiment Bodemkwaliteit zandgrond Vredepeel • selectie rassen groenbemesters die geen aaltjes stimuleren

Tabel 5.1. Elementen voor kennisagenda: beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid.

*OS = organische stof; *EOS = effectieve organische stof



5.2.2 BEHEER VAN BODEMSTRUCTUUR

Onder dit speerpunt valt het onderzoek naar maatregelen en systemen die de bodemstructuur duurzaam op peil kunnen houden, onderzoek naar de haalbaarheid daarvan binnen de huidige hooggemechaniseerde landbouwproductie en onderzoek naar het oplossen van knelpunten die verbonden zijn met deze systemen. Bij het beheer van de bodemstructuur wordt vaak de structuur van de bouwvoor – de bovenste, regelmatig bewerkte bodemlaag – bedoeld. Echter, ook het onderzoek naar het vermijden van ondergrondverdichting is in het kader van duurzaamheid belangrijk en wordt in dit hoofdstuk besproken.

Deze visie betoogt (hoofdstuk 4) dat de productie duurzamer en efficiënter kan worden door meer gebruik te maken van de natuurlijke processen in de bodem om een goede bodemstructuur te bereiken, door mineralen uit organische restmaterialen beter te benutten (zonder emissie van broeikasgassen) en door de bodem weerbaarder te laten zijn voor bodemziekten. Om dit te bereiken zullen we het bodemleven en de aanwezige bioporiën minder door mechanische belasting van bouwvoor en ondergrond moeten verstoren, zullen er minder middelen gebruikt moeten worden en zal het bodemleven voldoende gevoed moeten worden door organisch materiaal (gewasresten, groenbemesters). Verder moeten groenbemesters en diepwortelende gewassen ook toegepast worden om de bewortelbaarheid van het bodemprofiel te bevorderen. Voordelen van zo'n gecombineerd systeem zijn onder andere minder ongewenste stoffen in het milieu, besparing op brandstof door minder berijding en bewerking van de grond (met name op zware gronden) en naar verwachting minder emissies en betere benutting van nutriënten, doordat een goede bodemstructuur de onderschepping door gewassen ondersteunt, en de kans op anaërobie vermindert.

Om teeltsystemen te ontwikkelen waarin bovenstaande integrale aanpak gerealiseerd wordt, is het belangrijk om (a) de elementen van dergelijke systemen verder te ontwikkelen en (b) de vernieuwde teeltsystemen integraal te evalueren. De stand van zaken van en aanbevelingen voor onderzoek naar de afzonderlijke maatregelen en systemen en combinaties daarvan worden hierna toegelicht.

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: GRONDBEWERKING EN BERIJDEN OP KLEIBOUWLAND

In de periode 1972-1979 werd een omvangrijk onderzoek uitgevoerd naar verschillende grondbewerkingssystemen op kleigrond te Westmaas. Dit vormde de basis voor verder onderzoek en ontwikkeling in de afgelopen decennia. De behandelingen in dit onderzoek waren:

- lossegrondteelt (jaarlijks diep ploegen en combineren van voorjaarsbewerkingen)
- rationele grondbewerking (niet ploegen voor graan en combineren van voorjaarsbewerkingen)
- minimale grondbewerking (alleen zaaibedbereiding, maximaal 7 cm diep voor pootbedbereiding aardappel)

Hierna volgt per behandeling een schets van de ontwikkelingen en de stand van zaken.

Lossegrondteelt, rijpadenteelt, controlled traffic farming

In het Westmaas-onderzoek bleek in het systeem van lossegrondteelt de grond in het voorjaar toch zodanig aangereiden te worden dat de dichtheid vergelijkbaar was met het rationele systeem. Vanwege vergelijkbare opbrengsten en hogere kosten was het systeem minder aantrekkelijk dan het rationele systeem (Westmaas Research Group, 1984). De lossegrondteelt heeft zich verder ontwikkeld tot rijpadenteelt (controlled traffic farming, CTF), waarbij alle werktuigen op vaste paden rijden en het gewas op de onbereide grond wordt geteeld. Onderzoek aan rijpadenteelt met jaarlijks ploegen en jaarrond gebruik van vaste rijpaden op kleigrond (Lamers et al., 1986) leerde dat de bodemstructuur, worteling en gewasopbrengsten verbeterden. De meeropbrengsten waren in die tijd echter onvoldoende om de meerkosten te dekken.

Nieuwe belangstelling voor CTF ontstond in 1999 op biologische bedrijven, doordat een goede bodemstructuur hier van het grootste belang geacht wordt. Vaste rijpaden voor de trekkers en machines bleek bij de huidige stand van de mechanisatie maar ten dele haalbaar: de oogst en het ploegen moest met gangbare machines gedaan worden, waardoor alsnog structuurberderf optrad. Dit systeem van seizoensrijpaden (SCTF) bleek economisch aantrekkelijk wegens meeropbrengsten, langere tijdvensters voor bewerkingen en betere mogelijkheden voor mechanische onkruidbestrijding (Vermeulen & Mosquera, 2008). Een

belangrijk duurzaamheidsvoordeel was dat de emissie van lachgas uit de losse grond aanzienlijk lager was dan uit normaal bereiden grond. Het SCTF-systeem heeft ondanks de ingrijpende gevolgen voor de mechanisatie in de praktijk wel navolging gekregen (op dit moment circa 12 bedrijven). Echter bleef het knelpunt van structuurbederf bij de oogst overeind. Op één bedrijf (Van Strien, lichte zavel, biologisch) wordt sinds 2007 onderzoek uitgevoerd om het potentieel van permanent onbereiden bedden in combinatie met minimale grondbewerking in te schatten. Omdat bekend is dat ongeveer vijf jaar nodig is om op minimaal bewerkte grond een stabiele situatie te krijgen, wordt aanbevolen om dit onderzoek op een praktijkperceel door te zetten. Dergelijk onderzoek zou bovendien verbreed moeten worden naar de zwaardere gronden. Hiervoor bestaat ook vanuit de sector een sterk draagvlak (Zeeland).

SCTF is nog alleen op kleigronden onderzocht, omdat structuurbederf juist op deze gronden het meest aan de orde is. In deze notitie wordt echter gepleit om ook op zand- en lössgronden te verkennen of SCTF een bijdrage kan leveren aan de duurzaamheid van de productie, bijvoorbeeld door vermindering van het energieverbruik of het tegengaan van watererosie.

Rationele grondbewerking, niet-kerende grondbewerking, lagedrukberijding

Het Westmaas-systeem van rationele grondbewerking heeft navolging in de praktijk gekregen. Zo wordt voor de teelt van granen zeker niet altijd meer geploegd en wordt geprobeerd om in het voorjaar de grond zo weinig mogelijk te verdichten door werkgangen te combineren. Het rationele systeem heeft zich verder ontwikkeld door bij de bewerkingen brede banden met een lage bodemdruk toe te passen om zo de bodem minder te verdichten. Onderzoek aan toepassing van lage bodemdrukken rond 1990² leerde dat een jaarronde toepassing van lage druk opbrengstverhogend werkte en economisch haalbaar was. Lage druk is ook in de praktijk opgepakt, met name in het voorjaar tijdens zaaibedbereiding en inzaai en, recent, tijdens de toediening van dierlijke mest in wintergraan in het voorjaar op kleibouland. De bodemdruk van oogstmachines en landbouwwagens is echter in het algemeen nog steeds te hoog, omdat lage druk de machinecapaciteit zou beperken. Daardoor vindt in het najaar structuurbederf en verdichting plaats, en is er ter correctie weer een hoofdgrondbewerking nodig. Zo wordt een situatie van dweilen met de kraan open in stand gehouden. Eén van de belangrijkste bijdragen

2 Vermeulen en Klooster, 1992. *The potential of a low ground pressure traffic system to reduce soil compaction on a clayey loam soil. Soil and Tillage Research 24, 337-358.*

die onderzoek en innovatie momenteel kan leveren voor verduurzaming van het bodembeheer op de Nederlandse klei, is het oplossen van dit specifieke knelpunt. De initiatieven die nu vanuit de praktijk worden genomen, verdienen ondersteuning met onderzoek (evaluatie en verbetering). Wordt dit knelpunt van structuurbederf bij de oogst daadwerkelijk opgelost, dan wordt óók minimale grondbewerking beter haalbaar omdat de grond nooit meer vast gereden wordt. Onderzoek naar bodemvriendelijk oogsten dient zich te richten op de opties die er momenteel liggen: oogst vanaf rijpaden, oogsten met lage bodemdruk (rubberen rupsen) en ontwikkeling van autonome, lichte oogstwapens.

Voor lage bodemdruk zijn vuistregels beschikbaar, gebaseerd op onderzoek op kleigronden. Deze zijn echter te globaal om voor specifieke situaties (grondsoorten, bodemcondities zoals natheid en voorgeschiedenis) de toelaatbare bodemdruk goed in te schatten. Omdat de economische belangen van een hoge machinecapaciteit en voldoende werkbare dagen groot zijn, en dus steeds de grens in belastbaarheid wordt opgezocht, is nieuw basislegend onderzoek nodig naar de mechanische belastbaarheid van grond en de toelaatbare bodemdruk onder diverse bodemomstandigheden. Die informatie vormt dan de basis voor systemen met een optimale structuur in het voorjaar en zonder structuurbederf in het najaar.

Minimale grondbewerking

De conclusie van het Westmaas-onderzoek luidde dat systematisch minimaal bewerken problematisch is voor rooigewassen, omdat deze ruggen met fijne grond vereisen. Ook was er meer chemische onkruidbestrijding nodig, waren er voor maaibare gewassen nog een aantal problemen te overwinnen (bijvoorbeeld zaaien in mulch) en bleef de gewasopbrengsten van vooral suikerbieten en aardappelen achter bij het rationale systeem.

Door deze ervaringen werd verder onderzoek naar minimale grondbewerking in Nederland niet uitgevoerd, totdat enkele jaren geleden hernieuwde belangstelling ontstond. Bewegredenen hiervoor waren onder andere energiebesparing en reductie van broeikasgassen (overheid), kostenbesparing in de gangbare praktijk in onder andere de graanteelt (Oldambt) en vanuit de biologische landbouwpraktijk: betere mogelijkheden om



het land het jaar rond groen te houden, stimulering van het bodemleven, verrijking van de bovenste bodemlaag met organische stof, betere benutting van nutriënten uit gewasresten en kostenbesparing. De biologische telers die hiermee bezig zijn, streven naar een minimale grondbewerking, maar drainage van de grond heeft topprioriteit. Daarom wordt nog (niet-kerende) bewerking toegepast zolang er nog storende lagen in het profiel aanwezig zijn die vrije drainage verhinderen. De ervaringen worden vanuit het onderzoek gevolgd (onderdeel van het project BASIS).


In de biologische landbouw spelen bij niet-kerende of minimale bewerking wintergewassen een belangrijke rol om de onkruidontwikkeling te onderdrukken. De uitdaging in het voorjaar is onder andere om in dergelijk 'groen' land een zaaibed te maken, zodanig dat later in het seizoen geschoffeld kan worden zonder hinder van gewasresten. In de afgelopen twee jaren is dit op de praktijkbedrijven goed gelukt omdat de voorjaren droog waren. Aanbevolen wordt om dit vanuit het onderzoek te blijven volgen, totdat er ook ervaringen zijn in nattere voorjaren.

Bij niet-kerende bewerking is de potentiële energiebesparing beperkt, omdat alsnog een (niet-kerende) hoofdgrondbewerking uitgevoerd wordt. Als het gaat om maximale besparing op energie en kosten is minimale grondbewerking en waar mogelijk zero till (directzaai) de meest interessante grondbewerkingsoptie.

Eerder werd al gezegd dat het onderzoek aan respectievelijk CTF (controlled traffic farming) en grondbewerking nauw met elkaar verweven is, omdat CTF het structuurbederf door berijding vermindert en zo de noodzaak van structuurherstellende grondbewerking vermindert. Als ook oogsten vanaf de rijpaden zou gebeuren is er geen structuurschade meer door berijding. Overigens worden de hindernissen voor minimale grondbewerking in rooigewassen niet opgelost met vervolmaking van het rijpadensysteem. Omdat gewassen zoals suikerbieten, aardappelen, peen en witlof voorlopig niet weg te denken zijn uit de Nederlandse akkerbouw, is onderzoek gewenst naar hoeveel grondbewerking minimaal nodig is (diepte en intensiteit) om tot een goede kwaliteit en opbrengst van deze gewassen te komen. Daarnaast dienen wellicht andere teeltwijzen (gewasbeheer) te worden ontwikkeld om de combinatie van minimale bewerking met rooigewassen mogelijk te maken.

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: SYSTEEMONDERZOEK

Om nieuwe systemen van grondbewerking en berijding te kunnen waarderen in vergelijking



met de gangbare praktijk is systeemonderzoek nodig waarin een aantal systemen volgens de laatste inzichten worden ingezet en vergeleken met de praktijk. Dergelijk systeemonderzoek is in 2008 gestart op kleigrond (BASIS), waarbij zowel in de biologische als de gangbare teelt conventioneel ploegen wordt vergeleken met zo minimaal mogelijke bewerking en een (niet-kerende) tussenvorm. SCTF (systeem van seizoensrijpaden) is onderdeel van alle systemen. In dit onderzoek wordt nadrukkelijk ook gekeken naar de beste groenbemesters om in de systemen toe te passen. De behandelingen betreffen daarom pakketten van onderling consistente maatregelen. Voor evaluatie van effecten van de systemen op de gewasproductie en op de duurzaamheid daarvan, inclusief het economische rendement, worden veel parameters gemeten op het gebied van productie en productkwaliteit; bodemstructuur; druk van ziekten, plagen en onkruiden; energieverbruik; inzet van gewasbeschermingsmiddelen; benutting van nutriënten; emissies van broeikasgassen en opslag (gehalte en stratificatie) van organische stof. Onderzoek naar de samenhang tussen al deze aspecten is dermate veelomvattend dat dit procesonderzoek geconcentreerd is op één locatie. Voor klei is dit het BASIS-onderzoek. Aanbevolen wordt om ook voor zandgrond één locatie te kiezen voor dergelijk onderzoek.

Voor deelonderzoek aan specifieke innovaties is dergelijke concentratie dit niet per se nodig. Het is zelfs ongewenst waar juist een diversiteit aan praktijkomstandigheden nodig is voor toetsing, en waar co-innovatie met ketenpartijen in verschillende regio's wordt nagestreefd.

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: VOORJAARSTOEDIENING VAN DRIJFMEST OP KLEIBOUWLAND

Een recente ontwikkeling is voorjaarstoepassing van dierlijke mest op klei. Nu de traditionele najaarstoediening van drijfmest niet meer is toegelaten en voorjaarstoediening nog problematisch is wegens (vrees voor) structuurbederf, komen organischestofvoorziening, bodemvruchtbaarheid en mestafzet (uit de zandregio's) onder druk te staan. Innovaties op het gebied van mechanisatie dienen ontwikkeld en getoetst te worden in nauwe samenwerking met de loonwerksector. Deze innovaties zijn gericht op lichtere machines, minder trekkracht, aanvoer- en toedieningssystemen die de bodem minder belasten en systemen die minder energie vragen en de ammoniakemissie voldoende reduceren. Voor de tarweteelt op klei is de techniek intussen voldoende ontwikkeld. Uit onderzoek bleek dat door toepassing van een lage bodemdruk mesttoediening in wintertarwe in het voorjaar goed mogelijk is zonder

wezenlijke schade. Het accent moet hier liggen op het breder bekend en beschikbaar maken (communicatie in samenwerking met de loonwerksector). Toepassing in de aardappelteelt kent nog flinke hindernissen, waardoor verdere technische innovatie en toetsingsonderzoek nodig zijn.

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: RIDGE TILL

Voor de maïsteelt loopt momenteel een onderzoek met een Noord-Amerikaanse ridge till-systeem, waarin ook niet meer geploegd wordt. De minimale grondbewerkingen die worden uitgevoerd betreffen voornamelijk het beheer van gewasresten en onkruidbestrijding en bestaan uit het aan- en afaarden van de ruggen. Binnen het systeem is de keuze van bodembedekkers/groenbemesters belangrijk. Een aantal groenbemesters wordt in de proeven meegenomen. Aanbevolen wordt om de haalbaarheid en duurzaamheidsaspecten nader te onderzoeken.

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: GRONDBEWERKING EN BERIJDEN OP ZANDGROND EN LÖSS

Het Nederlandse onderzoek naar grondbewerking en berijding van bouwland is vooral geconcentreerd geweest op kleigronden. Vooral daar deden zich problemen met het verkrijgen van een goede bodemstructuur voor. Op de zandgronden voerden problemen met bodemziekten de boventoon. Toch is ook hier de onproductieve cyclus van verdichten door berijden en weer losmaken door grondbewerking aan de orde. Door dit te vermijden is mogelijk ook op zandgrond winst op het gebied van duurzaamheid te bereiken. Daarom wordt aanbevolen om ook voor zandgronden te verkennen of nieuwe systemen van grondbewerking en berijding haalbaar zijn, waarbij minder energie voor bewerkingen nodig is. Voorgesteld wordt om op zandgronden de combinatie van rijpadenteelt en niet-kerende en/of minimale grondbewerking te onderzoeken. Indien dergelijke systemen voordelen bieden, kunnen ze ingepast worden in onderzoek naar integrale systemen op zandbouwland, waarin overigens maatregelen om bodemziekten te beheersen zeer belangrijk zullen blijven.

NIET-KERENDE GRONDBEWERKING

Voor de lössgronden werd in het verleden in Wijnandsrade maar ook in de Belgische leemstreek onderzoek uitgevoerd naar niet-kerende grondbewerking (NKG) met als eerste

doelstelling om erosie te bestrijden. NKG bleek overwegend effectief voor bestrijding van watererosie. In België wordt NKG gestimuleerd door subsidies; in het Limburgse lössgebied wordt NKG binnenkort verplicht gesteld. NKG kent echter nog een aantal knelpunten, onder andere in de aardappelteelt. Omdat in Nederland NKG verplicht wordt, en in België niet, worden de knelpunten vooral in Nederland gevoeld. Zo is het maken van ruggen lastig, vooral op zwaardere grond, en zijn de ruggen nog steeds erosiegevoelig. In verder onderzoek zouden alternatieven, zoals bijvoorbeeld waterdrempels tussen de aardappelruggen, vergeleken moeten worden met modificaties van NKG-systemen. Daarnaast verdient het aanbeveling om te onderzoeken of de combinatie van rijpadenteelt en NKG nog betere mogelijkheden biedt voor erosiebestrijding voor de akkerbouw op lössgrond. Omdat Nederland vergeleken met België slechts een klein lössareaal heeft, ligt samenwerking met Belgische onderzoeksgroepen (ILVO, KU Leuven) voor de hand.

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: BERIJDEN VAN GRASLAND

Verkennd onderzoek (Mosquera, ASG) leerde dat op grasland de emissie van N_2O aanzienlijk kan verminderen als de grond niet dichtgereden wordt. Gezien het grote areaal grasland in Nederland is toepassing van vaste rijpaden voor grasland (kunstweide) wellicht een manier om de broeikasgasemissie aanzienlijk te beperken. Aanbevolen wordt om de effecten en haalbaarheid van toepassing van vaste rijpaden op grasland te onderzoeken in een veldonderzoek.

MINDER CHEMISCHE BELASTING VAN DE GROND: MECHANISCH/FYSISCHE ONKRUIDBEHEERSING

Onderzoek naar nieuwe methoden voor mechanisch/fysische onkruidbestrijding heeft in de afgelopen jaren plaatsgevonden (onder andere Bleeker, Van der Weide, Nieuwenhuizen). Technologische voortgang is onder andere geboekt bij de bestrijding van onkruid in de gewasrij in samenwerking met fabrikanten. Dit onderzoek vond de laatste jaren plaats vanuit het programma biologische landbouw en via een subsidie vanuit Platform Precisie Landbouw. Het onderwerp krijgt enige aandacht in BASIS, maar mechanische bestrijding van onkruid in de rij vraagt voordat het economisch haalbaar is nog veel meer ontwikkeling in samenwerking met het bedrijfsleven. Oplossing van dit knelpunt is van groot belang voor de biologische

teelt, maar ook elders waar gestreefd wordt naar minder inzet van herbiciden. Hierbij is van belang dat de variabele kosten van onkruidbeheersing in de gangbare teelt een factor 10 à 20 lager liggen dan in de biologische teelt, wat maakt dat economische toepassing in de gangbare teelt om autonome systemen – dus zonder personeelskosten – vraagt. Hier moet nog een grote inspanning gedaan worden, maar het perspectief op verduurzaming is groot.

Voor de mechanisch/fysische bestrijding van wortelonkruiden zijn diverse methoden in onderzoek in twee meerjarige veldproeven (PPO/PRI) waarin wortelonkruiden werden aangeplant. Deze proeven zijn aangelegd in 2010 en moeten een aantal jaren gevolgd worden om de effecten van de behandelingen te kunnen vaststellen. Aanbevolen wordt dan ook om deze proeven voort te zetten.

In de biologische landbouw zijn er problemen bij de bestrijding van onkruiden in fijnzadige, breedwerpig gezaaide gewassen zoals spinazie. Voor deze toepassing is het noodzakelijk om onkruiden in een zeer vroeg stadium te herkennen en mechanisch te bestrijden met een actuator op een rijdende machine die driedimensionaal aangestuurd wordt. Zowel voor de vroege herkenning (via beeldverwerking) als voor de fysieke aanpak van het onkruid zelf is basisonderzoek vereist. Dat moet erop gericht zijn om bestaande technieken, software en systemen effectief combineren. De door PRI ontwikkelde onkruidrobot RUUD kan hierbij als voorbeeld dienen. Deze ontwikkeling draagt sterk bij aan een universele oplossing voor de mechanische bestrijding van onkruiden in veldgewassen. Aanbevolen wordt om deze ontwikkeling vanuit het basisonderzoek verder uit te bouwen.

MINDER CHEMISCHE BELASTING VAN DE GROND: EFFICIËNTE CHEMISCHE ONKRUIDBEHEERSING

Sinds 2000 wordt ook onderzoek uitgevoerd om het middelengebruik te verminderen door preciezer te werken en minimaal te doseren. Dit heeft tot enkele succesvolle voorbeelden geleid (ook bij loofdoding), maar is nog lang geen gemeengoed geworden. Via sensoren en beeldverwerking op de machine worden onkruid en/of gewasplanten en/of kale grond herkend, waardoor mogelijkheden ontstaan om bijvoorbeeld soort- en stadiumspecifiek te doseren, heel precies te spuiten (alleen targetplanten) en de dosering afhankelijk te maken van de grondsoort of lokale bodemeigenschappen. Dat dit het middelverbruik aanzienlijk

kan terugdringen is afdoende aangetoond. Toch worden deze principes in de praktijk nog nauwelijks door fabrikanten van spuitapparatuur toegepast, omdat het (nog) kostenverhogend werkt. Verdere ontwikkeling van apparatuur, beslisregels en toepassingen is nodig om de voordelen van precies werken te kunnen benutten (zie Kempenaar *et al.*, 2008, <http://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/lang/378136>). Bij deze innovaties is het van belang aan te sluiten bij precisietechnologieën die ook bij bemesting ontwikkeld worden (geïntegreerde aanpak).

MECHANISCHE BELASTING VAN DE GROND: VERDICHTING VAN DE ONDERGROND

Wat betreft ondergrondverdichting is recent een aantal studies afgerond waarin verkennend – vooruitlopend op de vaststelling van de Kaderrichtlijn Bodem – is gekeken naar de schaal waarop bodemverdichting in Nederland optreedt en welke maatregelen mogelijk zijn (Alterra, VROM, Royal Hashkoning). Het algemene beeld uit deze studies is dat grote arealen in Nederland kwetsbaar zijn voor bodemverdichting. Tegelijk blijkt ook dat er nog geen zicht is op de mate waarin bodemverdichting daadwerkelijk een probleem is. Uit deze en eerdere verkenningen blijkt dat er, anders dan bij verdichting van de bouwvoor, nog veel onduidelijkheid bestaat over structurele maatregelen om verdichting van de diepere ondergrond te voorkomen. Dit geldt voor natuurlijke bodemprofielen maar óók specifiek voor profielen die via curatieve maatregelen reeds werden losgemaakt. Omdat er in Nederland verschillend gedacht wordt over de urgentie, noodzaak en methoden om verdichting van de ondergrond te voorkomen en te repareren, stelt de Technische Commissie Bodem (TCB) momenteel een advies op over bodemverdichting (planning: februari 2011 gereed). In deze notitie wordt ervan uitgegaan dat het daadwerkelijke risico op te sterke verdichting leidend moet zijn voor (extra) maatregelen. Er is daarom sterke behoefte aan een inventarisatie van de ondergrond in Nederland, aan het vaststellen van meetbare grenswaarden voor schadelijke ondergrondverdichting voor verschillende bodemprofielen en aan meting van de sterkte van de Nederlandse ondergronden onder verschillende omstandigheden. Dit pakket kan dan de basis vormen voor maatregelen. Daar waar de ondergrond door berijding te dicht geworden is, komen woelen en diepwortelende gewassen in aanmerking om de verdichting op te heffen. Deze moeten gecombineerd worden met preventieve maatregelen om verdichting opnieuw te voorkomen. Kwantificering van toelaatbare belasting – aan het bodemoppervlak of in de open ploegvoor – dient de

eerste stap te zijn voor de formulering van preventieve maatregelen. Waar nodig kunnen vervolgens systematische toepassing van lage bodemdrukken, CTF, lichte voertuigen, minder grondbewerking en diepwortelende gewassen helpen om ondergrondverdichting te voorkomen. Dit alles leidt tot de aanbeveling om een nieuwe inventarisatie van de ondergrond in Nederland te starten, waarin vanuit verschillende invalshoeken (dimensies van duurzaamheid) gekeken wordt naar ondergrondverdichting, waarin grenswaarden voor schadelijke verdichting worden vastgesteld en de sterkte van de ondergrond onder verschillende omstandigheden wordt gemeten. Gekoppeld daaraan zou in proeven onderzocht moeten worden of de maatregelen, afgeleid uit bedoelde inventarisatie, inderdaad afdoende werken ter voorkoming van ondergrondverdichting.

In tabel 5.2 is samenvattend weergegeven wat bekend is, wat de afgelopen jaren in onderzoek was en wat openstaande kennisvragen zijn op het gebied van beheer van de bodemstructuur.

ONDERWERP	PRAKTIJKRIJP, NOODZAAK VERDERE IMPLEMENTATIE	IN ONDERZOEK	NIEUW ONDERZOEK, NOG TE STARTEN
Lagedrukberijding akkerbouw en bollenteelt, seizoen	<ul style="list-style-type: none"> • toepassing bij mesttoediening in het voorjaar op klei (wintertarwe) 	<ul style="list-style-type: none"> • toepassing bij mesttoediening in het voorjaar op klei (aardappelen) 	<ul style="list-style-type: none"> • mechanische belastbaarheid klei, zand en löss tijdens teelthandelingen in voor- en najaar
Lagedrukberijding grasland, op veen	<ul style="list-style-type: none"> • mogelijkheden zeer lage drukken en beperking van opbrengstverlies door insporing 		
Seizoens-CTF akkerbouw/bollenteelt	<ul style="list-style-type: none"> • op kleigronden, presentatie resultaten 		<ul style="list-style-type: none"> • evaluatie op zand en löss
CTF op grasland			<ul style="list-style-type: none"> • effecten en haalbaarheid, waaronder reductie N₂O bij voederwinning
Bodemvriendelijke oogst - oogst vanaf rijpaden - lage druk - autonome oogstwagens			<ul style="list-style-type: none"> • toelaatbare druk bij de oogst op diverse grondsoorten en condities • onderzoek principes bodemvriendelijke oogst
Niet-kerende grondbewerking	<ul style="list-style-type: none"> • op lössgronden (erosiebestrijding) 	<ul style="list-style-type: none"> • klei, systeemonderzoek BASIS * • klei (monitoring praktijk), testen machines zaai- en bereidingsmachines • ridge till, mais • energieverbruik op de verschillende grondsoorten 	<ul style="list-style-type: none"> • systeemonderzoek op zandgrond • oplossen knelpunten zware löss en ruggenteelt i.s.m. Belgisch onderzoek

* Onder systeemonderzoek grondbewerking, CTF (controlled traffic farming) en lagedrukberijding wordt hier onderzoek verstaan: naar effecten op bodemstructuur, productie en productkwaliteit, druk van ziekten, plagen en onkruiden, energieverbruik, inzet gewasbeschermingsmiddelen, benutting nutriënten, broeikasgasemissies, ontwikkeling gehalte en stratificatie van organische stof.

Tabel 5.2. Elementen voor kennisagenda: beheer van bodemstructuur.

ONDERWERP	PRAKTIJKRIJP, NOODZAAK VERDERE IMPLEMENTATIE	IN ONDERZOEK	NIEUW ONDERZOEK, NOG TE STARTEN
Minimale grondbewerking		<ul style="list-style-type: none"> • klei, systeemonderzoek BASIS • lichte zavel, combinatie met permanent onbereden (geen rooivruucht) • energieverbruik op de verschillende grondsoorten 	<ul style="list-style-type: none"> • invulling minimale grondbewerking voor rooivruchten op zand- en kleigronden.
Mechanisch/fysische onkruidbestrijding	<ul style="list-style-type: none"> • diverse machines (demo's etc) 	<ul style="list-style-type: none"> • bestrijding wortelonkruiden 	<ul style="list-style-type: none"> • bestrijding in fijnzadige gewassen/breedwerpig gezaaid. • doorontwikkeling intra-rij schoffelen, autonoom voor gangbaar
Precies beschermen	<ul style="list-style-type: none"> • SensiSpray loofdoding 		<ul style="list-style-type: none"> • ontwikkeling sensoren voor detectie onkruiden en bodemeigenschappen • beslisregels plaats specifiek doseren herbiciden en fungiciden • besparingspotentieel en schaalafhankelijkheid • interactie met bemesting • perceelspaspoortconcept
Ondergrondverdichting			<ul style="list-style-type: none"> • inventarisatie omvang van het probleem, indicator en grenswaarden • effect van woelen in combinatie met teelt op onbereden bedden en diepwortelende gewassen • effectiviteit systematische lagedrukberijding • diepwortelende gewassen als curatieve maatregel

5.2.3 BEHEER VAN BODEMBIODIVERSITEIT EN BODEMWEERBAARHEID



Voor het beheersen van bodemgebonden ziekten, plagen en onkruiden is een optimaal beheer van functionele bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid noodzakelijk. Door eisen vanuit milieu en consument wordt het gebruik van bestrijdingsmiddelen steeds verder gelimiteerd. De milieuvriendelijke maatregelen die een agrarisch ondernemer kan inzetten om bodemgebonden ziekten en plagen te beheersen zijn onder andere vruchtwisseling, resistente rassen, hygiëne en evenwichtige bemesting. Naast het beheersen van bodemziekten – door ze onder de schadedrempel te houden – kan ook bodemweerbaarheid een belangrijke bijdrage leveren aan het beheersen van ziekten en plagen. Bij een goede bodemweerbaarheid is de gewasschade bij een gelijke ziektedruk geringer dan in een niet-weerbare bodem. Bodemweerbaarheid is tot op heden slecht voorspelbaar en beperkt stuurbaar.

Ten aanzien van onkruiden zijn preventie, en mechanische en fysische bestrijding milieuvriendelijke alternatieven voor het gebruik van herbiciden. De beheersing van onkruiden is in deze notitie gerangschikt onder het speerpunt beheer van bodemstructuur.

Bodembiodiversiteit speelt een belangrijke rol bij een veelheid aan processen. Naast (1) het beheersen van ziekten en plagen, zowel onder- als bovengronds, zorgt het bodemleven voor (2) de omzetting van organische materialen, waardoor mineralen voor planten vrijkomen, (3) stikstofbinding, (4) het beschikbaar maken van fosfaat en (5) productie van plantenstimulerende stoffen (groeihormonen). Bodemleven bevordert ook de bodemstructuur (6) en kan (7) toxische stoffen afbreken.

Het onderhavige speerpunt richt zich vooral op het inzetbaar maken van bodemweerbaarheid in combinatie met andere milieuvriendelijke maatregelen tegen ziekten en plagen, en op de functionele bodembiodiversiteit die hieraan bijdraagt. Deze biologische aspecten van de bodem zijn tot nu toe onderbelicht, onder andere vanwege hun complexiteit. Echter, door afname van de inzet van chemie en toename van de kennis van biologische principes, bieden bodemweerbaarheid en bodembiodiversiteit nieuwe mogelijkheden voor milieuveilige

maatregelen om ziekten en plagen te beheersen. Maatregelen beïnvloeden echter vaak meerdere aspecten van de bodem, waardoor de hier benoemde speerpunten elkaar vaak deels overlappen.

Nieuwe ontwikkelingen en beschikbare kennis bieden veel perspectieven voor het ontwikkelen van nieuwe maatregelen. Er zijn echter ook nog veel kennishiaten. Hierna wordt de stand van zaken en de kennisbehoefte toegelicht voor een aantal aspecten van bodemweerbaarheid en bodembiodiversiteit.

MECHANISME EN BODEMEIGENSCHAPPEN VERANTWOORDELIJK VOOR BODEMWEERBAARHEID

Over de epidemiologie en levenscyclus van een aantal belangrijke ziekten en plagen is relatief veel bekend. Hierop zijn diverse bestrijdingsmaatregelen gebaseerd. Tevens is er veel bekend over de taxonomie en detectiemethoden voor een groot aantal bodemorganismen, zowel nuttige als ziekteverwekkende. Omdat echter regelmatig nieuwe soorten beschreven worden, blijven taxonomie en detectie relevante onderzoeksterreinen. Voor een aantal combinaties van gewassen en bodemziekten en -plagen zijn meer kwantitatieve gegevens nodig over de epidemiologie en schaderelaties. Dit om schadevoorspellingen te kunnen doen en zo de telers de kosteneffectiviteit van maatregelen te kunnen voorrekenen.

Relatief weinig is bekend over de onderlinge interacties tussen bodemorganismen en over de invloed van abiotische factoren op de organismen rechtstreeks en op hun interacties. Dergelijke interacties vormen de kern van mechanismen waarop bodemweerbaarheid is gebaseerd. Bodemweerbaarheid (of ziekteverendheid) wordt gekenmerkt door het optreden van weinig of geen aantasting in een vatbaar gewas ondanks de aanwezigheid van een ziekteverwekker. Er wordt onderscheid gemaakt tussen algemene en specifieke bodemweerbaarheid. Natuurlijke (biodiverse) bodems kennen een algemene (of natuurlijke) weerstand tegen bodempathogenen. Een grote biodiversiteit en/of activiteit van bodemflora en -fauna dempt de verspreiding en de schadelijkheid van bodempathogenen. Dit is een stuurbaar maar niet overdraagbaar verschijnsel. Bij specifieke weerbaarheid gaat het veelal om een beperkt aantal antagonisten. Deze weerbaarheid is in principe zowel stuurbaar als overdraagbaar, mits we het mechanisme van dit beperkt aantal antagonisten in de complexe

omgeving begrijpen.

Er zijn vele soorten en groepen organismen bekend die ziekteverwekkers kunnen bestrijden. De bodem bevat echter nog veel meer organismen (of combinaties daarvan) die voor ziekteverweking zorgen. De interacties in de bodem en de biotische en abiotische invloeden hierop zijn overwegend onbekend. Doordat we in veel gevallen eigenlijk niet goed weten hoe bodemweerbaarheid tot stand komt, is het vooralsnog slechts beperkt mogelijk om bodemweerbaarheid te sturen door gericht bodembeheer. In het lopende onderzoek is daarom gekozen voor een dubbeldoelstrategie. Onderzoek vindt in een systeemopzet plaats waarbinnen fundamenteel onderzoek kan worden gedaan naar mechanismen, maar tegelijkertijd worden maatregelen ontwikkeld waarmee een teler met een vergelijkbare uitgangssituatie uit de voeten kan. Bij het uitrollen van een maatregel naar de praktijk wordt gecheckt of deze ook generiek werkt, en zo niet wat de criteria voor toepassing dan moeten zijn. Wanneer mechanismen worden begrepen, wordt extrapolatie naar andere situaties met grotere zekerheid mogelijk. Een recent ontdekte groep organismen die een rol bij ziekteverweking kunnen spelen zijn antagonistische *Lysobacter*-soorten. Vanuit kennis van het organisme wordt nu getracht maatregelen te ontwikkelen die de bodemweerbaarheid verhogen.

MAATREGELEN DIE BODEMWEERBAARHEID EN FUNCTIONELE BODEMBIODIVERSITEIT STIMULEREN

Grosso modo kan gezegd worden dat niet bekend is hoe bodemweerbaarheid gestimuleerd kan worden. Voor specifieke organismen is wel onderzoek gedaan naar het effect van bepaalde maatregelen, zoals toediening van compost, maar de effecten zijn onder praktijkomstandigheden vaak niet consistent, omdat een veelheid aan factoren kan variëren. Effecten van maatregelen zijn pathogeen-, gewas- en grondspecifiek.

Toch bestaat de verwachting dat sommige beheermaatregelen de bodemweerbaarheid kunnen stimuleren. Zo is de verwachting dat verhoging van het organischestofgehalte de schadedrempels voor verschillende ziekten-gewascombinaties zou kunnen verhogen. Dit is onder andere in het project Topsoil+ aangetoond: verhoging van de organische stof in de bollenteelt verhoogde de bodemweerbaarheid voor drie van de vier getoetste ziektes. Onderzoek naar het effect van beheermaatregelen dient vooral in de context

van systeemonderzoek plaats te vinden, waar maatregelen in hun onderlinge samenhang worden bestudeerd en waar tevens andere effecten (OS-opbouw, emissies) kunnen worden gekwantificeerd. De keuze van de rotatie, inclusief groenbemesters, speelt hierbij mogelijk een belangrijke rol, naast de aanvoer van diverse organische producten.

Bij het zoeken naar maatregelen die de bodemweerbaarheid positief beïnvloeden, hoort natuurlijk óók het vermijden van maatregelen met een mogelijk negatieve invloed. Daarbij wordt gedacht aan de inzet van gewasbeschermingsmiddelen maar óók van diergeneesmiddelen die ongewild via mest worden aangevoerd. Terwijl de effecten van beide groepen stoffen op sommige organismen wel bekend zijn, is over de mogelijke impact op het biotisch functioneren van de bodem als geheel vrijwel niets bekend.

Specifiek voor de fruitteelt (appel, peer) wordt het nuttige effect van regenwormen en oorwormen onderkend. Deze organismen kunnen bijdragen aan de vitaliteit van bomen en kunnen helpen om schade door ziekten en plagen te verminderen. Regenwormen dragen door het onderwerken van blad bij aan het voorkomen van bepaalde schimmels; oorwormen zijn predatoren voor bladluis. Regenwormen dragen tevens bij aan de bodemstructuur en aeratie, waardoor de vitaliteit van bomen verhoogd kan worden en betere overwinteringsmogelijkheden voor oorwormen ontstaan. Onderzoek en communicatie dienen vooral gericht te worden op toetsing van maatregelen ter stimulering van deze beide organismen. Daarbij moet gedacht worden aan aanvoer van organische producten, vermindering van gewasbeschermingsmiddelen en verbetering van drainage.



MEETMETHODEN VOOR BODEMWEERBAARHEID

Detectie van pathogene organismen is veel verder ontwikkeld dan detectie van nuttige organismen. Bij detectie is onderscheid te maken tussen methoden die aan- of afwezigheid kunnen vaststellen en methoden die ook de mate van besmetting (kwantitatief) meten. Voor managementstrategieën die op schadedrempels zijn gebaseerd, is de ontwikkeling van kwantitatieve systemen nodig.

Voor het meten van bodemweerbaarheid is een verscheidenheid aan bioassays beschikbaar. Deze assays, waarbij gebruik gemaakt wordt van vatbare planten, zijn vooral gebaseerd op het meten van de schadelijkheid van pathogenen in het grondmonster. Ze worden ingezet voor onderzoeksdoeleinden maar zijn nog niet geschikt om aan de praktijk aan te bieden.

Diverse technieken kunnen gebruikt worden om specifieke bodemorganismen te analyseren. Recent werden nieuwe moleculaire technieken ontwikkeld die mogelijkheden bieden om goedkoper meer soorten of zelfs genen te detecteren. Zowel pathogenen als nuttige micro-organismen zijn in deze experimentele moleculaire tools opgenomen. Genoemde technieken en indicatoren zijn echter nog ongeschikt om de activiteit of ruimtelijke aanwezigheid per organisme te bepalen. Dat is wel nodig om weerbaarheid te kwantificeren teneinde de effectiviteit van behandelingen (proeven) of maatregelen (praktijk) te kunnen vaststellen. Bovendien is er onvoldoende bekend over welke organismen of genen betrokken zijn bij bodemweerbaarheid. Daarom moet onderzoek gericht worden op de verdere ontwikkeling van kwantitatieve methoden én op selectie van relevante targets.

ALTERNATIEVE MILIEUVRIENDELIJKE MAATREGELEN TEGEN BODEMGEBONDEN ZIEKTEN EN PLAGEN

Er is een beperkt aantal alternatieve milieuvriendelijke bestrijdingsmethoden voor bodemgebonden ziekten en plagen. Voorbeelden zijn een aantal aaltjesresistente groenbemesters, resistente aardappelrassen tegen aardappelmoehheid, *Tagetes* (Afrikaantje) als bestrijder van wortellesieaaltjes en biologische grondontsmetting. Hiermee kunnen lang niet alle economisch belangrijke ziekten en plagen voldoende beheerst worden. Om die reden zet de praktijk chemische grondontsmetting of stomen in als vangnet in moeilijke situaties. Er bestaat grote behoefte aan de ontwikkeling van duurzame methoden om deze moeilijk te bestrijden bodemziekten en -plagen in toom te houden, vooral op de lichtere gronden en in de teelt van uitgangsmateriaal en exportproducten. Alternatieven zijn milieuvriendelijk als de bestrijding de weerbaarheid van de bodem niet aantast en er geen ongewenste emissies optreden.

Voor het gewone wortellesieaaltje *Pratylenchus penetrans* en de verwelkingsziekte *Verticillium dahliae* worden in een meerjarige veldproef in Vredepeel (sinds 2006) methoden vergeleken.

Uit de proeven blijkt dat bepaalde toegevoegde organische restproducten zeer effectief zijn en dat de effecten gedurende vele jaren te zien blijven in de ontwikkeling van deze ziekteverwekkers. Dit onderzoek biedt goede kansen voor de ontwikkeling van innovatief beheer in de praktijk, alsook voor het achterhalen van biotische interacties en mechanismen waarlangs weerbaarheid tot stand komt. Daarnaast wordt er gewerkt aan het ontwikkelen van indicatoren voor bodemweerbaarheid en bodemkwaliteit in meer algemene zin.

EFFECTEN VAN GRONDBEWERKING

In het project BASIS te Lelystad wordt de invloed van diverse typen grondbewerking op het functioneren van de bodem onderzocht (zie ook speerpunt beheer van bodemstructuur). Terwijl de beheersing van onkruiden hierbij reeds langer aandacht krijgt, werd recent (2010) ook onderzoek gestart naar effecten van grondbewerking op de ontwikkeling van ziekten en plagen. Dit hangt onder andere samen met het achterlaten (of slechts ten dele inwerken) van gewasresten op het veld, maar mogelijk óók met de via grondbewerking veranderde abiotische omstandigheden in de bodem (structuur, drainage en aeratie, stratificatie van organisch materiaal). In het project ridge till/no till worden de mogelijkheden van maïsteelt bij verschillende minimale grondbewerkingsmethoden in kaart gebracht.

BODEMBIODIVERSITEIT EN MINERALENBESCHIKBAARHEID

Het is bekend dat mycorrhiza's de beschikbaarheid van fosfaat voor gewassen kunnen verhogen, vooral waar de beschikbaarheid zeer laag is. Het is niet duidelijk welke rol mycorrhiza's kunnen spelen onder praktijkomstandigheden in Nederland, waar de beschikbaarheid van fosfaat vooralsnog voldoende of hoog is. Ook voor dit onderwerp bestaat met name in de fruitteelt belangstelling. Daar verwacht men dat, bij een verdere aanscherping van de fosfaatgebruiksnormen, een verlaagde beschikbaarheid van fosfaat negatieve effecten op de bewaarkwaliteit van het fruit kan hebben. Gerichte stimulering van mycorrhiza's zou de fosfaatbenutting kunnen verhogen. Belangrijke vragen zijn hoe deze organismen effectief ondersteund kunnen worden en hoe groot hun bijdrage uiteindelijk kan zijn.

KWALITEITSVERLIES HUURLAND

Wie neemt de verantwoordelijkheid voor de bodemkwaliteit van huurland? Men zou verwachten dat eigenaren alle belang hebben bij het bewaken van de kwaliteit op de lange termijn.

Veel grond is echter in eigendom van partijen die zich niet bezighouden met primaire productie. Vanuit hun speculatieve motieven is agronomisch duurzame bedrijfsvoering geen vanzelfsprekend doel op zich. Nemen huurders daarvoor verantwoordelijkheid? Dit zijn gespecialiseerde bedrijven die door schaalvergroting steeds meer hectares telen buiten het eigen bedrijf. De reizende bollenkraam maar ook de aardappelpootgoedteelt zijn hiervan voorbeelden. Grondhuur voor één jaar betekent echter dat er niet geïnvesteerd wordt in de organischestofvoorziening, bodemgezondheid en bodemstructuur voor de lange termijn. Er dienen goede criteria voor bodemkwaliteit te worden ontwikkeld, die in huurcontracten een rol kunnen gaan spelen. Wanneer de kwaliteit van een perceel zichtbaar gemaakt wordt, kan dit zich vertalen in een overeenkomstige huurprijs. Meer zicht op de bodemkwaliteit kan dan ook leiden tot afspraken tussen huurders en eigenaar, voor planmatig onderhoud over de jaren heen.

BEHEER VAN INFORMATIE T.B.V. BODEMWEERBAARHEID EN BODEMKWALITEIT

Aansluitend op het vorige onderwerp, maar ook voor beheer van eigen gronden, is actief beheer van perceelsinformatie een belangrijke tool voor behoud en verbetering van de bodemkwaliteit. Er wordt gewerkt aan webservices, bedrijfsmanagementsystemen en geoinformatica, waardoor beschikbare informatie integraal kan worden ingezet voor behoud en verbetering van bodemkwaliteit. Een integratieslag is nodig om alle losse brokken kennis samen te brengen tot functionerende managementsystemen en te implementeren in de praktijk en het onderwijs. Zo kan schaalvergroting samengaan met een actief beheer van de bodemkwaliteit.

Vanuit wat bekend is en wat de afgelopen jaren in onderzoek was, zijn nieuwe onderzoeksideeën geformuleerd om aan de bovengenoemde kennisvragen en innovatiekansen tegemoet te komen (tabel 5.3). Verschillende hiervan sluiten nauw aan bij de drie speerpunten bodemstructuur, organische stof en bodemvruchtbaarheid.

ONDERWERP	PRAKTIJKRIJP, NOODZAAK VERDERE IMPLEMENTATIE	IN ONDERZOEK	NIEUW ONDERZOEK, NOG TE STARTEN
Mechanisme en bodemeigenschappen verantwoordelijk voor bodemweerbaarheid		<ul style="list-style-type: none"> Lysobacter als antagonist van schimmels en hoe die te stimuleren is (vnl kleigrond) 	<ul style="list-style-type: none"> mechanismen van bodemweerbaarheid op zandgrond mechanismen van bodemweerbaarheid tegen nematoden
Maatregelen die bodemweerbaarheid en functionele bodembiodiversiteit stimuleren		<ul style="list-style-type: none"> maatregelen (groenbemesters, organische toevoegingen, ...) die bodemweerbaarheid stimuleren tegen nematoden in: akkerbouw op zand en klei, bollenteelt op zand, glastuinbouw in de volle grond idem tegen schimmels 	<ul style="list-style-type: none"> maatregelen die functionele biodiversiteit in de fruitteelt (appel, peer) stimuleren teneinde schade door ziekten en plagen te verminderen effect maatregelen op andere bodemaspecten (OS-niveau, emissie etc.). integratie van maatregelen in het totale systeem, impact op andere beheermaatregelen, economische haalbaarheid
Meetmethoden bodemweerbaarheid	<ul style="list-style-type: none"> diverse meetmethoden voor pathogenen 	<ul style="list-style-type: none"> ontwikkeling van moleculaire technieken om bodemweerbaarheid te bepalen ontwikkeling bemonsteringssystemen en laboratoriumtechnieken voor nematoden aaltjes als milieu-indicator (project BODEM) 	<ul style="list-style-type: none"> relevante organismen t.a.v. mechanismen en maatregelen bodemweerbaarheid toepasbaarheid & implementatie meetmethoden
Alternatieve milieuvriendelijke maatregelen tegen bodemgebonden ziekten, plagen en onkruiden	<ul style="list-style-type: none"> diverse beneficials (niet altijd effectief) Tagetes tegen wortelziekten/aaltjes gewasrotatie met minimale vermeerdering schadelijke nematoden 	<ul style="list-style-type: none"> doorontwikkelen biologische grondontsmetting geïntegreerde beheersing onkruiden maatregelen tegen herinplantziekte fruit Project Bodem Vredepeel beheersing Fusarium in ui 	<ul style="list-style-type: none"> integratie & implementatie nieuwe maatregelen in bedrijfssysteem terugkoppeling: knelpunten door wegvallen bestrijdingsmiddelen ontwikkelen effectieve beneficials en biologische bestrijders

Tabel 5.3. Elementen voor kennisagenda: beheer van de bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid.

ONDERWERP	PRAKTIJKRIJP, NOODZAAK VERDERE IMPLEMENTATIE	IN ONDERZOEK	NIEUW ONDERZOEK, NOG TE STARTEN
Invloed grondbewerking op ziekten, plagen en onkruiden		<ul style="list-style-type: none"> gewasbescherming in alternatieve grondbewerkingssystemen 	
Bodembiodiversiteit en mineralenbeschikbaarheid			<ul style="list-style-type: none"> mycorrhiza's stimuleren om fosfaatgebrek bij lagere fosfaatgebruiksnormen te voorkomen (bewaarkwaliteit) (fruitteelt)
Bodembiodiversiteit			<ul style="list-style-type: none"> onderzoek naar het effect van diergeneesmiddelen in mest op biotische bodemfuncties (veehouderij) antibioticaresistentie
Kwaliteitsverlies huurland			<ul style="list-style-type: none"> onderzoek naar organisatie langetermijn- bodembeheer op huurland, om kwaliteitsverlies te voorkomen
Beheer van informatie t.b.v. bodemweerbaarheid	<ul style="list-style-type: none"> NemaDecide BOS t.b.v. aardappel en een aantal aaltjessoorten 	<ul style="list-style-type: none"> BOSNEM verbreding naar een NemaDecide voor bollen 	<ul style="list-style-type: none"> webbased ontsluiting van geo-informatie t.b.v. ontwikkeling van beheerstrategieën



5.2.4 BEHEER VAN BOVENGRONDSE BIODIVERSITEIT

De landbouw is als grootste grondgebruiker in Nederland en Europa een belangrijke drager van biodiversiteitswaarden. Door intensivering en schaalvergroting van de landbouw staat deze biodiversiteit echter onder druk. Zolang de biodiversiteit in landbouwgebieden verder blijft afnemen, zal de bescherming daarvan aandacht blijven vragen van de wetenschap, de samenleving, het beleid en de politiek. Niet voor niets hanteert de Europese Unie de *Farmland Bird Index* als een van de *headline indicators for sustainable development* in haar Strategie voor Duurzame ontwikkeling. Initiatieven ter verduurzaming van de landbouw dienen daarom aandacht te besteden aan biodiversiteit in relatie tot landbouwkundig handelen en inrichting van het landelijk gebied. Hiermee wordt een uitwerking gegeven aan beleidsvoornemens met betrekking tot onder meer Europese biodiversiteitsdoelstellingen, Millennium Development Goals, het Tienpuntenplan van het IUCN Nederland Comité en het Beleidsprogramma Biodiversiteit 2008-2011 (Biodiversiteit Werkt...).

Zoals ook bij de twee speerpunten in de volgende paragrafen (5.2.5 en 5.2.6) is er een groot volume afgerond en lopend onderzoek, waarmee rekening gehouden moet worden als dit speerpunt wordt ontwikkeld in het kader van duurzaam bodembeheer. Duidelijk is dat er veel raakvlakken zijn met BO-onderzoek dat momenteel wordt uitgevoerd onder de noemer 'functionele agrobiodiversiteit'. Een goede afstemming daarmee is vereist. Hiermee is de term functionele biodiversiteit – biodiversiteit die de landbouwproductie ondersteunt – geïntroduceerd, ten onderscheid van biodiversiteit die niet primair een ondersteunende rol heeft (maar op zichzelf nog wel een waarde kan vertegenwoordigen). In deze notitie wordt dit onderscheid verder niet gebruikt. Wel wordt hier ervoor gepleit om invulling van dit speerpunt, dus in het kader van duurzaam bodembeheer, te richten op het volveldse productieve areaal van landbouwbedrijven. (En dus niet in de eerste plaats op bijvoorbeeld lijnelementen of andere, letterlijk marginale, delen van het bedrijf die buiten productie blijven.)

Onderzoek en innovatie moeten vooral gericht worden op het inpassen – in de reguliere productiepraktijk – van maatregelen en teeltsystemen die de biodiversiteit in akker en weide kunnen stimuleren. Een scherpe afbakening ten opzichte van het speerpunt bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid is wellicht niet goed mogelijk, gegeven de

complexiteit van voedselwebben en de zeer onvolledige kennis daarover. De reden om hier toch twee onderscheiden speerpunten te hanteren is dat de nadruk in het eerste geval ligt op maatregelen voor stimulering van de biotische bodemgezondheid en weerbaarheid, terwijl het in het tweede geval gaat om maatregelen voor biodiversiteit in bredere zin, waaronder wormen, vlinders en andere insecten, en vogels.

RELATIE TUSSEN BODEMBIODIVERSITEIT EN BOVENGRONDSE BIODIVERSITEIT

Ondergrondse biodiversiteit kan in het algemeen bevorderd worden door de daar levende organismen te voeden met organische stof en door het aantal verstoringen in de vorm van bewerkingen van de grond zo veel mogelijk te beperken. Maatregelen die de hoeveelheid organische stof in de bouwvoor vergroten zijn (1) teelt van hoofdgewassen die veel organische stof achterlaten, (2) gebruik van organische mest in plaats van kunstmest en (3) teelt van groenbemesters. Negatieve invloeden van grondbewerkingen op de ondergrondse biodiversiteit kunnen worden verminderd door enerzijds het aantal grondbewerkingen terug te brengen en anderzijds door toepassing van niet-kerende grondbewerkingen. Al deze aspecten kunnen afdoende worden ontwikkeld in eerdergenoemde speerpunten (5.2.1-5.2.3).

Uit de literatuur is bekend dat kwaliteitseigenschappen van bodems een directe en grote invloed hebben op allerlei bovengronds en ondergronds levende organismen. Zo is bijvoorbeeld de mate van compactie een belangrijke voorspeller van het aantal wormen en springstaarten, en er werd een significant verband vastgesteld tussen het organischestofgehalte van de grond en het aantal vliegende insecten in graangewassen. Er zijn ook aanwijzingen dat een beheer ter bevordering van ondergrondse biodiversiteit ook aan andere dimensies van duurzaamheid kan bijdragen. Voor een uitgebreide inventarisatie van maatregelen voor de bevordering van biologische bodemkwaliteit wordt verwezen naar Faber et al. (2009)³.

Belangrijke kennishiaten hebben betrekking op de vraag hoe groot de effecten van diverse

3 Faber, J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont en L.C. Braat, 2009). *Ecosysteemdiensten en Bodembeheer. Maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit*. Alterra Rapport 1813. ISSN 1566-7197.

maatregelen zijn op biodiversiteit en hoe vereiste maatregelen inpasbaar gemaakt kunnen worden in de bedrijfsvoering. Een ander kennishiaat betreft de relaties tussen ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit. Het is onduidelijk of een groter absoluut aantal organismen in de ondergrond gepaard gaat met ook een groter aantal bovengrondse organismen. Evenmin is bekend of een breder soortenspectrum in de bodem een breder bovengronds soortenspectrum betekent.

BOVENGRONDSE BIODIVERSITEIT

In tegenstelling tot de ondergrondse biodiversiteit is er veel meer bekend over maatregelen die (functionele en niet-functionele) bovengrondse biodiversiteit in landbouwgebieden bevorderen. De verklaring daarvoor is de zichtbaarheid (en aaibaarheid) van bovengrondse soorten. Hierna wordt een voorbeeld uitgewerkt van een bewezen effectieve maatregel ter bevordering van bovengrondse biodiversiteit: het laten overwinteren van graanstoppels. Deze maatregel is innig verbonden met bodembeheer (inwerken van gewasresten, groenbemesters, onkruidbeheersing), draagt bij aan de voedselvoorziening van akkervogels in de winter, en heeft perspectief op toepassing in de praktijk. In het Verenigd Koninkrijk wordt de maatregel beleidsmatig erkend (subsidieregeling), maar in Nederland is dat niet het geval. Daardoor blijven kansen liggen om meer biodiversiteit op de akker te krijgen. De maatregel raakt aan aanpalende thema's op het vlak van bodembeheer, met name *conservation tillage*- en *reduced tillage*-systemen, ondergrondse biodiversiteit en bestrijding van (wind- en water)erosie.



CASE STUDY AKKERVOGELS: OVERWINTERENDE GRAANSTOPPELS

Een van de oorzaken van de afname van zaadetende boerenlandvogels als patrijs, veldleeuwerik en geelgors is een verminderd voedselaanbod in de winter. Dit verminderde voedselaanbod is onder meer toe te schrijven aan de sterke afname van onkruidpopulaties in het landelijk gebied, waardoor ook het aanbod aan onkruidzaden sterk is teruggelopen.

Tot nu toe worden maatregelen voor akkervogels vooral toegepast op onbeteelde delen van

landbouwbedrijven (akkerranden, overhoeken, houtwallen, greppels etc). Deze onbeteelde delen zullen altijd een klein deel uitmaken van het totale areaal. Voor akkervogels is grote winst te boeken als ook in het beteelde deel van het landbouwbedrijf effectieve maatregelen genomen worden die niet of nauwelijks ten koste gaan van de gewasproductie. In het besef dat onkruidzaden een belangrijk bron van wintervoedsel zijn voor akkervogels, is dan een belangrijke vraag of het mogelijk is een strategie voor onkruidbeheersing te ontwikkelen, waarbij volveldse onkruidgemeenschappen in tijd en ruimte tijdelijk getolereerd worden, terwijl de populatieopbouw van ongewenste probleemonkruiden tegelijkertijd wordt voorkomen. De transitie die hier wordt voorgesteld, is die van een maximale bestrijding van onkruiden binnen economische en milieukundige randvoorwaarden, naar een mede op biodiversiteit gerichte beheersing van onkruiden binnen overige randvoorwaarden.

Op welke grondsoorten?

Ter voorkoming van structuurschade in het voorjaar, worden zwaardere gronden voor de winter geploegd. Het laten overwinteren van graanstoppels is op zwaardere kleigronden daarom een ingrijpende maatregel en wordt hier verder buiten beschouwing gelaten. Op lichtere (zand)gronden is het laten overwinteren van graanstoppels in principe wel goed inpasbaar. Waarom het in de praktijk weinig gebeurt is niet duidelijk. Vaak zullen onkruidonderdrukking en voorkoming van ziekten een rol spelen, soms ook de teelt van groenbemesters.

Voorstel tot aanpak

De werkgroep stelt voor om een verkennend praktijkgericht onderzoek uit te voeren, dat inzicht oplevert in zowel de landbouwkundige inpasbaarheid als de ecologische betekenis van graanstoppels in Nederland. In zo'n onderzoek zouden onder andere de volgende vragen aan bod moeten komen:

- wat is er bekend over het historische en huidige voorkomen van overwinterende graanstoppels in Nederland en vergelijkbare gebieden?
- wat is de waarde van graanstoppels voor vogels, en wat zijn mogelijkheden voor het meer laten staan van de stoppels door bijvoorbeeld het achterwege laten van herbiciden in het graangewas na half juni?
- welke effecten heeft het laten overwinteren van graanstoppels op de

- ondergrondse biodiversiteit?
- wat betekent het tolereren van onkruiden in graanstoppels voor de onkruidbeheersing in volgende fasen van de gewasrotatie, op korte en lange termijn?
 - wat zijn de gevolgen van overwinterende graanstoppels voor de populatieontwikkeling van pathogenen en mycotoxineproducerende schimmels?
 - zijn Nederlandse akkerbouwers bereid om overwinterende graanstoppels op te nemen in de bedrijfsvoering? Welke wel, welke niet en waarom (niet)?



5.2.5 BODEMBEHEER IN RELATIE TOT WATERHUISHOUDING

Bodem en water zijn onlosmakelijk met elkaar verbonden en deze verweving maakt een strikte organisatie van een kennisagenda rond het raakvlak tussen bodembeheer en waterbeheer moeilijk.

Bovendien zijn onderzoek en kennis rond waterbeheer in Nederland dermate omvangrijk, dat het onmogelijk is om kort en bondig de context te schetsen voor verdere kennisontwikkeling en innovatie. Hierna volgt een beperkte set van in het oog springende aspecten die in een kennisagenda voor duurzaam bodembeheer opgenomen kunnen worden. De organisatie van de kennisagenda op dit vlak vereist echter eerst een duidelijke ordening van het gehele kennisveld rond waterbeheer in relatie tot landbouw en natuur.

De kwaliteit van de bodem hangt sterk samen met de hoeveelheid beschikbare water. Afhankelijk van de omstandigheden is deze te veel, optimaal of te weinig. Te veel water leidt tot slechte bewerkbaarheid van bouwland, vertrapping van grasland door weidend vee, teruggang in bodemkwaliteit en verminderde gewasgroei door anaerobie. Te veel water in de bouwvoor leidt ook tot een hogere beschikbaarheid van bijvoorbeeld fosfaat, die dan kan uitspoelen naar het oppervlaktewater. Watertekort anderzijds kan optreden in perioden van droogte en vooral bij ondiep wortelende gewassen of wanneer de ondergrond een slecht doorlatende laag bevat. De dynamiek van water in de bodem is uiteindelijk het resultaat

van (a) neerslag, (b) bodembeheer in engere zin (dat de eigenschappen van de bovengrond en het bodemprofiel beïnvloedt, en zo de interne waterhuishouding waaronder infiltratie, waterretentie en percolatie) en (c) ontwatering, begreppeling en peilbeheer en eventueel berekening.

Onderzoek aan de interne waterhuishouding (b) is in deze notitie gerangschikt onder andere speerpunten (beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid, beheer van bodemstructuur). Ontwatering, peilbeheer en berekening daarentegen vormen een min of meer zelfstandig onderwerp, hier aangeduid als externe waterhuishouding (zij volgen niet uit het beheer van de grond). De externe waterhuishouding mag dan niet door iedereen als onderdeel van bodembeheer worden gezien, ze wordt hier wel als apart speerpunt kort uitgewerkt wegens de grote invloed op de bedrijfsvoering door akkerbouwers en veehouders en op de doelen die met duurzaam bodembeheer worden nagestreefd.

Het regionaal watersysteem wordt zelf overigens ook door landbouwkundig handelen beïnvloed. Zo kunnen bij sterke uitdroging kleibodems scheuren, waardoor bij hevige (zomerse) stortbuien bodemdeeltjes en nutriënten snel wegstromen naar het oppervlaktewater. Bovendien kunnen bodems die sterk verdroogd of verdicht zijn, slecht water opnemen. Daardoor blijft de retentie beperkt en kan, bij zware neerslag, de belasting op het waterafvoersysteem hoog oplopen. Een goede afstemming tussen bodembeheer en waterhuishouding is daarmee van belang voor zowel de boer als voor het waterschap. Via gericht beheer van de bodem en het water in onderlinge samenhang kunnen té natte en té droge situaties worden voorkomen. Naast regulering voor landbouwkundige productie en buffering van afvoerpieken (waterberging) is goede afstemming ook belangrijk voor beperking van maaiveldafval in het veenweidegebied (en de daarmee verbonden emissie van CO₂) en bij vernatting voor natuurdoelen nabij landbouwzones.

Er is in de afgelopen jaren veel kennis en ervaring opgedaan, maar de bodemkundige en hydrologische situatie in een gebied zijn vaak zo specifiek dat onduidelijk blijft of maatregelen die op ene plek geschikt zijn, ook elders werken. De belangrijkste kennisvragen liggen bij de praktische implementatie van maatregelen. Veehouders en akkerbouwers hebben behoefte aan concrete handvatten om invulling te geven aan duurzaam bodembeheer. Grote effecten

van ingrepen – op meerdere dimensies van duurzaamheid – zijn te vinden in de relatief natte gebieden: in het veenweidegebied en in gebieden op zand en kleigrond waar bijvoorbeeld vanuit natuuroogpunt hogere grondwaterstanden nagestreefd worden. Daar kunnen flexibel peilbeheer of veranderd bedrijfsmanagement een oplossing bieden. In droge gebieden kan flexibel beheer de vochtbeschikbaarheid vergroten, zodat er minder gebruik hoeft worden gemaakt van grond- of oppervlaktewater voor beregening.

Omdat de problematiek rond waterbeheer in de context van duurzaam bodembeheer sterk tussen grondsoorten verschilt, is hierna een onderscheid naar grondsoort gemaakt.

BODEM- EN WATERBEHEER IN HET VEENWEIDEGEBIED

Het westelijk veenweidegebied vertegenwoordigt een uniek en waardevol landschap. Er spelen specifieke problemen rond bodem en water: de hoge grondwaterstand leidt tot een slechtere draagkracht, slechte berijdbaarheid en latere groei van het gras. De ontwatering van het veen, dat aan de voorgaande problemen een oplossing biedt, leidt op haar beurt juist tot daling van het maaiveld en verhoogde emissies van CO₂. Dit is een brede problematiek die een kennisagenda voor duurzaam bodembeheer ver overstijgt en waar dan ook vanuit diverse invalshoeken kennis en beleid voor worden ontwikkeld. Omdat hier sprake is van het zoeken naar optima – tussen te nat en te droog maar ook tussen de belangen van de boer en die van waterschap, omwonenden en de bredere samenleving – zal de vraag naar goede methoden voor het maken van afwegingen sterker worden. Zulke methoden zijn niet specifiek voor dit vraagstuk. De toepassing ervan uiteraard wel en deze zou ingepast kunnen worden in de beoogde kennisagenda (zie ook teebweb-link in paragraaf 5.2.6.).

In het veenweidegebied zijn diverse agrarische studiegroepen actief bezig met maaiveld daling, broeikasgassen en waterkwaliteit, onder andere gefinancierd door de provincie Utrecht. Zij hebben behoefte aan kwantitatieve onderbouwing van de effecten van maatregelen op de dimensies van duurzaamheid. Belangrijke kennisvragen voor de hier beoogde kennisagenda zijn daarom wat individuele maatregelen als onderwaterdrainage, flexibel peilbeheer, inschaarmoment melkvee en verlaging van bodemdruk bij berijding op bedrijfsniveau kunnen betekenen, en hoe die maatregelen ingepast kunnen worden. De studiegroepen hebben geen financiële middelen om deze kennis te verzamelen. Uit de vraagarticulatie in de

studiegroepen blijkt dat er behoefte is aan een toolkit van mogelijk toe te passen maatregelen op bedrijfsniveau, met een beoordeling van de respectievelijke bijdragen aan duurzaamheid. Dergelijke kennis zou direct geïmplementeerd kunnen worden in de reeds lopende studiegroepen. Het onderzoek dient te worden afgestemd op lopende initiatieven van het Proefbedrijf Zegveld, waar reeds verschillende veldproeven op het gebied van waterbeheer in uitvoering zijn of waren in opdracht van onder andere het voormalige LNV of het huidige EL&I, waterschappen en Productschap Zuivel. Dit onderzoek kan ondersteund worden door modelwerk op bedrijfsniveau (bijvoorbeeld met het bedrijfsmodel voor de melkveehouderij BBPR/DairyWise⁴).

ZAND- EN KLEIGRONDEN

Door waterberging of vernatting voor bepaalde doeltypes natuur krijgen (omliggende) akkerbouwgronden en graslanden te maken met hogere grondwaterstanden. Hierdoor is de grond in het voorjaar later bewerkbaar. Voor grasland betekent dit verlate bemesting, hetgeen veelal een snede gras kost. Voor bouwland betekent dit latere bewerking en inzaai, wat in het algemeen ook tot opbrengstderving leidt. In het groeiseizoen zijn hoge grondwaterstanden tot 60 centimeter geen probleem. Integendeel, de opbrengsten nemen toe doordat de kans op droogtestress afneemt. De onderzoeksvragen rond vernatting zijn gericht op het kwantificeren van (neven) effecten en op maatregelen om hier in de praktijk mee om te gaan. Allereerst is een korte studie nodig naar de omvang van het areaal (bouwland en grasland) dat met hogere peilen te maken krijgt. Vervolgens zou gericht een aantal effecten van vernatting op bodemfuncties en daarmee op dimensies van duurzaamheid onderzocht moeten worden (productie,



4 Schils, R.L.M., M.H.A De Haan, J.G.A. Hemmer, A. Van Den Pol-van Dasselaar, J.A. De Boer, A.G. Evers, G. Holshof, J.C. Van Middelkoop en R.L.G Zom, 2007. DairyWise, a wholes-farm dairy model. *Journal of Dairy Science*, 90 (11), pp. 5334-5346.

nutriëntenbenutting en -emissies, ziekten, plagen, onkruiden, opbouw van organische stof, broeikasgassen).

Dynamisch peilbeheer – diep ontwateren in het voorjaar als de grond bewerkt moet worden en bij de oogst, en hogere grondwaterstand in het groeiseizoen – lijkt goede perspectieven te bieden waar de grond periodiek te droog of te nat is. Ontwatering op kleigronden dient onder andere de draagkracht en werkbaarheid in het voor- en najaar. De zandgronden zullen in het algemeen minder problemen hebben in het voorjaar, maar ondervinden juist in het groeiseizoen problemen door vochttekort. Weliswaar kan dit met beregening worden opgelost; echter dit kost energie en geld en bovendien beperken waterschappen (oppervlaktewater) of provincies (grondwater) vaak de beregening bij aanhoudende droogte. Vochttekort kan dan beperkt blijven, indien tijdig meer water in het gebied wordt vastgehouden. In Brabant is al ervaring opgedaan met individueel waterbeheer, waarbij boeren zelf het peil mochten regelen, maar tegelijkertijd restricties opgelegd kregen voor beregening. Dit waterbeheer werd gecombineerd met kennisoverdracht over waterstroming. Ten tijde van de pilot leek deze aanpak een groot succes. Het is niet duidelijk of de effecten voortduren en of een dergelijke systematiek ook elders toegepast kan worden. Indien flexibel waterbeheer verder wordt ontwikkeld binnen de kennisagenda voor duurzaam bodembeheer, zou een evaluatie van die pilot op zijn plaats zijn en richting kunnen geven aan verder onderzoek en ontwikkeling. Vragen zijn onder andere hoe participatie op gang gebracht kan worden en wat de rol en effectiviteit zijn van scholing aan boeren over waterbeheer. Ook zou daarbij de regionale organisatie en bestuurskundige inbedding van flexibel peilbeheer aandacht moeten krijgen.

Voordat nieuw onderzoek geformuleerd kan worden, dienen kennis en ervaring uit eerdere studies te worden gebundeld en gecombineerd (Duik in water! (NAJK), LOP-stuwen, Maatregelen voor Schoner Water, Bodemdiensten Friesland). Daarbij moet ook gedacht worden aan reeds bestaande tools voor bodem-waterbeheer en aan kenniskringen op dit gebied in verschillende regio's.

Tot slot zijn er specifieke gebieden met verziltingsproblemen (onder andere Bollenstreek, delen van Noord-Nederland, delen van Zeeland), waar aangepast peilbeheer mogelijk kan bijdragen aan het beperken van verzilting of van de schade daardoor.



5.2.6 KOSTEN, BATEN EN ADOPTIE VAN DUURZAAM BODEMBEHEER

Het is niet goed mogelijk in kort bestek een overzicht te geven van afgerond of lopend sociaal-economisch onderzoek, waarin bodembeheer een plaats inneemt. Er bestaat zowel in Nederland als internationaal een omvangrijke literatuur over gedrag in relatie tot duurzaamheid, factoren die adoptie beïnvloeden en de rol van (vermeende) kosten-batenverhoudingen hierbij. Bodembeheer is slechts een van de onderdelen van de bedrijfsvoering. Terwijl er wel studies bekend zijn naar specifieke aspecten van de bedrijfsvoering (onder andere in relatie tot bemesting- en mineralenbeheer en inzet van gewasbeschermingsmiddelen) zijn er geen recente Nederlandse studies naar duurzaam bodembeheer in bredere zin. Nieuw onderzoek zal zich moeten richten op hierna genoemde aspecten.

ZOEKEN NAAR OORZAKEN VAN NON-ADOPTIE

Waarom gewenste gedragsveranderingen vaak niet worden bereikt, blijft veelal onduidelijk. Enerzijds kan een rol spelen dat inzicht en kennis onvoldoende hanteerbaar zijn (gemaakt) voor inpassing in de betreffende bedrijfscontext. Waarschijnlijk is dat echter niet het enige; er is vaak sprake van routine bij landbouwers, en dat staat adoptie van nieuwe mogelijkheden in de weg. Handelingen, werkwijzen en beslissingsgedrag veranderen alleen als de landbouwer zich ervan bewust is dat dit verbeteringen kan opleveren. Om tot verandering te komen, moet hij zich bewust worden van het belang van duurzamer bodembeheer voor zijn bedrijfsresultaten (op korte en langere termijn), van de bedrijfseigen knelpunten op dit gebied, van de oorzaken daarachter en van mogelijke oplossingsrichtingen. Methoden waarmee bij gedragverandering goede resultaten worden geboekt zijn onder andere deelname aan 'lead-user innovation networks', en 'benchmarking', waarbij een ondernemer de resultaten van zijn bedrijf vergelijkt met die van andere ondernemers waarmee het bedrijf op belangrijke punten vergelijkbaar is. Ontdekken dat en ook waar het beter kan door eigen bedrijfsresultaten naast die van een groep vergelijkbare bedrijven te zetten, helpt de ondernemer bij de analyse naar verbeterpunten. Het constateren van verschillen met vergelijkbare bedrijven daagt uit tot het zoeken naar verbetering. Verder is het van belang dat de ondernemer ontdekt wat verbeteringen voor zijn eigen situatie aan betere resultaten kan opleveren. Spelsimulatie, ook

met de gegevens van zijn eigen bedrijf, kan hem dat inzicht geven en hem tot adoptie en tot actie brengen (zie <http://www3.lei.wur.nl/DZW/>).

Zoeken naar de oorzaken van non-adoptie is een eerste stap, 'benchmarking' de tweede stap en deelname aan 'lead-user innovation networks' en spelsimulatie de derde stap om tot verbetering te komen.

Bij het zoeken naar de oorzaken van het achterwege blijven van adoptie moet ook bekeken worden welke wettelijke beperkingen een verduurzaming van bodembeheer eventueel in de weg staan. Zo kunnen beleidsmaatregelen geformuleerd worden die verduurzaming ondersteunen en belemmeringen wegnemen.



KOSTEN EN BATEN VOOR ONDERNEMER OP KORTE EN LANGERE TERMIJN

Inzicht in de kosten en baten van maatregelen en strategieën op korte en lange termijn kan ondernemers helpen bij het streven naar een duurzame bedrijfsontwikkeling. Dat ondersteunt de bovenomschreven stappen naar adoptie van voor hen geschikte maatregelen en strategieën, en kan hen ertoe brengen om routinematige handelingen te veranderen. Vaak is onduidelijk hoe groot de kosten en baten zijn, zeker omdat de resultaten van een beter bodembeheer meestal niet op korte termijn zichtbaar zijn.

'Benchmarking' aan resultaten van andere bedrijven waar een duurzamer bodembeheer wordt toegepast, kan aanpassingen helpen opsporen om de kosten-batenverhouding te verbeteren.

ONTWIKKELING VAN TOOLS VOOR DE ONDERNEMER

Ondernemers willen inzicht in de maatregelen die hun eigen concrete situatie kunnen verbeteren. Tools om ondersteuning te bieden bij adoptie van maatregelen en strategieën voor een duurzamer bodembeheer zullen op die behoefte moeten inspelen. Dat kan leiden tot relatief eenvoudige tools die bijvoorbeeld inzicht geven in de organische stofbalans tot

tools op bedrijfsniveau. Deze laatste maken het mogelijk om het resultaat het eigen bedrijf integraal te spiegelen aan dat van vergelijkbare bedrijven of met spelsimulatie strategieën voor het eigen bedrijf door te rekenen op hun effecten. Bestaande benchmarktools (Face-It) en prototypen van bestaande spelsimulatie (DZW) kunnen daarop worden toegesneden.

ONTWIKKELING VAN STURINGSINSTRUMENTEN VOOR DE ONDERNEMER

Duurzaamheid is voor landbouwers moeilijk grijpbaar zolang dit begrip niet hanteerbaar gemaakt is via signaleringsinstrumenten, waarin indicatoren centraal staan die een relatie hebben met de bedrijfsvoering en op grond waarvan de ondernemer kan sturen. Deze vertaling is nodig om de ondernemer iets bij duurzaamheid te laten voorstellen en te doen weten waaraan hij moet werken, zodat de motivatie hoog blijft. Deze indicatoren kunnen dan bij benchmarking worden gebruikt om de duurzaamheid van verschillende aspecten van bedrijfsvoering af te meten aan die van vergelijkbare 'peer groups'.

DIFFERENTIATIE IN BESLISGEDRAG TUSSEN ONDERNEMERS

Ondernemers geven afhankelijk van wat zij belangrijk vinden afzonderlijke thema's een onderscheiden plaats in hun bedrijf. Zo worden er koeienboeren, graslandboeren, autonome boeren et cetera onderscheiden met een verwijzing naar wat zij belangrijk vinden. Ook zijn er regionale verschillen in de aandacht die boeren aan thema's geven. Inzicht in deze verschillen kan van belang zijn bij de stimulering van gedragsverandering rond bodembeheer. Doordat bij benchmarking een groep vergelijkbare bedrijven wordt gegenereerd, wordt de betrokkenheid van en de overtuiging bij de ondernemer dat hij aan de eigen situatie werkt, vergroot. Dat gebeurt ook met spelsimulatie.

BREDE ANALYSE

Bovengenoemde aspecten en 'tools' zouden gecombineerd kunnen worden in onderzoek en kennisuitwisseling ten behoeve van verduurzaming van bodembeheer. Een geïntegreerde aanpak besteedt dus aandacht aan welke knelpunten verschillende typen ondernemers in verschillende regio's ervaren, welke plaats de bodem daarin inneemt (niets tot veel), welke routines hun beslissingsgedrag bepalen, welke interventies nodig zijn voor doorbraken in beslissingsgedrag en welke sturingsinstrumenten daarvoor nodig zijn.

ECONOMISCHE WAARDERING VAN MAATSCHAPPELIJKE BATEN

Tenslotte is er de monetaire waardering van ecosysteemdiensten, diensten die in dit geval de bodem vervult in het belang van de samenleving. Dit vakgebied is de laatste paar jaar in een stroomversnelling geraakt door werk van Constanza in 1997 (zie ook <http://www.teebweb.org/>). Het onderwerp is echter complex en controversieel en moeilijk af te bakenen. Mogelijk zou de economische waardering van bodembeheerdiensten in de bredere context van landgebruik ontwikkeld moeten worden. Monetaire waardering van bedoelde diensten is relevant in gevallen waar vergoedingen vastgesteld moeten worden, en waarbij dan niet alleen naar de uitvoeringskosten maar ook naar de waarde van geleverde diensten gekeken moet worden.



5.3 AANPAK KENNISAGENDA

In de kennisketen van experiment tot kennisbenutting is het vruchtbaar gebleken om parallel aan de ontwikkelingen in de experimenten gebruik te maken van de innovatieve kracht van ondernemers en het toeleverend bedrijfsleven. Omdat diverse agrarische ondernemers al nieuwe technieken en methoden op hun bedrijf testen en optimaliseren, is het raadzaam dat het onderzoek met hen samenwerkt. Dat kan zijn in de vorm van facilitering (kennis en ervaring bij elkaar brengen), maar ook concreter door hulp te bieden bij de ontwikkeling van nieuwe technologie en bij het uitvoeren van ondersteunende metingen en waarnemingen ter evaluatie en verbetering van die innovaties.

Deze participatieve/interactieve modus neemt een centrale plaats in in de gehele kennisketen. Die moet daarom

voor een efficiënte kenniswerking en benutting van beschikbare middelen goed georganiseerd worden. Een goede afstemming van de volgende elementen – lijst is niet uitputtend – is daarbij van belang:

- thematisch onderzoek (experimenteel en desk), fundamenteel en/of strategisch, korte- en langetermijnvraagstellingen, veelal op proeflocaties of labschaal, deels te plaatsen in KB
- langetermijnonderzoek op proeflocaties, bij voorkeur over meerdere decennia (in Nederland nauwelijks beschikbaar, daarom ook locaties buiten Nederland benutten), thematisch en/of meerdere thema's in samenhang
- systeemonderzoek: ontwikkelen en evalueren van pakketten van op elkaar afgestemde (onderling consistente) maatregelen/beheeropties; op proeflocaties, biologisch en gangbaar separaat maar nabij elkaar
- regionale pilots (bedrijfstypen en grondsoorten in regio's)
- praktijkexperimenten (dus op praktijkbedrijven)
- praktijknetwerken en kenniskringen (respectievelijk biologisch en gangbaar)
- co-innovatie op proef- of praktijkbedrijven, samen met toeleverend bedrijfsleven (machinebouwers, composteerders etc.)
- kennismontage, ontwikkeling van management tools, webservices
- organiseren van aansluitingen met voorlichtende organisaties voor zowel participatie als kennisdoorstroming en -benutting
- publicatie in wetenschappelijke en vaktijdschriften
- organiseren van aansluiting bij het onderwijs: programmering, onderwijselementen
- relatiebeheer en (kennis)programmaontwikkeling met betrokken organisaties en financiers
- afstemming met andere EL&I-kennisagenda's met bijbehorende beleidsondersteunende programma's
- afstemming tussen KennisBasis en BO-agenda's
- afstemming met overige onderzoeksprogrammering en financiers (zie hierna)

De kennisketen is een complex systeem. Het opbouwen van een goed samenhangend geheel vereist intensieve aandacht en investering gedurende vele jaren. Het is daarom van belang om bestaande netwerken en regionale 'kernbedrijven' te koesteren en in onderlinge samenhang verder te ontwikkelen en te benutten voor verduurzaming van bodembeheer. Daarvoor ligt in Nederland een stevige basis, zowel voor de biologische als voor de gangbare landbouw.

Zowel EL&I als de sector zelf alsook andere organisaties kunnen bijdragen aan de financiering van delen van de kennisagenda. Vele stakeholders en organisaties hebben immers belang bij duurzaam bodembeheer: productschappen, agrarisch ondernemers en toeleverend bedrijfsleven, waterschappen, provincies, EU, natuurbeherende organisaties en het Ministerie van Infrastructuur en Milieu (voorheen VROM en V&W) met de daaraan gelieerde Technische Commissie Bodem (TCB) en de Stichting Kennisontwikkeling en Kennisoverdracht Bodem (SKB). De wijze waarop ketenpartijen (sector) complementair aan de overheid kunnen bijdragen en deelnemen aan de ontwikkeling van een stevige kennisketen is weergegeven in figuur 5.1.

Door netwerken van biologische en gangbare ondernemers te verbinden, kan wederzijds veel kennis en ervaring worden gedeeld en kan men elkaar inspireren en stimuleren. Dat geldt zeker ook doordat bij die verbinding de ondernemers uit beide stromingen aansluiting vinden bij de experimenten en vraagstellingen. Dat bevordert de onderlinge discussie en stimuleert de dynamiek van kennisontwikkeling en -verspreiding. De samenwerking kan dan doorgetrokken worden van experiment tot pilots, on-farm research en praktijknetwerken. Door bedoelde samenwerking vorm te geven vanaf het experiment kan de uiteindelijke doorwerking in de praktijk waarschijnlijk sterk worden bevorderd.



Figuur 5.1. Kennisagenda waarbij EL&I en sector gezamenlijk bijdragen aan kennisontwikkeling, -montage en verspreiding, afhankelijk van het niveau in de kennisketen.

INTEGRATIE, SYSTEEMONDERZOEK EN SYSTEEMLOCATIES

In het organiseren van de kennisketen bestaat er – zowel bij opdrachtgevers als bij belanghebbenden in de praktijk – een groeiende voorkeur voor activiteiten waarbij kennis en innovatie worden geïntegreerd tot gehele strategieën (van bodembeheer), dus tot afgeronde pakketten van samenhangende (onderling consistente) keuzes en maatregelen. Die voorkeur wordt gevoed door de verwachting dat onderzoeksresultaten op deze wijze sneller in de praktijk toegepast kunnen worden of geaccepteerd worden. Omdat deze voorkeur voor kennisintegratie en integrerend onderzoek de komende jaren zal blijven bestaan en discussies hierover een rol zullen spelen in de verdere ontwikkeling van de kennisagenda, wordt hieronder een poging gedaan om de begrippen integratie en systeemonderzoek nader te preciseren en enkele voor- en nadelen te benoemen.

In de organisatie van onderzoek en kennisbenutting worden verschillende vormen van integratie onderscheiden, waaronder:

- het combineren van kennisvragen uit verschillende disciplines (thema's, speerpunten) in één proefopzet
- het benutten van bestaande thematische experimenten voor aanvullende waarnemingen vanuit andere disciplines (bijvoorbeeld neveneffecten van aangelegde contrasten)
- het verbinden van kennisontwikkeling en -verspreiding tussen stromingen (biologisch en gangbaar), (dit kan ongeacht het aggregatieniveau)
- het opschalen van resultaten naar een hoger (fysiek) aggregatieniveau, bijvoorbeeld van plant of grondkolom naar gewas, perceel of bedrijf
- het ontwikkelen, evalueren en op elkaar afstemmen van maatregelen/ innovaties tot pakketten van onderling consistente maatregelen (die dan als beheersystemen worden aangeduid)

Al deze vormen kunnen een nuttige rol vervullen in de beoogde kennisagenda.

Laatstgenoemde aanpak kan voor een sterke samenhang tussen verschillende elementen van de kennisagenda zorgen. Deze aanpak wordt aangeduid als systeemonderzoek.

Systeemonderzoek dient dan als spil in de kennisketen, waarbij thematisch onderzoek (aspectonderzoek) kennis en technologie aanlevert, die in systeemonderzoek wordt toegepast

en geëvalueerd. Zo worden nieuwe hindernissen, die vaak optreden bij innovaties, tijdig gesignaleerd. Dit roept weer nieuwe thematische onderzoeksvragen en de behoefte aan bijpassende innovaties op. Daarnaast fungeren de systeemlocaties als condensatiepunt voor communicatie en voor het aantrekken van partners in de kennisketen. Regionale proeflocaties kunnen hierbij op effectieve wijze een centrale plaats innemen en hebben vaak een sterke uitstraling naar de praktijk.

Vanuit wetenschappelijk oogpunt kunnen er twee – op zichzelf staande – argumenten zijn om een bepaalde vraagstelling aan te pakken via systeemonderzoek:

- De beoogde oplossingsrichting voor een bepaald knelpunt vereist een serie van aanpassingen in de bedrijfsvoering, die in onderlinge afstemming ontwikkeld en geëvalueerd moeten worden. Bijvoorbeeld nieuwe grondbewerkingssystemen – voor minder brandstofgebruik en een betere bodemstructuur – vereisen óók een aangepaste oogsttechniek (om de gewonnen bodemstructuur niet steeds te verliezen) en bijpassende groenbemesters en onkruidbeheersingsstrategieën. Voorbeeld systeemonderzoek: BASIS op de Broekemahoeve.
- Men wil nagaan hoe groot het gecumuleerde effect van combinaties van maatregelen is voor een centraal gestelde doelvariabele. Zo'n variabele kan bijvoorbeeld zijn: het stikstofoverschot op bedrijfsniveau, het nitraatgehalte in het grondwater onder het bedrijf, de totale inzet van actieve stof (gewasbescherming) of brandstof (transport en bewerkingen), de totale emissie aan broeikasgassen of de bodemweerbaarheid in een perceel. In al deze gevallen is de doelvariabele immers de resultante van de respectievelijke bijdragen van vele individuele maatregelen, waartussen positieve of negatieve terugkoppeling kan bestaan. Door maatregelen te stapelen, kan dan een maximaal haalbaar effect worden geschat. Voorbeeld van systeemonderzoek: het (nu afgesloten) systeemonderzoek Nutriënten Waterproof (NWP) op Vredepeel (gericht op minimale nitraatuitspoeling).

Systeemonderzoek – waarbij dus in één object vaak meerdere factoren tegelijk worden bestudeerd – heeft ook nadelen. De wetenschappelijke onderbouwing van resultaten wordt

bemoelijkert wanneer (vaak uit kostenoverweging) contrasterende systemen zodanig zijn aangelegd, dat verschillen niet statistisch getoetst kunnen worden. Soms kan zelfs geen contrast aangelegd worden dat het gehele bedrijf in één behandeling vertegenwoordigt (bijvoorbeeld proefbedrijf De Marke). Voorts leggen systeemplots onderzoeksgebied voor langere tijd vast op één locatie (grondsoort) en één proefopzet (rotatie, behandelingen), terwijl grondsoorten en bedrijfssystemen (ook binnen het zand- respectievelijk kleiareaal) sterk verschillen. Ook kunnen de respectievelijke bijdragen van de aparte factoren of maatregelen aan een doelvariabele (bijvoorbeeld bodemweerbaarheid) niet apart gekwantificeerd worden, als ze niet een voor een gevarieerd worden, terwijl dat inzicht wel belangrijk is. In de praktijk zal immers zelden het gehele systeem gekopieerd kunnen worden, want ieder bedrijf is een specifieke combinatie van rotatie en raskeuze, grondsoort, hydrologie, historie, investeringsmogelijkheden en toekomstperspectief. Er zijn veel belangrijke kennis- en innovatievragen die goed onderzocht kunnen worden via eenvoudiger, veelal goedkopere experimenten of toetsen. Tot slot: echte doorbraken voor het oplossen van knelpunten zijn zelden vanuit systeemonderzoek ontstaan. Ze vereisen vaak de gerichte ontwikkeling en benutting van nieuwe technologie en bijbehorende kennis voor een specifiek probleem.

Kortom, ook al staat het belang van systeemonderzoek als onderdeel van een brede kennisagenda hier niet ter discussie, bij een keuze voor deze benadering hoort steeds een zorgvuldige afweging. Tegen de achtergrond van de zich ontwikkelende kennisbehoefte en beschikbare middelen, zal steeds opnieuw een balans gezocht moeten worden tussen de verschillende modi die bij onderzoek en kennisdeling mogelijk zijn.

5.4 AANBEVELINGEN

1. Duurzaam bodembeheer is een veelomvattend en tot dusver slecht afgebakend begrip. Voor een goede communicatie tussen beleid, primaire sector, ketenpartijen en onderzoek is het van belang dat dit begrip helder en eenduidig wordt afgebakend. Deze notitie geeft daartoe een aanzet, maar een verdere aanscherping, correctie en/of acceptatie door alle betrokkenen is essentieel. Daarmee ontstaat uiteindelijk een duidelijk kader voor een effectieve kennisagenda.
2. Voorbeelden van onderwerpen die niet door eenieder gezien worden als bodembeheer zijn agrobiodiversiteit; precisietoediening van meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen; innovaties in de bewerking, oogst en transport van producten; en de relatie bodem - waterbeheer. Toch zijn deze onderwerpen zo sterk met bodembeheer verweven dat ze naar het oordeel van de werkgroep wel thuishoren in een kennisagenda voor duurzaam bodembeheer.
3. Voor deze studie zijn knelpunten in de Nederlandse landbouwsectoren geïnventariseerd die nauw met bodembeheer verbonden zijn. Het is niet mogelijk om met beperkte middelen alle knelpunten aan te pakken. Voor een effectieve kennisagenda komt het aan op een duidelijke prioritering van de knelpunten per sector. Die taak ligt in eerste instantie bij de sectoren en het beleid.
4. De kennisagenda's voor duurzaam bodembeheer in respectievelijk de biologische en gangbare landbouw kunnen geïntegreerd worden, mits er voldoende oog blijft voor de verschillen in randvoorwaarden waarmee deze systemen werken. De doelen, processen en relevante bodemeigenschappen zijn voor beide systemen in grote mate vergelijkbaar, maar de mogelijkheden voor de biologische ondernemers om teelten bij te sturen zijn kleiner. Beide stromingen hebben elkaar veel te bieden. Een effectieve kennisagenda benut die kansen.
5. De kennisagenda zou gericht moeten worden op het ontwikkelen, toetsen en verspreiden van innovaties die de belangrijkste knelpunten voor

duurzaam bodembeheer wegnemen, en zo het handelingsperspectief van de ondernemers verbreden. De werkgroep die deze notitie heeft voorbereid, is van mening dat veel knelpunten aan te pakken zijn via gericht beheer van de drie centrale bodemkenmerken. Ze stelt daarom voor om een belangrijk deel van de kennisactiviteiten te organiseren rondom drie speerpunten:

- beheer van organische stof en bodemvruchtbaarheid
- beheer van bodemstructuur
- beheer van bodembiodiversiteit en bodemweerbaarheid

Hoofdstuk 5 geeft overzichten van de belangrijkste kennishiaten en innovatieopgaven binnen deze speerpunten.

6. Door de innige samenhang tussen eigenschappen en processen bestaan er tussen de voorgestelde speerpunten veel raakvlakken en overlap. Bij elke andere indeling zal dat ook gebeuren. Daarnaast bestaat er vaak óók een sterke samenhang tussen de maatregelen die de ondernemer uitvoert. Zo heeft minder grondbewerking grote consequenties voor de mogelijkheden voor onkruidbeheersing of voor structuurherstel. Om deze redenen is het zinvol om een deel van de activiteiten voor de beoogde kennisagenda te groeperen in systeemonderzoek. Maatregelen worden daar in samenhang ontwikkeld en hun impact op verschillende bodemkenmerken wordt er gevolgd. Bovendien vormen locaties voor systeemonderzoek een goed ankerpunt voor interacties met ondernemers en andere partijen in het werkveld. Op elke hoofdgrondsoort – zand, veen, klei – zou tenminste één systeemlocatie goed ontwikkeld moeten worden.
7. Naast systeemonderzoek dient er voldoende ruimte gereserveerd te blijven voor thematisch onderzoek, toegepast en fundamenteel. Dit blijft de basis voor verdere ontwikkeling van kennis en technologie die bij innovatie essentieel is.
8. Een kennisagenda die beoogt bij te dragen aan duurzaam bodembeheer in brede zin, dient zich niet alleen te richten op bodemkwaliteit, maar onder andere óók aandacht te geven aan de impact van bodembeheer op andere aspecten van duurzaamheid, zelfs indien die niet de bodem zelf zouden raken. Zichtbare biodiversiteit op de akker en in de weide en bodembeheer in

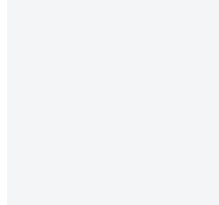
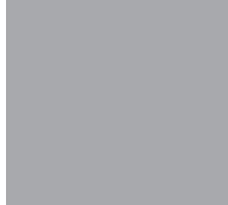
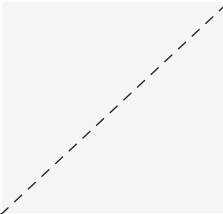
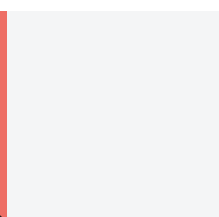
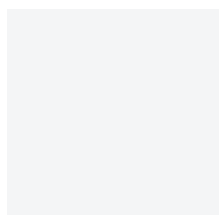
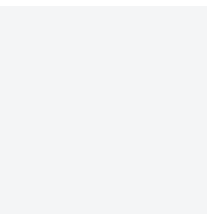
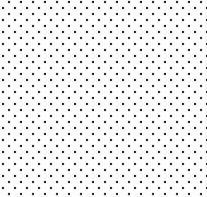
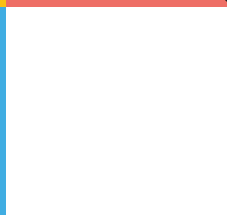
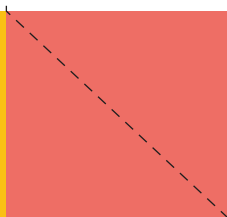
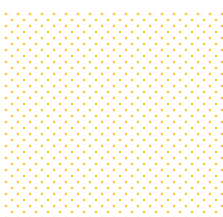
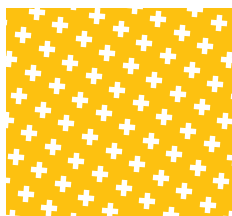
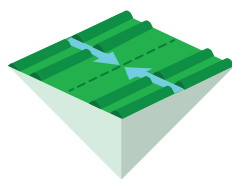
relatie tot waterbeheer worden hier als twee extra speerpunten voorgesteld. Deze twee onderwerpen maken echter óók deel uit van kennisagenda's voor biodiversiteit en waterbeheer, die veel verder reiken dan bodembeheer. Ze dienen daarom ontwikkeld te worden in nauwe afstemming met die agenda's.

9. Tenslotte is aandacht nodig voor processen rond gedragsverandering en adoptie van duurzaam bodembeheer, en voor de economische evaluatie van innovaties en aangepast beheer op de korte en langere termijn. Uiteindelijk zullen aanpassingen die niet renderen, in de brede praktijk niet slagen, tenzij ze via steunmaatregelen aangemoedigd of via wettelijke regulering opgelegd worden. Aanmoediging geldt evenzeer voor agrarisch ondernemers als voor ketenpartijen die bij innovaties een belangrijke rol vervullen. Een beleid dat verduurzaming wil stimuleren, moet oog hebben voor de risico's die investerende partijen nemen en moet bereid zijn financiële risico's te delen wanneer beoogde innovaties bijdragen aan het algemeen belang.





BIJLAGEN



BIJLAGE I - WERKGROEP

De werkgroep die de visie heeft opgesteld, bestond uit vertegenwoordigers van betrokken disciplines uit relevante geledingen van Wageningen UR en het Louis Bolk Instituut (LBI).

DEELNEMERS

Leendert Molendijk	(PPO; functionele agrobiodiversiteit en gewasbescherming)
Rommie van der Weide	(PPO; onkruidbeheersing)
Wijnand Sukkel	(PPO; integraal, biologisch en vollegrondsgroenten & akkerbouw)
Annemieke Smit	(Alterra; bodem- en waterbeheer)
Sjef Staps	(LBI; biologische landbouw)
Henk van Reuler	(PPO; sierteelten)
Bert Vermeulen	(PRI; bodemstructuur; mechanisatie)
Agnes van de Pol/Theun Vellinga	(Livestock Research; grasland)
Rien van der Maas	(PPO; fruitteelt)
Annemarie Breukers/Aart van den Ham	(LEI; verduurzaming en ondernemerschap)
Joeke Postma	(PRI; bodemgezondheid en bodemweerbaarheid)
Hein ten Berge	(PRI; agrosystemen, bodem en bemesting)
André van der Wurff	(PPO; bodemweerbaarheid en kasteelten)

AGENDALEDEN EN BEGELEIDING

Rob Meijer	(PPO)
Frank Wijnands	(PPO)
José Vogelezang	(PPO/PRI)

Jules Bos (PRI) en Jack Faber (Alterra) leverden de grondslag voor paragraaf 5.2.4 (beheer van bovengrondse biodiversiteit); voor het overige maakten zij geen deel uit van de werkgroep.

BIJLAGE II - DEELNEMERS WORKSHOP DUURZAAM BODEMBEHEER 30 MAART 2010

ORGANISATIE	DEELNEMER
Bioconnect	Kees van Beek
Biologica	Jac Meijs
Blgg	Peter van Erp
Consultant	Hans Schiere
Cumela	Maurice Steinbusch
DLG	Carla Roghair
DLV-Plant	Nelis van der Bok
LBI	Sjef Staps
LLTB	Chrit Wolfhagen
LNV-AKV	Monique Brobbel
LNV-AKV	Sabine Pronk
LNV-DKI	Jan Janssen
LTO	Joke de Geus
LTO Noord	Jaap van Wenum
PBL	Hans van Grinsven
Provincie Drenthe	André Smits
Provincie Friesland	Albert Hahn
RIVM	Michiel Rutgers
SKB	Frank Agterberg
TCB	Sandra Boekhold
VROM	Gert Eshuis
Wageningen UR	Frank Wijnands
Wageningen UR	Gerard Migchels
Wageningen UR	Hein ten Berge
Wageningen UR	Joeke Postma
Wageningen UR	José Vogelezang
Wageningen UR	Michel de Haan
Wageningen UR	Peter de Rooter
ZLTO	Mark Heijmans
ZLTO	Peter Brouwers

BIJLAGE III - VERWACHTE ONTWIKKELINGEN MET GROTE IMPACT OP BODEMBEHEER

III.1 TOEKOMSTBEELDEN ZOALS VERWOORD DOOR STAKEHOLDERS

Hierna volgt een korte weergave van toekomstbeelden zoals verwoord door stakeholders tijdens een workshop in Wageningen op 30 maart 2010. Het doel was om ontwikkelingen en verwachte toekomstbeelden aan te geven over hoe de landbouw in Nederland er over twintig jaar uitziet, en met welke randvoorwaarden deze dan te maken heeft. Speciale aandacht ging uit naar juist die randvoorwaarden welke een impact hebben op duurzaam bodembeheer.

In 2030 zal de landbouw in Nederland op een meer duurzame leest geschoeid zijn en verregaand ingepast zijn in de randvoorwaarden en wensen die vanuit verschillende maatschappelijke thema's gesteld worden. De belangrijkste duurzaamheidsthema's waar de landbouw rekening mee dient te houden zijn: natuur (inclusief landschap, biodiversiteit, relatie stad-platteland), water, klimaat, milieukwaliteit en last but not least: de economische duurzaamheid en productiviteit van de landbouw zelf. De landbouw als economische sector maakt ontwikkelingen door die deels autonoom zijn en deels ingegeven worden door genoemde de thema's die randvoorwaarden opleggen.

Hierna volgt een schets van de verwachte relatie tussen de landbouw en de diverse thema's. Deze schets is het startpunt voor een verdere uitwerking van toekomstbeelden naar een LNV-kennisagenda.

Economie en productie

Bij de voedselproductie in 2030 wordt in de eerste plaats gewaakt over voedselveiligheid en dus traceerbaarheid. Meteen daarna volgt duurzaamheid. Duurzaam gebruik van de bestaansbasis betekent internalisatie van de kosten die voorheen op de samenleving werden afgewenteld. De consument heeft dit geaccepteerd en betaalt dus een faire prijs voor de duurzame productie van zijn voedsel. De positie van de West-Europese producent op de wereldmarkt verslechtert.

In ons voedselpatroon en onze productiesystemen is er een verschuiving naar plantaardige eiwitten ter vervanging van vlees. Er worden minder foodmiles gemaakt door hogere transportkosten. Er treedt een kentering op in de globalisering: meer protectionisme op de schaal van werelddelen en meer nadruk op de eigen regio. Veehouderij is meer zelfvoorzienend, kringlopen worden beter gesloten en reststromen beter benut.

Niettemin gaat de specialisatie van bedrijven voort, waardoor de samenwerking tussen bedrijven steeds belangrijker wordt. Behalve door herstructurering van bedrijven en samenwerkingsverbanden wordt een deel van de schaalvergroting gerealiseerd door teelt op huurland. Doordat de verhuurder steeds vaker geen binding meer heeft met de landbouw, vraagt het behoud van de kwaliteit van dit verhuurareaal speciale aandacht.

Er is een grens aan de omvang van bedrijven; ondernemers kunnen wel meerdere bedrijven runnen. Landbouw is geen 'probleemsector' meer: haar plaats in de samenleving is steviger, landbouw wordt gewaardeerd door de burger en wordt niet gemakkelijk meer verdrongen van goede grond.

Een aantal milieubelastende teelten is verdwenen of volledig in de productiegebieden geconcentreerd. De teelt van biobrandstoffen is ongewis, mogelijk geheel verdwenen. Productieniveaus van voedsel en voedergewassen zijn verder gestegen door veredeling en gentech. Daar staat tegenover dat systemen extensiever zijn om de druk op weerbaarheid te verminderen. Hoogwaardig uitgangsmateriaal is een belangrijke component geworden. Er worden meer bodemverbeterende gewassen geteeld en lupine wordt een belangrijker gewas.

Om de productie optimaal te houden bij lagere inputs, wordt meer gevraagd van het productief vermogen van de grond. Het gebruik van vaste rijpaden met behulp van GPS-technologie is gemeengoed geworden op gronden met risico op structuurbederf. Tevens worden GPS en geodata (yield mapping) benut, eventueel in combinatie met gewassensing om de toediening van inputs lokaal af te stemmen op het opbrengend vermogen van de bodem en de toestand van het gewas (precisielandbouw). De bodem is de integrerende factor; langjarige registraties onder andere met nieuwe meetmethodieken worden in een perceelspaspoort opgeslagen. Dit wordt gebruikt in kader van advisering, diensten en regelgeving (track).

Verdergaande mechanisatie is niet synoniem met schaalvergroting; mechanisatie op maat.

Extensief is niet synoniem met duurzaam. Dit is voor bepaalde percelen absoluut niet het geval. Als voorbeeld: wanneer er een besmetting met polyfage organismen is, dan is extensivering vaak de oorzaak van de verslechterende bodemgezondheid. Er zal goed gedefinieerd moeten worden wat met extensivering bedoeld wordt: voor wie of wat wordt het systeem extensiever?

Principes van de biologische landbouw worden deels geadopteerd in de gangbare productie en andersom; het onderscheid tussen beide is vervaagd.

Natuur, landschap en biodiversiteit

Rond de 'echte' natuurgebieden (reservaten zonder landbouwfunctie) zullen bufferzones liggen, waarin landbouwactiviteiten beperkt blijven, opdat de reservaten optimaal beheerd kunnen worden. Hier ontstaan mogelijkheden voor dynamische uitruil. Percelen hebben dan wisselend een landbouw- en natuurfunctie.

In het overig landelijk gebied tekent zich een schifting af tussen enerzijds een areaal met sterke productiefunctie en anderzijds een areaal waarin natuur en landbouw zijn verweven in een landschap dat aantrekkelijk is voor recreatie. Er is minder draagvlak om goede gronden te bestemmen voor natuur.

Verwevingsgebied. De stedeling stelt relatief bescheiden eisen aan soortenrijkdom, hij heeft bovenal behoefte aan een gevarieerd en kleinschalig landschap. Nabij de grote steden kunnen zich vormen van stadslandbouw ontwikkelen, met korte lijnen tussen productie en consumptie, en waarin de stedeling een rol kan spelen in het productieproces. De landbouw is een goed toegankelijke gastheer voor de vergrijzende stedeling.

De primaire productie in het verwevingsgebied genereert onvoldoende inkomsten. Betaling voor groene en blauwe diensten (bijvoorbeeld via het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid) is nodig om de boer in staat te stellen zijn rol als beheerder van het – extensieve – cultuurlandschap te kunnen (blijven) vervullen. De overheid heeft een belangrijke rol in de communicatie tussen boer en burger.

Biodiversiteit staat hoger op de maatschappelijke agenda. De waardering door het publiek richt zich op enkele goed zichtbare soorten die het landschap stofferen (bloemen, vlinders, vogels). Ondergrondse biodiversiteit speelt hierbij geen rol van betekenis en het inherente bestaansrecht hiervan ook niet. Biodiversiteit wordt gewaardeerd door de boer zolang deze functioneel is en het hem dus helpt bij het realiseren van zijn doelen (productiedoelen maar eventueel ook het ondersteunen van de zichtbare doelsoorten). Er wordt in de verwevingsgebieden niet meer gestreefd naar natuur die buitengewone eisen stelt.

Natuur in de productiegebieden is in de eerste plaats van betekenis waar deze functioneel is in het productieproces (bijvoorbeeld akkerranden voor de natuurlijke vijanden) of in het opheffen van negatieve gevolgen (bijvoorbeeld moerasstroken voor de verwijdering/afbraak van verontreinigende stoffen).

Water

Functie volgt waterbeheer (peil, dynamiek). Meer dan nu zal de landbouw ingepast zijn in regionale waterbeheerssystemen en daaraan ondergeschikt zijn. Het meest expliciet wordt dit

zichtbaar in het veenweidegebied, waar de landbouw plaats maakt voor verdere vernatting. In sommige delen van het westen zal door zeespiegelstijging op langere termijn ook verzilting optreden. Mogelijk ontwikkelen zich vormen van zilte landbouw of moeraslandbouw.

Anderzijds zullen stedelijke agglomeraties juist in het westen koste wat kost droge voeten moeten houden: in de polders staat immers een grote accumulatie van kapitaal/infrastructuur met enorme economische waarde die te allen tijde gevrijwaard blijft.

In de rest van Nederland is, afhankelijk van de lokale situatie, beheer erop gericht om water bij overlast voldoende snel te kunnen afvoeren of te bergen. Dit geldt zowel in de productiegebieden als in de verwevingsgebieden. In gebieden waar de productiefunctie niet door andere functies wordt beknot, wordt gestreefd naar een goede ontwatering, zeker in de kleigebieden. Daarbij is ook veel aandacht voor goede interne drainage om ontwatering te verzekeren. Die is in toenemende mate nodig bij de verwachte hogere frequentie van zware regen in het groeiseizoen.

Op de hogere gronden zal de landbouw zuiniger omspringen met water. Water wordt in het gebied gehouden. Beregening is beperkt en wordt gebruikt in aanvulling op variabel peilbeheer. Techniek krijgt een steeds belangrijkere rol in de lokale optimalisatie van zowel peilbeheer als precisiedosering van water, meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen. Inlaten van gebiedsvreemd water wordt gemakkelijker naarmate de algemene waterkwaliteit toeneemt.

De algemene waterkwaliteit is overall toegenomen. In drinkwaterwingebieden legt een aantal landbouwbedrijven zich toe op de productie van schoon water en verwerft hiermee aanvullend inkomen (doorberekend aan consument).

Klimaat

Belangrijke verschuivingen met impact op de landbouw zijn de nattere en mildere winters en meer extreme weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen: natte en droge perioden en warme perioden.

De toenemende intensiteit van regenbuien vergroot het risico op verslamping, plasvorming en tijdelijke anaerobie. Ook is het risico op erosie in het lössgebied toegenomen. Met de hogere temperaturen of het uitblijven van vorstperioden hebben zich nieuwe pathogenen, plagen en onkruidsoorten aangemeld. De al aanwezige bodemziekten gedragen zich anders onder invloed van wijziging in temperatuur en neerslag. Anderzijds bieden deze verschuivingen ook kansen voor nieuwe gewassen.

De geringe draagkracht en werkbaarheid van het land zal in natte najaren de oogstwerkzaamheden en grondbewerking bemoeilijken. Indien ook het voorjaar en zomer natter worden, zal de geringere werkbaarheid en langere vochtige perioden in de zomer mechanische onkruidbestrijding in de weg staan. Door het uitblijven van langere vorstperioden moet meer rekening worden gehouden met het risico op structuurbederf op de kleigronden. Uitblijven van vorst betekent ook dat niet-winterharde onkruiden (bijvoorbeeld aardappelopslag) de winterperiode overleeft en onkruidbeheersing dan extra inspanningen vergt in het volgende seizoen.

De landbouw levert nu slechts een beperkte bijdrage aan mitigatie, maar die bijdrage kan groter worden. Waar nu nog de aandacht ligt bij het reduceren van CO₂- en lachgasproductie (en beperkt energieverbruik), zou de landbouw methoden kunnen toepassen waarbij de mitigatie een veel grotere rol kan krijgen. Gedacht wordt aan grondverbeteraars die C meer permanent vastleggen (biochar, olivijn?).

De rol van de Nederlandse landbouw in duurzame energievoorziening (biobrandstoffen) is nog ongewis en hangt sterk af van de ontwikkeling van voedsel- en energieprijzen.

Milieu

De belangrijkste problemen rond emissie van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen zijn in 2030 opgelost.

- (1) In de verwevingsgebieden voornamelijk door extensivering (aangepaste rotaties met minder inputbehoeftige gewassen) en gedifferentieerde normstelling (ten behoeve van natuur en drinkwater), gecompenseerd met inkomenssteun (GLB). Er zijn in 2030 veel minder pesticiden toegelaten; ook het gebruik van toegestane middelen is geminimaliseerd.
- (2) In de productiegebieden door efficiënte toedieningstechnieken, duurzaam resistente rassen, beperking van meststoffengebruik via gedifferentieerde normen (soms toch met opbrengstderving) en effectgerichte maatregelen als zuiveringsmoerassen en bufferstroken.

Er wordt meer expliciet gestuurd op het productief vermogen van de bodem, waardoor een efficiëntere benutting van inputs mogelijk wordt. De bodem speelt ook een meer regulerende rol in de buffering van nutriënten en beheersing van ziekten. Sterk milieubelastende teelten zijn uit de grond genomen of geheel verdwenen uit gevoelige gebieden.

Kringlopen worden meer lokaal gesloten, dus veevoederproductie in eigen regio. De ophoping van nutriënten in dit land door import van veevoerders is verminderd (feedmiles) en mest wordt verwerkt tot goed inpasbare producten. De oneigenlijke toepassing (overdosering) van meststoffen is daarmee verdwenen. Gasvormige emissies uit veehouderijssystemen zijn door technologische innovaties verregaand gereduceerd.

III.2 TOEKOMSTIGE ONTWIKKELINGEN ZOALS VERWOORD DOOR DE WERKGROEP

Productkwaliteit

De primaire landbouw moet voldoen aan steeds strengere kwaliteitseisen. Voor exportproducten (pootgoed, sierteelproducten) en uitgangsmateriaal speelt de fytosanitaire kwaliteit een hoofdrol. Voor consumptieproducten wordt steeds kritischer gekeken naar de aanwezigheid van residuen en naar de borging van productiewijzen die overeenstemmen met duurzaamheidsprincipes. Aangestaste producten zijn moeilijk bewaarbaar. Zo wordt milieu- en consumentvriendelijke beheersing van ziekten en plagen in toenemende mate belangrijk. Aan de gehele keten stellen afnemers (distributie) voorwaarden voor certificering en traceerbaarheid. Een aantal van deze aspecten is voor de biologische landbouw al sterker en langer gereguleerd. De verscherpte regulering van het middelengebruik in de gangbare landbouw zou kunnen leiden tot een zekere convergentie op de markt tussen gangbaar en biologisch, al is moeilijk te voorzien hoe de perceptie bij de consument zich zal ontwikkelen.

Voedselvraag

De vraag naar voedsel wereldwijd zal de komende decennia blijven stijgen. Wat dit betekent voor de Nederlandse landbouw en voor de prijzen van landbouwproducten is moeilijk te voorzien. Zeker is dat met een blijvend hoge productie per hectare een belangrijk maatschappelijk doel wordt gediend, maar deze productie zal onder steeds strakkere voorwaarden en met minder inputs gerealiseerd moeten worden.

Impact van klimaatverandering

Naar verwachting worden winters milder, zullen er grotere extremen optreden in neerslagpatroon en temperatuur en kunnen teeltperioden verlengd worden of verschuiven. Deze veranderingen kunnen leiden tot de vestiging van nieuwe schadeorganismen (ziekten, plagen en onkruiden) voor land- en tuinbouw en volksgezondheid. De komst van invasieve exoten wordt bovendien geholpen door het toegenomen handelsverkeer: de Aziatisch boktor, de essenprachtkever, de maiswortelkever en de tijgermug zijn slechts enkele in het oog springende recente voorbeelden. Klimaatverandering brengt daarnaast ook wijziging in populatiedynamica en schaderelaties van bestaande soorten. Bij hogere neerslaghoeveelheden worden systemen gevoeliger voor de gevolgen van slechte waterregulatie (bijvoorbeeld combinatie met structuurbederf of vernatting voor omliggende natuur). Bepaalde ziektes zullen dan meer optreden, bijvoorbeeld door de ziekteverwekker *Pythium* (vrij water), door bacteriën als *Erwinia* (versmeren) of *Ralstonia* (oppervlaktewater) en door de schimmel *Rhizoctonia solani* (bij slechte bodemstructuur). Zachte winters geven meer kansen voor de teelt van groenbemesters of productiegewassen, maar die kunnen wel een groene brug vormen voor de overleving van ziekteorganismen, terwijl ze ook de opties voor

beheersing van (wortel)onkruiden beïnvloeden. Perioden van hoge neerslagintensiteit beperken de draagkracht van de bodem en de mogelijkheden voor mechanische onkruidbestrijding, vergroten de kans op structuurbederf en kunnen opbrengst derven door een late start in voorjaar of door oogstverliezen. Ook zullen er nieuwe eisen gesteld worden aan de opslag en bewaring van geoogste producten.

Mitigatie van klimaatverandering

De bodem biedt kansen voor mitigatie door de opslag van koolstof. Door verhoging van het organisch stofgehalte kan de landbouw een (zij het beperkte en tijdelijke) bijdrage leveren aan de mitigatie van het klimaatprobleem. Tegelijk is de bodem ook een bron voor de productie van broeikasgassen door het gebruik van fossiele brandstoffen (voor grondbewerking en transport), door de emissie van lachgas uit stikstofmeststoffen en soms van methaan bij de anaerobe afbraak van organisch materiaal. Verduurzaming van het bodemgebruik in de landbouw zal aan al deze aspecten aandacht moeten besteden. De integrale beoordeling van strategieën daartoe is uiterst complex: de diverse broeikasgassen kunnen in tegengestelde richtingen beïnvloed worden en de uitkomst van die balans zal sterk door lokale factoren bepaald worden.

Verhoging van het koolstofgehalte in de bodem is een moeizaam proces dat een grotere aanvoer van organisch materiaal vergt dan in veel huidige systemen bereikt kan worden en wellicht is het ook noodzakelijk om de intensiteit van grondbewerking daarvoor te beperken. Een groter aandeel grassen en granen in het bouwplan werkt de opbouw van organische stof in de hand, maar hiervoor moet wel een economische basis bestaan. Bovendien kan dit nadelige invloed hebben op de bodemgezondheid (aaltjes). Het gebruik van producten zoals biochar (verkoold organische resten) wordt soms gezien als een effectieve toekomstige route naar meer koolstof in de bodem, maar er is nog weinig bekend welke (neven)effecten dergelijke producten op het ecosysteem hebben en directe concurrentie met biobrandstoffen ligt voor de hand.

Retourstromen en biobrandstoffen

Er is een toenemende maatschappelijk vraag naar het organiseren en herbenutten van (organische) retourstromen, om zo zuiniger om te springen met grondstoffen als fosfaat. Ook vanuit landbouwkundig oogpunt is dit gewenst, wegens de bijdrage die retourstromen kunnen leveren aan de opbouw van organische stof (en zo aan vele daarmee samenhangende functies) of aan weerbaarheid (specifieke producten), naast de levering van nutriënten. Duurzaam gebruik vereist echter wel kwaliteitsborging van dergelijke stromen, onder andere op afwezigheid van ziektekiemen (in verband met fytosanitaire regels) en van gmo-resten (biologische landbouw).

Tegenover een breder aanbod van retourstromen staat de toenemende zuigkracht vanuit de energiesector op organische reststromen. Deze worden dan niet meer naar de bodem

gevoerd of eerst ontdaan van gemakkelijk afbreekbare koolstofverbindingen, die anders energie en substraat zouden leveren aan het bodemecosysteem. Dit heeft betrekking op zowel reststromen uit de natuur en industrie als op dierlijke mest en gewasresten (stro). Omdat beide ook belangrijke posten zijn op de organischestofbalans van vrijwel alle landbouwsystemen is hier in principe een conflict tussen opbouw van organische stof in de bodem en de productie van bio-energie ('Hoe groen is die stroom?').

Schaalvergroting en specialisatie

Schaalvergroting ging in voorbije decennia hand in hand met steeds grotere en zwaardere machines. Of deze trend zich kan blijven doorzetten is de vraag. Naast technische zijn er andere remmende factoren, zoals claims op areaal vanuit andere sectoren, hoge grondprijzen en emigratie. Niettemin is er ook bij het huidige machinepark al grote zorg rond structuurbederf in de bouwvoor en verdichting van de ondergrond. Duurzaam bodembeheer zal aan beide thema's blijvend aandacht moeten geven, zeker in het licht van andere ontwikkelingen die de noodzaak van een goede bodemstructuur alleen maar versterken (zie onder andere klimaatverandering).

Verdergaande specialisatie kan door rotatievernauwing leiden tot een hogere ziekte- en onkruiddruk. Via resistenties van plaagorganismen tegen frequent gebruikte middelen kunnen ook hier vicieuze cirkels ontstaan. Uitwijken naar huurland en grondontsmetting vormen ontsnappingsroutes, maar beide zijn tijdelijk en behept met hun eigen specifieke problematiek. Insleep van schadeorganismen, onvoldoende investering in bodemkwaliteit (ziekten, organische stof) door de huurder en verhuurder, destabilisatie van het ecosysteem door ontsmetting en uiteindelijk beperkte beschikbaarheid van schoon land. Aan huurland is vaak ook het nadeel van (door verhuurder verplichte) mestafname verbonden, waarmee de (wettelijke) gebruiksruijme voor nutriënten inefficiënt wordt gevuld. (Met varkens- en pluimveemest wordt slechts weinig organische stof aangevoerd per eenheid fosfaat).

Wettelijke beperkingen en beschikbaarheid middelen

In voorbije jaren werden aan verschillende aspecten van bodembeheer wettelijke beperkingen opgelegd. Zo werd een aantal gewasbeschermingsmiddelen verboden en het gebruik van meststoffen aan banden gelegd via het gebruiksnormenstelsel en via beperkingen op uitrijperioden en toedieningstechniek/inwerkverplichting voor dierlijke mest. Op de lichte gronden werd inzaai van een vanggewas na mais verplicht en scheuren van grasland tot het voorjaar beperkt. Veel bedrijven worstelen nog met een goede implementatie van deze regels in de operationele bedrijfsvoering, óók door interacties zoals een verhoogde impact van bepaalde schadeorganismen bij lagere bemesting. Niet alleen zal het nog een aantal jaren duren eer er goede alternatieven zijn gevonden, voor de komende jaren zijn verdere beperkingen aangekondigd op het gebruik van middelen (alle grondsoorten) en

van meststoffen (stikstofnormen op lichte gronden, fosfaatnormen op alle grondsoorten, 5e Actieprogramma (AP) na 2013, emissiearme mesttoediening). Naast deze generieke aanscherpingen voor geheel Nederland, zullen via de Kaderrichtlijn Water lokaal verdergaande eisen worden gesteld. Deze ontwikkelingen versterken een aantal bestaande knelpunten. Verder zullen nieuwe knelpunten opkomen door een vicieuze cirkel die met het voorgaande verbonden is: het steeds strengere toelatingsbeleid (Nederland, EU, wereldwijd) vermindert de bereidheid bij de chemische industrie om nieuwe herbiciden te ontwikkelen. Resistenties die bij schadeorganismen ontstaan door veelvuldig gebruik van de nog 'overgebleven' middelen, kunnen bij gebrek aan nieuwe middelen dan niet meer doorbroken worden. Vooral bij de kleinere teelten (bloembollen, boomkwekerij en fruit) zal dit gevoeld worden. Bij dit alles wordt echter soms wel de kanttekening geplaatst dat regelgeving in Europa niet steeds verder aangescherpt kan worden zonder economische gevolgen (*level playing field*).

Verweving, ruimte voor natuur, ruimte voor klimaat en ruimte voor water

De ruimtelijke ordening zal in toenemende mate bepaald worden door 'ruimte voor klimaat', 'ruimte voor natuur', 'ruimte voor water'. Landgebruik met deze andere (neven)bestemmingen zal de bewegingsvrijheid voor de landbouw beïnvloeden via ge- en verboden (beregening, middelengebruik, bemesting), en andere specifieke beheersmaatregelen rond natuurgebieden. Deze zullen veelal samenhangen met KRW-doelen (zie wettelijke beperkingen) toegesneden op de lokale situatie. Daarnaast kunnen ziekte- en plaagdruk en onkruiddruk toenemen in de nabijheid van natuur, bijvoorbeeld via water en door transport van zaad. Vernatting leidt in veel gewassen tot opbrengstderving, verhoging van schadeorganismen (ziekten, onkruiden), verlating van het groeiseizoen, en beperkte begaanbaarheid en bewerkbaarheid van grond. Door deze aspecten worden sommige bestaande knelpunten versterkt, en nieuwe geïntroduceerd. Anderzijds geven deze ontwikkelingen ook nieuwe kansen, bijvoorbeeld voor uitruil van percelen tussen landbouw en natuur, voor gebruik van reststromen uit natuurgebieden (organische stof) of via nieuwe gewassen voor biobrandstof of grondstof (riet, Miscanthus, hennep, brandnetel, waterplanten, algen). Mogelijk stellen de regionale aanpassingen in waterhuishouding de landbouw ook beter in staat om droogteperioden te doorstaan; vernatting zou mogelijk ook de retentie van koolstof in de bodem (mitigatie-optie) kunnen stimuleren. De consequenties van veranderend landgebruik en hydrologie zijn veelvormig en zullen sterk verschillen tussen grondsoorten, gewassen en jaren.

Biodiversiteit in de weide en op de akker

De met landbouw geassocieerde biodiversiteit neemt nog steeds in snel tempo af, en ook deze trend zal niet zomaar gestopt of omgebogen worden. Belangrijke oorzaken zijn het beheer van graslanden (maaïen, waterpeil, botanische samenstelling), en van akkerland (weinig granen, geringe oogstverliezen, effectief onkruidbeheer). Soortenverlies kan niet altijd los worden gezien van klimaatverandering, maar de roep om maatregelen in de landbouw die

hieraan een halt kunnen toeroepen zal blijven. Aanpassingen in de landbouw kunnen andere – bestaande – knelpunten versterken of nieuwe introduceren.

Positieve koppeling van knelpunten

In het voorgaande werden ontwikkelingen genoemd die naar verwachting op een of andere wijze het bodembeheer negatief zullen beïnvloeden. Op veel plaatsen zijn positieve koppelingen aan te wijzen: hoe genoemde ontwikkelingen elkaar kunnen versterken. Dat is omwille van de leesbaarheid en wegens het speculatief karakter niet gedaan. Om dezelfde redenen werd een opsomming vermeden van nieuwe knelpunten, die opgeroepen kunnen worden door de wijze waarop 'oude' worden bestreden. De bedoeling van voorgaand overzicht is mede om te overtuigen dat huidige knelpunten niet reeds door de tijd zijn achterhaald, maar dat vele van die knelpunten hardnekkig zullen blijven.

Technologie voor verduurzaming

Er werden reeds enkele kansen voor verduurzaming genoemd, die met verwachte ontwikkelingen samenhangen. In de categorie 'kansen' moet natuurlijk óók het verder voortschrijden van de stand der techniek genoemd worden, al of niet met support vanuit de beleidsondersteunende onderzoeksprogrammering. Hierbij valt te denken aan:

- ontwikkeling van resistente of weerbare (ziekten, plagen en onkruiden) en robuuste (klimaatextremen) gewassen, tevens geholpen door nieuwe onderzoeksmethoden
- nieuwe bemonsterings-, analyse- en detectiemethoden voor ziekteverwekkers en onkruiden
- sensortechnologie en (satelliet)beeldinterpretatie voor gewasstatus (biomassa, stress) en bodemstatus
- plaats specifieke opbrengstregistratie voor kartering van bodemproductiviteit
- precisiedoseringstechniek voor variabele en plaats specifieke inzet van water, meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen
- bewerking van mest tot gecertificeerde producten met bekende en gewenste samenstelling
- robotisering voor onkruidbestrijding
- mechanisatie voor bewerkingen en oogsten vanaf rijpaden
- verbeterde grondbewerking en beperking bodembelasting door lagedruksystemen

BIJLAGE IV - KNELPUNTEN EN OPLOSSINGSRICHTINGEN, PER SECTOR EN GRONDSOORT

IV.1 KNELPUNTEN MET BIJBEHORENDE OPLOSSINGSRICHTINGEN, PER SECTOR EN PER GRONDSOORT

TOEPASSINGSDOMEIN	BELANGRIJKSTE KNELPUNTEN	OPLOSSINGSRICHTING (HANDELINGSPERSPECTIEF) (NUMMERING VERWIJST NAAR VORIGE KOLOM)
Grasland op zand	<ol style="list-style-type: none"> (1) verliezen (organische stof, N) bij graslandvernieuwing (2) risico op slechte vestiging bij herinzaai in voorjaar (ook mais als eenjarige tussenfase te vermijden) (3) verdroging (ook door beregning elders) (4) fosfaataccumulatie/verzadiging (5) belasting grond- en oppervlaktewater met nitraat, diergeneesmiddelen (6) Schade door plagen (engerling sinds middelverbod) (7) lagere verteerbaarheid gras door krappe bemesting (lokaal t.b.v. KRW-doelen/ 5^e Actieprogramma Niraatrichtlijn (AP)) (8) verlies biodiversiteit en bio-intensiteit 	<ol style="list-style-type: none"> (1, 2, 5) alternatieve herinzaai- of doorzaaimethoden; alternatieve wisselbouwsystemen (2) graan met grasonderzaai tussenfase (3) dynamisch peilbeheer regionaal afstemmen (4) inventarisatie fosfaatverzadiging en daarop aangepaste bemesting (normstelling) (4) verdere beperking fosfaatnormen (meer afvoer eigen mest), minder fosfaat voeren (5) beperking diergeneesmiddelen, verdere beperking N-normen (5) onderzaai in matifase bij wisselbouw (6) biologische bestrijding (aaltjes) (7) aangepast N-beheer en maabeheer, biopreparaten in kuilgras (8) aangepast graslandgebruik (maaien/weiden)
Grasland op klei	<ol style="list-style-type: none"> (1) belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat (2) verlies biodiversiteit en bio-intensiteit (3) opbrengstverlies door vertrapping (vee) (4) structuurverlies en broeikasgasemissies door berijding (5) lagere verteerbaarheid gras door krappe bemesting (lokaal t.b.v. KRW-doelen) (6) verliezen (organische stof, N) bij graslandvernieuwing (7) risico op slechte vestiging bij herinzaai in voorjaar (ook mais als eenjarige tussenfase te vermijden) 	<ol style="list-style-type: none"> (1) verminderen afspoeling, mestvrije stroken, begreppeling (2) aangepast graslandgebruik (maaien/weiden) (3) aangepaste beweiding (4) systemen met vaste rijpaden of lage druk, aangepaste timing beweiding/berijding, peilbeheer (5) aangepast N-beheer, aangepast maabeheer; biopreparaten in kuilgras (1, 6, 7) alternatieve herinzaai- of doorzaaimethoden, alternatieve wisselbouwsystemen (7) graan met grasonderzaai tussenfase (?: getest op zand)
Grasland op veen	<ol style="list-style-type: none"> (1) inlinking, oxydatie, CO₂-emissie, maaiveldafval, landschapverlies door drainage (2) belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat, diergeneesmiddelen (3) verlies biodiversiteit en bio-intensiteit (4) opbrengstverlies door vertrapping (vee) en berijding 	<ol style="list-style-type: none"> (1) drainifiltratie (onderwaterdrainage), dynamisch peilbeheer (2) beperking diergeneesmiddelen (3) aangepast graslandgebruik (maaien/weiden) (4) aangepaste beweiding, lagedrukberijdingssystemen
Akkerbouw (incl. mais) en volleggronds-groententeelt op zavel en klei	<ol style="list-style-type: none"> (1) structuurbederf bovengrond en verdichting ondergrond, emissies lachgas en methaan (2) onkruidbeheersing (en plaatselijk resistentie) (3) grondgebonden ziekten, plagen (4) belasting oppervlaktewater (fosfaat, stikstof, gewasbeschermingsmiddelen) via afspoeling en drainwater (5) voorjaars-toediening drifffmest behalve wintertarwe (kort tijdstip bodemdraagkracht versus gewasvestiging/gewasschade) (6) quarantaine (Q)-organismen (pootgoed) 	<ol style="list-style-type: none"> (1, 4, 9) structuurbederf en energieverbruik tegengaan door systemen met minder/andere groundbewerking (w.o. NK(G) met bijpassende onkruidbeheersing, groenbemesters en gewasresten/stoppebewerkingen (1, 4) structuurbederf tegengaan door rijpadensystemen incl. oogstmechanisatie vanaf paden (1, 4) structuurbederf tegengaan door lagedrukmechanisatie (2, 3) resistente of weerbare rassen (2, 3, 7) biodiversiteit en weerbaarheid verhogen door aangepaste

TOEPASSINGSDOMEIN	BELANGRIJKSTE KNELPUNTEN	OPLOSSINGSRICHTING (HANDELINGSPERSPECTIEF) (NUMMERING VERWIJST NAAR VORIGE KOLOM)
(7) verlies biodiversiteit en bio-intensiteit (8) verzilting (lokaal, geen berekening) (9) energieverbruik		<p>grondbewerking, vruchtwisseling (w.o. soortspecifieke voorgewassen), groenbemesters en fosfaatarme organischestofaanvoer (OS-aanvoer)</p> <p>(2,3) soortspecifieke organische reststromen, biopreparaten, biologische ontsmetting, biofumigatie, inundatie</p> <p>(2,3,4) precisietechnieken voor hogere effectiviteit en lagere dosering van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (sensing/registratie, toedieningstechniek, perceelspaspoorten), Ngift afstemmen op bodemlevering</p> <p>(4) afspoeling beperken (grondbedekking, begroeiing, bufferstroken)</p> <p>(6) aangifteplicht, registratie, perceelspaspoort</p> <p>(1,4,5) aangepaste mechanisatie voorjaarstoediening zonder structuurschade</p> <p>(5) gebruik mest dikke fractie najaar voor toediening OS (maar verlaagt N-benutting)</p> <p>(7) gerichte maatregelen biodiversiteit op de akker: gewasrestenbeheer, wintergewassen, akkerranden</p> <p>(8) dynamisch peilbeheer regionaal voor meer tegendruk van zoetwatermassa</p> <p>(8) zilte teelten</p>
Akkerbouw (incl. mais) op zand in regio NO (voor vollegroonds-groenten zie zand ZO)	<p>(1) grondgebonden ziekten, plagen, onkruiden</p> <p>(2) belasting grond- en oppervlaktewater (gewasbeschermingsmiddelen, nitraat) aanscherping N-gebruiksnormen 5° Actieprogramma (AP)</p> <p>(3) stuif/winderosie (geen drijfmest meer ter bestrijding)</p> <p>(4) verdichting ondergrond</p> <p>(5) onvoldoende inspelen op bodemheterogeniteit, daardoor overdosering gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen</p> <p>(6) verlies biodiversiteit en bio-intensiteit</p> <p>(7) verplicht vanggewas na mais (4° AP) past slecht (te laat)</p> <p>(8) plaatselijk slechte herbicidenwerking (door resistentie en bodemeigenschappen)</p>	<p>(1) resistente of weerbare rassen (1,2,3,4,6,7) biodiversiteit en weerbaarheid verhogen door aangepaste grondbewerking (o.a. verminderd of niet-kerend), vruchtwisseling (w.o. specifieke voorgewassen), groenbemesters en fosfaatarme OS-aanvoer</p> <p>(1,2,5) precisietechnieken voor hogere effectiviteit en lagere dosering van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (sensing/registratie, toedieningstechniek, perceelspaspoorten), Ngift afstemmen op bodemlevering</p> <p>(3) verhoging OS-gehalte, inzaai in zode van wintergewassen</p> <p>(4) optreden en oorzaken inventariseren, woelen, bodemverbetersaars, diepwortelaars, lichtere machines, lagedrukbanden</p> <p>(6) gerichte maatregelen voor biodiversiteit op de akker: gewasrestenbeheer, wintergewassen, akkerranden</p> <p>(7) onderzaai, maisoogst vervroegen (vroegere/kortere cultivars)</p>
Akkerbouw (incl. mais) en vollegroonds-groententeelt op zand in regio ZO	<p>(1) grondgebonden ziekten, plagen, onkruiden</p> <p>(2) vochtvoorziening (verdroging)/beregeningsbeperking</p> <p>(3) aanvoer OS beperkt door gebruiksnormen (verder verlaagd bij hogere fosfaattoestand), weinig granen in bouwplan en beperkte ruimte voor vanggewassen i.v.m. aaltjes</p> <p>(4) belasting grond- en oppervlaktewater (gewasbeschermingsmiddelen; nitraat), aanscherping N- en P-</p>	<p>(1,7) resistente of weerbare rassen (1,2,3,4,6,8,11) biodiversiteit en weerbaarheid verhogen door aangepaste grondbewerking (o.a. verminderd of niet-kerend), vruchtwisseling (w.o. soortspecifieke voorgewassen), groenbemesters en fosfaatarme OS-aanvoer</p> <p>(1) soortspecifieke organische reststromen, biopreparaten, biologische ontsmetting, biofumigatie, inundatie</p>

TOEPASSINGSDOMEIN	BELANGRIJKSTE KNELPUNTEN	OPLOSSINGSRICHTING (HANDELINGSPERSPECTIEF) (NUMMERING VERWIJST NAAR VORIGE KOLOM)
	<p>gebruiksnormen 5* AP</p> <p>(5) fosfaataccumulatie/verzadiging en Cu-accumulatie in bodem</p> <p>(6) verdichting ondergrond</p> <p>(7) vernatting (rond natuur) leidt in landbouw tot grotere druk en minder bestrijdingsopties voor schadeorganismen (ziekten, onkruiden), meer fosfaatlekkage</p> <p>(8) verlies biodiversiteit en bio-intensiteit</p> <p>(9) slecht onderhoud (1,3) huurland, daardoor meer ontsmettingsbehoefte</p> <p>(10) druk op mestmarkt, verplichte drijfmestafname bij huurland</p> <p>(11) verplicht vanggewas na mais (4* AP) past slecht</p>	<p>(2) dynamisch peilbeheer</p> <p>(3) fosfaatarme reststromen ontwikkelen (borging voor Q- en gmo-vrij) (1,4,5) precisietechnieken voor hogere effectiviteit en lagere dosering van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (sensing/registeratie, toedieningstechniek, perceelspanpoorten), N-gift afstemmen op bodemlevering</p> <p>(4) bodemkwaliteit verhogen (via weerbaarheid, vochtvoorziening, OS t.b.v. hogere N-benutting</p> <p>(4) fosfaatplaatsingstechnieken voor P-behoefteige gewassen (vnl. groenten)</p> <p>(5,7) verdere beperking fosfaataanvoer</p> <p>(6) optreden en oorzaken inventariseren, woelen, bodemverbeteraars, diepwortelaars, lichtere machines, lagedrukbanden</p> <p>(7) aangepaste onkruidbeheersing</p> <p>(8) gerichte maatregelen biodiversiteit op de akker: gewasrestenbeheer, wintergewassen, akkerranden</p> <p>(9) systematiek??</p> <p>(10) mestverwerking</p> <p>(11) onderzaai, maisoogst venvroegen (vroegere/kortere cultivars)</p>
Löss (alle sectoren)	<p>(1) erosiegevoeligheid</p> <p>(2) toepassing niet-kerende grondbewerking in ruggenteelten en teelt fijnzadige gewassen op zware grond</p> <p>(3) af- en inspoeling van gewasbeschermingsmiddelen, stikstof, fosfaat (door relief), belasting oppervlaktewater en drinkwaterwinning</p> <p>(4) onkruiddruk, relatief hoge inzet glyfosaat en herbicidenresistentie</p>	<p>(1) niet-kerende groundbewerkingsystemen</p> <p>(1,2) drempels tussen aardappel- en peenruggen, ontwikkeling van alternatieven voor niet-kerende groundbewerking</p> <p>(3,4) aangepaste mechanisatie</p>
Bollenteelt	<p>(1) hoge druk bodemgebonden ziekten, plagen en onkruiden (vnl. zandknelpot)</p> <p>(2) hoge afbraaknelheid OS op duinzand en daardoor is op peil houden van OS lastig, aanvoer OS beperkt door gebruiksnormen bemesting zand (vnl. zandknelpot)</p> <p>(3) belasting grond- en oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen, stikstof, fosfaat</p> <p>(4) tekort 'fytoschoon' areaal</p> <p>(5) zand: irreversibel verlies biotische functies</p> <p>(6) slecht onderhoud (1,2) huurland, daardoor meer ontsmettingsbehoefte</p> <p>(7) verzilting</p> <p>(8) klei: structuurbederf/verdichting</p> <p>(9) Q-organismen (lelie, tulp)</p>	<p>(1) resistente rassen</p> <p>(1,2,3) biodiversiteit en weerbaarheid verhogen door vruchtwisseling (w.o. soortspecifieke voor gewassen), groenbesters en fosfaatarme effectieve OS-aanvoer</p> <p>(1) soortspecifieke organische reststromen, biopreparaten, biologische ontsmetting, biofumigatie, inundatie</p> <p>(1,3) reizende bollenkraam</p> <p>(1,3) precisietechnieken voor hogere effectiviteit en lagere dosering van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (sensing/registeratie, toedieningstechniek; perceelspanpoorten), N-gift afstemmen op bodemlevering</p> <p>(3) vanggewassen</p> <p>(3) fosfaat zuiveringstechnieken in drains, slootkant en doorlaatpunten</p> <p>(4) registratie/bewakingsystemen</p> <p>(5) biologische methoden</p> <p>(7) doorspoelen, meer zouttolerante gewassen, precisiewaterdosering</p>

TOEPASSINGSDOMEIN	BELANGRIJKSTE KNELPUNTEN	OPLOSSINGSRICHTING (HANDELINGSPERSPECTIEF) (NUMMERING VERWIJST NAAR VORIGE KOLOM)
Boomkwekerij	<p>(1) alle grondsoorten: afvoer bouwvoor (met OS en nutriënten) met kluif; OS-aanvoer beperkt door P-norm</p> <p>(2) zand: bodemgebonden ziekten, plagen, onkruiden</p> <p>(3) zand: nitraatbelasting grond- en oppervlaktewater aanscherping N- en P-gebruiksnormen 5^e (AP)</p> <p>(4) klei: structuurbederf</p> <p>(5) zand: verdroging</p> <p>(6) veen: klink door drainage en oxydatie, CO₂-emissie</p>	<p>(3,7) recycling van goede kwaliteit water (bollenmeer)</p> <p>(8) structuurbederf vermijden door rijpaden en andere grondbewerkingsystemen</p> <p>(9) aangifteplicht, registratie, perceelspaspoort</p> <p>(1) aangepaste normstelling voor kluifgewassen, kluifvervangers (1,2,3) biodiversiteit en weerbaarheid verhogen door vruchtwisseling, groenbemesters en fosfaatarme OS-aanvoer</p> <p>(1) soortspecifieke organische reststromen, biopreparaten, biologische ontsmetting, biofumigatie, stomen, inundatie</p> <p>(2,3) precisietechniek voor hogere effectiviteit en lagere dosering van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen (sensing/registratie, toedieningstechniek, perceelspaspoorten), N-gift afstemmen op bodemlevering</p> <p>(3) vanggewassen</p> <p>(4) aangepaste mechanisatie</p> <p>(5) variabel peilbeheer</p> <p>(6) variabel peilbeheer, draininfiltratie</p>
Fruiteelt	<p>(1) ziekten en plagen die direct of indirect verband houden met bodem</p> <p>(2) bodemstructuur voor waterafvoer bij piekbelasting neerslag en aeratie</p> <p>(3) krappe fosfaatnormen (productie en bewaarkwaliteit)</p> <p>(4) zand: specifieke bodemmoetheid (aaltjes) door wegvallen chemische grondontsmetting</p>	<p>(1,2) drainage en bodemstructuur verbeteren: verbeteren habitat voor regenwormen (bladvertering: schurft, zwartrot) en oorwormen (luis en perenbladvio), oorwormen profiteren van betere structuur veroorzaakt door regenwormen, door OS-aanvoer groenbemesters en aangepast watervoorziening in combinatie met wegnemen systeembelemmeringen (alternatieven voor schadelijke gewasbeschermingsmiddelen en herbiciden)</p> <p>(3) mycorrhiza's voor betere P-berutting (habitatverbetering door verlagen kunstmest en meer organische mest/compost en wegnemen systeembelemmeringen)</p> <p>(4) registratie/bewakingsystemen</p> <p>(4) biologische grondontsmetting (reeds in onderzoek), biologische bestrijding, functionele bodembiodiversiteit</p>

IV.2 KNELPUNTEN WELKE SAMENHANGEN MET DE GEKOZEN SPEERPUNTEN

BEHEER VAN ORGANISCHE STOF (OS) EN BODEMVRUCHTBAARHEID	
Grasland zand	<ul style="list-style-type: none"> • verliezen (OS, N) bij graslandvernieuwing • fosfaataccumulatie/verzadiging • belasting grond- en oppervlaktewater met nitraat, diergeneesmiddelen • lagere verteerbaarheid gras door krappe bemesting (lokaal t.b.v. KRW-doelen/5^e Actieprogramma Niraatrichtlijn (AP))
Grasland klei	<ul style="list-style-type: none"> • belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat, diergeneesmiddelen • lagere verteerbaarheid gras door krappe bemesting (lokaal t.b.v. KRW-doelen) • verliezen (OS, N) bij graslandvernieuwing
Grasland veen	<ul style="list-style-type: none"> • belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat, diergeneesmiddelen
Akkerbouw & vollegroondsgroenten klei&zavel	<ul style="list-style-type: none"> • belasting oppervlaktewater (fosfaat, stikstof) via afspoeling en drainwater • voorjaarstoediening drijfmest behalve winterarwe (kort tijdvenster bodemdraagkracht versus gewasvestiging/gewasschade)
Akkerbouw NO zand	<ul style="list-style-type: none"> • belasting grond- en oppervlaktewater (nitraat), aanscherping N-gebruiksnormen 5^e AP • stuif-/winderosie (geen drijfmest meer ter bestrijding) • onvoldoende inspelen op bodemheterogeniteit, daardoor overdosering gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen
Akkerbouw & vollegroondsgroenten ZO zand	<ul style="list-style-type: none"> • aanvoer OS beperkt door gebruiksnormen (verder verlaagd bij hogere fosfaattoestand), weinig granen in bouwplan, en beperkte ruimte voor vanggewassen i.v.m. aaltjes • belasting grond- en oppervlaktewater (nitraat), aanscherping N- en P-gebruiksnormen 5^e AP • fosfaataccumulatie/verzadiging en Cu-accumulatie in bodem • verdichting ondergrond
Löss	<ul style="list-style-type: none"> • erosiegevoeligheid • af- en inspoeling van stikstof, fosfaat (door reliëf), belasting oppervlaktewater en drinkwaterwinning
Bollenteelt	<ul style="list-style-type: none"> • hoge druk bodemgebonden ziekten, plagen en onkruiden (vnl. zandknelp) t • hoge afbraaksnelheid OS op duinzand, daardoor op peil houden OS lastig, aanvoer OS beperkt door gebruiksnormen bemesting zand (vnl. zandknelp) • belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat
Boomkwekerij	<ul style="list-style-type: none"> • alle grondsoorten: afvoer bouwvoor (met OS en nutriënten) met kluit, OS-aanvoer beperkt door P-norm • zand, nitraatbelasting grond- en oppervlaktewater, aanscherping N- en P-gebruiksnormen 5^e AP
Fruitteelt	<ul style="list-style-type: none"> • krappe fosfaatnormen (productie en bewaarkwaliteit)

BEHEER VAN BODEMSTRUCTUUR

Grasland zand	
Grasland klei	<ul style="list-style-type: none">• opbrengstverlies door vertrapping (vee)• structuurverlies en broeikasgasemissies door berijding• verliezen (OS, N) bij graslandvernieuwing
Grasland veen	<ul style="list-style-type: none">• opbrengstverlies door vertrapping (vee) en berijding
Akkerbouw & vollegrondsgroenten klei&zavel	<ul style="list-style-type: none">• structuurbederf bovengrond en verdichting ondergrond, emissies lachgas en methaan• onkruidbeheersing (en plaatselijk resistentie)• grondgebonden ziekten, plagen• belasting oppervlaktewater (fosfaat, stikstof, gewasbeschermingsmiddelen) via afspoeling en drainwater• voorjaarstoediening drijfmest behalve wintertarwe (kort tijdenster bodemdraagkracht versus gewasvestiging/gewasschade)• verlies biodiversiteit en bio-intensiteit• energieverbruik
Akkerbouw NO zand	<ul style="list-style-type: none">• grondgebonden ziekten, plagen, onkruiden• belasting grond- en oppervlaktewater (gewasbeschermingsmiddelen, nitraat), aanscherping N-gebruiksnormen 5e AP• stuif/winderosie (geen drijfmest meer ter bestrijding)• verdichting ondergrond
Akkerbouw & vollegrondsgroenten ZO zand	<ul style="list-style-type: none">• grondgebonden ziekten, plagen, onkruiden• vochtvoorziening (verdroging)/beregeningbeperking• belasting grond- en oppervlaktewater (gewasbeschermingsmiddelen, nitraat), aanscherping N- en P-gebruiksnormen 5e AP• verdichting ondergrond
Löss	<ul style="list-style-type: none">• erosiegevoeligheid• toepassing niet-kerende groundbewerking in ruggenteelten en teelt fijnzadige gewassen op zware grond• af- en inspoeling van gewasbeschermingsmiddelen, stikstof, fosfaat (door reliëf), belasting oppervlaktewater en drinkwaterwinning• onkruiddruk, relatief hoge inzet glyfosaat en herbicidenresistentie
Bollenteelt	<ul style="list-style-type: none">• klei: structuurbederf/verdichting
Boomkwekerij	<ul style="list-style-type: none">• klei: structuurbederf
Fruitteelt	<ul style="list-style-type: none">• ziekten en plagen die direct of indirect verband houden met bodem• bodemstructuur voor waterafvoer bij piekbelasting neerslag en aeratie• krappe fosfaatnormen (productie en bewaarkwaliteit)

BEHEER VAN BODEMBIODIVERSITEIT EN BODEMWEERBAARHEID

Grasland zand	<ul style="list-style-type: none"> • belasting grond- en oppervlaktewater met nitraat en diergeneesmiddelen • schade door plagen (engerlingen sinds middelverbod) • verlies biodiversiteit en bio-intensiteit
Grasland klei	<ul style="list-style-type: none"> • verlies biodiversiteit en bio-intensiteit
Grasland veen	<ul style="list-style-type: none"> • belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat, diergeneesmiddelen • verlies biodiversiteit en bio-intensiteit
Akkerbouw & vollegroondsgroenten klei&zavel	<ul style="list-style-type: none"> • grondgebonden ziekten en plagen • quarantaine-organismen (pootgoed) • verlies biodiversiteit en bio-intensiteit • belasting oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen via afspoeling en drainwater
Akkerbouw NO zand	<ul style="list-style-type: none"> • grondgebonden ziekten, plagen, onkruiden • belasting grond- en oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen • onvoldoende inspelen op bodemheterogeniteit, daardoor overdosering gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen • verlies biodiversiteit en bio-intensiteit • plaatselijk slechte herbicidenwerking (door resistentie en bodemeigenschappen)
Akkerbouw & vollegroondsgroenten ZO zand	<ul style="list-style-type: none"> • grondgebonden ziekten, plagen, onkruiden • belasting grond- en oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen • vernatting (rond natuur) leidt in landbouw tot grotere druk en minder bestrijdingsopties voor schadeorganismen (ziekten, onkruiden), meer fosfaatlekkage • verlies biodiversiteit en bio-intensiteit • slecht onderhoud (1,3) huurland, daardoor meer ontsmettingsbehoefte
Löss	<ul style="list-style-type: none"> • af- en inspoeling van gewasbeschermingsmiddelen, (door reliëf), belasting oppervlaktewater en drinkwaterwinning
Bollenteelt	<ul style="list-style-type: none"> • hoge druk bodemgebonden ziekten, plagen en onkruiden (vnl. zandknelp) • belasting grond- en oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen • tekort 'fytoschoon' areaal • zand: irreversibel verlies biotische functies • quarantaine-organismen (lelie, tulp)
Boomkwekerij	<ul style="list-style-type: none"> • zand: bodemgebonden ziekten, plagen, onkruiden • belasting grond- en oppervlaktewater met gewasbeschermingsmiddelen
Fruiteelt	<ul style="list-style-type: none"> • ziekten en plagen die direct of indirect verband houden met bodem • krappe fosfaatnormen (productie en bewaarkwaliteit) • zand: specifieke bodemmoehed (aaltjes) door wegvallen chemische grondontsmetting

BODEMBEHEER IN RELATIE TOT WATERHUISHOUDING

Grasland zand	<ul style="list-style-type: none">• verdroging (ook door beregening elders)• belasting grond- en oppervlaktewater met nitraat, diergeneesmiddelen
Grasland veen	<ul style="list-style-type: none">• inklinking, oxydatie, CO₂-emissie, maaiveldaling, landschapverlies door drainage• belasting grond- en oppervlaktewater met stikstof, fosfaat, diergeneesmiddelen
Akkerbouw & vollegrondsgroenten klei&zavel	<ul style="list-style-type: none">• belasting oppervlaktewater (fosfaat, stikstof, gewasbeschermingsmiddelen) via afspoeling en drainwater• verzilting (lokaal, geen beregening)
Akkerbouw NO zand	<ul style="list-style-type: none">• belasting grond- en oppervlaktewater (gewasbeschermingsmiddelen, nitraat, aanscherping N-gebruiksnormen 5^e Actieprogramma Nitraatrichtlijn (AP))
Akkerbouw & vollegrondsgroenten ZO zand	<ul style="list-style-type: none">• belasting grond- en oppervlaktewater (gewasbeschermingsmiddelen, nitraat), aanscherping N-gebruiksnormen 5^e AP• verdichting ondergrond
Bollenteelt	<ul style="list-style-type: none">• verzilting
Boomkwekerij	<ul style="list-style-type: none">• zand: nitraatbelasting grond- en oppervlaktewater, aanscherping N- en P-gebruiksnormen 5^e AP• zand: verdroging• veen: klink door drainage en oxydatie, CO₂-emissie
Fruitteelt	<ul style="list-style-type: none">• bodemstructuur voor waterafvoer bij piekbelasting neerslag en aeratie

BIJLAGE V – KANSEN, KNELPUNTEN EN KENNISHIATEN VAN BODEMBEHEER PER BODEMBEHEERDOEL (1-14) EN PER BEHEERSCLUSTER (A-E)

Kansen, knelpunten en kennishiaten bij de verschillende typen landbouwkundig bodembeheer (waterhuishouding, vruchtwisseling, grondbewerking, bemesting, gewasbescherming) gesorteerd naar bodembeheerdoelen, per grondsoort waar relevant.

De beheerdoelen komen overeen met tabel 1.1, waar hun bijdrage aan de verschillende dimensies van duurzaamheid is aangegeven.

BEHEERDOEL	A. WATERHUISSHOUDING, PEILBEHEER, DRAINAGE, (BEREGENING?)
1. Hoge productiviteit per ha, hoge productkwaliteit	<p>Het waterpeil bepaalt de omvang van de beschikbare teeltlaag. Via nutriënten, bewerkbaarheid, ziekten en plagen bepaalt dit de potentiële opbrengst. Integraal (fysisch, chemisch, biologisch) onderzoek naar het effect van peilverandering maakt de impact duidelijk. De prioriteit ligt hierbij op zand- en lichte zavelgronden, omdat hier beschikbaarheid van nutriënten en de impact van ziekten, plagen en onkruiden het sterkste zijn.</p> <p>Het waterbeheer beïnvloedt de haalbare opbrengst. Suboptimaal water (te nat) zorgt voor de onderbenutting die dan op diverse punten ontstaat: berijding/draagkracht, structuur, nutriëntenbenutting, ziektegevoeligheid.</p> <p>Een goede watervoorziening is van groot belang voor de productie en voor het watersysteem. Een bodem met een goed waterbergend vermogen is in staat om bij pieken in neerslag en langere droge periodes het gewas van voldoende water te voorzien.</p>
2. Lage arbeidsbehoefte	
3. Lage behoefte aan fossiele brandstoffen	
4. Hoge benutting en lage emissie en accumulatie van nutriënten, goede retentie en nalevering van nutriënten	<p>Te nat en te droog leiden beide tot een lage nutriëntenbenutting. Waterbeheer dat goed is voor gewasproductie zal ook goed zijn voor nutriëntenbenutting en lage lachgasemissie. Ontleend aan studie waarin voor Nederland proeven werd vastgesteld dat hogere externe (recovery) en interne (1/N-gehalte) N-benutting samengaan met hogere 'haalbare productie'. Vernatting verhoogt ook risico op P-uitspoeling. Kennishiaat: inzicht in de relaties tussen watervoorziening en lachgas.</p>
5. Weerbaarheid: lage behoefte aan chemische gewasbescherming (ziekten, plagen, onkruiden)	<p>Het peilbeheer heeft directe invloed op de beschikbare doorwortelbare zone. Door peilverhoging worden de aanwezige nematodenpopulaties in een kleinere teeltlaag gedwongen waarin de plant een minder uitgebreid wortelstelsel kan vormen. De vraag is hoe dit de schadegevoeligheid van gewassen voor bodemziekten beïnvloedt. De verwachting is dat peilverhoging op zandgronden en lichte zavelgronden de</p>

BEHEERDOEL	A. WATERHUISHOUDING, PEILBEHEER, DRAINAGE, (BEREGENING?)
	<p>schadegevoeligheid versterkt. Er is weinig bekend over effecten van veranderend peilbeheer.</p> <p>Verhoging van het peil vermindert de mogelijkheden voor tijdige en geïntegreerde onkruidbeheersing en kan ook het soortenspectrum beïnvloeden.</p>
6. Hoog vermogen tot afbraak van verontreinigingen	
7. Goede waterregulering (infiltratie, interne drainage, vochnalevering) en lage behoefte aan beregening	<p>Knelpunt voor veen: maaiveldvaling, waardoor landschap niet behouden blijft. Kansen: onderwaterdrainage, dynamisch peil. Kennishiaten: vertaalslag fundamenteel onderzoek naar praktijk. Onvoldoende kennis over integraal effect van deze maatregelen (people, planet, profit).</p> <p>Het grootste probleem bij verdichting van de ondergrond (ploegzool of iets dieper) is dat je het niet ziet. De gewasopbrengst is wel negatief gerelateerd aan een toenemende mate van verdichting, maar omdat dit over vrijwel het gehele perceel plaatsvindt, valt het de boer niet op. Ondertussen probeert hij wel de opbrengst te vergroten door input van meststoffen, chemicaliën en beregeningswater. Er is nauwelijks inzicht waar in Nederland verdichting is opgetreden, wel is duidelijk dat op zandgronden het herstel vermogen minimaal is, waardoor juist op die gronden het effect blijvend is. Op kleigronden kan door zwel en krimp de ploegzool op termijn weer verdwijnen. Kennishiaat: hoe kan het effect van verdichting worden gekwantificeerd als het voorkomen er van zo slecht zichtbaar is? Hoe overtuig je de boer ervan dat hij op bepaalde percelen een hogere opbrengst kan halen door aandacht te besteden aan de verdichting op 30-40 cm diep? Welke mechanische, maar vooral biologische (diepwortelende grassen, stimulering van bodemstructuurverbeteraars), maatregelen dragen bij aan het voorkomen, maar vooral opheffen van verdichting van de ondergrond.</p>
8. Ruime tijdvensters voor werkzaamheden (draagkracht, bewerkbaarheid)	<p>Wanneer de bodem verdicht is, blijft de bovengrond langer nat en minder bewerkbaar en berijdbaar. Tegelijkertijd heeft het bewerken buiten de geschikte tijdvensters verdichting tot gevolg.</p> <p>Knelpunt: hoog peil voor natuur(gebied) versus goed ontwaterde bodem t.b.v. werkbaarheid.</p> <p>Op zand: boeren willen graag een diepe ontwatering om zo de tijdvensters zo groot mogelijk te maken. Bovendien verwachten ze de gevolgen van natschade minder goed te kunnen 'managen' dan droogtestress. Dat heeft tot gevolg dat de bodem vaker iets te droog is dan te nat en dat bij periodes zonder regenval eerder moet worden beregend. Vanuit het oogpunt van grondwater beheer is dat een ongelukkige situatie. Het zou mooier zijn als er meer water in de bodem beschikbaar is en minder nodig is voor beregenen. In Brabant is 5 jaar geleden een start gemaakt met het project LOP-stuwen. Daarbij kregen de boeren het waterbeheer in eigen hand en konden ze zelf het waterpeil bepalen. Samen met restricties op het beregenen en uitgebreide begeleiding hydrologie zijn veel boeren er nu van overtuigd dat het diepe</p>

BEHEERDOEL	A. WATERHUISHOUDING, PEILBEHEER, DRAINAGE, (BEREGENING?)
	<p>ontwater minder noodzakelijk is en zijn ze in staat (9 dagen) later te starten met beregenen. Kennishiaat: hoe kan dat ook in andere regio's worden ingezet? Hoe breng je het proces in gang, welke kennis is er aanvullend nodig voor andere gebieden? Wat betekent deze ontwikkeling in het water (en bodembeheer) voor nutriëntenverliezen en het voorkomen van ziekten en plagen?</p>
<p>9. Bijdrage aan mitigatie broeikasgassen (lage emissies CO₂, methaan en lachgas, opslag van C in organische stof)</p>	<p>Knelpunt voor veen: vergeleken met zand en klei draagt veengrond in aanzienlijke mate bij aan de emissie van broeikasgassen. Kans: emissies kunnen beperkt worden door maatregelen die afbraak van organische stof voorkomen. Kennishiaat: het effect van maatregelen gericht op beperking van maaiveld daling (bijv. onderwaterdrainage, dynamisch peil) op emissies van broeikasgassen is niet bekend.</p> <p>Opslag van C in bodemorganische stof is, vooral in veenbodems, sterk gekoppeld aan vochtgehalte. Zodra het veen niet meer waterverzadigd is en er zuurstof bij komt begint het afbraakproces en de emissie van CO₂. Hoe de relatie in andere grondsoorten is en hoe de relatie is in het traject tussen waterverzadigd en helemaal droog is mij niet bekend, maar deze relatie wordt in modellen wel toegepast. Al dan niet empirisch vastgesteld. De vraag is hoe kun je als teler door waterbeheer (*beregemen, dieper of minder diep ontwateren) de afbraak van organische stof zo beïnvloeden dat je de goede eigenschappen ervan kunt benutten. Een slechte afbraak van organische stof betekent in veel gevallen een goede opslag van C, maar ene lage beschikbaarheid van nutriënten. Kennishiaat: dat samenspel is in grote lijnen al wel onderzocht, maar nog te weinig concreet toepasbaar gemaakt voor telers.</p> <p>Knelpunt bij landbouw op natte grond: emissies van N en N₂O. Kennishiaat: kwantitatieve data t.a.v. toename lachgasemissie en C-opslag door vernatting zijn onvoldoende aanwezig.</p>
<p>10. Geen degradatie door grondverlies (wind- en watererosie), verzilting of besmetting met (quarantaine)ziekten</p>	
<p>11. Ruimte voor biodiversiteit: bovengrondse en ondergrondse – óók niet-functionele – door voedsel en habitat te verschaffen</p>	<p>Kans: peilverhoging voor weidevogels.</p>
<p>12. Bescherming van cultuurhistorisch patrimonium (bodemarchief, elementen</p>	<p>Knelpunt voor veen: maaiveld daling, waardoor landschap niet behouden blijft. Kansen: onderwaterdrainage, dynamisch peil. Kennishiaten: vertaalslag fundamenteel onderzoek naar praktijk. Onvoldoende kennis over integraal effect van deze maatregelen.</p>

BEHEERDOEL	A. WATERHUISHOUDING, PEILBEHEER, DRAINAGE, (BEREGENING?)
cultuurlandschap)	Er is al veel kennis over hoe het peil beheerd zou moeten worden en welke gewassen meer of minder slecht zijn voor het bodemarchief. Er is in een pilot bodemdiensten uitgezocht hoe dit juridisch en financieel uitgewerkt kan worden. Dat blijkt erg ingewikkeld en is belegd bij de Rijksdienst voor Cultureel Erfgoed.
13. Sluiten van kringlopen	
14. Behoud van potentiële bodemfuncties, met name biotische (voorkómen van irreversibel functieverlies)	

BEHEERDOEL	B. VRUCHTWISSELING, GROENBEMESTERS, GEWASRESTENBEHEER
<p>1. Hoge productiviteit per ha, hoge productkwaliteit</p>	<p>Optimale vruchtwisseling is zeer bepalend voor opbrengst en kwaliteit. Hier komen alle facetten van fysisch, chemisch en biologisch samen. Kennishiaat: voor de introductie van nieuwe gewassen (energie gewassen, groenbemesters) of bij inpassing van grasland/mais binnen akkerbouwrotaties en andersom moet worden uitgezocht hoe dit uitpakt voor opbrengst en kwaliteit van de reguliere gewassen.</p> <p>Groenbemesters spelen hierbij een rol. Kennishiaat: wat is de potentiële bijdragen van groenbemesters?, consequenties voor organischestofbalans (OS-balans), nawerking in het voorjaar, welke maaimeststoffen zijn het meest geschikt, effect van inkuilen (waardoor er meer vrijheid komt in het moment van aanbrengen), liever drogen dan inkuilen?, effect van zomertarwe en klaver, effect van winterwikke en -erwten, kapotvrievende N-bemesters (o.m. emissieverliezen), hoe til je N over de winter heen?, optimale wijze van inwerking.</p> <p>Kennishiaat: hoe sterk beïnvloedt de OS-huishouding (kwaliteit en kwantiteit) de haalbare opbrengst? Statistisch blijkt hogere N-levering uit de bodem (die nauw aan organische stof is verbonden) in aantal gewassen samen te gaan met hogere haalbare opbrengst (database N-responsproeven). Kans: ontwikkel methode om OS-huishouding zodanig te sturen dat N-levering laag en N-benutting hoog blijft, terwijl toch het positief effect van OS op haalbare opbrengst behouden blijft.</p> <p>Knelpunt: lagere opbrengsten bij akkerbouw door laag OS-gehalte. Kans: tussenteelt van gras. Kennishiaat: empirische onderbouwing verliezen bij omzetten van grasland. Is er een aaltjesprobleem bij tussenteelt van gras? Zo ja, hoe is deze op te lossen?</p> <p>Knelpunt: OS-gehalte in de bodem daalt bij teelt van voedergewassen anders dan mais, hierdoor een lagere productiviteit. Kansen: vruchtwisseling gras en andere voedergewassen. Kennishiaat: laatste stap in analyse van vruchtwisselingsproef.</p>
<p>2. Lage arbeidsbehoefte</p>	<p>Kansen door technologische ontwikkelingen: nieuwe systemen in ruimte en tijd: dubbelteelten, mengteelten etc. Door de technologische ontwikkeling van geoinformatica en GPS wordt het zelfs mogelijk rassen door elkaar te telen en separaat te oogsten.</p>
<p>3. Lage behoefte aan fossiele brandstoffen</p>	
<p>4. Hoge benutting en lage emissie en accumulatie van nutriënten, goede retentie en nalevering van nutriënten</p>	<p>Knelpunt: korte termijn bemestingsplannen bij gespecialiseerde teelten als pootgoed, lelies, tulpen op huurland. Aandacht voor langetermijnbelangen is voor de huurder geen prioriteit. De eigenaren staan steeds vaker ver van de primaire productie af. Het lange termijn belang van duurzaam bodembeheer is daardoor niet meer afgedekt.</p> <p>Knelpunt: verschraling t.b.v. Nitraatrichtlijn. Kennishiaat: hoe beïnvloedt de OS-huishouding (kwaliteit en kwantiteit) de benutting van nutriënten? Spagaat OS-N beheer: enerzijds verlaagt levering van N uit bodem de benutting van nieuwe inputs doordat totaal aanbod wordt verhoogd, anderzijds gaat hogere N-levering uit bodem veelal samen met hoger opbrengstplafond; dat weer samengaat met hogere interne benutting. Bij een geringe verhoging van opbrengstplafond kan N-gift en N-overschot enorm verlaagd worden bij gelijke opbrengst. Kans: ontwikkel</p>

BEHEERDOEL	B. VRUCHTWISSELING, GROENBEMESTERS, GEWASRESTENBEHEER
	<p>methode om OS-huishouding zodanig te sturen dat N-levering laag en N-benutting hoog blijft, terwijl toch het positief effect van OS op haalbare opbrengst behouden blijft. Op basis van compost en toetsen. Belangrijke rol voor analyse van internationale lange termijn studies.</p> <p>Knelpunt: bij graslandverbetering vinden grote verliezen aan N en OS plaats. Kans: nieuwe herinzaaimethoden. Kennishiaat: innovatieve herinzaai- of doorzaaimethoden dienen ontwikkeld te worden om de verliezen te voorkomen.</p>
<p>5. Weerbaarheid: lage behoefte aan chemische gewasbescherming (ziekten, plagen, onkruiden)</p>	<p>Knelpunt: chemische correctie via grondontsmetting bij gespecialiseerde teelten als pootgoed, lelies, tulpen op huurland. Aandacht voor langetermijnbelangen is voor de huurder geen prioriteit (zie ook punt 4).</p> <p>Kans & knelpunt: groenbemers verdienen speciale aandacht. Afhankelijk van grondsoort, ziekte/plaag/onkruidsituatie, en teeltperiode spelen ze een positieve of negatieve rol in de vruchtwisseling; dit zowel via hun effect op fysieke chemische als biologische aspecten in de bodem. Kennishiaat: langjarige experimenten moeten laten zien wat het uiteindelijke totaaleffect is op kwaliteit en opbrengst van de hoofdgewassen. Wat is de optimale combinatie gunstigste opbrengst-kwaliteit/inputs ratio te bereiken.</p> <p>Kans: gewassen met speciale functies zoals biofumigatie, vanggewas, resistenties, biologische ploeg (c.q. goede grondstructuur achterlatend) kunnen een belangrijke rol spelen in het opbouwen van weerbare systemen.</p> <p>Knelpunt: regelgeving (groenbemers maïs) rondom nutriënten en inzet van groenbemers als N-opvang, conflicteert met het belang van bodemgezondheid.</p> <p>Bij introductie van nieuwe gewassen/groenbemers zou bij voorbaat hun status voor de vermeerdering van de belangrijkste ziekten, plagen en onkruiden bekend moeten zijn. Nu wordt door een 'blinde' introductie groot risico genomen. Tegenvallers in de praktijk staan vervolgens verdere introductie in de weg. Voorbeeld: hennep in de Veenkoloniën beïnvloedt aardappelopbrengsten zeer negatief via de sterke opbouw van wortelstelselaaltjes.</p>
<p>6. Hoog vermogen tot afbraak van verontreinigingen</p>	
<p>7. Goede waterregulering (infiltratie, interne drainage, vochnalevering) en lage behoefte aan beregening</p>	<p>OS-huishouding verhoogt robuustheid via vochthoudend vermogen en verbeterde interne drainage.</p>
<p>8. Ruime tijdvensters voor werkzaamheden (draagkracht, bewerkbaarheid)</p>	
<p>9. Bijdrage aan mitigatie</p>	<p>Knelpunt: door graslandverbetering daalt de opslag van C onder grasland. Kans:</p>

BEHEERDOEL	B. VRUCHTWISSELING, GROENBEMESTERS, GEWASRESTENBEHEER
broeikasgassen (lage emissies CO ₂ , methaan en lachgas, opslag van C in organische stof)	nieuwe herinzaai- en/of doorzaaimethoden. Kennishiaat: innovatieve herinzaai- of doorzaaimethoden dienen ontwikkeld te worden om de verliezen aan C te voorkomen.
10. Geen degradatie door grondverlies (wind- en watererosie), of verzilting, of besmetting met (quarantaine)ziekten	Kans: groenbemers, organische stof, bemesting kunnen worden ingezet om wind- en watererosie te vermijden. Strategieën moeten worden ontwikkeld.
11. Ruimte voor biodiversiteit: bovengrondse en ondergrondse – óók niet-functionele – door voedsel en habitat te verschaffen	Kans: overwintering van graanstopfels voor akkervogels en insecten.
12. Bescherming van cultuurhistorisch patrimonium (bodemarchief, elementen cultuurlandschap)	
13. Sluiten van kringlopen	
14. Behoud van potentiële bodemfuncties, met name biotische (voorkómen van irreversibel functieverlies)	Kans: in gebieden waar natuur en landbouw verweven voorkomen is het mogelijk percelen wisselend in te zetten voor landbouw en natuur. Kennishiaat: criteria voor beheer en indicatoren voor het vaststellen van de geschiktheid van percelen voor dit doel moeten worden ontwikkeld.

BEHEERDOEL	C. GRONDBEWERKING, BELASTING, BERIJDING, OOGSTWERKZEKERHEID
1. Hoge productiviteit per ha, hoge productkwaliteit	<p>Kansen voor verbetering van de productiviteit en productkwaliteit in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt op klei, zand en lössgronden zijn er vooral door bodemvriendelijk berijden (lagedrukberijding of vaste rijpaden). Minder intensief grond bewerken leidt in het algemeen niet tot opbrengstverhogingen. Kennishiaat: de duurzaamheidseffecten van verschillende systemen voor grondbewerking en berijding zijn onvoldoende bekend onder Nederlandse omstandigheden. Knelpunt rooivruchten: mogelijk toegenomen behoefte chemische onkruidbestrijding.</p> <p>Knelpunt: op veengrond wordt de graszode beschadigd door vertrapping door weidend vee en door berijding met zware machines in het voorjaar; de grasopbrengst is daarom lager dan mogelijk. Kans: flexibel peilbeheer. Kennishiaat: richtlijnen om dit op juiste manier in de praktijk te brengen.</p> <p>Knelpunt: op kleigrond wordt de graszode en bodemstructuur vooral beschadigd door vertrapping door weidend vee. Kans: aangepast beweidingssysteem.</p> <p>Kennishiaat: fundamentele kennis van aangepast beweidingssysteem.</p>
2. Lage arbeidsbehoefte	<p>De arbeidsbehoefte voor het totale pakket grondbewerkingen in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt is relatief hoog bij het conventionele ploegstelsel. Kansen voor verlaging van de arbeidsbehoefte zijn er door minder intensief te gaan bewerken (o.a. minimale grondbewerking) en door bewerkingen te combineren. In dit verband is het mogelijk noodzakelijk om de cyclus van verdichten (door berijden) en losmaken (door grondbewerking) te doorbreken.</p>
3. Lage behoefte aan fossiele brandstoffen	<p>De grondbewerkingssystemen die onderscheiden kunnen worden verschillen aanzienlijk in energiebehoefte. Kansen voor vermindering in energiegebruik per hectare lopen ongeveer parallel aan die bij arbeidsbehoefte. Omdat het energiegebruik per eenheid product meestal maatgevend is voor de duurzaamheid moet het effect van de systemen op de gewasopbrengst in de beoordeling meegenomen worden, evenals de hoeveelheid energie die indirect verbruikt wordt via inputs.</p>
4. Hoge benutting en lage emissie en accumulatie van nutriënten, goede retentie en nalevering van nutriënten	<p>Kans: in grondbewerking- en berijdingssystemen die een betere bodemstructuur geven verbetert ook de nutriëntenefficiëntie via betere opname door het gewas en in zekere mate ook door vermindering van emissies naar de atmosfeer. Toepassing van groenbemesters en vanggewassen in de systemen kunnen de input van nutriënten verder terugdringen. Vanuit buitenland wordt bij systemen met minder intensieve grondbewerking in combinatie met groenbemesters op termijn een hogere nutriëntenefficiëntie gemeld. De eerste jaren kan de nutriëntenbehoefte echter wat hoger zijn.</p> <p>Kans: de benutting van nutriënten uit dierlijke mest is aanzienlijk beter nu deze in het voorjaar in plaats van in het najaar wordt toegediend, omdat uitspoeling van N vermeden wordt. Om negatieve effecten op de bodemstructuur (en de gevolgen daarvan) door berijding met zware apparatuur in het voorjaar te voorkomen is toepassing van lagedrukmachines kansrijk.</p>
5. Weerbaarheid: lage behoefte aan chemische gewasbescherming (ziekten, plagen, onkruiden)	<p>Wijzigingen in grondbewerking, al dan niet kerend, hebben gevolgen voor de wortelgroei en de ontwikkeling van gewassen, de mate van verstoring van het bodemleven en de afhankelijkheid van chemische onkruidbestrijding. Deze veranderingen wijzigen de gevoeligheid voor bodemziekten, plagen en onkruiden. De vraag is hoe dit uitpakt. Onkruidbeheersing zonder chemische middelen blijkt bij sommige systemen een knelpunt te kunnen zijn.</p>

BEHEERDOEL	C. GRONDBEWERKING, BELASTING, BERIJDING, OOGSTWERKZEKERHEID
	<p>Kans: de veronderstelling is dat niet-kerende grondbewerking tot een stabiel bodemsysteem leidt waardoor schadegevoeligheid afneemt. Kennishiaat: onder welke voorwaarden is dit daadwerkelijk het geval. De interactie met bodemstructuur, beschikbaarheid en uitspoeling van nutriënten moet worden ontrafeld om gericht te kunnen sturen.</p>
<p>6. Hoog vermogen tot afbraak van verontreinigingen</p>	
<p>7. Goede waterregulering (infiltratie, interne drainage, vochtnalevering) en lage behoefte aan beregening</p>	<p>Kans: grondbewerkings- en berijdingssystemen hebben veel invloed op de waterregulering. Betere infiltratie en verminderde afspoeling worden gerapporteerd voor systemen met niet-kerende of minimale grondbewerking. Kennishiaat: nog onvoldoende inzicht hoe dit op de verschillende grondsoorten uitpakt voor verschillende verminderd en/of niet-kerende grondbewerkingssystemen. De vraag is of het bij de huidige bodembelasting door zware machines mogelijk is om een stabiele bodemstructuur met voldoende poriën op te bouwen zonder regelmatig (niet kerend) losmaken van de bodem. Op zand- en lössgronden lijkt dit niet goed mogelijk. Om regelmatig losmaken te voorkomen (alleen minimaal bewerken) is de combinatie van laag belasten van de grond (lage druk, vaste rijpaden) en minimale grondbewerking een kans.</p>
<p>8. Ruime tijdensters voor werkzaamheden (draagkracht, bewerkbaarheid)</p>	<p>De mogelijkheden voor berijding en bewerking van de grond zonder bederf van de bodemstructuur worden bepaald door grondsoort, de ontwatering van de grond (vochtprofiel) en de bodemstructuur (stabiel of niet) Gegeven een bepaald peilbeheer zijn er kansen voor verbetering van de tijdensters door toepassing van lagedrukberijding en vaste rijpaden en ook door grondbewerkingssystemen met relatief stabiele grond (niet-kerende of minimale bewerking).</p>
<p>9. Bijdrage aan mitigatie broeikasgassen (lage emissies CO₂,methaan en lachgas, opslag van C in organische stof)</p>	<p>Grondbewerking en berijding hebben direct effect op mitigatie via het energieverbruik voor de bewerkingen (zie punt 3) en de bodemstructuur. Sleutel voor zo gunstig mogelijke omzettingen/afbraak van organisch materiaal en opname van N lijkt te zijn een zuurstofrijke omgeving in de bodem ter plaatse van de omzettingen, waarvoor een poreuze structuur en goede ontwatering nodig is, ongeacht het type grondbewerking (conventioneel, niet-kerend of minimaal). Kans: voorkomen van bodemverdichting.</p>
<p>10. Geen degradatie door grondverlies (wind- en watererosie), verzilting of besmetting met (quarantaine)ziekten</p>	<p>Kans: niet-kerende en/of verminderde grondbewerking voorkomt erosie. In Limburg wordt dit verplicht gesteld. Knelpunten zijn: 1) toepassing van niet-kerende grondbewerking in ruggenteelten en teelt van fijnzadige gewassen op zware lössgrond en 2) relatief hoge inzet van glyfosaat en herbicidenresistentie. Een kans is de toepassing van drempels tussen aardappel- en peenruggen.</p>
<p>11. Ruimte voor biodiversiteit: bovengrondse en ondergrondse – óók niet-functionele – door voedsel en habitat te verschaffen</p>	<p>Kans: door de ruimere mogelijkheden voor groenbemesters en de betere kansen voor o.a. regenwormen in systemen met niet-kerende of minimale grondbewerking wordt de ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit bevorderd.</p>
<p>12. Bescherming van cultuurhistorisch</p>	

BEHEERDOEL**C. GRONDBEWERKING, BELASTING, BERIJING, OOGSTWERKZEKERHEID**

patrimonium
(bodemarchief, elementen
cultuurlandschap)

13. Sluiten van kringlopen De mogelijkheden voor benutting van dierlijke mest in de akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt op kleigronden worden door de praktijk minder ingeschat sinds de toediening in het voorjaar moet gebeuren. Er zijn echter goede kansen om de mate van benutting te handhaven zonder structuurschade door toepassing van lagedruk toedieningsapparatuur.
-
14. Behoud van potentiële bodemfuncties, met name biotische (voorkómen van irreversibel functieverlies)
-

BEHEERDOEL	D. BEMESTEN, BEKALKEN, AANVOER GRONDVERBETERAARS
<p>1. Hoge productiviteit per ha, hoge productkwaliteit</p>	<p>Kennishiaat: betekenis van residuen van diergeneesmiddelen (met name antibiotica) in de dierlijke mest voor bodem, bodemleven en productiviteit is niet duidelijk. Kans: deze effecten duidelijk krijgen en ernaar handelen.</p> <p>Kennisvraag: hoe sterk beïnvloedt de organischestofhuishouding (OS-huishouding) de haalbare opbrengst? Statistisch blijkt hogere N-levering uit de bodem (die nauw aan organische stof is verbonden) in aantal gewassen samen te gaan met hogere haalbare opbrengst (database N responsproeven). Kans: ontwikkel methode om OS-huishouding zodanig te sturen dat N-levering laag en N-benutting hoog blijft, terwijl toch het positief effect van OS op haalbare opbrengst behouden blijft.</p> <p>Knelpunt: de gewassen appel en waarschijnlijk ook peer hebben een hogere fosfaatbehoefte dan tot nu werd aangenomen. Productie en bewaarduur (productkwaliteit) zijn mede afhankelijk van fosfaat.</p>
<p>2. Lage arbeidsbehoefte</p>	
<p>3. Lage behoefte aan fossiele brandstoffen</p>	
<p>4. Hoge benutting en lage emissie en accumulatie van nutriënten, goede retentie en nalevering van nutriënten</p>	<p>Knelpunt: inefficiënt gebruik van nutriënten, emissies naar lucht en grondwater. Kans: (1) precisielandbouw, efficiënt gebruik van meststoffen/nutriënten. (2) perceelspaspoort: geo-info over opbrengst, OS, naleverend vermogen, penetroweerstand, ziektedruk, textuur en beheersgeschiedenis (vruchtwisseling, inputs, behaalde opbrengsten). Kennishiaat: optimale timing, vorm, dosering o.a. door precisietechnieken (gewassensing) en info in perceelspaspoort en rijenbemesting met dierlijke mest in mais. Kwantificeren N-levering bodem.</p> <p>Op peil houden van OS-gehalte/bodemvruchtbaarheid draagt bij aan nutriëntenbehoefte en aan 'brede' bodemweerbaarheid en is daardoor belangrijk voor een groot aantal bodemkwaliteiten.</p> <p>Kennishiaat: op het lange termijn gedrag van organische stof: wat is de kwaliteit van OS-toevoer uit verschillende mestbronnen, hoe gedraagt deze zich op de lange termijn en wat is de bijdrage dus aan de beschreven thema's?</p> <p>Knelpunt: de fosfaatgebruiksnorm gaat omlaag. Kans: (betere) benutting van de rol van mycorrhiza's bij de opname van het bodemfosfaat. Mycorrhizabeheer is ook van belang bij het oplossen van niet-specifieke herinplant ziekte bij fruit. Kennishiaat: het is tot nu toe niet gelukt om een bodembeheer te ontwikkelen dat gebaseerd is op een analyse van de mate van aanwezigheid van mycorrhiza's die voor de fosfaatopname door appel en peer relevant zijn en dat aangeeft hoe relevante mycorrhiza's gestimuleerd of aan het fruitteeltsysteem toegevoegd kunnen worden leidend tot een hogere fosfaatopname. Een belangrijke hypothese in dit verband is dat de eventuele afwezigheid of gebrek aan werkzaamheid van de relevante mycorrhiza's veroorzaakt wordt door systeembelemmeringen door het gebruik van chemische middelen en kunstmest. In de systeemontwikkeling worden deze belemmeringen weggenomen door alternatieven aan te wijzen of te ontwikkelen.</p> <p>Kans rodebessensector: Door integratie van het beheer van de bodembioologie in het</p>

BEHEERDOEL	D. BEMESTEN, BEKALKEN, AANVOER GRONDVERBETERAARS
	<p>bodembeheer verwacht men dat opname van hoofd- en sporenelementen verbeteren zonder de input te verhogen en de ziekteveerbaarheid (boven- en ondergronds) van de plant toeneemt. Overgang van 100% kunstmest naar een combinatie van OS-aanvoer en kunstmest maakt hier onderdeel van.</p> <p>Knelpunt: verschraling t.b.v. Nitraatrichtlijn. Kennishiaat: hoe beïnvloedt OS-huishouding de benutting van nutriënten? Spagaat OS-N-beheer: enerzijds verlaagt levering van N uit bodem de benutting van nieuwe inputs doordat totaal aanbod wordt verhoogd, anderzijds gaat hogere N-levering uit bodem veelal samen met hoger opbrengstplafond, dat weer samengaat met hogere interne benutting. Bij een geringe verhoging van opbrengstplafond kan N-gift en N-overschot sterk verlaagd worden bij gelijke opbrengst.</p> <p>Kans: ontwikkel methode om OS-huishouding zodanig te sturen dat N-levering laag en N-benutting hoog blijft, terwijl toch het positief effect van OS op haalbare opbrengst behouden blijft. Op basis van compost. Toetsen. Belangrijke rol voor analyse van internationale lange termijn studies.</p>
<p>5. Weerbaarheid: lage behoefte aan chemische gewasbescherming (ziekten, plagen, onkruiden)</p>	<p>Kans: bemesting via organische of minerale toediening beïnvloedt de bodemfauna en flora. kennishiaat: hoe kan bemesting bijdragen aan een stabiel ecosysteem? Compost en organische stof zijn zeer bepalend. Er zijn voorbeelden van positieve en negatieve effecten voor. Telers hebben duidelijkheid nodig hoe een OS-beheer op te zetten dat de bodemweerbaarheid ondersteunt.</p> <p>Kans: de kunstmestinput van fosfaat moet naar beneden om ruimte te maken voor aanvoer van organische stof om het bodemleven te voeden zodat de bodembiodiversiteit toeneemt en ieder geval de regenwormen goed gedijen en oorwormen goed overleven. Regenwormen zijn belangrijk voor de bodemstructuur en voor de ziektebestrijding (via bladvertering). Oorwormen zijn belangrijk bij de plaagbestrijding.</p> <p>De bodemstructuur verbeteren en zodoende het waterafvoerend vermogen te verhogen (vooral nodig bij piekaanvoer via neerslag) en zo de vitaliteit en ziekteveerbaarheid van fruitbomen te verhogen.</p>
<p>6. Hoog vermogen tot afbraak van verontreinigingen</p>	
<p>7. Goede waterregulering (infiltratie, interne drainage, vochnalevering) en lage behoefte aan beregening</p>	<p>Kans: OS-huishouding verhoogt robuustheid via vochthoudend vermogen en verbeterde interne drainage.</p>
<p>8. Ruime tijdvensters voor werkzaamheden (draagkracht, bewerkbaarheid)</p>	
<p>9. Bijdrage aan mitigatie broeikasgassen (lage</p>	<p>Organische stof is mede bepalend voor mitigatie. Kennishiaat: hoe is dit stuurbaar?</p>

BEHEERDOEL	D. BEMESTEN, BEKALKEN, AANVOER GRONDVERBETERAARS
emissies CO ₂ , methaan en lachgas, opslag van C in organische stof)	<p>Lachgas verlagen door betere timing en aangepaste bemestingstechnologie. Kennishiaat: in welke mate te sturen? Hoe effectief?</p> <p>Kans: opslagcapaciteit voor C in bodem. Kennishiaat: kosten per ton CO₂: tot welk niveau te accumuleren? Welk bijpassend beheer?</p> <p>Kans: toevoeging biochar. Kennishiaat: welke meerwaarde heeft biochar in bodem ten opzichte van (1) niet toevoegen, (2) producten met afbreekbare C.</p> <p>Kans: snel verwerende silicaten als alternatief voor bekalking. Kennishiaat: welke effecten, zware metalen, pH, netto CO₂-effect?</p>
10. Geen degradatie door grondverlies (wind- en watererosie), of verzilting, of besmetting met (quarantaine)ziekten	
11. Ruimte voor biodiversiteit: bovengrondse en ondergrondse – óók niet-functionele – door voedsel en habitat te verschaffen	<p>Knelpunt: residuen van diergeneesmiddelen (met name antibiotica) in de dierlijke mest die toegediend wordt in de landbouw. Kennishiaat: onduidelijkheid wat het effect is.</p> <p>Kans: deze effecten duidelijk krijgen en ernaar handelen.</p> <p>Kans: gewasrestenbeheer gericht op habitat/voedsel voor insecten en akkervogels.</p>
12. Bescherming van cultuurhistorisch patrimonium (bodemarchief, elementen cultuurlandschap)	
13. Sluiten van kringlopen	<p>Knelpunt: fosfaat is eindig. Kans: hergebruik vanuit reststromen. Kennishiaat: geschiktheid nieuwe producten (beenderen, mest, afval,).</p> <p>Knelpunt: kippenmest bevat te hoge P-gehalten. Kans: aanpassing voer waardoor N:P-verhouding gunstiger wordt.</p> <p>Knelpunt: de energiemarkt trekt steeds sterker aan de groene reststromen uit onder meer natuurgebieden, waardoor het steeds moeilijker wordt om voldoende organische stof in de bodem te houden (bedreiging van lange termijn bodemvruchtbaarheid). Dit is vooral een beleidsvraag (wet- en regelgeving, EL&-intern en EL&-VROM).</p>
14. Behoud van potentiële bodemfuncties, met name biotische (voorkómen van irreversibel functieverlies)	

BEHEERDOEL	E. GEWASBESCHERMING: ZIEKTEN, PLAGEN, ONKRUIDEN
<p>1. Hoge productiviteit per ha, hoge productkwaliteit</p>	<p>Knelpunt: door veranderende landbouwpraktijk en verminderde beschikbaarheid van correctiemiddelen zijn bodemziekten, plagen en onkruiden steeds vaker opbrengstbeperkende factoren. Kennishiaat: welke ziekten, plagen en onkruiden gaan een belangrijkere rol spelen per grondsoort en regio. Welke knelpunten zijn er of ontstaan door het verdwijnen van bepaalde middelen?</p> <p>Voor een hoge productiviteit moeten ziekten en plagen en onkruiden onder de schadedrempel blijven. Kennishiaat: schadedrempels voor de verschillende gewassen-teeltsystemen-grondsoort. Wanneer dient ingegrepen te worden, en welke mogelijkheden zijn er. Bij bodemziekten en plagen moet veelal preventief ingegrepen worden, omdat ziektes en plagen moeilijk in de grond of in de wortels aangepakt kunnen worden tijdens gewasgroei. Kans: optimale rotaties voor gewasproductie en reductie ziekten en plagen blijven onderzoeken, waarbij resistentieveredeling een belangrijk speerpunt is. Hierbij gebruik maken van nieuwe detectiemethoden, in samenhang met analyselabs. Voorbeelden van reeds ontwikkelde bodembemonsterings- & analysesystemen: nematodenanalyses, aanwezigheid <i>Sclerotinia</i> bij ui.</p> <p>Knelpunt: bepaalde ziekten en plagen hebben negatieve invloed op productkwaliteit. Uitgangsmaterialen moeten ziektevrij zijn; aangetaste producten zijn moeilijk bewaarbaar. Anderzijds wordt meer en meer om residuvrije producten gevraagd. Milieuvriendelijke beheersing van ziekten en plagen wordt in toenemende mate belangrijk. Kennishiaat: voor lang niet elke teelt is dit mogelijk.</p>
<p>2. Lage arbeidsbehoefte</p>	
<p>3. Lage behoefte aan fossiele brandstoffen</p>	
<p>4. Hoge benutting en lage emissie en accumulatie van nutriënten, goede retentie en nalevering van nutriënten</p>	<p>Knelpunt: bemesting op scherp op de snede maakt impact schadelijk organismen mogelijk groter. Er is geen compensatie mogelijk.</p>
<p>5. Weerbaarheid: lage behoefte aan chemische gewasbescherming (ziekten, plagen, onkruiden)</p>	<p>Kans: bepaalde bodems zijn veel gevoeliger voor het ontstaan van ziekten en plagen dan anderen. Daarnaast is het belangrijk om te realiseren dat bodemweerbaarheid veelal specifiek is per ziekteverwekker. Kennishiaat: meetmethoden en indicatoren zijn nodig om vast te stellen of een bodem weerbaar is in algemene zin of specifiek t.o.v. bepaalde ziekten, plagen of onkruiden. Ingrijpen (al dan niet chemisch) om een probleemorganisme te bestrijden, heeft effect op het hele bodemecosysteem. Het is van belang methoden te ontwikkelen die de bodem zo min mogelijk en zo kort mogelijk destabiliseren.</p> <p>Knelpunt, vooral zandgronden met een laag OS-gehalte: gevoeligheid voor ziekten (schimmels en nematoden). In de bollensector (ook boomteelt en akkerbouw op zand) zijn belangrijke ziekteproblemen. Zand heeft sterke nematodenproblemen, klei veel minder maar wel andere ziekten. Dit heeft grote gevolgen voor welke maatregelen toegepast kunnen worden.</p> <p>Kans: bodemweerbaarheid kan door verhoging van organische stof gestimuleerd</p>

worden. Vooral belangrijk op zand.

Kennishiaat: ontwikkelen van methoden en technieken die de bodemweerbaarheid bevorderen. Belangrijk om een integratie van maatregelen te ontwerpen, afhankelijk van zand en klei. Hier spelen bemestende effecten, maar ook uitspoelingsproblematiek belangrijke rol. Ook interacties met onkruidbeheersing.

Kans: andere maatregelen die de bodemweerbaarheid stimuleren bij zand en klei:

- specifieke voorgewassen (*Tagetes*, *sarepta* mosterd, andere groenbemesters (...)). Dit is specifiek per ziekteverwekker!
- specifieke organische reststromen. Soms geeft compost ziekteverweering. Chitine & nematoden (?). Chitine, gist, schimmelpoeder stimuleert *Rhizoctonia*-ziekteverweering (onderzoek op beperkte schaal onder geconditioneerde omstandigheden)
- decline van een ziekte door continue teelt. Ziekteverwekker roept dan zijn eigen antagonisten op. (bijv. take-all decline, *Rhizoctonia*-decline)
- tijdstip en wijze van grondbewerking kan ook het bodemleven zodanig beïnvloeden dat dit invloed op ziektes heeft. Mogelijk meer regenwormen en mycorrhiza bij minder grondbewerking (effecten vrijwel onbekend)

Kans: factoren die robuuste gewassen of robuuste teelt bevorderen met lagere gevoeligheid voor ziekten zijn:

- resistentere rassen
- robuuste planten: afharden, niet te veel N
- gewas met evenwichtige groei

Kans: regen- en oorwormen zijn belangrijke nuttige organismen in de fruitteelt en leven geheel of gedeeltelijk in de bodem. Regenwormen zijn belangrijk voor de bodemstructuur en voor de ziektebestrijding (via bladvertering); oorwormen zijn belangrijk bij de plaagbestrijding. Knelpunt: in veel boomgaarden zijn de oorwormen afwezig. Aan de gebrekkige bladvertering in veel boomgaarden valt af te leiden dat de populatie aan regenwormen ook te laag is. Regenwormen zijn van minder belang op zandgronden; oorwormen zijn voor beide gronden van belang. Kennishiaat: ontwikkeling van beheersstrategieën voor regen- en oorwormen en integratie hiervan in het bodembeheer in het algemeen. Hierbij is het onder meer van belang dat overgestapt wordt van 100% kunstmest naar een combinatie van OS-toevoer en kunstmest. Wat is de invloed van fungiciden/insecticiden/herbiciden. Ook stimulans van algemene bodembiodiversiteit is van belang voor regen- en oorwormen; zo is bekend dat oorwormen bodemroofmijten en springstaarten eten.

Kans: andere maatregelen om ziektes te voorkomen & bestrijden:

- diverse vormen van grondontsmetting om ziekteverwekkers te doden: biologische grondontsmetting, biofumigatie, stomen (glastuinbouw/boomkwekerij), inundatie (bollen)
- ruimere vruchtwisseling waarbij bepaalde ziekteverwekkers afsterven (geldt niet voor polyfage ziekteverwekkers)

BEHEERDOEL	E. GEWASBESCHERMING: ZIEKTEN, PLAGEN, ONKRUIDEN
7. Goede waterregulering (infiltratie, interne drainage, vochtnalevering) en lage behoefte aan beregening	Knelpunt: klimaatverandering en veranderende vochtpatronen leiden tot de vestiging van nieuwe soorten en wijziging in populatiedynamica en schaderelaties van bestaande soorten. Bepaalde ziektes zullen meer optreden bij een slechte waterregulatie. Bijvoorbeeld <i>Pythium</i> wordt gestimuleerd door vrij water, en bacterieziekten versmeren (<i>Erwinia</i>) of komen in oppervlaktewater voor (<i>Ralstonia</i>). Andere ziektes (<i>Rhizoctonia solani</i>) treden sterker op bij een slechte bodemstructuur.
8. Ruime tijdvensters voor werkzaamheden (draagkracht, bewerkbaarheid)	Knelpunt of kans: verlenging van teeltperioden, teelt in afwijkende teeltperioden hebben hun eigen effect op de populatiedynamica van onkruiden, ziekten, plagen en onkruiden. Dit leidt tot andere schaderelaties. Denk ook aan groenbemesters of productiegewassen in de winter die functioneren als groene brug voor de overleving van organismen, maar ook beheersingsmogelijkheden in de braakperiode van (wortel)onkruiden beïnvloeden.
9. Bijdrage aan mitigatie broeikasgassen (lage emissies CO ₂ , methaan en lachgas, opslag van C in organische stof)	Knelpunt of kans: bestrijdingsmethoden kunnen een bijdrage leveren aan uitstoot van klimaatgassen of juist mitigatie bevorderen.
10. Geen degradatie door grondverlies (wind- en watererosie), of verzilting of besmetting met (quarantaine)ziekten	
11. Ruimte voor biodiversiteit: bovengrondse en ondergrondse – óók niet-functionele – door voedsel en habitat te verschaffen	
12. Bescherming van cultuurhistorisch patrimonium (bodemarchief, elementen cultuurlandschap)	
13. Sluiten van kringlopen	Knelpunt: via reststromen kunnen ziekten, plagen en onkruiden worden verspreid. Er bestaat wel een chemische certificering (bijv. schone grondverklaring) maar geen biologische. Ontwikkeling van een schone grondverklaring die ook voor biologische aspecten dekkend is, verdient prioriteit. Kans: (1) organische reststromen biedt kansen voor stimulering van bodemweerbaarheid. Bijv. stimuleren van antagonistische bacteriën met gistcellen of chitine (<i>Lysobacter</i>). (2) hergebruik reststromen is interessant vanuit cradle-to-cradle gedachte. Met positieve kansen voor vastlegging C en stimulering ziektevering.
14. Behoud van potentiële bodemfuncties, met name biotische (voorkómen van irreversibel functieverlies)	Kans: bodem bevat een enorm reservoir aan veelal nog onbekend bodemleven. Dit bodemleven kan vele nog onbekende functies herbergen. Bijvoorbeeld nieuwe antibiotica en enzymen. Daarnaast speelt dit bodemleven een rol in allerlei processen in de bodem die we lang niet allemaal kennen, maar die wel cruciaal zijn

BEHEERDOEL

E. GEWASBESCHERMING: ZIEKTEN, PLAGEN, ONKRUIDEN

voor het functioneren van de bodem. Zo worden er regelmatig nieuwe bacteriesoorten beschreven met ziektewerend of plantengroestimulerend vermogen (bijv. soorten binnen de geslachten *Collimonas*, *Burkholderia*, *Lysobacter* ,...).

BIJLAGE VI - ACHTERGROND BIJ GEKOZEN SPEERPUNTEN

De hier uitgewerkte stukken dienen als achtergrondinformatie voor de gekozen speerpunten.

VI.1 BEHEER VAN ORGANISCHE STOF EN BODEMVRUCHTBAARHEID

Organische stof in de bodem: wat is het, wat doet het?

'Organische stof (OS) is het deel van de bodem dat bestaat uit levende organismen en restanten van dode organismen in diverse stadia van afbraak. (...) Het leidt geen twijfel dat het beheer van organische stof essentieel is als grondslag voor het onderhoud van het gehele bodemecosysteem. OS is de grondstof voor het bodemleven.' (Faber, 2009¹).

Het niveau (gehalte) en de samenstelling van organische stof zijn de resultante van een balans tussen aanvoer en afbraak. De aanvoer wordt bepaald door vruchtwisseling (gewassen, groenbemesters) en daarnaast door de aanvoer van dierlijke mest, compost en andere grondverbetersaars. De afbraak door bodembiota wordt sterk beïnvloed door bodembeheer, de aard van het primaire materiaal en quasi onveranderbare factoren als het weer (temperatuur, neerslag) en textuur (bescherming). Bodembeheer beïnvloedt de afbraak via de sturing van fysieke condities (vocht, aeratie, blootstelling/herschikking en in zekere mate ook bodemtemperatuur), biotische condities (populaties en hun omvang) en chemische condities (pH en beschikbaarheid van nutriënten voor biota).

Organische stof is het substraat en de energiebron voor bodembiota. Deze op hun beurt spelen een belangrijke rol in:

- structuurvorming: opbouw en onderhoud van poriën/bodemstructuur, door afscheiding van kittende stoffen, verplaatsing door inname en graafwerk
- ziektevermindering: de beheersing van ziekten en plagen door predatie en concurrentie
- mineralisatie: het beschikbaar maken van nutriënten uit organische bronnen

1 Faber, J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont en L.C. Braat, 2009. *Ecosysteemdiensten en bodembeheer: maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit*. Rapport 1813, Alterra, Wageningen.

Deze drie functies zijn cruciaal in de gewasproductie en zijn onlosmakelijk verbonden met de OS-huishouding en het daarop gebaseerde bodemleven. In extremo geldt dit voor de biologische landbouw die voor de beheersing van pathogenen en chemische bodemvruchtbaarheid vrijwel geheel van biotische processen afhangt.

In de praktijk is men zich sterk bewust van het belang van OS. Op de kleigronden is OS van belang voor onder andere een goede verkruijmelbaarheid en bewerkbaarheid. Het vermindert de sterke binding tussen de kleideeltjes en maakt de grond losser. Op zandgronden en lichte zavelgronden zorgt het juist voor een betere binding tussen de (losse) gronddeeltjes, waardoor de grond minder gevoelig wordt voor verstuiving (winderosie) dan wel verslemping (dichtslaan, korstvorming). De bindende werking is niet direct een eigenschap van de organische stof zelf, maar van kitstoffen afgescheiden door micro-organismen die betrokken zijn bij de afbraak en verder door de vorming van een netwerk van schimmeldraden die de gronddeeltjes bijeen houden. Voor de structuurstabiliteit op lichte gronden is daarom een continue aanvoer van verse organische stof noodzakelijk. Hoeveel en van welke samenstelling dat moet zijn, zijn nog vragen. Oude organische stof draagt op zand weinig bij aan de structuurstabiliteit. Een bekend voorbeeld hiervan zijn de dalgronden, die een hoog OS-gehalte hebben maar toch stuifgevoelig zijn. Verder bevordert organische stof (op zowel zand als klei) de bewortelbaarheid van de grond, de beluchting van de bodem, het vochthoudend vermogen en de buffering en levering van nutriënten. Ook verbetert het de waterdoorlatendheid van de grond, waardoor minder snel plasvorming optreedt en zo de kans op watererosie en afspoeling afneemt. In de bollenteelt op duinzand met in het algemeen zeer lage OS-gehalten hecht men grote waarde aan OS voor ziekteverering en nutriëntenbuffering; daar heerst de gedachte dat de bijdrage aan deze functies sterk afhangt van oorsprong/type OS. Figuur 3.1 (hoofdttekst) poogt een samenvattend overzicht te geven van de wegen waarlangs bodembeheer de opbouw en afbraak van OS beïnvloedt en van de landbouwkundig belangrijke bodemfuncties (a-h) die op hun beurt door de OS-huishouding worden beïnvloed.

Naast het directe landbouwkundig belang speelt OS bovendien een belangrijke rol in de opslag van C (mitigatie klimaatproblematiek), in de beïnvloeding van de waterhuishouding en milieu via waterretentie en uit- en afspoeling en als voedselbron voor biodiversiteit. Via methaanvorming en lachgasproductie kan OS echter ook juist bijdragen aan de emissie van broeikasgassen.

Knelpunten in de praktijk

Er zijn ontwikkelingen die onbedoeld een negatieve uitwerking kunnen hebben op de OS-huishouding van de Nederlandse landbouwgronden. Deels komen deze voort uit de aanscherping van de mestwetgeving, deels ook uit autonome ontwikkelingen. Beide worden

hieronder kort belicht. Daarna wordt aandacht besteed aan moedwillige verschraling van landbouwgrond, teneinde de nitraatuitspoeling te verminderen.

1. Knelpunten samenhangend met mestwetgeving

Er zijn geen duidelijke aanwijzingen dat de gemiddelde OS-toestand in de Nederlandse landbouwgronden daalt. Wel zijn er hierin verschillen tussen regio's en bedrijfstypen. Op bouwland neemt het gehalte gemiddeld genomen licht af. Niettemin is men in de praktijk bezorgd dat de aanscherping van regels rond het gebruik van mest (Vierde Actieprogramma Nitraatrichtlijn) wel tot een daling zal leiden. Waarschijnlijk terecht, in bepaalde regio's, want de overvloedige toepassing van dierlijke mest zoals in voorbije decennia is niet meer mogelijk. Anderzijds vormt dierlijke mest slechts een beperkt deel van de OS-aanvoer, de aanvoer in gewasresten is vaak groter, zeker op akkerbouwbedrijven. In de intensieve groenteteelt op zand mag een sterkere daling verwacht worden. Enerzijds omdat deze gronden in het verleden vaak sterk verrijkt werden door zeer hoge doses organische meststoffen ('tuinbouwrijp gemaakt'); anderzijds omdat de meeste gewassen in deze systemen zelf weinig bijdragen aan de opbouw van OS (weinig granen in bouwplan, soms leveren aangevoerde perspotjes wel een belangrijke bijdrage). Pronk (2009)² noemt voor een selectie van gangbare akkerbouwbedrijven in het zuidelijk zandgebied gemiddelde OS-gehalten rond 2.5%, voor gangbare vollegrondsgroentebedrijven circa 3.8%. In beide bedrijfstypen ligt volgens die studie de huidige aanvoer van organische producten rond het niveau dat wordt toegelaten

door de wettelijke P- en N-normen, en bedraagt circa 1500 kg EOS³/ha in de akkerbouw en circa 3000 kg EOS/ha in de vollegrondsgroenteteelt. Deze contrasten zijn indicatief voor de hoge OS-behoefte in de intensieve groenteteelt. De hogere aanvoer van EOS in de groentebedrijven wordt gerealiseerd door vervanging van varkensmest door rundermest en van dierlijke mest door plantaardige composten. Voor bedrijven waar deze optimalisatie al heeft plaatsgehad, vertaalt verdere aanscherping van de gebruiksnormen zich één op één in een proportionele vermindering van EOS-aanvoer in mest- en compostproducten.

Hieronder enkele in het oog springende knelpunten die voortkomen uit de mestwetgeving:

- Vooral de aanstaande verlaging van de fosfaatsnormen (tot circa 60 kg/ha op

2 Pronk, A.A., 2009. *Inventarisatie naar de effecten van bemestingsstrategieën op de bodemvruchtbaarheid van de Nederlandse land- en tuinbouw*. Plant Research International, Rapport 256.

3 EOS staat voor effectieve organische stof, een door de voorlichting en praktijk gebruikte grootheid die wil aanduiden hoeveel OS er uit deze aanvoer resteert na afbraak gedurende 1 jaar. Deze term is echter aan herziening toe.

bouwland en 90 kg/ha op grasland) zal beperkend worden voor de aanvoer van organische producten. Op bedrijven die nu de fosfaatnorm opvullen met organische producten, zoals vrijwel alle bedrijven in het zuidelijk zandgebied, zal de toegelaten aanvoer dalen met circa 30% in de komende vijf jaar. De OS-problematiek die hiermee samenhangt is beperkt tot bouwland. Mestscheiding lost dit probleem niet op (P is vooral aan dikke fractie gebonden, de aanvoer van OS per kg P blijft daarom ongeveer gelijk).

- De verlaging van de P-norm zal ertoe leiden dat naast varkensmest er ook een overschot rundermest ontstaat. Dat kan worden aangewend op bouwland. Dat is gunstig voor de OS-voorziening op bouwland. Met rundermest wordt veel meer OS per kg P aangevoerd dan met varkensmest. Rundermest zal evenwel varkensmest verdringen waardoor juist het overschot aan varkensmest nog verder toeneemt. Er moeten oplossingen worden gevonden om de organische stof uit varkensmest toch te kunnen benutten.
- Druk op de mestmarkt in het zuidelijk zandgebied maakt dat land van veehouders vaak niet gehuurd kan worden zonder daarbij de mest af te nemen en zo de fosfaatplaatsingsruimte te vullen. Vaak betreft dit varkensmest, waarmee per eenheid P slechts weinig OS wordt aangevoerd. Zo kunnen geen producten meer worden aangevoerd die wel effectief bijdragen aan de opbouw dan wel onderhoud van de OS in de bodem.
- Drijfmest werd van oudsher op de kleigronden in het najaar toegediend, op momenten waarop de vochttoestand dit toeliet zonder structuurschade. Nu na 1 september niet meer uitgereden mag worden, kan drijfmest alleen nog in het voorjaar worden toegediend. Dit levert knelpunten op met betrekking tot de mechanisatie (juiste apparatuur) en de vaak korte tijdspanne waarin het land zonder schade berijdbaar is vóór het beoogde zaai- of poottijdstip.

2. Andere ontwikkelingen met impact op OS-beheer

- Toenemende intensivering/specialisatie en daaraan gepaarde landruil of -huur (ter vermijding van ziektedruk) maakt tevens dat investeren in OS en bodemvruchtbaarheid zich niet terugbetaalt. De teler komt immers na gebruik vele jaren niet terug op hetzelfde perceel.
- Specifiek boomteelt: meer verkoop met kluit, dus OS verdwijnt met de afgevoerde grond.
- Ook de vraag naar biobrandstoffen heeft een negatief effect op de OS-balans. Deze organische (rest)stromen komen immers niet meer (rechtstreeks) in de bodem.

KNELPUNTEN IN HET BEHEER GERICHT OP DE INSTANDHOUDING OF VERHOOGING VAN HET OS-GEHALTE

MAATREGEL	KNELPUNT/CONFLICT	OPLOSSINGSRICHTING
Afvoer/productie OS verhogen		
Aanvoer dierlijke mest	<ul style="list-style-type: none"> N- en P-gebruiksnormen uitrijverbod transportafstand (€) naar sommige kleiregio's (Zuid-West) biologische landbouw: P-norm vaak beperkend voor N behoeftig bouwplan 	<ul style="list-style-type: none"> plantaardige composten mestscheiding: dikke fractie mag na 1 sept. (klei, veen); echter meer N-verlies dan voorjaarstoepassing verbeterde technologie voor voorjaarstoediening op klei biologische landbouw: maaimeststoffen
Aanvoer composten	<ul style="list-style-type: none"> beschikbaarheid compost €-derving (voor product en gemiste afnamepremie mest) fosfaatruimte reeds gevuld met verplichte mestafname (bij huur organisatorisch probleem) hyacint: telers claimen dat compost geen gelijkwaardige vervanger is voor OS uit stalmest 	<ul style="list-style-type: none"> groengrond/humusaarde identificeren van P-arme compostsoorten andere gecomposteerde reststromen (dan GFT) benutten (uit levensmiddelenbranche) verruiming wetgeving t.b.v. boomteelt (compensatie OS-afvoer met kluit) hyacint: specifieke werking stalmest vaststellen en evt. compenseren
Vergiste producten	<ul style="list-style-type: none"> wettelijke beperkingen m.b.t. aanvoer 'gemakkelijke' energie is hier al uit, impact op bodemleven? (geldt overigens ook voor compost) 	<ul style="list-style-type: none"> zoeken naar OS die niet toch al naar de bodem ging
Groenbemesters	<ul style="list-style-type: none"> bodempathogenen landbeslag kort tijdvenster najaar: nauwelijks ruimte in intensieve bouwplannen 	<ul style="list-style-type: none"> nieuwe groenbemesters zoeken hoofdgewas verkorten (maar kost €) hoofdgewas vervoegen
Vruchtwisseling (o.a. grasland opnemen in bouwlandrotaties)	<ul style="list-style-type: none"> gras en luzerne vermeerderen veel bodempathogenen gewassen met hoge bijdrage aan OS geven vaak laag €-saldo bij graslanddestructie gaat veel C en N verloren 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Tagetes</i> voor biologische grondontsmetting (moet echter 4 maanden staan!) samenwerking met veehouders (grasland) aangepaste technieken voor gedeeltelijke graslandvernieuwing kortere kunstweiden (?)

Afvoer/afbraak van OS verlagen

Alternatieven voor grasland- vernieuwing en -destructie (ook in wisselbouw)	<ul style="list-style-type: none">• bij graslanddestructie gaat veel C en N verloren	<ul style="list-style-type: none">• aangepaste technieken voor lokale vernieuwing, maisinzaai in grasland, (maar problemen m.b.t. concurrentie en botanische samenstelling)
Gewasresten achterlaten (niet afvoeren voor energiewinning)	<ul style="list-style-type: none">• nitraatmissie• lachgasemissie	<ul style="list-style-type: none">• wel afvoeren en gecomposteerd of vergist terugbrengen (maar wettelijke beperkingen)
Minder drainage (minder afbraak)	<ul style="list-style-type: none">• €-derving gewasproductie• door lagere productie ook minder OS-input	<ul style="list-style-type: none">• robuuste rassen?
Aangepaste grondbewerking/ 'conservation tillage' (spaart ook diesel) (frequentie, diepte, type)	<ul style="list-style-type: none">• onkruidbeheersing (herbiciden)• moeilijk voor rooivruchten	<ul style="list-style-type: none">• aangepaste systemen voor onkruidbeheersing ontwikkelen• ecoploeg??
pH relatief laag houden	<ul style="list-style-type: none">• kan gewasproductie verlagen	<ul style="list-style-type: none">• zuurtolerante rassen• pH-streeftrajecten voor gewassen kritisch evalueren (wat is nodig?)
Aanvoer (zeer) stabiele producten	<ul style="list-style-type: none">• kostbaar• soms onduurzaam (veenwinning)	<ul style="list-style-type: none">• EOS vaststellen van producten• wellicht kan zaagsel/houtsnippers ook tot duurzame/stabiele OS-bron van 'goede' kwaliteit verwerkt worden
Verlagen OS-pools In kader van verschraling (nitraat-problematiek)	<ul style="list-style-type: none">• €-derving opbrengst: Niet alleen uitspoeling maar ook bodem N-levering dus beschikbaarheid voor gewas vermindert• mogelijk daling N-benutting	<ul style="list-style-type: none">• N-gebruiksnorm verhogen (maar dan milieuwinst teniet?)• OS-verlies compenseren met N-arme OS

VI.2 BEHEER VAN BODEMSTRUCTUUR

Beheersmaatregelen die de bodemstructuur beïnvloeden zijn:

- A. aangepaste grondbewerkingssystemen
- B. teeltsystemen met vaste rijpaden en/of lage bodemdruk

Beide worden hieronder uitgewerkt.

VI.2A GRONDBEWERKINGSSYSTEMEN

Met hogere energieprijzen en gewenste CO₂-reductie wordt het aantrekkelijk om de intensiteit van grondbewerking in de landbouw te reduceren, aangezien de huidige wijze van kerende grondbewerking op een bedrijf relatief veel energie vraagt. In het verleden is verkennend onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid van teeltsystemen met verminderde kerende grondbewerking. Echter, onkruidbeheersing bleek toen problematisch en opbrengstreducties konden daardoor soms niet worden voorkomen.

Innovaties en inzichten zijn echter doorgedaan en in Limburg, in de Veenkoloniën en het Oldambt wordt al veel gebruikt gemaakt van niet-kerende manier van grondbewerking, waarbij de grond echter nog wel intensief bewerkt wordt. Er zijn echter internationaal veel verschillende manieren van niet kerend dan wel verminderd (strip till, ridge till) of in geheel niet de grond bewerken (no till). Met deze nieuwe systemen is in Nederland niet of nauwelijks praktijkervaring opgedaan. Onderzoek naar ploegloze, minimale grondbewerking uit het verleden (destijds zonder inzet van groenbemesters) maakte al wel duidelijk dat minimale grondbewerking voor maaibare gewassen te realiseren is, maar dat toepassing voor rooivruchten problematisch was.

Kansen

Behalve de mogelijkheid om energiegebruik en CO₂-uitstoot te verminderen, worden bij sommige nieuwe vormen van verminderde en/of niet-kerende grondbewerking ook een aantal andere milieu en economische voordelen geclaimd dan wel bewezen (<http://edepot.wur.nl/3507>):

- mitigatie en adaptatie klimaatverandering
- minder emissie van CO₂, N₂O, CH₄
- extra koolstof opslag in de bodem tot 0.2 ton/ha/jaar C door verminderde afbraak en door verbeterde mogelijkheden van jaarrond groen houden van percelen
- betere droogte tolerantie (1% OS = 150 m³/ha)
- betere wateropslag, waterinfiltratie en minder erosie (>90% bij direct zaai en

- >60% bij niet kerend)
- betere oppervlaktewaterkwaliteit door minder af- en uitspoeling meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen
- besparing aan brandstof (15 tot 80%)
- besparing aan arbeid (tot 60%)
- besparingen aan machines en minder onderhoudskosten
- betere draagkracht van de bodem
- verhoogde ondergrondse en bovengrondse biodiversiteit
- verminderde erosie (water en wind)
- op termijn besparingen aan nutriënten en pesticiden
- soms opbrengstverhoging

Er zijn echter ook een aantal uitdagingen en knelpunten:

- onbekendheid met de mogelijkheden van de innovatievere systemen (in Nederland en EU)
- nieuwe ofwel aangepaste machines nodig voor de uitvoering
- uitdaging hoe rooigewassen met minimale grondbewerking te telen
- uitdaging om fijnzadige gewassen die een zeer goede zaaibedbereiding vergen met minimale grondbewerking te telen (uien, peen)
- aangepaste onkruidbeheersing nodig en extra onzekerheden in de gewasbescherming (een aantal onkruiden, ziekten, plagen gaan mogelijk meer voorkomen)
- minder correctiemogelijkheden met de bemesting en een aangepaste in de tijd variërende behoefte
- andere bemestingstechniek en meststoffen nodig (o.a. injectie)
- uitdagingen in voorkomen van compactie of oplossen van compactie bij niet-ploegsystemen/minimale grondbewerking

Resultierend in de volgende actuele kennisvragen:

- inzichten t.a.v. teeltsystemen met verminderde en/of geen kerende grondbewerking, de daarvoor benodigde machines en technieken en de aanpassingen daarin om o.a. nieuwe ridge till- en no till-technieken bruikbaar te maken voor duurzame en biologische teelt in maaigewassen maar zo mogelijk ook in rooivruchten
- inzichten in de ontwikkeling van gewasopbrengsten, energiegebruik (direct en indirect), broeikasgasemissies, nutriëntenbehoefte, gewasbeschermingsconsequenties en kosten bij verschillende grondbewerkingssystemen in interactie met de gekozen vruchtwisseling en de in te zetten groenbemesters

- inzichten in de optimale keuze van groenbemesters om als biologische ploeg in bouwplanverband de bouwvoor voldoende los te houden of als bodembedekker een in de groenbemester gezaaid gewas onkruidvrij te houden
- methoden voor beheersing van groenbemesters(resten) en meerjarige onkruiden met minimale bewerking en zonder of met minimale chemie
- ontwikkeling van nieuwe best practices voor de beheersing van onkruiden, ziekten en plagen en bemesting
- potentie van moderne technieken (GPS, ICT, sensoren etc., robotisering (van groot en zwaar naar klein en licht)) voor toepassing van systemen met verminderde grondbewerking (zie ook thema rijpadenteelt)

Perspectief voor alle grondsoorten met de volgende aanvullende opmerking voor:

- **klei:** door de zwel en krimpmogelijkheid van klei mogelijk meer eigen correctiemogelijkheid van de grond tegen verdichting, wel eerder problemen met de vochtafvoer en berijdbaarheid te voorzien indien onvoldoende biologisch evenwicht en onvoldoende goede bewerkingswijzen.
- **zand:** meer aandacht voor de droogtegevoeligheid nodig. Verhogen van organisch stofgehalte door de extra groeimogelijkheden die verminderde grondbewerking in combinatie met groenbemesters kan opleveren, kan de droogte gevoeligheid verminderen en de kwaliteit en opbrengend vermogen van de grond verbeteren. Echter groenbemesters pas vlak voor zaai doden, kan ook een erg droge grond met problemen voor het gewas opleveren hetgeen op klei met veel meer vocht naleverend vermogen minder een probleem kan zijn.
- **veen:** deze technieken bieden extra mogelijkheden om de problemen met de draagkracht van de grond te ontzien en inklinking te verminderen (zoals bijvoorbeeld met strip tillage).
- **löss** (en Veenkoloniaal zand): technieken bieden perspectief in de strijd tegen water- en winderosie. Daarom is hier al ervaring met niet-kerende bewerking, maar ook een uitdaging om hierin nog verder te gaan en de grond ook minder intensief of niet te bewerken.
- **grasland** (alle grondsoorten met behoud van bovenstaande extra opmerkingen): mogelijkheid om gras in delen te doden/scheuren (bijvoorbeeld strip tillage) en daarom bij te dragen aan verminderde nutriënten- en broeikasgasemissies en behoud structuur en draagkracht van de bodem indien goed ingepast in bouwplan. Met name potentie voor combinatie maïs/grasland. Maïs met een groot areaal en scheuren van grasland veroorzaakt sterk organisch stof verlies.

Locaties met lopend onderzoek:

- op kleigrond zijn in 2009 meerjarige brede systeemexperimenten bij PPO Lelystad gestart met akkerbouwrotatie (Broekemahoeve) en maïs na gras (samen met ASG), een meerjarig detailexperiment naar de mogelijkheid van beheersing wortelonkruiden zonder kerende grondbewerking (deelproject wortelonkruiden). In de praktijk (biologisch bedrijf Van Strien) ligt er een meerjarig systeemexperiment met minimale grondbewerking in combinatie met permanent onbereden bedden. Verder zijn er percelen in de praktijk met alleen niet-kerende (wel intensieve) bewerkingen onder andere bij FAB (Functionele Agro Biodiversiteit) Hoekse Waard en bij biologische bedrijven (Van Hootegem, Steendijk, Westers)
- op de lössgrond wordt onderzoek uitgevoerd door PPO op de onderzoekslocatie Wijnandrade, veelal in opdracht van de provincie en in samenwerking met ILVO-België.

Gewenst vervolgonderzoek:

- in 2009 opgestarte meerjarige proeven (zowel systeem als klassiek meerjarig) die hierboven genoemd werden doorzetten
- uitbreiden van het onderzoek naar zand en mogelijke ook nog veen voor zowel akkerbouw, maïs, als rotaties met gras op de bestaande proeflocaties (PPO in Vredepeel en Valthermond)
- ook meer pilots (experimenten/demo's) op praktijkbedrijven opzetten en (ver) volgen

VI.2B TEELTSYSTEMEN MET VASTE RIJPADEN EN/OF LAGE BODEMDRUK

Perspectief voor toepassing

Door optimalisering van de fysische, chemische en biologische processen in de grond wordt met minimale input/uitspoeling van meststoffen en minimale emissie van broeikasgassen het maximale uit de grond gehaald. Een goede, niet te dichte bodemstructuur is essentieel om deze processen goed te laten verlopen. Vaste rijpaden (CTF) en ook lage druk (LGP) leveren aantoonbaar een goede bodemstructuur, maar hebben meer voordelen, zoals meer werkbare dagen, de mogelijkheid voor effectievere mechanische onkruidbestrijding, de mogelijkheid om minder 'reparerende' grondbewerking uit te gaan voeren en een lager energieverbruik voor veldwerk. De optelling van de voordelen maakt dat deze systemen ook aantoonbaar bedrijfseconomisch gunstig (duurzaam) kunnen uitwerken.

Knelpunten/kennisvragen:

- grote oogstmachines, wagen en mesttoedieningsapparatuur houdt de kosten laag. Door hoge machinegewichten is LGP beperkt mogelijk. Mogelijk is met kleine, autonoom lagedruk wagens economisch gunstig te bereiken
- CTF kent een vergelijkbaar knelpunt: oogst en transport vanaf rijpaden met hoge capaciteit is nog niet gerealiseerd. De potentie van CTF wordt daarom niet volledig benut. Een groep bio-boeren is hiermee wel bezig. Mogelijke oplossingen: a) ontwikkeling kistenwagen voor rijpaden, b) ontwikkeling werktuigdragers voor oogst en transport, c) aanpassing spoorbreedte rijpaden naar < 3 meter, d) autonoom rijdende kleine wagens voor rijpaden.
- positieve effecten van CTF zijn op klei aangetoond in bio teelt. Op zandgronden worden ook positieve effecten verwacht, maar zijn niet aangetoond
- CTF heeft perspectief voor vermindering N₂O-emissie van grasland voor voederwinning (aangetoond in losse versus vaste grond). In de praktijk is dit nog niet uitgetoend
- voor emissiearme mesttoediening in het voorjaar op kleigrond zijn toepassingen met redelijk lage druk mogelijk. Ten behoeve van acceptatie door boeren is het noodzakelijk aan te tonen en te demonstreren dat het kan zonder opbrengsteffecten
- op bodems waar een probleem met verdichting in de ondergrond aanwezig is, wordt het losmakende effect van woelen vaak in twijfel getrokken vooral als het bodembeheer daarna niet wijzigt. Een kennisvraag is of/wanneer dit wel lukt in combinatie met vaste rijpaden

Perspectief per grondsoort:

- klei: nadruk op verbetering aggregaatstructuur en gevolgeffecten, goede perspectieven, ook in combinatie met minder intensief grond bewerken
- zand: nadruk op opheffen en tegengaan verdichting, effecten moeten onderzocht worden mede in combinatie met minder grond bewerken
- löss: nadruk op opheffen en tegengaan verdichting en voorkomen watererosie, effecten moeten onderzocht worden mede in combinatie met minder grond bewerken
- veen: minder perspectief, weinig gevoelig voor structuurschade
- grasland: nadruk op tegengaan broeikasgasemissie, effecten onderzoeken

Welke onderzoeklocaties benutten?

- klei, bouwland: PPO Lelystad (Broekemahoeve) en percelen op praktijkbedrijven

- klei, grasland: ASG Lelystad
- zand: PPO Vredepeel, Unifarm-Droevendaal en praktijkbedrijven
- löss: PPO Wijnandsrade, Tongeren (België), samenwerking met ILVO

Wat moet er gedaan worden?

vaststellen potentieel van oogst, transport en grondbewerking vanaf rijpaden + minimale grondbewerking versus huidige rijpadenteelt alleen in het groeiseizoen (stimuleren ontwikkeling oogst/transport vanaf rijpaden door de sector zelf)

- demonstreer mogelijkheden (drijf)mesttoediening in voorjaar op kleigrond door toepassen lage druk of CTF
- innovatie om uit impasse van bodemvriendelijke oogst en transport te komen. (zowel in lagedruk- als in rijpaden teeltsystemen)
- meten/bepalen energieverbruik en broeikasgasemissie in CTF-systemen en systemen met minder grondbewerking.
- onderzoek effecten/haalbaarheid CTF en minimale grondbewerking op zand
- onderzoek effecten/haalbaarheid CTF op grasland, waaronder N₂O-emissie voor voederwinning
- onderzoek effecten/haalbaarheid CTF en minimale grondbewerking op löss, waaronder watererosie, in samenwerking met België.
- onderzoek naar effect van woelen in combinatie met teelt op permanent onbereden bedden en diepwortelende gewassen

Aanpak:

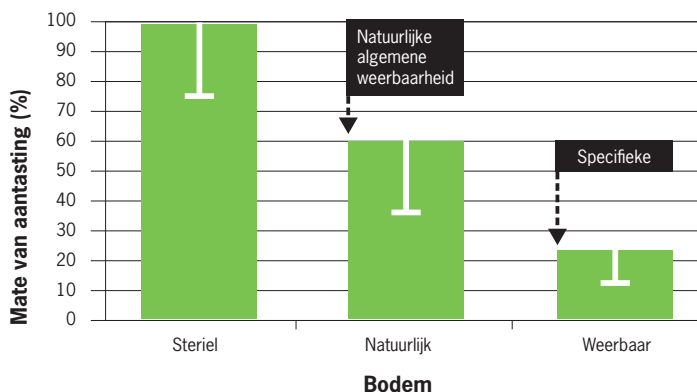
- voortzetting proef rijpadenteelt Flevoland: meerjarige veldproef waarin op zavelgrond het potentieel van CTF (ook oogst) + minimaal bewerken (echt minimaal) bekeken wordt t.o.v. SCTF, d.w.z. rijpadenteelt alleen in het seizoen
- voortzetting onderzoek/demo op praktijkpercelen van mesttoediening in het voorjaar op kleibouwland
- ontwikkeling principes voor innovatieve techniek/sensors/software voor locatiebepaling
- onderlinge communicatie en routing van oogstmachine met aantal kleine, autonome transportkarren
- inzetten meetmethode brandstofverbruik PRI en meetmethoden broeikasgassen ASG en PPO in proeven met CTF, niet-kerende grondbewerking en minimale grondbewerking
- start meerjarige veldproef met gangbaar, CTF en CTF+minimaal bewerking op zand
- start meerjarige veldproef met gangbaar en CTF (onbereden grond) op grasland

- h. start meerjarige veldproef met gangbaar, CTF en CTF+minimaal bewerken op löss
- i. start onderzoek naar effect van woelen, in combinatie met teelt op permanent onbereden bedden en diepwortelende gewassen, op het fysisch functioneren van de bodem op een aantal probleempercelen op verschillende grondsoorten

VI.3 BEHEER VAN BODEMBIODIVERSITEIT EN BODEMWEERBAARHEID

Bodemweerbaarheid: wat is het, wat doet het?

De bodem is het meest dichtbevolkte ecosysteem dat we kennen. Bacteriën en schimmels zijn voor wat betreft biomassa de belangrijkste spelers. Hun diversiteit is enorm: iedere reguliere gram grond bevat 5.000-10.000 verschillende genotypen. Daarnaast vormen nematoden (c.q. aaltjes) de meest talrijke diergroep op aarde. Deze drie diverse en zeer veel voorkomende spelers vormen een zeer complex netwerk met vele andere diergroepen in de bodem (voedselweb). Planten zijn voor de toevoer van voedingsstoffen afhankelijk van omzettingsprocessen in de bodem. Bacteriën, schimmels en nematoden maken nutriënten vrij voor de groei van planten en exploiteren op hun beurt de plantenwortels als voedselbron. Slechts een kleine minderheid heeft zich in de loop van de evolutie ontwikkeld tot gespecialiseerde parasieten van hogere planten.

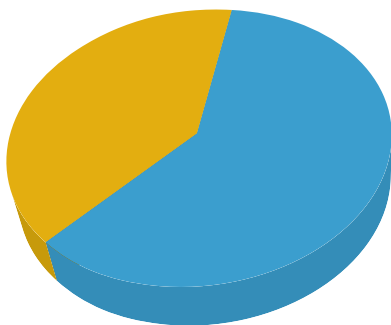


Figuur VI.1. Principe van bodemweerbaarheid.

Bodemweerbaarheid is het verschijnsel dat een pathogeen veel minder schade (aan de planten) aanricht dan sec op grond van de gemeten dichtheid verwacht mocht worden. Dit komt het duidelijkst tot uiting in natuurlijke ecosystemen waar gezonde planten de regel zijn ondanks het feit dat pathogenen alom tegenwoordig zijn. Dit verschijnsel wordt nauwelijks geëxploiteerd omdat de bodem een uiterst biodivers milieu is en onze kennis van de verantwoordelijke elementen, tot op heden, zeer fragmentarisch is.

Bij bodemweerbaarheid wordt in het algemeen gedacht aan ziekten en plagen. Maar ook voor onkruiden geldt dat gronden sterk kunnen verschillen in de mate waarin onkruidpopulaties zich opbouwen, overleven en tot problemen leiden. Daarnaast spelen onkruiden binnen de rotatie een belangrijke rol in de overleving van pathogenen maar ook van antagonisten. Het biologische effect van onkruidzaden in de grond is daardoor veel groter dan je op basis van het aandeel organische stof in de bodem zou mogen verwachten.

Natuurlijke (biodiverse) bodems kennen een algemene (of natuurlijke) weerstand tegen bodempathogenen (zie figuur VI.1). Een grote biodiversiteit van bodemflora en -fauna dempt de verspreiding en de schadelijkheid van bodempathogenen. Dit is een stuurbaar, maar niet overdraagbaar verschijnsel. Hierboven op hebben we de zogenaamde specifieke weerbaarheid (zie figuur VI.1). Het gaat hierbij veelal om een beperkt aantal antagonisten. De specifieke weerbaarheid is in principe zowel stuurbaar als overdraagbaar, mits we het



Figuur VI.2. Zowel biotische al abiotische factoren dragen bij aan bodemweerbaarheid.

mechanisme van dit beperkt aantal antagonisten in de complexe omgeving begrijpen. Bodemweerbaarheid is het resultaat van een interactie tussen biologie en fysisch-chemische eigenschappen van een grond. Zo is de weerbaarheid tegen *Pythium*, gemeten in diverse glastuinbouwbedrijven en bloemen- en bollengronden (Van der Wurff et al., 2010⁴), voor

4 Wurff, A.W.G., M.A. van der Slooten, J. Postma en J.Bloem, 2011. *Sturen op bodemweerbaarheid*, Thema: Doorontwikkelen duurzame gewasbescherming. BO-12.03-

44% verklaard door biologische en 56% door fysisch-chemische factoren. Voor de ziekteverwekkers *Verticillium dahliae* en het wortelknobbelaaltjes (*Meloidogyne* spp.) is dit respectievelijk 40 en 60% en 25 en 75%. Deze cijfers hebben geen algemene geldigheid voor alle gronden maar illustreren duidelijk dat zowel biotische als abiotische factoren bodemweerbaarheid bepalen.

Ziektewering is het gevolg van een groot aantal mechanismen zoals:

- geschiktheid van een bodem voor vestiging t.g.v. textuur, pH, vochthoudend vermogen
- competitie om voedingsstoffen
- predatie en parasitering van pathogenen door microflora/fauna
- remming door antimicrobiële stoffen
- geïnduceerde resistentie.

Het beeld is dat algemene ziekteverring door een combinatie van een groot aantal mechanismen tot stand komt, terwijl specifieke ziekteverring te herleiden is tot één of enkele mechanismen. Meestal antagonisten of parasieten die specifiek één pathogeen onder controle houden.

Waarom belangrijk?

Ruim een kwart van de Nederlandse bodem is bestemd voor de land- of tuinbouw. Door intensieve bewerking, inzet van gewasbeschermingsmiddelen tegen belangrijke ziekten en plagen en meststoffen wordt de bodem gedreven tot optimale gewasproductie. De keerzijde van de medaille is een verlies aan bodembiodiversiteit, ecosysteemdiensten en ophoping van bestrijdingsmiddelen, stikstof en fosfaat en emissie daarvan naar grond- en oppervlaktewater.

Het perspectief van het gebruik van de competentie van de bodem tegen ziekten en plagen wordt onderschreven door de land- en tuinbouworganisatie LTO, het ministerie van EL&I (voorheen LNV) en de Unie van Waterschappen.

Het verminderen van gewasbeschermingsmiddelen door de sector en het gebruikmaken van de natuurlijke eigenschappen van de bodem, kan de sector een milieubewust en 'groen' imago opleveren. Internationaal kan het gebruik van innovatieve, duurzame bodemadviessystemen ter bevordering van bodemweerbaarheid leiden tot een voortrekkersrol van de Nederlandse tuin- en akkerbouw. Ook worden, door het gebruik van de natuurlijke 'competentie' van de bodem, de ondernemers bewust van bodem en water en dit draagt bij tot het wekken van de

003.01-002.06 (<http://edepot.wur.nl/164629>)

interesse in duurzame methoden (cultuurverschuiving).

Kennisvraag

Landbouwgronden zijn gebaat bij een zo hoog mogelijke natuurlijke weerbaarheid maar hoe daarop te sturen? Er zijn veel algemene stelregels die bodemweerbaarheid zouden bevorderen: ruime vruchtwisseling, gebruik van organische mest, teelt van groenbemesters, teelt van vlinderbloemigen, inzet van compost en het beperken van grondbewerking. Voor veel van deze stelregels ontbreekt het bewijs. Verder blijkt dat sommige aspecten sterk afhankelijk zijn van de grondsoort en de specifieke uitgangssituatie op een perceel. Voor implementatie in de praktijk is het voor telers van belang nut en noodzaak van maatregelen te kunnen beoordelen. Opbouw van bodemweerbaarheid kan gepaard gaan met een tijdelijke verslechtering van de algehele bodemgezondheidssituatie en daarmee samenhangende opbrengstdaling. Voor een teler is het belangrijk te weten wanneer de opbrengsten weer naar een aanvaardbaar niveau gaan om te bezien of de omschakelperiode economisch wel overbrugbaar is.

Onderzoeksgebieden

Om bodemweerbaarheid concreet te maken en actief in te zetten, wordt geprioriteerd op drie onderwerpen:

1. Indicatoren voor bodemweerbaarheid. Identificeren van groepen van bodemorganismen die verantwoordelijk zijn voor algemene en specifieke bodemweerbaarheid tegen plantbelagers. Dit leidt tot indicatoren voor bodemweerbaarheid. Vaststellen van mate van weerbaarheid, ziektevermogen, van geselecteerde weerbare bodems t.o.v. niet weerbare bodems door kwantificering van schadeparameters en populatiedynamische parameters. Karakterisatie van geselecteerde weerbare en niet weerbare bodems door DNA-barcode gebaseerde semikwantitatieve bepaling van de bodembiotische diversiteit voor bacteriën, schimmels en nematoden, aangevuld met onkruidbepalingen. Naast deze biotische karakterisering zullen standaard fysische en chemische eigenschappen van deze bodems worden bepaald. Wanneer er andere parameters zijn die zich lenen voor karakterisering van bodemweerbaarheid, kunnen deze worden meegenomen. Activiteit van bodemleven of bepaalde eigenschappen kan ook belangrijk zijn. Biotoetsen kunnen worden ontwikkeld om weerbaarheid te meten.

2. Ontrafelen van de achterliggende mechanismen. Het combineren van onder A geïdentificeerde indicatororganismen met ecologische expertise en literatuurgegevens leidt tot goed onderbouwde hypothesen over de mechanismen die ten grondslag liggen aan de vastgestelde bodemweerbaarheid. Op het gebied van biotische bodemweerbaarheid tegen pathogene bacteriën en schimmels zijn in een aantal gevallen de onderliggende

principes aangetoond; aanwezigheid van antagonistische *Lysobacter*-soorten correleerde met bodemweerbaarheid tegen *Rhizoctonia solani* AG2, en ziektevermindering tegen *Rhizoctonia solani* AG3 bleek positief gecorreleerd met de microbiële diversiteit. Bodemweerbaarheid kan o.a. het gevolg zijn van productie van specifieke antibiotica, afbrekende enzymen, competitie voor essentiële voedselcomponenten, of (myco)parasitisme. Het effect hiervan is dat plantenpathogenen gedood of sterk in ontwikkeling geremd worden, dan wel gepreëdeerd door andere organismen. Eerst wordt bepaald welke metabole processen en producten van belang zijn voor de weerbaarheid tegen plantenpathogenen. Vervolgens wordt onderzocht hoe ze in de driehoek rhizosfeer, pathogeen en grondeigenschappen een rol spelen. Tot slot wordt bekeken of populatieverschuivingen en/of vrijkomen van de juiste metabole producten in de grond te sturen zijn in experimentele opstellingen zowel in het laboratorium als in het veld. Doelgerichte gewasveredeling kan zich klassiek richten tegen infectie door ziekten en plagen (resistentie/tolerantie), maar zodra meer bekend is over de bodem processen kan er ook gericht veredeld worden op antagonismeversterkende effecten.

3. Management van bodemweerbaarheid. Testen en implementeren van praktijkmethoden/managementmaatregelen ter verbetering en/of stimulering van bodemweerbaarheid. Voorvrucht, groenbemesters, organische stof, inbreng van organische materialen, grondbewerking, kunnen de bodemweerbaarheid beïnvloeden. Het gaat hierbij om zowel de korte als de lange termijn effecten van maatregelen. Effect van maatregelen op de ontwikkeling van onkruidpopulaties is integraal onderdeel van de aanpak. De biologische component van bodemweerbaarheid kan niet op zichzelf worden gezien maar wordt mede bepaald door de fysische en chemische aspecten van de bodem. Het ontwikkelen van zinvolle maatregelen heeft alleen kans van slagen wanneer ze integraal worden getoetst op hun effect op de biologische, fysische en chemische componenten in de bodem. Maatregelen ter verbetering van bodemweerbaarheid zullen geïntegreerd in totaalpakket van maatregelen door teler worden uitgevoerd. Hierbij dient rekening gehouden te worden met kosten, implementatie in teeltschema, maar ook met effecten op uitspoeling van mineralen ed. Weerbaarheidsmaatregelen hebben ook effect op: waterregulatie, nutriënten beschikbaarheid, organische stof, CO₂ vastlegging, biodiversiteit, ed.

Onderzoeksaanpak bodemweerbaarheid

Kern is dat de aanpak interactief en geïntegreerd is. Dit zowel over disciplines (fysisch, chemisch en biologisch), grondsoorten (zand, geestgrond, klei en veen) als over systeemniveaus (maatregelen in praktijk, proefveldlocaties, potproeven, laboratorium). In samenspraak met praktijk wordt gezocht naar percelen waar bodemweerbaarheid is geconstateerd. Deze gronden worden systematisch geanalyseerd om de mechanismen van de geconstateerde weerbaarheid te achterhalen. Via monitoring wordt de ontwikkeling van

ziekten, plagen en onkruiden op dergelijke percelen in kaart gebracht. In integrale veldproeven worden maatregelen getoetst en beoordeeld op korte en lange termijn effecten. Zowel in veld, potproeven en laboratorium worden onder gecontroleerde omstandigheden mechanismen onderzocht. Nieuwe hieruit voortvloeiende maatregelen worden in de veldproeven getoetst en daarna breed weggezet op praktijkpercelen.

Monitoringstechnieken om bodemweerbaarheid objectief te kunnen meten worden ontwikkeld en getoetst. Het gaat hierbij om zowel klassieke technieken als de nu in ontwikkeling zijnde DNA methoden. Deze iteratieve, multidisciplinaire aanpak geeft een sterke impuls aan de integratie van onderzoeksprojecten en de ontwikkeling van geïntegreerde maatregelen waarmee ziekten, plagen en onkruiden worden beheerst, nutriënten en chemie optimaal worden ingezet.

Momenteel lopen er onderzoeksprojecten in de verschillende sectoren (bollen, akkerbouw, vollegrondsgroenten) waarbij maatregelen gezocht en getoetst worden om bodemweerbaarheid te stimuleren. Hierbij wordt onderzoek op diverse niveaus (maatregelen in praktijk, proefveldlocaties, potproeven, laboratorium) uitgevoerd, en met elkaar verbonden waar mogelijk. Er is gefragmenteerde kennis aanwezig t.a.v. maatregelen die bodemweerbaarheid van bepaalde ziekten en plagen kunnen stimuleren. Hoe deze maatregelen in de praktijk uitwerken (effect op andere ziektes, invloed op andere teeltaspecten, effectiviteit onder verschillende omstandigheden) is veelal nog onbekend. Er zijn echter ook nog veel ziekten en plagen waarvoor geen maatregelen of bodemeigenschappen bekend zijn die betrekking hebben op bodemweerbaarheid.

Functionele bodembiodiversiteit in de fruitteelt

Een onderwerp dat zich meer specifiek op de biodiversiteit van bepaalde groepen organismen richt, speelt zich af in de fruitteelt. Er is, met name in Utrecht, veel aandacht voor bovengrondse en ondergrondse biodiversiteit. Deze hangen met elkaar samen. Sommige organismen zoals regenwormen en oorwormen zijn heel belangrijk of functioneel bij de teelt van peer. Regenwormen spelen een rol bij het verbeteren van de bodemstructuur van de grond en dragen zo indirect bij aan het voorkomen van ziekten. Oorwormen zijn belangrijk voor het bestrijden van plagen. Een gedeelte van hun levenscyclus speelt zich in de bodem af. Regenwormen en oorwormen zijn niet altijd in voldoende mate aanwezig. Het stimuleren van deze organismen is dus zowel vanuit het oogpunt van biodiversiteit als vanuit functionaliteit van belang.

Het stimuleren van bodembiodiversiteit in het algemeen is hoogstwaarschijnlijk ook van belang voor de fruitteeler omdat hiermee de aanwezigheid van regenwormen en oorwormen

ondersteund wordt (oorwormen eten bijvoorbeeld bodemmijten en bodemspringstaarten) en omdat er daarnaast hoogstwaarschijnlijk nog tal van andere onbekende functionaliteitsrelaties zijn. Voor het verhogen van de bodembiodiversiteit in het algemeen en het stimuleren van regen- en oorwormen in het bijzonder is ondermeer aangepast bodembeheer van belang. Het bodemleven is immers gebaat bij aanvoer van organische stof, zoals dat ook in de biologische fruitteelt gebeurt. Een onderdeel van het aangepast bodembeheer is dan ook de overgang van 100% kunstmest naar een combinatie van kunstmest en organische stof. Hierbij moet binnen de steeds dalende gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat gebleven worden. Ook moet de teeltkundige noodzakelijke verhoging van de fosfaatopname gerealiseerd worden. Hierbij zouden mycorrhiza's een belangrijke rol kunnen spelen. Al deze aanpassingen maken het bodembeheer duurzamer.

Als randvoorwaarde voor het verhogen van de bodembiodiversiteit is het van belang dat het gebruik van sommige gewasbeschermings- en onkruidbestrijdingsmiddelen zoveel mogelijk vermeden wordt, omdat die door hun giftigheid het bodemleven belemmeren.

Dit onderzoek kan en moet in nauwe samenwerking met de praktijk worden uitgevoerd, gezien de duidelijke interesse vanuit de fruittelers zelf.

Beleid, praktijk en autonome ontwikkelingen

Met name het beleid rondom de toelating van gewasbeschermingsmiddelen en nutriënten heeft veel impact op de ontwikkeling van bodemweerbaarheid.

Hieronder worden vier voorbeelden toegelicht:

- Sanering van bodemziekten wordt chemisch uitgevoerd door de inzet van natte grondontsmetting. Op dit moment is Monam het enige toegelaten middel dat eenmaal per 5 jaar op een perceel mag worden toegepast. Dit middel heeft zowel nematicide als fungicide als ook herbicide werking met een breed werkingsspectrum. Deze maatregel heeft een groot effect op het bodemleven. Het is onduidelijk of eventueel aanwezige bodemweerbaarheid irreversibel wordt beïnvloed. Tot midden jaren tachtig was natte grondontsmetting de basismaatregel voor de beheersing van nematoden. Nu is dit het vangnet voor complexe situaties binnen de aaltjesbeheersingsstrategie. Ook internationaal is er door het totaal verbod op methylbromide (2015) veel vraag naar alternatieven om de bodemgezondheid op peil te houden. Innovaties die wij in Nederland op dit vlak ontwikkelen zullen dan ook internationaal aftrek vinden. Het ingezette beleid maakt de ontwikkeling van resistente rassen, vanggewassen en niet chemische grondontsmettingsmethoden van belang.

- Verscherpte regelgeving rondom quarantaine-organismen, zoals ingezet per 1-07-2010 voor aardappelmoeheid, en *Meloidogyne chitwoodi* leidt ertoe dat telers minder risico durven nemen en weer preventief nematiciden en nematostatica gaan inzetten. Daar waar dit niet mogelijk is of te duur is, zullen telers hun toevlucht moeten nemen tot het inhuren van extra land of aankopen van nieuwe aaltjesvrije grond. Signalen zijn aanwezig dat dit proces een schaarste aan gezonde grond genereert, waardoor in de toekomst teelten (zoals bloembollen) weleens teloor zouden kunnen gaan in Nederland. Er is daardoor behoefte aan de ontwikkeling van een indicator voor grondprijzen voor 'gezonde bodems'.
- De regelgeving rondom nutriënten leidt tot het telen op het scherpst van de snede. De verwachting is dat schadedrempels naar beneden gaan en de impact van wortelaantastingen toeneemt omdat de plant alle doorworteling nodig heeft om aan voldoende voedingsstoffen te komen.
- De verplichte inzaai van groenbemesters na maïs heeft ongewenste bijeffecten op de overwintering van een aantal nematoden en bodemschimmels. De impact is nog niet duidelijk.

Andere knelpunten m.b.t. bodemweerbaarheid

Aandacht voor bodem en bodemgezondheid is er op huurland onvoldoende. Daar komt nog bij dat dit juist percelen zijn waar gespecialiseerde telers van uitgangsmateriaal (pootgoed, lelies, tulpen) hun productie vandaan halen. Hoe meet je snel de kwaliteit van huurland en wie zorgt voor de lange termijn?

Schaalvergroting leidt tot minder aandacht per m². Problemen worden pas later geconstateerd. Toenemende intensivering/specialisatie en daaraan gepaarde landruil of -huur (vermijding ziektedruk) maakt tevens dat investeren in OS zich niet terugbetaalt; de teler komt immers na gebruik vele jaren niet terug op hetzelfde perceel.

Er komen producten op de markt met veel pretenties waarvan de deugdzzaamheid niet van is aangetoond. Telers hebben niet de informatie om het onderscheid te maken tussen goede marketing en daadwerkelijke effectiviteit. Hoe kan je dit (goedkoop) screenen (bijv. middels biotoetsen?).

BIJLAGE VII - OVERZICHT MEERJARIGE VELDPROEVEN

Bodemeigenschappen veranderen slechts zeer geleidelijk. Daarom dienen bodembeheersmaatregelen vaak een langere perioden te worden toegepast, voordat verschillen zichtbaar worden. Als gevolg zijn meerjarige veldproeven nodig. Voor een vlotte start van bodemonderzoek kan gebruik gemaakt worden van reeds lopende proeven. Daarom wordt hier een overzicht gegeven van de lopende proeven in Nederland en Vlaanderen die een rol kunnen spelen in een nieuw BO-programma Bodem.

Bedrijfssystemenonderzoek Vredepeel/Nutriënten Waterproof

Coördinerende instelling:	PPO AGV
Contactpersoon:	Janjo de Haan
Locatie:	Vredepeel
Grondsoort:	zand
Startjaar:	1989 bedrijfssystemenonderzoek, 2001 verschillen in OS-aanvoer
Financiering tot jaar:	2010
Financiering uit BO-thema:	12-03-001 (2010), ca. k€ 150, 2005-2009 ca k€ 400
Onderzoekthema's:	vanaf 2001 stikstofuitspoeling

Doel van onderzoek was het ontwikkelen van geïntegreerde en biologische bedrijfssystemen in de open teelten op zandgronden die voldoen aan maatschappelijke randvoorwaarden. De afgelopen jaren was de systeemontwikkeling vooral gericht op verminderen stikstofuitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Randvoorwaarden binnen deze systeemontwikkeling waren rendabiliteit van systemen, handhaving opbrengsten en kwaliteit gewassen en instandhouding bodemvruchtbaarheid.

Opzet: (proef met herhalingen, systeem zonder herhalingen etc.): systeemonderzoek met volledige vruchtwisseling zonder herhalingen: biologisch systeem met 6-jarige vruchtwisseling en geïntegreerd systeem met 6-jarige vruchtwisseling. Binnen het geïntegreerde bedrijfssysteem zijn vanaf 2001 twee deelsystemen ontwikkeld: één met minimale organischestofaanvoer (geen gebruik van organische mest) en één met 'normale' OS-aanvoer. Het biologische systeem had een veel hogere OS-aanvoer dan de geïntegreerde. De vruchtwisselingen verschillen tussen biologisch en geïntegreerd vanwege de aard van de systemen (o.a. noodzaak/wens voor inzet van vlinderbloemige in biologisch systeem).

Argumentatie waarom voortzetting van waarde is: vanaf 2006 zijn verschillen te zien tussen de twee geïntegreerde deelsystemen. Vanaf 2007 heeft dit ook duidelijk effect op de opbrengsten. We kunnen nog niet duidelijk aangeven welke bodemkenmerken tot deze verschillen leidt. De verwachting is dat de verschillen de komende jaren groter worden en dat dan beter is aan te geven wat de oorzaak is van de verschillen. Goed organisch stofbeheer is belangrijk, zeker gezien dat aanvoer van organische stof lastiger is bij aangescherpte stikstof en fosfaatgebruiksnormen op zandgronden. Vraag is ook of emissies van (vooral stikstof) beperkt kunnen worden bij een beter organisch stofbeheer van de bodem. Van de proefvelden zijn vanaf de start veel gegevens beschikbaar die kunnen worden gebruikt.

BODEM (gezondheid) binnen bedrijfssystemen

Coördinerende instelling: PPO AGV
Contactpersoon: G.W. Korthals
Locatie: Vredepeel (Limburg)
Grondsoort: zand
Startjaar: 2006
Financiering tot jaar: 2011
Financiering uit BO: plantgezondheid/KB-thema
Cofinanciering door: PT tot 2010, KB tot 2011
Onderzoekthema's: bodemkwaliteit, aaltjes, schimmels, duurzame teelt, biodiversiteit, monitoring etc.
Opzet: grote veldproef met 4 systemen, 10 maatregelen, in 4 herhalingen, totaal 160 plots van 36 m²

BASIS (Broekemahoeve, Applied Soil Innovation Systems)

Coördinerende instelling: PPO-Wageningen UR
Contactpersoon: D. van Balen (derk.vanbalen@wur.nl)
Locatie: Lelystad
Grondsoort: jonge zeeklei
Startjaar: 2009
Financiering tot jaar: 2012
Financiering uit BO-thema: Duurzame Bodem (BO-12.03-001), Duurzame en vitale bodems (B)-12.10-005)/KB-thema Bodem in Breder perspectief KB4
Cofinanciering door: Wageningen UR en SPF 2009 tot 2012
Onderzoekthema's: (nutriënten, bodemleven (wormen, aaltjesgemeenschappen), fysische bodemvruchtbaarheid, broeikasgassen
Opzet: In een gangbaar én een biologische bedrijfssysteem worden

jaarlijks in 2 respectievelijk 3 percelen het effect van grondbewerking vergeleken. Er worden 3 vormen van grondbewerking vergeleken (ploegen, niet-kerend, minimale grondbewerking). De 3 behandelingen liggen in 4 herhalingen

Rijpadenteelt Flevoland

Coördinerende instelling:	PRI
Contactpersoon:	Bert Vermeulen (bert.vermeulen@wur.nl)
Locatie:	Ens, biologisch bedrijf Van Strien
Grondsoort:	lichte zavel
Startjaar:	2007
Financiering tot jaar:	2010
Financiering uit BO:	Duurzame en vitale bodems (B-12.10-005)
Onderzoekthema:	Potentieel vaste rijpaden (100% onbereiden bedden) in combinatie met minimaal noodzakelijke grondbewerking
Opzet:	veldproef, 3 systemen, 4 herhalingen

Gewasbescherming in nieuwe no till-/ridge till-systemen

Coördinerende instelling:	PPO AGV (i.s.m. PRI en ASG)
Contactpersoon:	Rommie van der Weide
Locatie:	Lelystad
Grondsoort:	klei
Startjaar:	2009
Financiering tot jaar:	voorlopig 2012, maar wens verdere voorzetting
Financiering uit BO:	BO-12.03-003.02 project 007 (100.000 per jaar)
Cofinanciering door:	SPF (Stichting Proefbedrijven Flevoland) 2009-2012 (20k€/jaar)
Onderzoeksthema's:	grondbewerkingssystemen, gewasbescherming, bodemweerbaarheid, en additioneel N _{min} -bepalingen door SPF
Opzet:	In het voorjaar van 2009 is een meerjarige blokkenproef aangelegd waar effectiviteit en haalbaarheid van de verschillende systemen met elkaar vergeleken en verder geoptimaliseerd kan worden in 2010 en 2011. De uitgangspositie was hierbij meerjarig grasland waarop vanaf 2009 maïs verbouwd wordt. Dit is zowel praktijkrelevant als proeftechnisch voordelig omdat de effecten van niet kerend grond bewerken dan eerder tot een evenwicht komen. Te onderzoeken factoren zijn verschillende grondbewerkingssystemen waaronder no till-, strip till- en ridge tillmethoden, mulchgewassen en beheersmethoden van onkruiden en mulch/gewas. Gekozen werd voor het gewas maïs, gezien perspectieven t.a.v. vermindering kosten en milieubelasting in dit gewas en investering- en profileringsmogelijkheden voor (loonwerk)sector.

Herinplantziekte bij fruit

Coördinerende instelling:	PPO BBF en PPO AGV
Contactpersoon:	G.W. Korthals/M. Wenneker
Locatie:	Proeftuin Phillips/Faes Eindhoven
Grondsoort:	zand
Startjaar:	2007
Financiering tot jaar:	2012
Financiering uit	LNV
Onderzoekthema's:	bodemkwaliteit, aaltjes, schimmels, duurzame teelt, biodiversiteit, monitoring etc.
Opzet:	grote veldproef met 7 maatregelen, in 5 herhalingen

Bestrijding van *Verticillium dahliae* bij meerjarig, houtige gewassen

Coördinerende instelling:	PPO AGV
Contactpersoon:	G.W. Korthals/J. Hiemstra
Locatie:	Randwijk (Gelderland, klei) en Vredepeel (Limburg, zand)
Grondsoort:	klei en zand
Startjaar:	2008
Financiering tot jaar:	2011
Financiering uit	PT
Onderzoekthema's:	bodemkwaliteit, aaltjes, schimmels, duurzame teelt, Bomen, Roos, biodiversiteit, monitoring etc.
Opzet:	twee grote veldproeven met 6 maatregelen, in 4 herhalingen, totaal 48 plots van 36 m ²

Bestrijding van *Meloidogyne minor*

Coördinerende instelling:	PPO AGV
Contactpersoon:	G.W. Korthals
Locatie:	Texel (Noord-holland)
Grondsoort:	marien zand
Startjaar:	2008
Financiering tot jaar:	2011
Financiering uit BO	fyto sanitair
Cofinanciering door:	n.v.t.
Onderzoekthema's:	bodemkwaliteit, aaltjes, schimmels, duurzame teelt, biodiversiteit, monitoring etc.
Opzet:	grote veldproef met 6 maatregelen, in 8 herhalingen, totaal 48

plots van 36 m²

Naam van proef of systeemopzet: Bodemgezondheid in de sierteelt

Coördinerende instelling:	PPO BBF
Contactpersoon:	Marjan de Boer
Locatie:	Omgeving Lisse
Grondsoort:	duinzandgrond
Startjaar:	2009
Financiering tot jaar:	2012
Financiering uit BO:	12.03.003.01 Doorontwikkelen Gewasbescherming
Cofinanciering door:	KB4 (zie onderstaand aanpalend project van Gera van Os, de aanleg van de veldproef met OS-trappen wordt deel ook uit BO-project gefinancierd)
Onderzoekthema's:	aaltjes, bodemweerbaarheid, organisch stof, microbiologische parameters
Opzet:	Twee grote veldproeven waaronder de OS-proef zoals hieronder beschreven en een veldproef maatregelen tegen <i>Pratylenchus penetrans</i> met 5 behandelingen en 4 herhalingen. (proef met herhalingen, systeem zonder herhalingen etc.)

Organische stof en bodemweerbaarheid

Coördinerende instelling:	PPO-BBF
Contactpersoon:	Gera van Os
Locatie:	Lisse
Grondsoort:	duinzandgrond
Startjaar:	2010
Financiering tot jaar:	??
Financiering uit	KB4-thema Duurzame Landbouw
Cofinanciering door:	BO
Onderzoekthema's:	nutriënten, aaltjes, etc.: bodemweerbaarheid, organische stof
Opzet:	3 OS-niveaus aangelegd in 4 herhalingen: 1.2%, 2.1% en 3.0% OS
splitplot:	biologische grondonstmetting (BGO), onbehandeld

Uit elk veldje zullen jaarlijks grondmonsters worden getoetst op bodemweerbaarheid in bio-toetsen met *Pythium* in hyacint, *Rhizoctonia solani* in tulp en *Meloidogyne hapla* in sla. Doelstelling: inzicht krijgen in effect van het OS-gehalte en BGO op de bodemweerbaarheid. (proef met herhalingen, systeem zonder herhalingen etc.).

GoeddoorGrond

Coördinerende instelling:	DLV
Contactpersoon:	Gera van Os
Locatie:	Noord-Holland
Grondsoort:	duinzandgroen
Startjaar:	2009
Financiering tot jaar:	2012
Financiering:	Provincie Noord-Holland, Ministerie VROM
Onderzoekthema's	bodemweerbaarheid, biodiversiteit, duurzame bollenteelt
Opzet:	(proef met herhalingen, systeem zonder herhalingen etc.)

Vijf bollentelers in Noord-Holland hebben elk een proefvak aangelegd op hun eigen bedrijf. Elke teler is een herhaling (5 herhalingen).

Twee teeltsystemen: gangbaar (met normale dosering compost, ca. 30 ton/ha) en duurzaam (met dubbele dosering compost, ca. 60 ton/ha).

Splitplot: binnen elk teeltsysteem ligt er een factor groenbemesters: bladrammenas, Japanse haver, geen groenbemester.

In het najaar 2009 en najaar 2011 worden door PPO grondmonsters getoetst op bodemweerbaarheid in bio-toetsen met *Pythium* in hyacint, *Rhizoctonia solani* in tulp en *Pratylenchus penetrans* in narcis.

Doelstelling: inzicht krijgen in effect van compost en groenbemesters op de bodemweerbaarheid. Er wordt gezocht naar een relatie tussen fysische, chemische en biologische bodemparameters en de bodemweerbaarheid, met bijzondere aandacht voor de biodiversiteit.

Geïntegreerde beheersing *Pythium*-wortelrot

Coördinerende instelling:	PPO BBF
Contactpersoon:	Marjan de Boer
Locatie:	omgeving Lisse
Grondsoort:	duinzandgrond
Startjaar:	2007
Financiering tot jaar:	2013
Financiering uit BO thema:	
Cofinanciering door:	PT-gefinancierd
Onderzoekthema's:	<i>Pythium</i> -wortelrot, geïntegreerde bestrijding inpassen in de

Opzet: vruchtwisseling
(proef met herhalingen, systeem zonder herhalingen etc.) twee
veldproeven met systemen en deels herhalingen op twee locaties

Vruchtwisseling Aver Heino

Op onderzoekslocatie Aver Heino op zandgrond ligt een meerjarige vruchtwisselingsproef met gras/klaver, maïs en triticale. Deze is gestart in 2001 en beoogd te eindigen in 2012 (voor volledige statistische analyse is in deze proef 11 jaar onderzoek nodig). De proef werd t/m 2010 gefinancierd vanuit het thema bodem binnen het BO-programma Biologische Veehouderij. De financiële middelen voor dit programma zijn echter drastisch gekort, waardoor verrekende keuzes genomen moesten worden. De vruchtwisselingsproef krijgt geen financiering meer in 2011 en 2012 vanuit het programma biologisch. Hierdoor wordt de analyse veel beperkter dan oorspronkelijk voorzien, tenzij we elders financiering vinden. De proef leent zich uitstekend om aanvullende metingen te doen m.b.t. weerbaarheid en robuustheid.

Droevendaal/Wildekamp

Coördinerende instelling: Wageningen University
Contactpersoon: Andries Siepel (Unifarm)
Locatie: Wageningen
Grondsoort: zand
Startjaar:
Financiering tot jaar:
Financiering door: Wageningen UR
Onderzoekthema's: graslandbeheer: 30 à 40 jaar onbemest gras
onbetreden vegetatie velden en zwarte braak, Droevendaal
perceel 13,
door Ron de Goede (ESG)
kikkerpoel, heuvelig grasland
oude graslanden op de Veensteeg (Gerard Derks)

Mest als Kans (MAK)

Het Louis Bolk Instituut onderhoudt een langjarige biologische vergelijkingsproef: proefveld Mest als Kans. Op dit proefveld zijn gedurende tien jaren consequent twaalf verschillende, deels in de biologische en deels in de biologisch dynamische landbouw toegelaten meststoffen toegediend. Een 13^e variant betreft een gangbare bemesting met een uitgebalanceerde kunstmeststrategie.

De kenmerken van het proefveld zijn als volgt:

- dertien verschillende mest- en compostsoorten
- instandhouding vanaf 1999
- aangelegd in 4 herhalingen
- expertstudie in 2009 gaf aan dat belang van de proef breed wordt ingezien

Voor diverse vraagstukken is juist behoefte aan inzicht op effecten op de lange termijn. Hiervoor is het proefveld MAK bij uitstek geschikt.

Geïntegreerde beheersing van wortelonkruiden

Coördinerende instelling:	PRI
Contactpersoon:	Marleen Riemens
Startjaar:	2009
Financiering tot jaar:	2011
Financiering uit BO thema:	BO-06-013-001
Onderzoekthema:	onkruid

Doel van dit project is het in interactie met sectoren en private partijen verbeteren van de beheersing van meerjarige onkruiden in biologische en geïntegreerde teelt, middels:

1. kennisverdieping t.a.v. levenscyclus
2. doorontwikkeling innovaties niet-chemische technieken

Het project is in 2009 gestart als een driejarig project waarbij in het eerste projectjaar een proefveld ingericht werd. Een aantal waarnemingen aan fenologie en biomassa kon daardoor in het startjaar en daarop volgende tweede projectjaar verzameld worden, voor proeven met de nieuwe bestrijdingsmethode bood het eerste jaar echter geen ruimte: de planten moesten kunnen uitgroeien (het veld besmetten). Het is essentieel dat de proeven die in 2010 gestart zijn, in 2011 beoordeeld en herhaald kunnen worden. Het betreft onderzoek naar meerjarige soorten, het effect van de uitgevoerde beheersingsproeven kan daarom alleen in het volgende jaar beoordeeld worden. Bovendien is het noodzakelijk de proeven in meer dan een jaar uit te voeren om zo jaarinvloeden te kunnen identificeren en uit te filteren. De grote meerwaarde van de aanpak binnen dit project, d.w.z. de fundamentele kennisvergaring t.a.v. biomassa-ontwikkeling en fenologie, gecombineerd met modelontwikkeling en veldexperimenten ligt in de laatste stap van het project: de koppeling van al deze aspecten. Om deze laatste stap te kunnen zetten is het essentieel het laatste projectjaar volgens planning te kunnen uitvoeren.

Vredepeel systeemonderzoek Nutriënten Waterproof

project is beëindigd, voorbereidingen onderzoek duurzaam bodembeheer

Composteren van preiresten met jonge natuurcompost. Proeven Frank de Ruijter, PRI, locatie?

Duinzand Lisse, Paul Belder

Doel: alternatieven testen voor zware stalmestgiften in de teelt van (broei)hyacint

18 behandelingen. Dubbel opgezet (aangelegd op 2 percelen) wegens minimale bodemrustduur voor hyacint

Fosfaatbemesting op grasland en bouwland.

Coördinerende instelling:	Alterra met PPO, ASG
Contactpersoon:	Philip Ehlert
Locaties:	grasland: Aver Heino, Cranendonk, Lelystad, Zegveld Bouwland: Lelystad, Marknesse, Wijster
Grondsoort:	diverse
Startjaar:	bouwland vanaf 1971, grasland vanaf 1996
Financiering tot jaar:	??? is nog opgenomen in BO
Financiering door:	Wageningen UR
Onderzoekthema's:	bodemvruchtbaarheid: relatie fosfaatoverschot-fosfaattoestand

GRASLAND

De grasproef bestaat uit vier proefvelden. De proefvelden zijn in het najaar van 1996 aangelegd op: Aver Heino, Cranendonck (beide zandgrond), Waiboerhoeve (jonge zeeklei) en Zegveld (veengrond). Op ieder proefveld liggen zes behandelingen: fosfaatoverschotten 0, 20 en 40 kg P₂O₅/ha/jaar, (P00, P20 en P40) op twee N-overschotten 180 en 300 kg N/ha/jaar (N180 en N300). Onderdeel van de proef is beweiding met jongvee.

- Zegveld: representatief voor natte veengronden, actuele risico's met uit- en afspoeling P, op termijn mogelijk risico voor te lage P gehalten in gras bij evenwichtsbemesting
- Waiboerhoeve (Lelystad): representatief voor lichte kleigronden, beperkte risico's met uit- en afspoeling P, grote risico voor te lage drogestofopbrengst en P-gehalten in gras bij evenwichtsbemesting
- Heino: representatief voor nattere zandgronden, risico's met uit- en afspoeling P, risico voor te lage drogestofopbrengst en P-gehalten in gras bij evenwichtsbemesting. Biologische bedrijfsvoering geeft minder grote

representativiteit, maar dient wel het belang van de biologische landbouw en de opzet van de fosfaatproef staat verschillende vormen van bedrijfsvoering toe

- Cranendonck: representatief voor droge zandgronden, geen risico's met uitspoeling P naar oppervlaktewater en weinig risico's voor afspoeling, risico voor te lage drogestofopbrengst en P-gehalten in gras bij evenwichtsbemesting

Op grasland is de ondergrond (>20 cm) nauwelijks/niet verrijkt of verarmd door aangelegde fosfaatoverschotten.

BOUWLAND

De veeljarige veldproeven op bouwland zijn aangelegd op drie locaties: Lelystad, Marknesse en Wijster. De veldproeven hebben als behandeling (factor) de fosfaatgift en/of de fosfaattoestanden. Daarnaast zijn fosfaatvorm en tijdstip van bemesting factoren. Op de veldproeven worden akkerbouwgewassen en vollegrondsgroenten verbouwd:

- Lelystad: representatief voor de lichte zeekleigronden die in korte tijd sterk verrijkt zijn met fosfaat, actuele risico's met uitspoeling, op termijn mogelijk risico voor opbrengstderving. Ondergrond (>30 cm) verrijkt afhankelijk van het overschot. Locatie heeft kwel
- Marknesse (actieve proef): representatief voor lichte zeekleigronden die over langere periode verrijkt zijn met fosfaat en nog niet fosfaat lekt. Ondergrond (> 30 cm) verarmt of verrijkt afhankelijk van het overschot. Locatie kent overwegend uitspoeling
- Wijster: representatief voor dekzanden die over langere periode verrijkt zijn met fosfaat. Hangwaterprofiel

De toestandenveldproef P1801 te Lelystad werd in het najaar van 1986 aangelegd. Van 1987-1990 zijn door verschillende fosfaatbemestingen met tripelsuperfosfaat verschillende fosfaattoestanden (P1, P2, P3, en P4) tot stand gebracht. Die toestanden worden met verschillende fosfaatgiften op niveau gehouden. De veldproef heeft vier herhalingen. De veldproef is in het voorjaar van 2005 per fosfaattoestand opgesplitst in een deel waar de fosfaatgiften gecontinueerd zijn en een deel dat geen fosfaat meer ontvangt (uitmijnen). Op de bemeste veldjes werden in 2005 dezelfde hoeveelheden fosfaat gegeven als die in voorgaande jaren, namelijk 0, 70, 140 en 280 kg P_2O_5 /ha voor respectievelijk de fosfaattoestanden P1, P2, P3, en P4. Vanaf 2006 is bij P1 op de helft van de veldjes de 0 gift vervangen door een gift van 70 P_2O_5 /ha.

De hoeveelheden veldproef IB0013 werd in 1972 te Marknesse aangelegd. Tot 1986 werden giften van 0, 80, 160 of 240 kg P_2O_5 /ha toegediend als superfosfaat of als Rhenania (gloeifosfaat). Na 1986 werden de behandelingen met Rhenania gestopt en op nawerking gelegd (uitmijnen). Dat wil zeggen dat deze objecten gelijk behandeld zijn als overige objecten maar dat er geen fosfaat meer werd toegediend. In het najaar van 1990 werden de veldjes met deze behandeling gebruikt voor het aanleggen van behandelingen met strikte evenwichtsbemesting (aanvoer is afvoer (=M)) of een veelvoud daarvan (respectievelijk 2M of 3M). De behandeling zonder fosfaatbemesting ligt in acht herhalingen, de behandeling met fosfaat in vier herhalingen.

De toestanden-hoeveelheden veldproef IB0016 werd in 1971 te Marknesse aangelegd. De proef heeft verschillende onderzoeksdoeleinden gediend. De proefopzet is daardoor gedurende de periode 1971-1997 in opzet en uitvoering gewijzigd. Door die verschillende behandelingen zijn verschillen in fosfaatoverschotten waardoor een bereik in fosfaattoestanden is ontstaan. Vanaf de periode 1998 worden die toestanden op de helft van de veldjes gehandhaafd met jaarlijkse giften van 70 of 100 kg P_2O_5 /ha als tripelsuperfosfaat. Op de andere helft wordt geen fosfaat meer gegeven. Deze behandelingen liggen over twee blokken verdeeld. Op deze veldproef worden uitsluitend de fosfaattoestanden van de bouwvoor (0-25 cm) in de tijd gevolgd.

De hoeveelheden-fosfaatvormen veldproef IB1920 te Wijster werd in 1972 aangelegd. De fosfaatvormen betreffen superfosfaat, slakkenmeel, thomaskali (mengsel van slakkenmeel en K60), Rhenania en natuurfosfaat (hyperfos). De giften superfosfaat zijn 45, 90, 180 of 240 kg P_2O_5 /ha. De overige behandelingen hebben giften van 90 of 180 kg P_2O_5 /ha. Bij superfosfaat zijn er behandelingen met najaars- en voorjaarsbemesting. Rhenania ligt vanaf 1988 op nawerking, d.w.z. dat deze objecten dezelfde behandelingen krijgen als overige objecten maar geen fosfaat meer ontvangen (uitmijnen). In 2000 is het aantal herhalingen teruggebracht van drie naar twee i.v.m. de verbreding van aangrenzende sloot. De behandeling zonder fosfaat ligt in viervoud.

Duinzand Lisse, Annette Pronk

Het project duurt tot en met 2011. Doel van het project is om de afbraak van duinzandgronden vast te stellen en de EOS van stalmest, compost en een combinatie van stalmest en compost, zodat een OS-balans kan worden doorgerekend met eenvoudige praktijktoepasbare rekenregels. Het onderzoek omvat onderdelen: veldproef en een kleinschalige proef met 4 gronden in bakken zonder gewas.

Kleinschalige proef: Er liggen 4 gronden in bakken, 3 duinzandgronden en 1 dekzand grond.

Per grond 9 behandelingen, geen gewas.

Behandelingen: Onbehandeld, 22 ton compost/ha, 44 ton compost/ha, 12 ton stalmest/ha, 24 ton stalmest/ha en de combinatie 22 ton compost+12 ton stalmest/ha en 44 ton compost en 24 ton stalmest/ha. Ook een behandeling met stro en 1 met gewasrest van Astilbe. De behandelingen worden jaarlijks in het voorjaar toegediend, behalve stro en gewasrest, die in het najaar worden ondergewerkt. Voor onderwerpen organische materialen wordt een grondmonster gestoken en geanalyseerd op diverse bodemkenmerken.

Veldproef: 3 percelen van dezelfde duingrond met een vruchtwisseling: bol, vaste plant, zomerbloem. Ieder gewas is jaar aanwezig. Dezelfde behandelingen als in de kleinschalige proef, alleen geen stro en gewasrest, maar de ontbrekende behandelingen 22 ton compost met 24 ton stalmest en 44 ton compost met 12 ton stalmest. De organische materialen worden toegediend zoals dat bij de teelt hoort: voorjaar voor vaste plant en zomerbloem, zomer voor bol. Voor het onderbrengen wordt een grondmonster gestoken, gearchiveerd en geanalyseerd op diverse bodemkenmerken.

Een selectie van grondmonsters wordt geanalyseerd op CO₂-respiratie in het laboratorium.

Praktijkgegevens over het verloop van de OS op praktijkpercelen en bijbehorende inputs worden gebruikt om de rekenregels te evalueren.

Proeven in Vlaanderen:

- langdurige proef ILVO Koolstofopslag onder grasland: zie weblink <http://www.ilvo.vlaanderen.be/NL/Onderzoek/TeeltenOmgeving/Duurzaambodembeheer/CenNhuishouding/Koolstofopslagondergrasland/tabid/2263/Default.aspx>
- langdurige proef ILVO Bodembeheer in relatie tot bodemkwaliteit en ziektedruk – meerjarige veldproef: zie weblink <http://www.ilvo.vlaanderen.be/plant/NL/Onderzoek/TeeltenOmgeving/Duurzaambodembeheer/ProefS15/tabid/4884/language/nl-BE/Default.aspx>
- meerjarige bemestingsproef: proefhoeve UGent, sinds 2005. 8 bemestingen. Partners: UGent, ILVO
- Vlaco-proef rond bemesting: proefhoeve UGent, sinds 1997. Partners: UGent, ILVO, Vlaco. 3 N-trappen, 3 compostdosissen, 2 mengmestbehandelingen. Monocultuur maïs.
- CMC-proef Toepassing boerderijcompost in combinatie met vruchtwisseling. Proefhoeve UGent, sinds 2004. UGent, ILVO. 3 N-trappen, 2 compostdosissen
- vruchtwisselingsproef: proefhoeve Bottelare (HoGent). 11 vruchtwisselingen,

- 4 N-trappen. Sinds 2006. Partners: HoGent, UGent, ILVO
- bioperceel rond een combinatie van de bodembeheersmaatregelen composttoepassing bij NKG en een reguliere bemesting met dierlijke mest waarbij er geploegd wordt. Opgestart in 2005-2006. Teeltrotatie: maïs-aardappelen-graan-rode klaver
 - meerjarige proef te Meulebeke op praktijkperceel opgevolgd door collega Koen Willekens. Effect niet-kerende bodembewerking en composttoepassing op bodemconditie en N-benutting. Gewas: groenten. Sinds: najaar 2008. <http://www.ilvo.vlaanderen.be/plant/NL/Onderzoek/TeeltenOmgeving/DuurzaamBodembeheer/BodemconditieNbenutting/tabid/4885/language/nl-BE/Default.aspx>
 - meerjarige proef op PCG (proefcentrum voor groenteteelt) i.s.m. ILVO (Koen Willekens). Gelijkaardig aan de proef in Meulebeke, maar 3 bewerkingstypes (i.p.v. 2) en slechts 2 herhalingen. Sinds: najaar 2008
 - roef PCBT (proefcentrum biologische teelt) sinds 2003: meerjarig effect van verschillende bemestingsstrategieën (o.a. compost) op bodemvruchtbaarheid in biologische landbouw. Te Beitem (streek Roeselare)
 - proef POVLT. We weten hier niet het fijne van maar is gelijkaardig aan proef PCBT denken we. Ze gebruiken in elk geval CMC-compost van ILVO. Te Beitem (streek Roeselare)

BIJLAGE VIII - INVENTARISATIE VAN TOOLS VOOR SPECIFIEKE ASPECTEN VAN BODEMBEHEER

Lijst is niet uitputtend

Best Practices gewasbescherming Telen met toekomst	Wageningen UR
Best Practices Bemesting Telen met toekomst	Wageningen UR
Vuistregels Zorg voor Zand	Wageningen UR
www.onkruidschema.nl	Wageningen UR
www.aaltjesschema.nl	Wageningen UR
www.nemadecide.com : advisering aaltjesbeheersing	Wageningen UR
NUTMATCH: optimalisatie bemestingplan open teeltbedrijven lange termijn	Wageningen UR
BEX: berekening bedrijfsspecifieke excretie	Wageningen UR
BEP: berekening bedrijfsspecifieke fosfaatnormen	Wageningen UR
MEBOT: milieu en economie van open teeltbedrijven	Wageningen UR
BBPR/DairyWise: optimalisatie melkveebedrijven	Wageningen UR
FARMMIN: optimalisatie nutriëntstromen melkveebedrijven	Wageningen UR
3PS: http://www3.lei.wur.nl/DZW/	Wageningen UR
NDICEA: dynamische simulatie organische stof en mineralisatie	LBI
Beslissingsondersteunend systeem voor compostgebruik – project Mest als Kans	LBI
Beslissingsondersteunend systeem voor bodemkwaliteit – project Bodem in Zicht	LBI

BIJLAGE IX - ECOSYSTEEDIENSTEN VAN DE BODEM

Achtergrondinformatie en belang voor huidige visiedocument duurzaam bodembeheer

Het RIVM (M. Rutgers) heeft in opdracht van VROM en in samenwerking met onder anderen mensen van Alterra en het LBI het concept ecosysteemdiensten voor de bodem ontwikkeld. De volgende belangrijke stappen kunnen hierin herkend worden:

- in het rapport van Rutgers *et al.* (2005) zijn de **ecosysteemdiensten** (toen **ecologische diensten** genoemd) beschreven (p. 22 en 41)
- de categorieën bodemgebruik en bodemtypen waarvoor typering en referenties opgesteld dienen te worden zijn geïdentificeerd (Rutgers *et al.*, 2005, p. 24). Dit zijn de zogenoemde **referenties voor biologische bodemkwaliteit (RBB)** (10 categorieën bodemgebruik x bodemtype) (Rutgers *et al.*, 2007, p.42)
- er zijn parameters (50) geïdentificeerd waarvan verondersteld wordt dat ze relatie hebben met de gezondheid van de bodem (Rutgers *et al.*, 2005, p. 42). De indicatieve betekenis van deze parameters voor bepaalde ecologische diensten is in expert meetings bepaald (Rutgers *et al.*, 2005, p. 50-51)
- hieruit zijn 25 te meten factoren geselecteerd, deze zijn afgeleid van de **Bodembiologische indicator (Bobi)** (Rutgers *et al.*, 2007, p. 39-40)
- uiteindelijk zijn data op 285 locaties verdeeld over de 10 referenties gedurende 10 jaar bodembioologische monitoring in het **Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit (LMB)** verzameld
- deze data zijn verwerkt en geven een beeld van biologische bodemkwaliteit: gemiddelde-gewenste-uiteersten e.d. en ook visueel in een 'amoebe' (Rutgers *et al.*, 2007, p. 43-52). Door selectie van een aantal duurzame referenties per categorie (door diverse onderzoekers) kan ook de gewenste bodemkwaliteit per referentie aangegeven worden (p. 39 Rutgers *et al.*, 2007)
- nieuwste stap nu is om de ecologische diensten te vertalen in bodembeheer (Faber *et al.*, 2009). Op basis van een uitgebreide literatuurstudie worden praktijkmaatregelen beschreven die de ecosysteemdiensten bevorderen (Faber *et al.*, 2009, p.102-103)

Kort samengevat zijn er dus drie belangrijke stappen gemaakt in het concept ecosysteemdiensten van de bodem:

- ecosysteemdiensten van de bodem benoemen
- referentiegronden selecteren, d.w.z. categorie van bodemgebruik per bodemtype
- te analyseren parameters in deze gronden identificeren

De huidige 'Visie op duurzaam bodembeheer in de landbouw' heeft dankbaar gebruik gemaakt van de hierboven beschreven ontwikkelde kennis t.a.v. ecosysteemdiensten van de bodem. Bodemdiensten (analoog aan ecosysteemdiensten) en verschillende categorieën bodemgebruik spelen een sleutelrol. In de huidige visie is echter het handelingsperspectief van de agrariër een belangrijk uitgangspunt, en zijn de doelen die aan de bodem gesteld worden meer in detail uitgewerkt. Het handelingsperspectief van de agrariër bestaat uit een aantal typen te gebruiken maatregelen (bodembeheer), waarmee de bodemeigenschappen beïnvloed kunnen worden.

Referenties

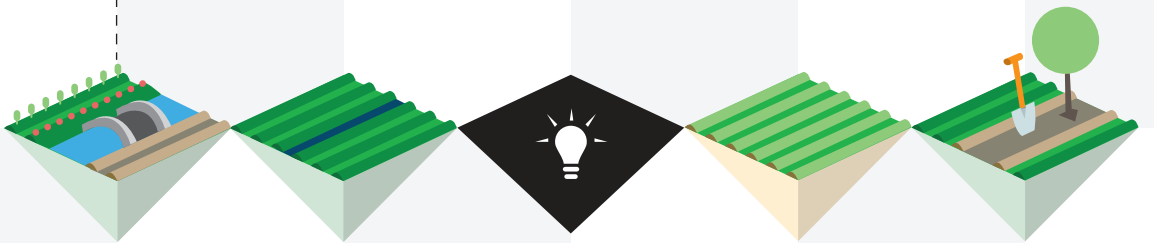
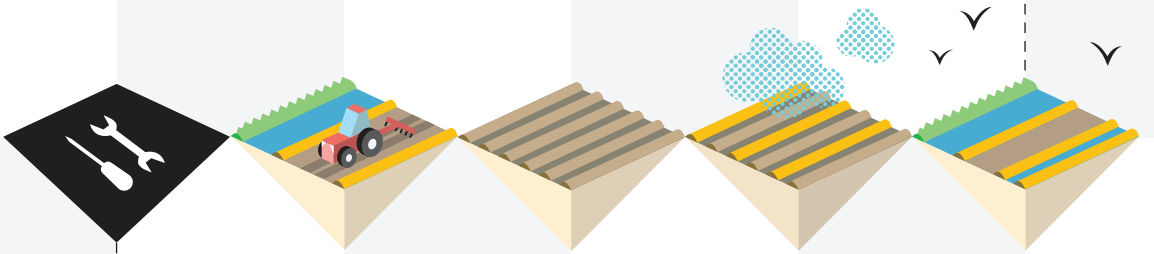
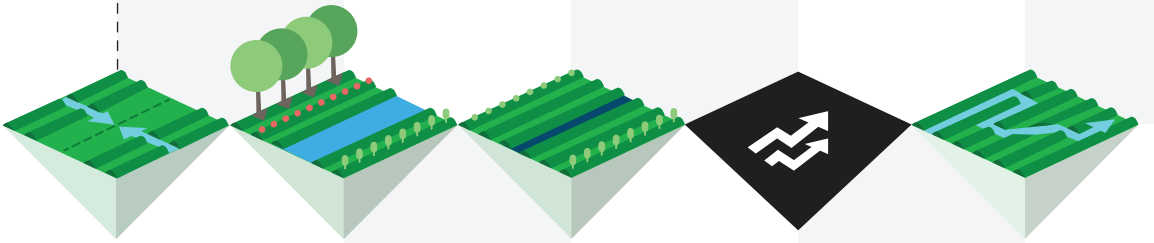
Faber, J.H., G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J. Bloem, J. Lahr, W.H. Diemont en L.C. Braat, 2009. *Ecosysteemdiensten en bodembeheer: maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit*. Rapport 1813, Alterra, Wageningen.

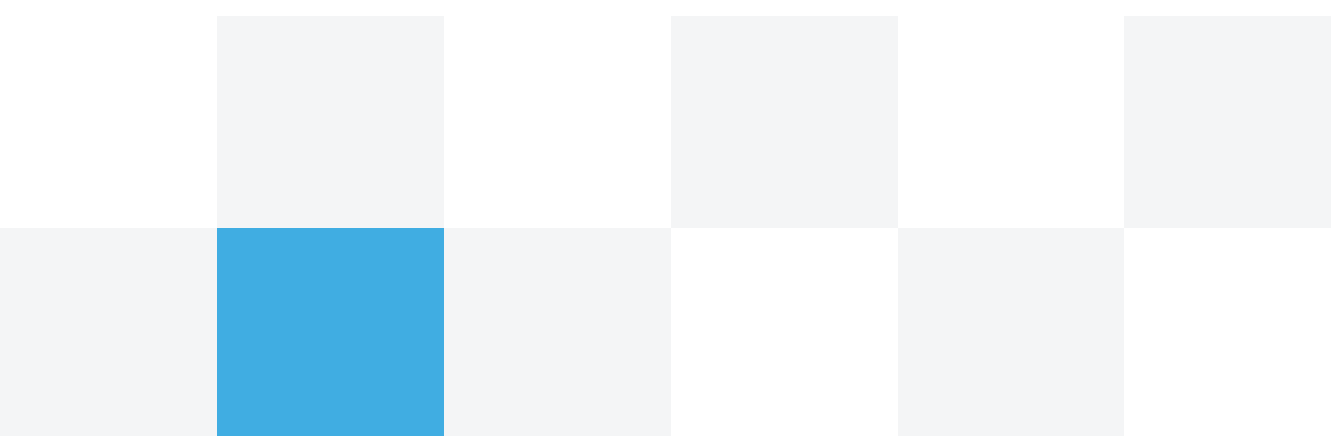
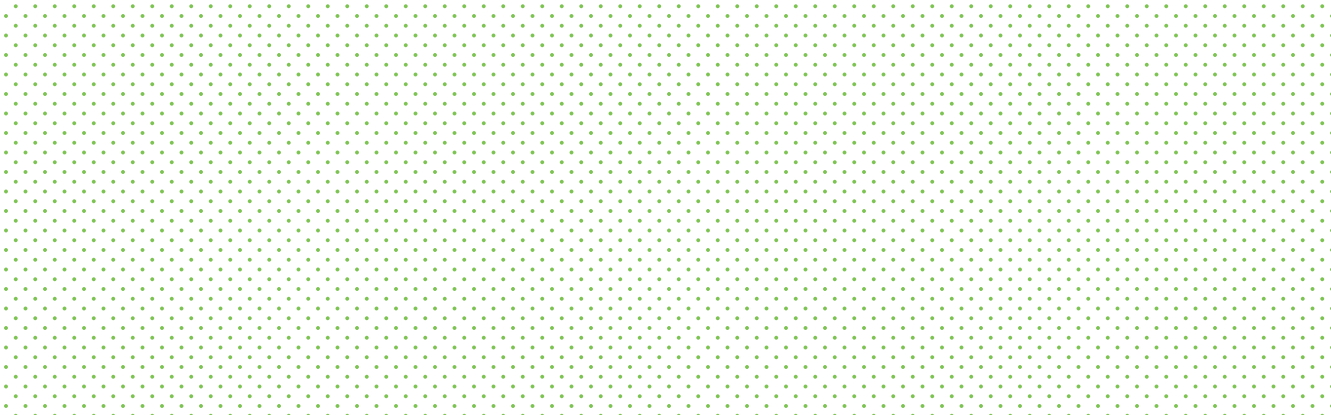
Rutgers, M., C. Mulder, A.J. Schouten, J.J. Bogte, A.M. Breure, J. Bloem, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, J.H. Faber, N. van Eekeren, F.W. Smeding, H. Keidel, R.G.M. de Goede en L. Brussaard, 2005. *Typeringen van bodemecosystemen – Duurzaam bodemgebruik met referenties voor biologische bodemkwaliteit*. Rapport 607604007, RIVM, Bilthoven.

Rutgers, M., C. Mulder, A.J. Schouten, J. Bloem, J.J. Bogte, A.M. Breure, L. Brussaard, R.G.M. de Goede, J.H. Faber, G.A.J.M. Jagers op Akkerhuis, H. Keidel, G. Korthals, F.W. Smeding, C. ter Berg en N. van Eekeren, 2007. *Typeringen van bodemecosysteem in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit*. Rapport 607604008, RIVM, Bilthoven.

COLOFON

Redacteurs	Hein ten Berge en Joeke Postma, Plant Research International, onderdeel van Wageningen UR
Eindredactie	Ria Dubbeldam, gaw Ontwerp en Communicatie, Wageningen
Ontwerp en vormgeving	Studio Johnnydoes, Utrecht
Drukwerk	OBT, Den Haag
Fotografie	Wageningen UR (University & Research centre), Foto blz 52: BLGG Agropertus, Wageningen
Coördinatie	Afdeling Communicatie Plant Sciences Group





WAGENINGEN UR (UNIVERSITY & RESEARCH CENTRE)
DROEVENDAALSESTEEG 1, 6708 PB WAGENINGEN
POSTBUS 16, 6700 AA WAGENINGEN