



## Bodem als buffer

In deze Deltafact wordt het belang van de bodem als buffer behandeld en de manier waarop de conditie van landbouwbodems kan worden verbeterd. Het accent ligt hierbij op landbouwbodems.

1. INLEIDING
2. GERELATEERDE ONDERWERPEN EN DELTAFACTS
3. STRATEGIE: VASTHOUDEN, BERGEN, AANVOEREN
4. SCHEMATISCHE WEERGAVE
5. WERKING
6. KOSTEN EN BATEN
7. RANDVOORWAARDEN EN KANSRIJKE LOCATIES
8. GOVERNANCE
9. PRAKTIJKERVERVARINGEN (NATIONAAL EN INTERNATIONAAL)
10. KENNISLEEMTEN
11. BRONNEN & LINKS
12. OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN
13. DISCLAIMER

### 1. Inleiding

De natuurlijke buffercapaciteit van de bodem is door bewerking van de bodem, afname van het organische stofgehalte en versnelde afvoer van water door verbetering van de ont- en afwatering door aanleg van drainage op veel plaatsen in Nederland de afgelopen decennia aantoonbaar afgenomen. Door het veranderende klimaat komen steeds vaker perioden van droogte en perioden met extreme neerslag voor. Een goede spons- en bufferwerking van bodems wordt daarom steeds belangrijker.



Foto Maurice Veraart © 2015

De conditie van onze landbouwbodems gaat echter aantoonbaar achteruit. De helft kampt momenteel met verdichting door het gebruik van zware machines en intensieve bewerkingen; worteling en bodemleven laten te wensen over en het organische stofgehalte is allesbehalve optimaal. Hevige neerslag infiltreert daardoor niet snel genoeg in de bodem, waardoor plassen op het land ontstaan en regenwater versneld naar de sloot stroomt. Zo gaan kostbaar zoet water en meststoffen verloren en nemen de emissies naar het oppervlaktewater toe. Bij droogte houdt een schrale bodem niet genoeg water vast en door verdichting kunnen wortels niet genoeg grondwater opnemen.

In deze Deltafact wordt het belang van de bodem als buffer behandeld en de manier waarop de conditie van landbouwbodems kan worden verbeterd. Het accent ligt hierbij op landbouwbodems.

## 2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts.

Onderwerpen: watertekort en zoetwatervoorziening, waterkwaliteit, droogteschade, natschade, bodemleven, bodemstructuur, bodemverdichting.

Deltafacts: [Bodemvocht gestuurd beregenen](#), [Droogte stuurt functies](#), [Effecten klimaatverandering op landbouw](#), [Effecten klimaatverandering terrestrische natuur](#)

## 3. Strategie: vasthouden, bergen, aanvoeren

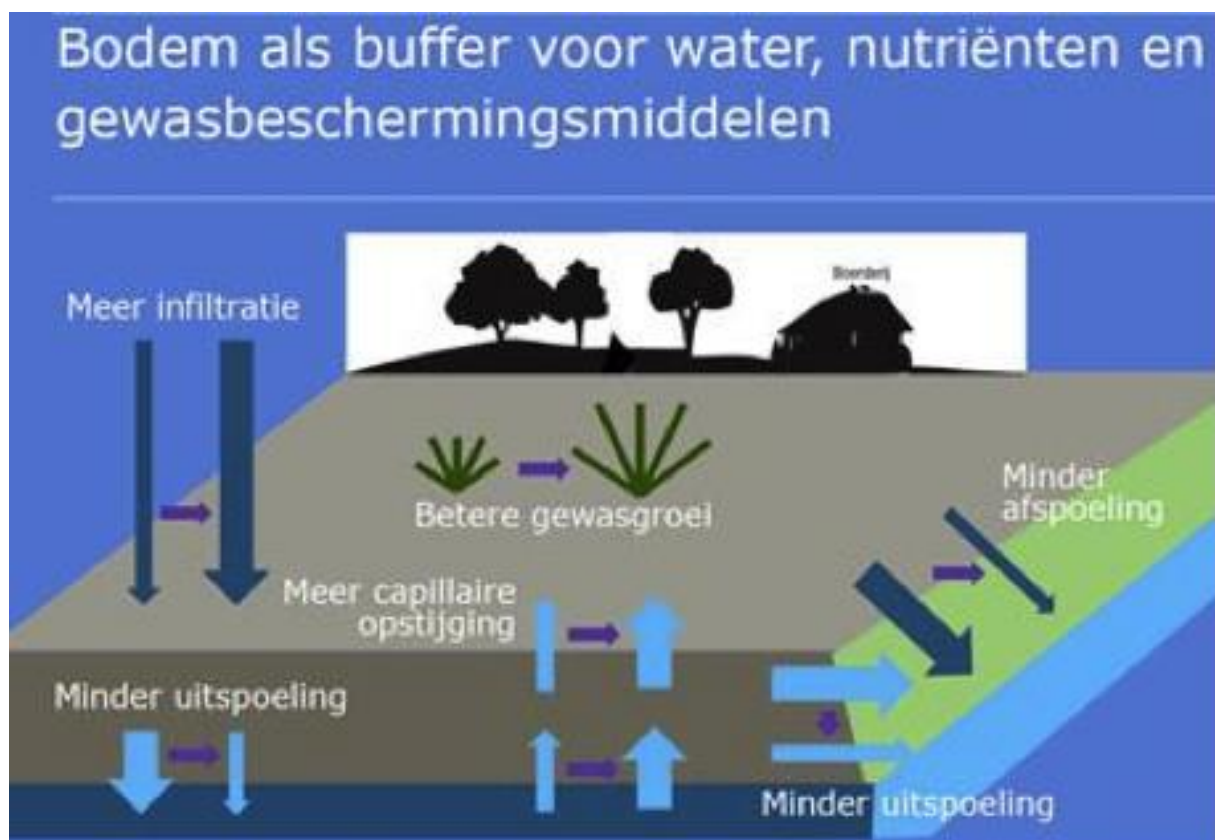
*Bodem als buffer* voor water is een strategie van **vasthouden** van water. Een bodem met een hoog bufferend vermogen kan daarmee de uitwisseling van water tussen bodem en oppervlakte water vertragen. Een bodem met een groot bufferend vermogen zet een tijdelijk neerslagoverschot om in een vochtvoorraad in de bodem, waardoor een periode met neerslagtekort geheel of gedeeltelijk kan worden overbrugd. Wanneer er veel neerslag valt zal de bodem tevens langzamer het water afvoeren naar het oppervlaktewater en daarmee ook wateroverlast verminderen.

Vanuit het perspectief van de waterbeheerder is de bodem van belang als buffer voor neerslagoverschotten en -tekorten, zoals geformuleerd in het [Nationaal Water Plan 2016-2021](#). Een goed bufferende (landbouw)bodem is tevens gunstig voor de waterkwaliteit omdat zuiverende microbiologische processen langer invloed hebben (zuiverende werking).

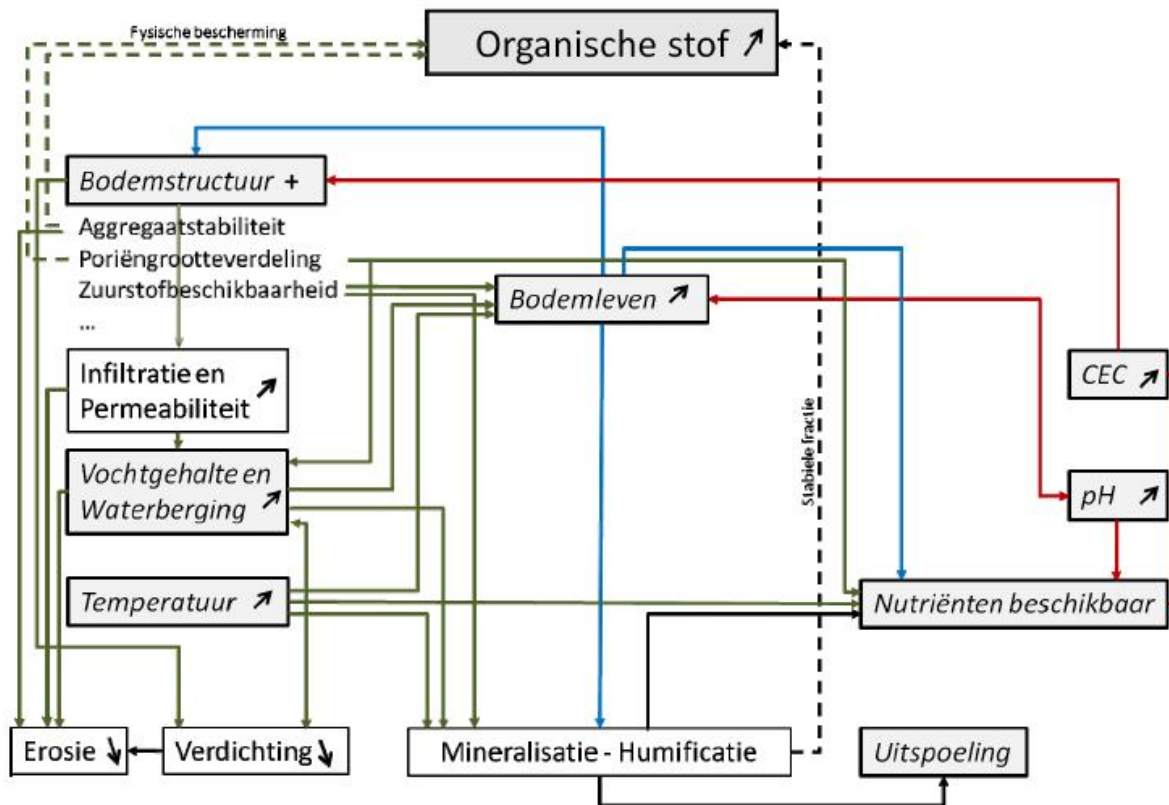
Strategie voor agrariërs: door optimaal gebruik van de bufferende werking van de bodem wordt de gewasproductie minder afhankelijk van externe aan- en afvoer van water, nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.

De bufferende werking van de bodem kan gezien worden als een ecosysteemdienst ([RIVM, 2014](#)).

#### 4. Schematische weergave



Figuur 1. Relaties tussen bodemverbetering en waterbeheer. Bron: Janjo de Haan (WUR), congres Waterkwaliteit op de kaart 2014



Figuur 2. Schematische voorstelling van bodeminteracties gerelateerd aan Organische Stof (OS); blauwe lijnen: effect van bodemleven; groene pijlen: bodem fysische effecten; rode lijnen: bodem chemische effecten; zwarte lijnen: effecten van bodemprocessen. Onderbroken lijnen: wisselwerking met OS. Bron: Reubens 2011

## 5. Werking

Het bodemecosysteem is een belangrijk onderdeel van onze leefomgeving. In de bodem vinden processen plaats die gekoppeld zijn aan onze gehele leefomgeving zoals lucht, oppervlaktewater, grondwater et cetera. Belangrijke processen die bijdragen aan [bodemecosysteemdiensten](#) zijn:

- de fragmentatie van plantenresten en mineralisatie van organische stof;
- het zelfreinigend vermogen van de bodem, dus ook het afbreken van organische verontreinigingen en milieu-eigen stoffen;
- het immobiliseren van verontreinigingen;
- het vasthouden (retentie) en transporteren van water. Deze dienst is van belang voor zowel plantengroei als voor de waterhuishouding op kleine en grote schaal;
- het tijdelijk opslaan van warmte en koude, van toenemend belang voor de klimaatbeheersing in gebouwen;

- het bufferen en beïnvloeden van het klimaat. Hieronder vallen bufferen van vocht en temperatuur van de lucht, evenals het filteren van de lucht door gewassen en het vastleggen en het omzetten van broeikasgassen, zoals koolstof;
- zuiverende werking voor drinkwatervoorziening.

### **De bodem als buffer**

Een bodem die in goede conditie verkeert zet een tijdelijk neerslagoverschot om in een vochtvoorraad in de bodem, waardoor een periode met neerslagtekort geheel of gedeeltelijk kan worden overbrugd. De bufferende werking van de bodem vermindert daarmee de benodigde watersysteemcapaciteit voor zowel waterafvoer als wateraanvoer. De verlaging van de oppervlakkige afvoer is gunstig voor de waterkwaliteit door vermindering van erosie en oppervlakkige afspoeling van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.

De conditie van landbouwbodems is op orde als ze de natuurlijke spons- en zuiverende werking behouden. Voor een goede sponswerking moeten bodems goed doorlaatbaar zijn, een goede structuur hebben en veel open ruimtes bevatten.

De conditie van onze landbouwbodems gaat echter aantoonbaar achteruit. De helft kampt momenteel met verdichting door het gebruik van zware machines en intensieve bewerkingen (zie Box 1). Beworteling en bodemleven laten te wensen over en het organische stofgehalte is vaak niet optimaal. Hevige neerslag infiltreert daardoor niet snel genoeg in de bodem, waardoor plassen op het land komen te staan en regenwater snel naar de sloot stroomt. Zo gaan kostbaar zoet water en meststoffen verloren en nemen de emissies naar het oppervlaktewater toe. Bij droogte houdt een schrale bodem niet genoeg water vast en door verdichting kunnen gewassen minder diep wortelen en daardoor niet genoeg grondwater opnemen.

De laatste jaren zijn diverse projecten opgezet waarin waterbeheerders en agrariërs samenwerken om bodem verbeterende maatregelen in de praktijk uit te voeren. Het is echter geheel niet bekend wat de effecten van zulke maatregelen zijn op de kwantiteit en kwaliteit van het water op lokaal (perceels-) niveau en op het regionale watersysteem. Daarom is het project [Goede Grond voor een Duurzaam Watersysteem \(2011-2015\)](#) opgezet en is daarin een eerste verkennende fase uitgevoerd

Uit deze eerste fase blijkt dat de positieve verwachtingen t.a.v. het effect van bodem verbeterende maatregelen op piekafvoeren en vermindering van droogte-effecten worden bevestigd door resultaten van de modelstudies. Daarom is het zowel voor de agrariër als waterbeheerder zinvol om mee te werken aan bodem verbeterende maatregelen, te meer omdat er diverse signalen zijn dat de conditie van landbouwbodems onder druk staat. Voorts blijkt uit het onderzoek 'Goede Grond voor een Duurzaam Watersysteem' dat bodemverdichting, met name de zogenaamde ondergrondverdichting (net onder de ploegzool) significante effecten kan hebben op piekafvoeren van water, droogteschade en de watervraag voor beregening. Bodemverdichting is ook ongunstig voor de waterkwaliteit, maar dit kan met de huidige agro-hydrologische modellen nog niet adequaat gekwantificeerd worden ([Stowa, 2015](#)).

In 2016 is het [kennisprogramma Lumbricus](#) gestart, vanuit de visie dat de problemen van bodemdegradatie, toenemende weersextremen en fragmentering van beleid in samenhang moeten worden aangepakt om risico's op schade te verkleinen. Alleen met een integrale aanpak kan voorkomen worden dat de veerkracht van het bodem- en watersysteem in de toekomst verder afneemt. Kern van Lumbricus is een integrale, gebiedsgerichte benadering van het bodem- en watersysteem en het vergroten van de betrokkenheid van belanghebbenden. Er zijn twee proeftuinen geselecteerd om maatregelen toe te passen in Oost-Nederland (proeftuin Oost; het stroomgebied van de Vecht) en in Zuid-Nederland (proeftuin Zuid; het stroomgebied van de Raam en De Grote Molenbeek).

Verdichting is een toenemend probleem in de landbouwgronden. Het vermogen van de bodem om water vast te houden neemt af als deze door grondbewerking is verdicht (zie box 1). Door deze verdichting is ook de bufferende werking van de bodem verminderd en zullen bij een flinke regenbui ook veel voedingsstoffen uitspoelen. Dat is nadelig voor zowel de gewasgroei als voor de waterkwaliteit van de sloot die het water ontvangt (figuur 1).

Uit modelstudies voor Vlaamse landbouwgebieden blijkt dat verdichting met name het water transport in de bodem op perceelsniveau beïnvloedt met soms aanzienlijk lokale effecten, echter, gegeven de grote variatie in bodemcondities, lijken de effecten op stroomsgebiedsniveau beperkt. Onder klimaatscenario's kunnen er wel

significante effecten optreden op stroomsgebiedsniveau: dan treedt er meer oppervlakkige afstroming op en blijken verdichte percelen meer droogtegevoelig in vergelijking tot minder belaste percelen ([Van der Bolt et al., 2016](#)).

Voor de Nederlandse landbouw is de lengte van het groeiseizoen een bepalende factor voor de gewasopbrengst. Om vroeg in het voorjaar te kunnen zaaien of laat in het najaar te kunnen oogsten moet de bodem over voldoende draagkracht beschikken om er zonder blijvende schade met machines en werktuigen op te kunnen rijden en de grond door dieren te laten betreden. Dit is in het verleden vaak een belangrijk argument geweest bij ruilverkavelingen voor de aanleg van diepe drainage en snelle afvoersystemen. Deze aanpak heeft ook geleid tot verdroging van natuurgebieden en hoge piekafvoeren en wateroverlast.

Verhoging van de grondwaterspiegel en/of de vochtvoorraad in de bodem vergroot echter ook de kans op verdichting en afspoeling van nutriënten en overige verontreinigingen. In Nederland wordt daarom ook gezocht naar alternatieven voor de gebruikelijke groundbewerking en verhoging van de grondwaterspiegel.

### **Box 1. Bodemverdichting in Nederland en de effecten op de waterhuishouding**

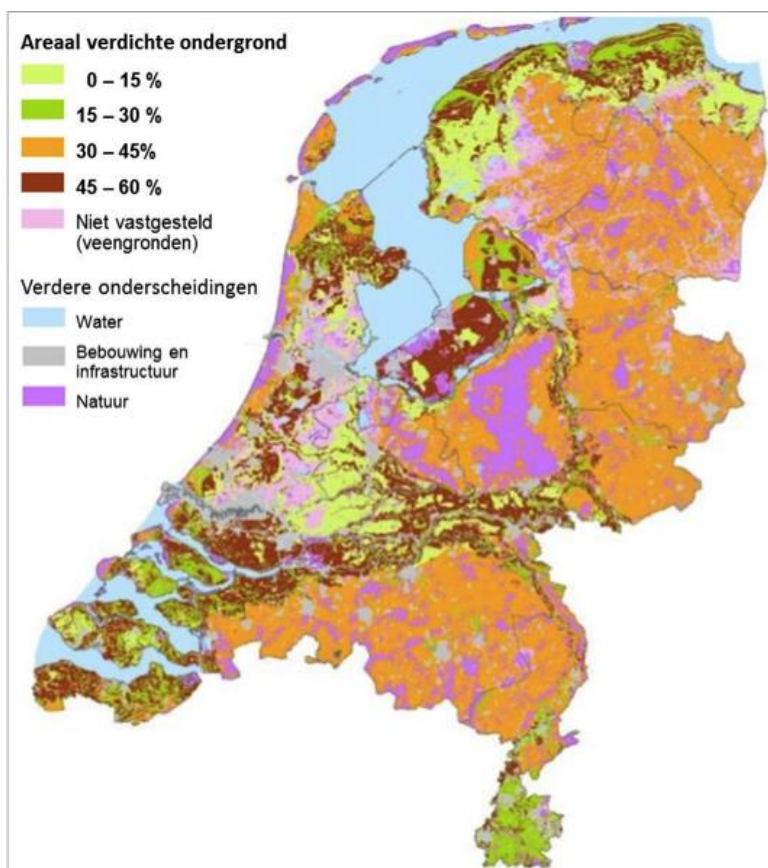
In de huidige landbouw maar ook in de bosbouw en in natuurgebieden wordt de ondergrond steeds verder verdicht. Bijna de helft van de Nederlandse ondergrond is oververdicht (overschrijdt de kritische dichtheid) en verwacht kan worden dat het oppervlakte verdicht nog toeneemt en de verdichting ook intenser wordt. Dit laatste uit zich in een dichtere en dikkere ploegzool die zich steeds dieper uitstrekt. Uit enquêtes en interviews blijkt dat grondgebruikers en stakeholders in beleid en praktijk nauwelijks onderscheid maken in onder- en bovengrondverdichting. Stakeholders noemen (ondergrond)verdichting een zorgelijke ontwikkeling. Oorzaken (m.n. zware machines) en gevolgen zijn redelijk bekend, maar de gevolgen worden in de praktijk nog weinig gerelateerd aan bodemverdichting. Bron: Akker et al, 2015.

Verdichting van de bodem heeft een aantal gevolgen voor de water- en bio-geochemische cycli in de bodem die doorwerken op de gewasgroei en op de waterafvoer van de percelen.

De waterhuishouding in de bodem wordt sterk beïnvloed door de poriegrootteverdeling:

- Poriën < 0,2 µm: houden zo sterk water vast dat wortels dit niet of nauwelijks kunnen opnemen. Deze kleinste ruimten kunnen niet direct door wortels worden benut;
- Poriën tussen 0,2-30 µm zijn belangrijk voor de opslag van bodemvocht en nalevering aan planten;
- Poriën tussen 30-300 µm zijn belangrijk voor de infiltratie van water maar zijn niet zo belangrijk voor het vocht bergend vermogen van de bodem. De meeste plantenwortels kunnen poriën vanaf 200 µm ingroeien;
- Poriën > 300 µm kunnen grotere hoeveelheden water snel naar beneden afvoeren.

Bodemverdichting gaat gepaard met een afname van het aandeel macroporiën en een toename van het aandeel microporiën. Verdichting heeft gevolgen voor watertransport in zowel infiltratie als horizontale afstroming. Doorlatendheid, watertransport en vocht bergend vermogen hebben gevolgen voor de uitspoeling van nutriënten. Snel oppervlakkig watertransport van nutriënten beneden de



*Kaart: Areaal van het landbouwareaal (grasland / snijmaïs en akkerbouw) waar de ondergrond verdicht is. Het aantal meetpunten waarop deze kaart is gebaseerd is beperkt en de percentages zijn indicatief. Bron: Akker et al., 2013.*

wortelzone en naar oppervlaktewater betekent een groter verlies van nutriënten. Omdat de grote poriën worden dichtgedrukt, kan verdichting de snelle uitspoeling beperken. Gelijktijdig zal verdichting het horizontale transport en daarmee de kans op afspoeling stimuleren. Dit geldt uiteraard ook voor alle nutriënten (inclusief nitraat en fosfaat) en andere stoffen die met het water worden meegevoerd.

Bron: [Zwart et al., 2011](#)



Uit het onderzoek 'Goede Grond voor een Duurzaam Watersysteem' is naar voren gekomen dat bodemverdichting, met name de zogenaamde ondergrondverdichting (net onder de ploegzool) significante effecten kan hebben op piekafvoeren van water, droogteschade en de watervraag voor beregening. Bodemverdichting is ook ongunstig voor de waterkwaliteit, maar dit kan met de huidige agrohydrologische modellen nog niet adequaat gekwantificeerd worden. Bron: [Zwart et al., 2011](#), [Stowa, 2015](#)

### **Bodem verbeterende maatregelen:**

Werken aan verbetering van de bodemkwaliteit is werken aan organische stof, bodemchemie, bodemleven, bodemstructuur, waterhuishouding en beworteling (zie figuur 2). Bodem verbeterende maatregelen grijpen dan ook vaak aan op meerdere elementen van de bodemkwaliteit. Binnen het project Goede Grond voor een Duurzaam Watersysteem ([Stowa, 2015](#)) zijn de volgende vuistregels opgesteld:

#### **Vuistregel 1:** *Verhoog het organische stofgehalte door o.a. toepassing compost en verwerking van sloopmaaisel*

- Het effect van het verhogen van het organische stofgehalte is positief voor de bodemstructuur. (STOWA, 2015);
- Wanneer dierlijke mest wordt vervangen door compost verandert ook de nutriëntcyclus en uitwisseling van stikstof tussen bodem en oppervlakte water ([STOWA, 2017](#));
- Verhogen van het organische stofgehalte heeft alleen, op de lange termijn, een effect op het watervasthoudend vermogen van de bodem in situaties waarin de 0-situatie het organische stofgehalte lager is dan 2% (met name bij zand). De opbouw van (1% extra) organische stof in de bodem verloopt langzaam (10-15 jaar) en vergt een langdurige jaarlijkse toediening. Over de effecten op de gewasopbrengst, waterkwaliteit en de grootte van dit watervasthoudend vermogen bestaan veel onzekerheden. Er zijn ook situaties mogelijk waarbij de waterkwaliteit verslechtert door toediening van organische stof (STOWA, 2017);
- Organische stof geeft veerkracht aan de bodem en voeding aan het bodemleven.

#### **Vuistregel 2:** *Houd de chemische toestand op peil*

- Een zure grond is niet gunstig voor bodemleven en de benutting van nutriënten;
- Bekalk indien nodig.

**Vuistregel 3:** *Voed het bodemleven*

- Bodemleven verbetert de infiltratie, het water vasthoudend en het water naleverend vermogen;
- Stimuleer via teelt van grassen of granen, organische mest, groenbemesters, vanggewassen en onderzaai, verminder de afbraak door minder intensieve grondbewerking.

**Vuistregel 4:** *Zorg voor goede structuur*

- Beoordeel het profiel via een Bodemscan of [www.mijnbodemconditie.nl](http://www.mijnbodemconditie.nl). Is de beworteling verstoord of blijft er water staan?
- Werk onder droge omstandigheden, met brede banden, lage luchtdruk (<0,8 bar) en liefst met vaste rijpaden.

**Vuistregel 5:** *Zorg voor goede ontwatering*

- Een slechte ontwatering brengt structuurschade, zuurstofloze condities, verlies van stikstof door denitrificatie, verlies van bodemleven en meer kans op ziektes;
- Check drainage regelmatig.

**Vuistregel 6:** *Zorg voor goede beworteling*

- Voorkom verdichting en zorg voor goede ontwatering;
- Bevorder regenwormen (pendelaars);
- Kies snelgroeiende/diepe wortelende rassen en gewassen

**Niet-kerende bodembewerking** (figuur 3) is een techniek waarbij het intensief keren of mengen van de grond vermeden wordt. Het gevolg is dat meer gewasresten aan het bodemoppervlak achterblijven zodat de bodem beter beschermd is tegen erosie of verslemping in natte periodes en tegen uitdroging. De minder intensieve



grondbewerking stimuleert het bodemleven en vermindert het risico op verdichting van de grond.

In tegenstelling tot het ploegen wordt bij niet-kerende bodembewerking de grond niet gekeerd maar losgemaakt. De tanden die door de grond worden getrokken scheuren en verkrumelen de grond, zonder dat deze wordt verplaatst. Directzaai is ook een vorm van niet-kerende bodembewerking. Met uitzondering van een smalle gleuf die gemaakt wordt bij het zaaien en bij knolgewassen het omwoelen van de bodem tijdens het rooien, wordt de bodem niet verstoord. Het gevolg is dat meer gewasresten aan het bodemoppervlak achterblijven zodat de bodem beter beschermd is tegen erosie en verslemping. Bij minimale bodembewerking blijft de bodemstructuur die gevormd wordt door levende wortels en bodemdieren zoveel mogelijk gespaard.



*Figuur 4. Een bodem met een lagere infiltratiewerking met plasvorming.*

Hoewel conventioneel ploegen op korte termijn een efficiënte oplossing is voor het opheffen van storende, verdichte lagen, maakt het ploegen zelf vaak deel uit van het probleem. Er wordt immers met één rij wielen 'in de voor' gereden, waardoor de druk lokaal sterk toeneemt en het risico op verdichting sterk stijgt. Daarnaast geldt hoe lossier een bodem is, des te dieper deze verdicht kan worden. Hierdoor is een bodem erg gevoelig voor nieuwe verdichtingen na een intensieve bewerking. Verdichting van de bodem, zowel van de bouwvoor als van de laag daaronder, heeft

gevolgen voor de waterhuishouding van de bodem, die zich vooral uiten in een lagere infiltratiecapaciteit (figuur 4).

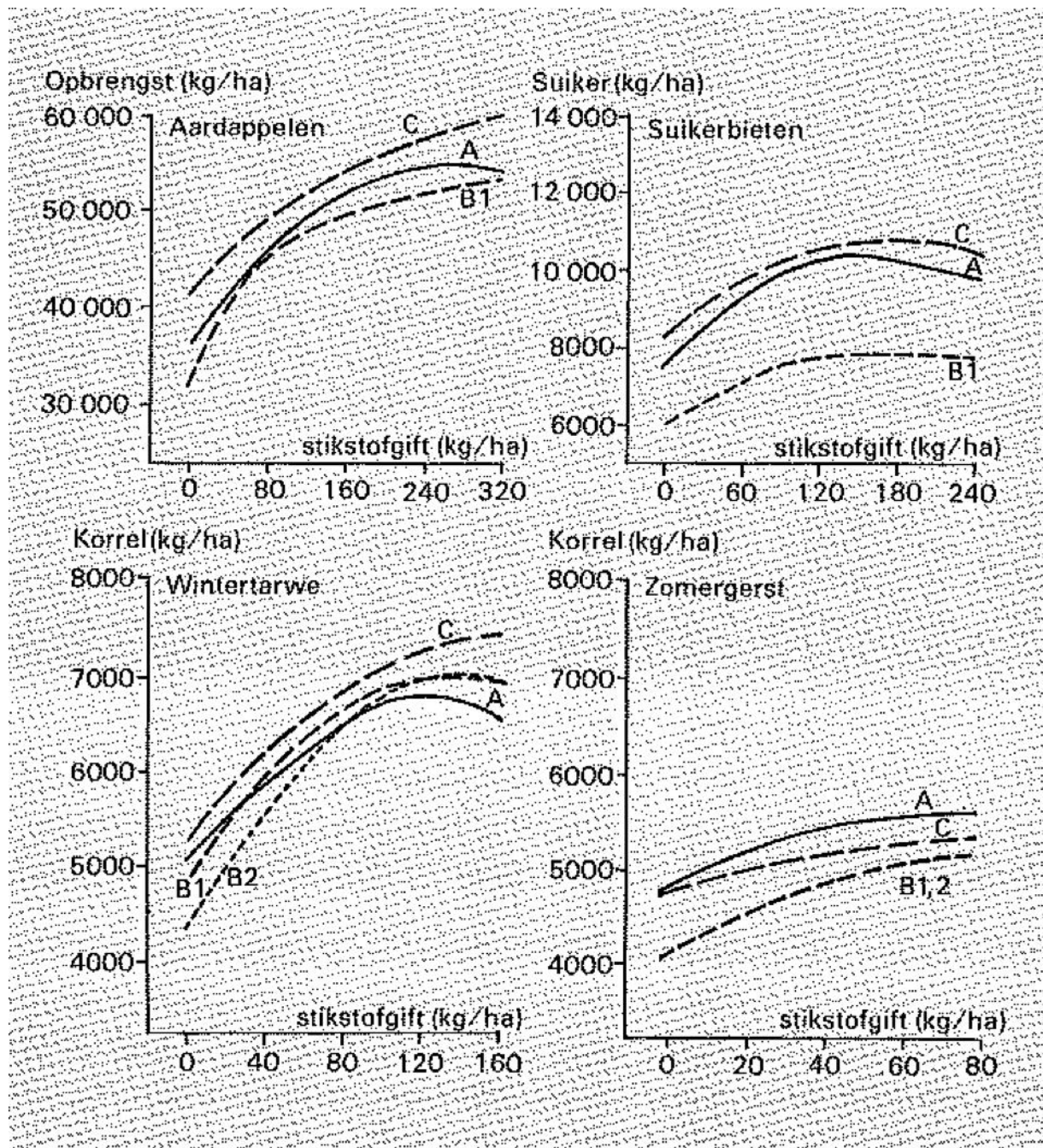
**Organische stof** heeft een gunstige invloed op de bodemstructuur. Direct, door het aan elkaar kitten van mineraal materiaal door humus en indirect, via een toename van micro-organismen en beworteling. Door de humus kunnen bij zandgronden grotere aggregaten in stand gehouden worden en is bij kleigronden de verkrumming beter. Bij kleigronden vergroot dit de aeratie van de bodem, waardoor minder natschade optreedt. Bij zandgronden is ook het effect van het organische stofgehalte op het vochtbindend vermogen van de bodem van betekenis. Per gram organische stof wordt het vochtbindend vermogen met 1-8 cm<sup>3</sup> verhoogd en de hoeveelheid beschikbaar hangwater met 0-3 cm<sup>3</sup>. Hierdoor hoeft pas op een later tijdstip en minder frequent te worden berekend. Doordat zanddeeltjes aan elkaar gekit worden door humus, neemt de gevoeligheid van zandgronden voor zowel wind als watererosie af.

Bij een niet-kerende bewerking accumuleert meer organische koolstof in de toplaag, terwijl er minder organische koolstof in de diepere bodemlagen aanwezig is dan bij conventioneel ploegen waarbij het gewasresidu homogeen wordt ingewerkt. Vanuit landbouwkundig oogpunt is juist een stijging van het organische koolstof in de bodemtoplaag zeer interessant omdat koolstof in de toplaag cruciale functies uitoefent zoals aggregaat vorming, tegengaan van verslemping en erosie en beschikbaar maken van nutriënten (figuur 4). Het merendeel van de studies geeft aan dat de organische koolstofvoorraad op langere termijn positief wordt beïnvloed bij een omschakeling van conventionele naar niet-kerende bodembewerking (Reubens et al., 2010). Uit verschillende studies is gebleken dat de microbiële biomassa in de bodemtoplaag in omvang toeneemt onder niet-kerende bodembewerking (Van Groeningen et al., 2010).

Grotere organismen zijn sterk gevoelig voor bodembewerkingen. Elke vorm van mechanische verstoring heeft een directe impact op de bodemfauna door het fysiek doden, verwonden en blootstellen aan predatie tijdens de bewerking. Daarnaast heeft de bewerking ook een indirecte impact door het vernietigen van de habitat van de bodemfauna. Binnen het project [ECOWORM](#) is ontdekt dat regenwormen talrijker zijn wanneer de bodem niet-kerend bewerkt wordt dankzij de aanwezigheid van een beschermende laag plantenresten.

## 6. Kosten en baten

De bufferwerking van de bodem is een ecosysteemdienst waarvan men zich doorgaans pas de baten realiseert op het moment dat de dienst niet meer of beperkt wordt geleverd. Een voorbeeld is het effect van verstedelijking op het verhogen van de piekafvoer van beken en rivieren. Het wegvallen van de bufferende werking van de bodem moet dan worden gecompenseerd door het vergroten van de afvoer- of bergingscapaciteit of het verhogen van dijken. Dan ziet men zich voor hoge kosten



Figuur 5. Gemiddelde opbrengst van drie grondbewerkingssystemen op zware zavel (periode 1972-1975). A: Intensieve grondbewerking, B: Minimale grondbewerking, C: Beperkte grondbewerking. Bron: Schneider & Huinink 1990 (Hoofdstuk grondbewerking uit het klassieke Handboek Bodemkunde van Nederland (Locher & de Bakker 1990))

geplaatst voor vervanging van een (ecosysteem) dienst die men gewend was voor niets te krijgen. De beperkte zichtbaarheid van de baten van de bufferwerking van de bodem wordt nog versterkt door de lange termijn waarop veranderingen plaatsvinden. Dit geldt zowel voor verbeteringen als verslechtingen. Bij een economische kosten- baten-analyse wegen bovendien de langere termijn effecten minder zwaar mee.

*Verskil in opbrengsten (baten) tussen percelen met intensieve en extensieve (nietkerende) grondbewerking*

Bij veldproeven in de periode 1972-1975 in Nederland gaf minimale grondbewerking destijds steeds de laagste opbrengsten in vergelijking tot percelen met intensieve grondbewerking (figuur 6). Dit beeld kan echter niet zonder meer vertaald worden naar de huidige situatie omdat door de steeds zwaarder wordende machines de verdichting in de laatste decennia sterk is toegenomen. Het meest recente onderzoek naar dit aspect in Nederland is uitgevoerd in de provincie Drenthe. De resultaten van proeven waarbij aan structuurverbetering is gedaan laten wisselende resultaten over de effecten op opbrengsten zien. In deze studie werd de totale opbrengstvermindering door bodemverdichting voor de aardappelteelt in de provincie Drenthe geschat op € 3,4 miljoen en voor suikerbieten op € 1,0 miljoen per jaar (Zwart et al., 2011). De Bodemkundige dienst België concludeerde in 2012 in [het project Bodembreed](#) op basis van veldonderzoek in Vlaanderen dat in de huidige landbouwpraktijk de gewasopbrengsten vergelijkbaar zijn met de opbrengsten bij conventionele grondbewerking op basis van praktijkonderzoek.

*Verschillen in kosten tussen intensieve en extensieve (niet kerende) grondbewerking) ([factsheet KU Leuven](#))*

Wanneer bodemverdichting een feit is dan is extra energie nodig voor het loswerken van de bodem en het kan leiden tot extra gebruik gewasbeschermingsmiddelen. Niet-kerende grondbewerking kost minder tijd en de kosten voor het onderhoud van machines is hoger bij conventionele ploegbewerking.

De exacte hoogte van deze kosten is moeilijk in te schatten doordat precieze cijfers ontbreken.

## 7. Randvoorwaarden en kansrijke locaties

Om maatregelen voor duurzaam beheer van landbouwbodems te stimuleren is het belangrijk dat aangegeven wordt wat dit oplevert voor de agrariër én voor het watersysteem. Dat is ook de reden dat het project Goede Grond voor een Duurzaam Watersysteem is uitgevoerd en opgevolgd door het Lumbricus onderzoeksprogramma. In tal van projecten worden door regionale overheden/waterbeheerders agrariërs gestimuleerd en geadviseerd om hun bodems beter te beheren. In die projecten wordt echter niet ingezet op het kwantificeren van de effecten van bodem verbeterende maatregelen op het watersysteem. Daardoor kan een beheerder niet aan zijn (waterschaps)bestuur voorleggen wat het voordeel is voor het watersysteem en hoe de effecten zich verhouden tot andere type (hydrologische) maatregelen.

## 8. Governance

Verbetering van het vocht bergend vermogen van de bodem sluit aan bij het thema 'zelfvoorzienendheid' dat een steeds belangrijker concept is binnen het waterbeheer ([STOWA, 2015b](#)) en de agrarische sector ([Deltaplan Agrarisch Waterbeheer](#)). Op basis van Groen-Blauwe Diensten (Deltafact Groen-Blauwe Diensten) kunnen overheden (waterschap, provincie) een financiële regeling treffen voor het realiseren (subsidie, collectief fonds) of leveren (vergoeding) van groen-blauwe diensten. Recente voorbeelden betreft [de stimuleringsregeling Innovatieve zoetwatervoorziening](#) Rivierenland-Zuid, de [POP3 calls vanuit de provincies](#) en [het nationaal groen fonds](#) (natuur-inclusieve landbouw).

De waterschappen zijn met betrekking tot maatregelen die de bodemstructuur verbeteren zeker belanghebbend maar omdat het kwantitatieve effect op gebiedsniveau nog niet duidelijk is, is er op dit moment nog weinig bestuurlijke urgentie. Om het belang van de bodem ook bij de waterschapsbesturen op de agenda te krijgen en om inzicht te krijgen in welke kennis en informatie nodig is om tot goede besluiten en maatregelen te komen, zal er beter zicht moeten komen op de kosten en baten en op de rollen en verantwoordelijkheden die ieder daarin heeft ([STOWA, 2012](#)).

Er lijkt in elk geval ook een rol te zijn weggelegd voor de provincies als gebiedsautoriteit. Verschillende provincies, in het bijzonder Noord-Brabant en Gelderland en Zeeland zijn via het Deltaprogramma Zoetwater, het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer en via POP3 steeds actiever op dit vlak door het entameren

van stimuleringsprojecten mede in samenwerking met de landbouw sector, goed samengevat in het [Deltaprogramma Zoetwater 2017](#). Uiteraard is er ook een nadrukkelijke eigen verantwoordelijkheid voor de landbouwsector.

Waterbeheerders kunnen agrariërs stimuleren tot bodem verbeterende maatregelen door:

- Advisering en voorlichting, waarbij er op gewezen kan worden dat veel maatregelen die bijdragen aan het verbeteren van het watersysteem ook in het belang zijn van de agrariër en financiële voordelen kunnen bieden;
- Stimuleren en bijdragen aan onderzoek dat leidt tot voor de praktijk hanteerbare tools waarin de relaties tussen bodembeheer – waterhuishouding – gewasopbrengst – bedrijfsvoering nader zijn gekwantificeerd;
- Deelnemen in initiatieven gericht op certificering van agrarische bedrijven voor duurzaam en klimaatvriendelijk ondernemen. In de certificering dienen aspecten t.a.v. watersysteem gericht bodembeheer nadrukkelijk aandacht te krijgen (voorbeelden: duurzame grond onder Hollandse melk, water in de Kringloopwijzer);
- Bijdragen in de organische stofbehoefte van de landbouw als groenresten op grote(re) schaal wordt toegepast. Sloot- en bermmaaisel kan worden gecomposteerd of gefermenteerd en verwerkt worden op het land.
- Eventueel kan gewerkt worden met subsidies, bijvoorbeeld vanuit POP3.
- Het is natuurlijk ook mogelijk om handelingen voor duurzaam bodembeheer af te dwingen via regelgeving: bijvoorbeeld door extra voorwaarden te stellen bij het afgeven van een vergunning voor de aanleg van drainage.
- Daarnaast zijn er goede mogelijkheden om binnen het kader van het [Deltaplan Agrarisch Waterbeheer](#) samen met agrariërs projecten te initiëren die bijdragen aan verbetering van het watersysteem.

## 9. Praktijkervaringen (nationaal en internationaal)

Hoewel het Nationaal Water Plan 2016-2021 expliciet de bufferende rol van de bodem noemt bij het vasthouden van water, zijn er in Nederland relatief weinig projecten die zich expliciet op de bodem richten. Opmerkelijk in dit verband is het feit dat wanneer Nederlandse waterbeheerders en onderzoekers het hebben over 'water in de haarvaten' zij daarmee de kleinste waterlopen bedoelen. Terwijl het juist de 'haarvaten' in de onverzadigde bodemzone zijn, waar de grootste vochtvoorraad is opgeslagen.



Op wereldschaal is deze jaarlijkse beschikbare bodemvochtvoorraad 60 000km<sup>3</sup>; anderhalf maal zoveel als de jaarlijkse afvoer van alle rivieren samen ([Cosgrove & Rijsberman, 2000](#) ). Er is een uitgebreide internationale literatuur over maatregelen die zijn gericht op het beter benutten van deze bodemvochtvoorraad, met praktijktoepassingen vooral op gebied van droogtebestrijding en erosiebeperking. Deze maatregelen worden doorgaans aangeduid met de term '*water conservation*', een [wereldwijd overzicht van verschillende opties voor water conservation](#) is geïnventariseerd door de FAO in 2011. Er staat ook relevante informatie op de website van FAO over '[Conservation Agriculture](#) en '[Dryland Farming](#)'.

## 10. Kennisleemten

Hoewel er al veel bekend is over mogelijke bodemstructuur verbeterende maatregelen die door de landbouw toegepast kunnen worden, worden veel van deze maatregelen (nog) niet grootschalig in praktijk gebracht. De taak en rolverdeling tussen waterbeheerder, agrarische sector en onderzoek en de governance hiervan is een belangrijk punt van aandacht hierbij. Voorts speelt mee dat het effect van dit type maatregelen pas op langere termijn merkbaar is: de kost gaat voor de baat uit. Er spelen cumulatieve effecten en als er een maatregel genomen wordt is het bodemecosysteem niet meteen in het (gewenste) evenwicht en kunnen er ook tijdelijke negatieve effecten optreden in vergelijking tot de conventionele bedrijfsvoering. Verbetering van de bodemstructuur beïnvloedt de waterkwaliteit, het bodemvasthoudend vermogen en de bodembioïologie. Hoewel er recent vooruitgang is geboekt kunnen met de huidige modellen de effecten op waterkwaliteit van dit type maatregelen nog niet goed voorspellen. Een belangrijk knelpunt is ook dat in projecten en gebieden waar in de praktijk bodem verbeterende maatregelen worden getest, er vaak geen metingen worden gedaan om de effecten op het watersysteem te kunnen meten.

Belangrijke kennisvragen die hieruit af te leiden zijn, betreffen:

- Hoe zijn de verschillende effecten van bodemstructuurverbetering te optimaliseren op korte en lange termijn met een zo'n hoog mogelijke opbrengstverhoging, kostenreductie (efficiëntieverhoging) en met zo min mogelijk negatieve bij effecten?
- Is het effect van dit type maatregelen op de opbrengstverhoging (en de snelheid hiervan) en het effect op het bodemvochtvasthoudend nauwkeuriger te kwantificeren?

- Wat is het effect van opschaling van bodemstructuur verbeterende maatregelen op stroomgebiedsniveau in termen van waterkwantiteit en waterkwaliteit?
- Hoe zou de rolverdeling tussen waterbeheerder en ondernemer moeten zijn om de praktische inbedding van bodemstructuur verbeterende maatregelen te kunnen stimuleren?
- Wat zijn de bedrijfseconomische en maatschappelijke kosten en baten van dit type maatregelen?

## 11. Bronnen & links

- Akker, J.J.H. van den, F. de Vries, G.D Vermeulen, M.J.D. Hack-ten Broeke en T. Schouten 2013. Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart. Alterra-rapport 2409.
- [Cosgrove, W.J. and F.R. Rijsberman, 2000. World Water Vision: Making Water Everybody's Business. London: Earthscan Publications](#)
- [Groenendijk, P., Schipper, P., van den Akker, J., Hendriks, R., Heinen, M. \(2017\). Effecten verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit: deelstudies Goede Grond voor duurzaam watersysteem. Rapport Wageningen Environmental Research 2811.](#)
- [Reubens B., D'Haene K., D'Hose T., Ruysschaert G., 2010. Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie. Activiteit 1 van het Interregproject BodemBreed. Instituut voor Landbouw- en Visserijonderzoek \(ILVO\), Merelbeke-Lemberge, België. 203 p.](#)
- [Rutgers M, Schouten T, Bloem J, Buis E, Dimmers W, van Eekeren N, de Goede RGM, Jagers op Akkerhuis GAJM, Keidel H, Korthals G, Mulder C, Wattel-Koekkoek EJW. \(2015\). Een indicatorsysteem voor ecosysteemdiensten van de bodem: Life support functions revisited. RIVM Rapport 2014-0145](#)
- Schneider, C.B.H. en J.T. Huinink. 1990. Bouwvoorbodemkunde en grondbewerking. Hoofdstuk 14 in Locher, W.P. en H. de Bakker. 1990. Bodemkunde van Nederland. Malmberg Den Bosch.
- [STOWA, 2015: Goede grond voor een duurzaam watersysteem', fase 1, Verdere verkenningen in de relatie tussen agrarisch bodembeheer, bodemkwaliteit en waterhuishouding. Auteurs: Piet Groenendijk, Peter Schipper \(Alterra\), Gijs Janssen en Joachim Rozemeijer \(Deltares\), Nick van Eekeren en Marleen Zanen \(Louis Bolk Instituut\) en Bjartur Swart\(ECS\).](#)

- [Van der Bolt, F. J. E., W. M. Cornelis, J. de Pue, R. Hendriks, J. Van den Akker, H. T. L. Massop, I. Joris, J. Dams, and J. Vos. 2016. Bodemverdichting in Vlaanderen - Gevolgen van bodemverdichting op het watertransport door een bodem. Wageningen Environmental research/Universiteit Gent/VITO, Wageningen, p. 167.](#)
- [Van Eekeren, N., Zaneveld-Reijnders, J. \(2011\). Bewust herstel van de natuurlijke buffercapaciteit van de bodem - Inhoudelijk rapportage 2010. Louis-Bolk Instituut & ZLTO.](#)
- [van Groenigen, K.-J., J. Bloem, E. Bååth, P. Boeckx, J. Rousk, S. Bodé, D. Forristal, and M. B. Jones. 2010. Abundance, production and stabilization of microbial biomass under conventional and reduced tillage. Soil Biology and Biochemistry 42: 48-55.](#)
- [Zwart, K.B., J.J.H. van den Akker, D.W. Bussink, M.J.O.M. de Haas, R.Y. van der Weide, J.G.M. Paauw, W. Saathoff, D. Goense en A.J. Doornbos' 2011. Waterkwaliteit bij de wortel aangepakt. Alterra rapport 2177. 92 pp.](#)

Deze factsheet is opgesteld door Alterra, december 2011 en geactualiseerd in oktober 2017.

### Auteurs

- B. Snellen (Wageningen Environmental Research, overleden in 2016)

Redactie en revisie: H. Massop & J.A. Veraart (Wageningen Environmental Research)  
De deltafact is opgesteld mede op basis van materiaal ter beschikking gesteld door het Louis Bolk Instituut.

## 12. Overzicht lopende initiatieven en onderzoeken

| Onderzoeksproject   | Onderzoekslocatie | Links/documenten        |
|---|-------------------|-------------------------|
| Gezonde toplaag Gelderland (Louis Bolk Instituut, doorlopend) | Gelderland        | <a href="#">Website</a> |
| Goede grond voor een duurzaam watersysteem (2011-2015)        | Nederland         | <a href="#">Website</a> |
| Gouden Gronden (doorlopend)                                   | Noord Nederland   | <a href="#">Website</a> |

|   |                                |  |
|---|--------------------------------|--|
| Bodem kwaliteit op zandgrond (Vredepeel) (doorlopend)                             | PPO-locatie Vredepeel.         | <a href="#">Website</a>  |
| Duurzaam bodemgebruik veenweide (Veenweide Innovatie Centrum; Zegveld)            | Veenweidegebieden (Utrecht)    | <a href="#">Website</a>  |
| Deltaplan hoge zandgronden  | Brabant/Waterschap Aa en Maas  | <a href="#">Website</a>  |
| Kijk eens wat vaker onder de graszode   | Vallei & Veluwe                | <a href="#">Website</a>  |
| Bufferboeren – Samenwerken aan een betere waterbeschikbaarheid van de bodem       | Bernheze (Noord- Brabant)      | <a href="#">Website</a>  |
| 32 projecten uit: Klimaatadaptief Waterbeheer: Wat biedt de bodem? (Stowa en SKB) | divers                         | <a href="#">Bijlage 3</a><br>pagina 46: Projecten Matrix; pagina 50: Projecten Informatie. |
| Gezond Zand   | <a href="#">ROM3D</a>          | <a href="#">Website</a>  |
| SKB Showcases!  | <i>SKB</i>                     | <a href="#">Website</a>  |
| Vruchtbare Kringloop  | <i>Rijn en IJssel</i>          | <a href="#">Website</a>  |
| Lumbricus   | <i>Aa en Maas/Vechtstromen</i> | <a href="#">Website</a>  |
| Nationaal Kennis- en innovatieprogramma Water en Klimaat                          |                                | <a href="#">Website</a>  |
| Landbouw op Peil  |                                | <a href="#">Website</a>  |
| Kenniscentrum Akkerbouw   |                                | <a href="#">Website</a>  |
| Mijn bodemconditie  |                                | <a href="#">Website</a>  |

### 13. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en diagnosemethoden zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteur(s) en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.