



## Bodemvocht gestuurd beregenen

Bodemvocht gestuurd beregenen is een middel om de vraag naar beregeningswater te verminderen door de gebruiker inzicht te geven in de actuele vochttoestand.

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. PRAKTIJKERVERVINGEN (NATIONAAL EN INTERNATIONAAL)
10. KENNISLEEMTEN
11. BESCHIKBARE METHODEN EN TOOLS
12. OVERZICHT LOPENDE INITIATIEVEN EN ONDERZOEKEN
13. BRONNEN & LINKS
14. COLOFON
15. DISCLAIMER

### 1. Inleiding

In de zomer overtreft de verdamping de neerslag. In dit neerslag tekort kan geheel of gedeeltelijk worden voorzien vanuit de beschikbare vochtvoorraad in de wortelzone en door capillaire nalevering vanuit het grondwater. Als dit niet voldoende is kan het tekort worden aangevuld door middel van beregening vanuit grond- of oppervlaktewater. De waterschaarste doet zich vooral voor tijdens droge zomers en de frequentie hiervan zal toenemen door klimaatverandering. De praktijk wijst uit dat er meer water wordt gebruikt voor beregening in de landbouw wanneer de gebruiker geen inzicht heeft in de actuele vochttoestand van de bodem.

Bodemvocht gestuurd beregenen is daarom een middel om de vraag naar beregeningswater te verminderen. Doordat de watergift beter is afgestemd op de actuele waterbehoefte van het gewas is er ook minder uit- of afspoeling van bestrijdingsmiddelen en nutriënten naar grond- en oppervlaktewater.

## 2. Gerelateerde onderwerpen en Deltafacts.

Onderwerpen: watertekort en zoetwatervoorziening, droogteschade, zoutschade

Deltafacts: [Beprijzen van water voor de landbouw](#), [Bodem als buffer](#), [Effectiviteit van waterinlaat](#), [Remote Sensing waterkwantiteits-kwaliteitsbeheer](#)

## 3. Strategie: vasthouden, bergen, aanvoeren

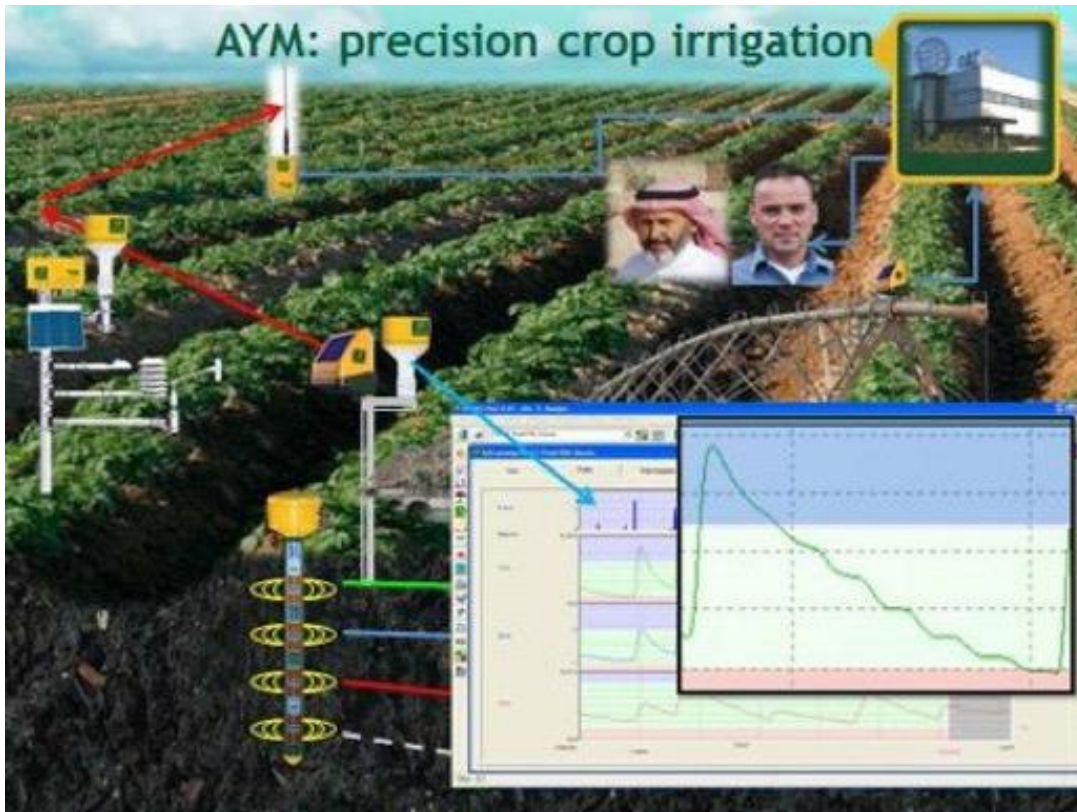
Een beslissingsondersteunend systeem (BOS) kan een agrariër adviseren wanneer er moet worden beregend. Dit kan op basis van satellietbeelden of dronefoto's in combinatie met de weersverwachting, maar ook direct gebaseerd zijn op sensoren in de bodem die bijvoorbeeld bodemvocht en verdamping meten. Een agrariër kan beter inschatten wanneer en hoeveel water nodig is, en door niet te laat te beregenen kan opbrengstderving worden voorkomen. Met behulp van een BOS-systeem kan ook een bestaand beregeningssysteem, bijv. druppelirrigatie, volledig geautomatiseerd worden. Ook kan achteruitgang van waterkwaliteit voorkomen worden door het voorkomen van overmatige beregening.

In tijden van droogte zal eerder waterstress voor de planten met vochtsensoren geobserveerd kunnen worden door ondernemers waardoor er eerder/vaker beregend wordt (extra water gebruik). Aan de andere kant kan er per gift veel efficiënter beregend worden (waterbesparing). Er is nog weinig bekend hoe deze balans uitpakt in Nederland. Innovaties in het beslissingsondersteunend systeem (BOS) zijn daarom essentieel voor het realiseren van waterbesparing op gebiedsniveau.

#### 4. Schematische weergave



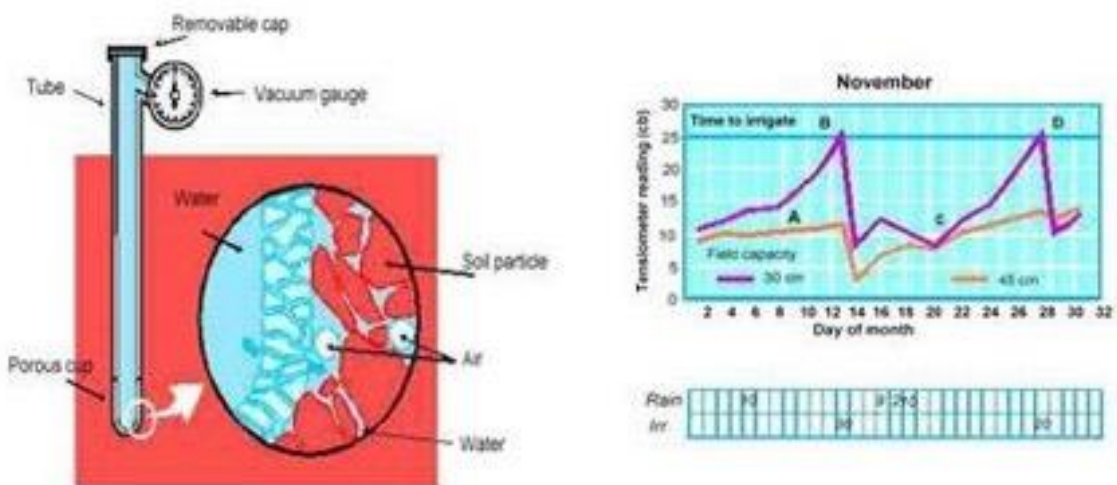
*Figuur 1. Huis-tuin-en-keuken versie*



Figuur 2. Geavanceerde versie Bron: DACOM BV

## 5. Werking

Bij de eenvoudige versie (figuur 1) ontvangt de aanvoerschakelaar een signaal van de bodemvochtsensor wanneer het bodemvocht beneden een ingestelde waarde zakt. Daarmee wordt de toevoer naar de sproeier opgezet voor een instelbare tijdsduur.



Figuur 3. Bepalen irrigatietijdstip met tensiometers

Bij de geavanceerde versie (figuur 2) wordt het bodemvochtgehalte op een aantal diepten gemeten en worden gegevens over actuele weersomstandigheden doorgestuurd naar een centrale computer. Bij de aansturing van de beregeningsinstallatie kunnen behalve de gemeten bodemvochtgehalten ook andere criteria worden meegewogen.

In de irrigatiepraktijk wordt een groot aantal methoden gebruikt voor het meten of schatten van de vochttoestand in de bodem. De meest betrouwbare, maar een bewerkelijke, methode is door bemonstering met een grondboor op diverse diepten. Het vochtgehalte wordt bepaald uit weging van de monsters vóór en na droging in een oven. Commerciële bedrijven gebruiken vaak tensiometers (figuur 3) waarmee de zuigspanning van de bodem wordt gemeten, waaruit een vochtgehalte wordt afgeleid.

### **Toelichting**

Bij berekening van gewassen moeten steeds twee vragen worden gesteld:

- Wanneer moet er berekend worden?
- Hoeveel water moet worden toegediend?

Wanneer men zich deze vragen niet stelt, en dus 'op gevoel' berekent, loopt men het risico te laat of te vroeg, teveel of te weinig te beregenen. Met als gevolg een lagere opbrengst dan mogelijk door te droge of te natte omstandigheden en daarmee een suboptimale waterproductiviteit. Daardoor is de extra opbrengst (kg) door het beregenen minder groot (een suboptimale waterproductiviteit). De praktijk wijst uit dat zonder informatie over de werkelijke beregeningsbehoefte er doorgaans te vaak en te veel water wordt gegeven. Dit leidt tot waterverspilling, zakkende grond- of oppervlaktewaterpeilen en uitspoeling van nutriënten en bestrijdingsmiddelen naar grondwater en oppervlaktewater.

Bij *bodemvocht gestuurd* beregenen worden het tijdstip en de grootte van de beregeningsgift bepaald aan de hand van de actuele vochttoestand van de bodem. Het bodemvochtgehalte is bij deze methode het doorslaggevende criterium. Deze werkwijze onderscheidt zich van twee andere in de irrigatiepraktijk vaak toegepaste methoden:

1. Vochtboekhouding. Hierbij wordt de actuele bodemvochtvoorraad niet direct gemeten, maar bepaald uit meting of schatting van minimaal de neerslag en

de actuele gewasverdamping. In werkelijkheid is de actuele vochtvoorraad in de bodem afhankelijk van veel meer componenten (Figuur 4). Exacte bepaling van al deze componenten is in de praktijk niet haalbaar.

2. Waarneming of meting van de actuele vochttoestand van de plant. Bezwaar van deze methode is dat op het moment dat uitdrogingsverschijnselen waarneembaar worden, het gewas al een tekort ondervindt.

Het bodemvochtgehalte is optimaal voor gewasgroei wanneer het gewas kan beschikken over zowel voldoende water als voldoende zuurstof in de wortelzone. Bij gewasteelt op volle grond in de open lucht varieert het bodemvochtgehalte voortdurend onder invloed van neerslag en verdamping. Na een stevige regenbui is de toplaag van de bodem verzadigd met water. Na een aantal uren, afhankelijk van bodemtype is het overtollige water weggezakt naar diepere bodemlagen of het grondwater. De bodem is dan op 'veldcapaciteit': het bevat de maximale hoeveelheid water die de grond tegen de werking van de zwaartekracht in kan vasthouden. Het volumepercentage bodemvocht bij veldcapaciteit is afhankelijk van de bodemstructuur en de bodemsamenstelling. Door verdamping vermindert het vochtgehalte in de bodem. Naarmate de grond verder uitdroogt wordt het moeilijker voor het gewas om bodemvocht aan de wortelzone te onttrekken. Bij het verwelkingspunt is het vochtgehalte van de bodem zo laag dat de meeste gewassen niet meer in staat zijn water uit de bodem op te nemen. Het volumepercentage

bodemvocht bij het verwelkingspunt is net als dat bij veldcapaciteit afhankelijk van bodemstructuur en -samenstelling (figuur 5 en tabel 1).

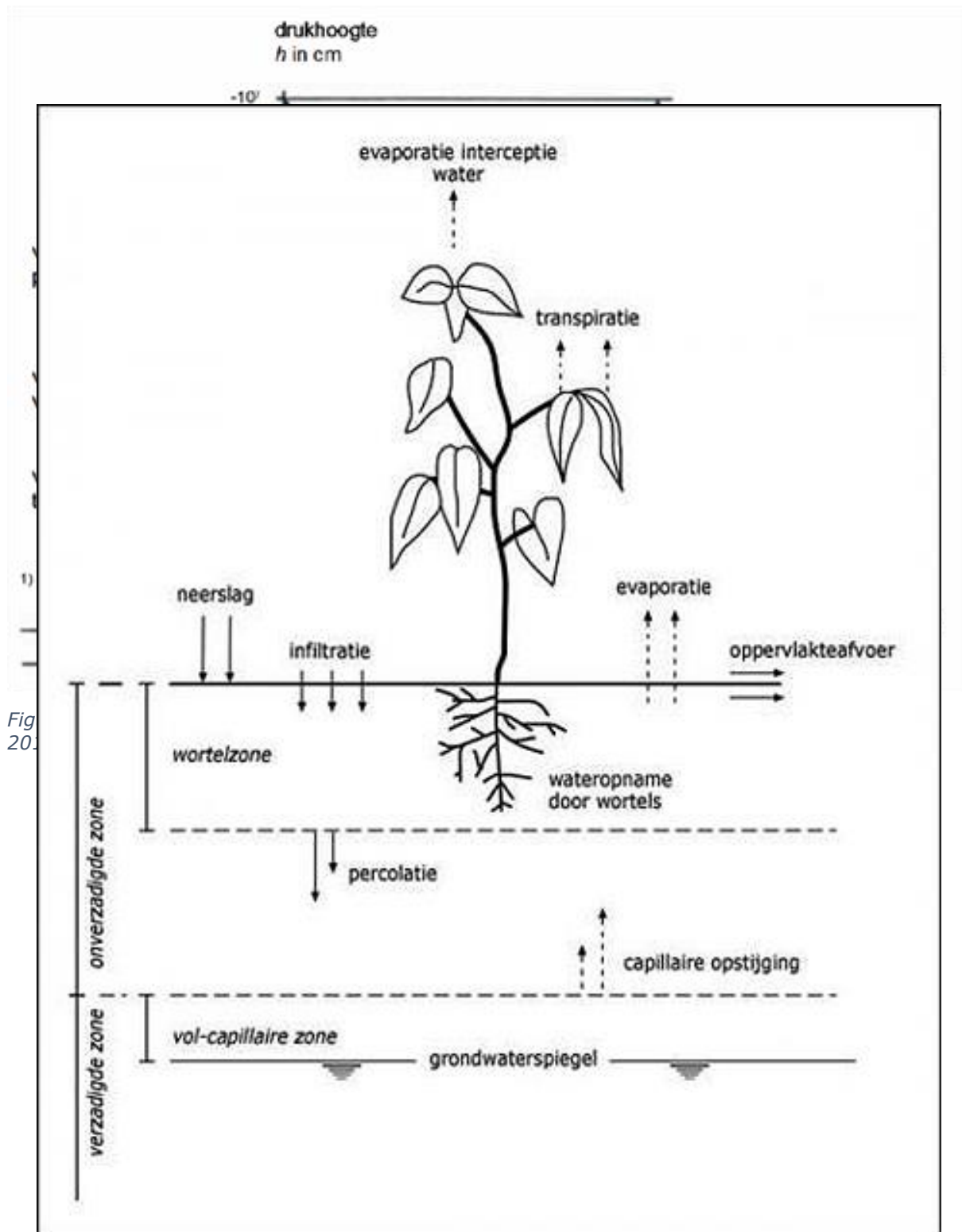


Fig 20.

Figuur 4. Componenten van de waterbalans die bepalend zijn voor de actuele vochttoestand in de bodem

Grondsoort	Vochtgehalte bij veldcapaciteit in volume %	Vochtgehalte bij verwelkingspunt in volume %	Beschikbare hoeveelheid water in volume %
Duinzand	7	5	2
Brabantse zandgrond	23	10	13
Jonge dalgrond	31	17	14
Rivierklei	39	24	15
Zeeklei	33	12	21

Tabel 1. Vochthoudend vermogen voor verschillende gronden  
Bron: Dr.ir. S.F. Kuipers. 1968. Bodemkunde. Tjeenk Willink, Zwolle.

Bodemvocht gestuurde beregening houdt in dat het actuele bodemvochtgehalte bepalend is voor zowel het tijdstip als de hoeveelheid van de beregening. Het tijdstip is afhankelijk van de gekozen strategie. Bij voldoende waterbeschikbaarheid kiest men voor maximalisatie van de gewasopbrengst. Er wordt dan berekend zodra het bodemvochtgehalte het niveau heeft bereikt waarbij de actuele verdamping minder wordt dan de potentiële verdamping. Hierbij wordt zoveel water gegeven als nodig is om de wortelzone weer op veldcapaciteit te brengen. De beregening kan echter worden uitgesteld of verminderd op grond van één of meer van de volgende overwegingen:

- de agrariër verwacht op korte termijn voldoende regen, waardoor hij de kosten van beregening vermijden kan;
- hij verwacht op korte termijn veel regen. In afwachting daarvan houdt hij de vochtvoorraad in de bodem liever laag zodat een groot deel van de neerslag in de bodem kan infiltreren. Hierdoor worden plasvorming, oppervlakkige afspoeling en eventuele natschade aan het gewas voorkomen;
- het actuele vochttekort treedt op in een fase van de gewasgroei waarin het gewas er minimale schade van ondervindt (vegetatieve groeiperiode) of er zelfs baat bij heeft (stimuleren wortelgroei, afrijping);
- er is op dat moment onvoldoende water in de sloten beschikbaar, of van een zodanige kwaliteit dat de te verwachten zoutschade groter is dan de droogteschade.

Bij een geautomatiseerd systeem waarbij de bodemvochtsensor direct de beregeningsinstallatie aanstuurt, spelen bovenstaande overwegingen geen rol: zowel tijdstip als hoeveelheid beregening zijn dan alleen afhankelijk van de instelling van het bodemvochtgehalte waarbij de beregeningsinstallatie wordt geactiveerd. Bij meer geavanceerde systemen kunnen deze overwegingen wel worden meegenomen.



Het systeem biedt dan bovendien ondersteuning voor het nemen van een beslissing. Daarbij kunnen ook andere dan water gerelateerde zaken een rol spelen, zoals bijvoorbeeld het voorkomen of bestrijden van plantenziekten. De meest geavanceerde systemen gebruiken naast sensoren voor bodemvocht ook gegevens, die afkomstig zijn van een meteostation op het bedrijf of een nabije locatie. Ook worden er steeds meer producten en diensten beschikbaar gesteld die gebruik maken van satellietgegevens over neerslag, verdamping en gewasgroei ([Deltafact Remote Sensing](#)). Een aantal waterschappen werken samen om satellietdata voor waterbeheer, maar ook precisie berekening beter te ontsluiten binnen [het samenwerkingsverband SAT-WATER](#). De marktpotenties van deze producten staan omschreven [in STOWA-rapport 17](#) (2016).

Ook wordt gebruik gemaakt van gewasgroeimodellen, waarmee de effecten van het al of niet beregenen kunnen worden geschat. Deze gewasgroeimodellen kunnen worden aangepast op basis van de resultaten die in voorgaande jaren op hetzelfde bedrijf zijn behaald.

## 6. Kosten en baten

Voor Nederlandse omstandigheden zijn er (nog) onvoldoende gegevens beschikbaar om aan te kunnen geven wat de besparing is van bodemvocht gestuurd beregenen in termen van watergebruik in vergelijking met conventionele beregening. Onder gecontroleerde omstandigheden is het effect van bodemvocht gestuurde watergift op de productie gemakkelijk aan te tonen (zie Figuur 6). Bij het uitvoeren van veldproeven in Nederland hangt het van het neerslagpatroon af of men al dan niet significante verschillen in opbrengsten krijgt door beregening. Het kostenbesparende effect van bodemvocht gestuurde beregening is dan ook vaak duidelijker zichtbaar in de vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen. Zoals gemiddeld 28% reductie in besproeiingen tegen Phytophthora in veldproeven in de periode 1994-2001. Meer voorbeelden zijn te vinden op [www.dacom.nl](http://www.dacom.nl).



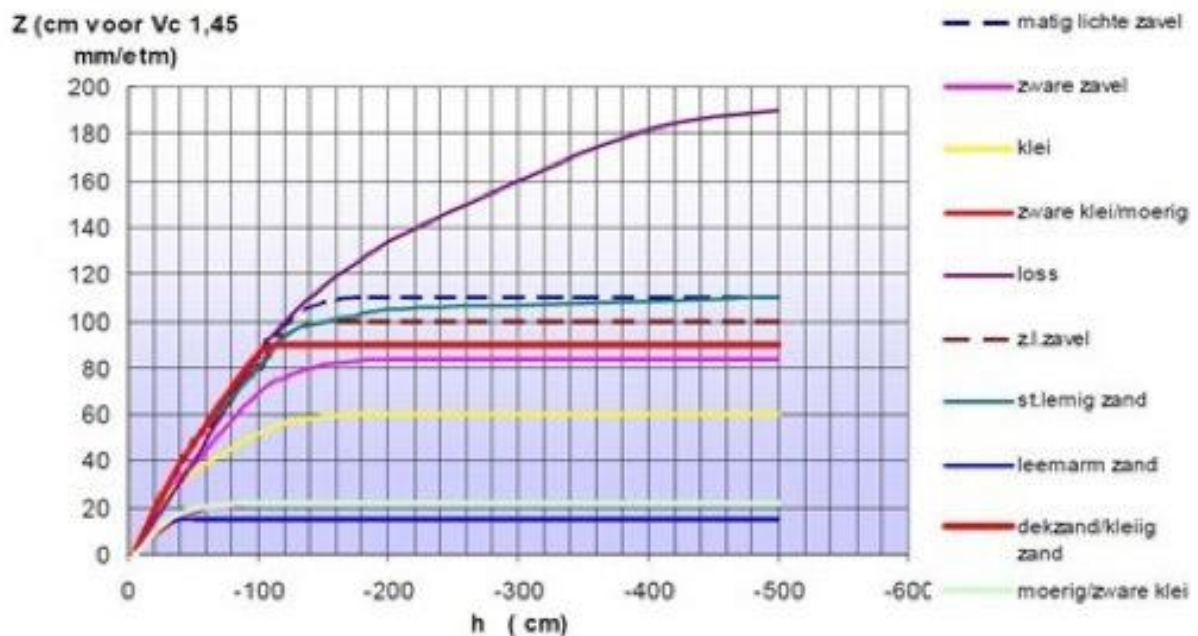
*Figuur 6. Effect op de productie van het bodemvochtregime tijdens de groeiperiode. De potten (van links naar rechts) werden dagelijks bijgevuld tot resp. 100%, 75%, 50% en 25% van het beschikbare bodemvocht (tussen pF 2,0 en pF 4,2).  
Bron: Snellen, 1975*

## 7. Randvoorwaarden en kansrijke locaties

Uit het bovenstaande blijkt dat bodemvocht gestuurde beregening pas kansrijk kan zijn als beregening economisch rendabel is. Voorwaarden daarvoor zijn:

1. De verdampingsvraag en het cumulatief neerslagtekort moeten voldoende groot zijn om beregening financieel rendabel te maken. De verwachting is dat door klimaatverandering het neerslagtekort zal toenemen, waardoor in de toekomst vaker aan deze voorwaarde zal worden voldaan.
2. Behalve door de verdampingsvraag en het neerslagtekort wordt de vraag naar beregening ook bepaald door het vochtbergend vermogen van de grond en door de capillaire nalevering vanuit het grondwater. Dit blijkt onder andere uit het feit dat het grootste landbouwareaal waar beregend wordt op de hogere zandgronden van Limburg en Brabant ligt, waar circa 60% van de boeren beschikt over een beregeningsinstallatie.
3. In laag Nederland is het vochtbergend vermogen doorgaans hoger dan op de zandgronden. Ook wordt daar het grootste deel van het cumulatieve neerslagtekort aangevuld door capillaire opstijging (zie figuur 7). Wanneer door klimaatverandering de verdampingsvraag stijgt en de grondwaterspiegel daalt, zal het frequenter voorkomen dat vochtbergend vermogen plus capillaire opstijging niet voldoende zijn om aan de verdampingsvraag te voldoen. Daardoor zal ook de behoefte aan beregening toenemen. Met de samengestelde bodemsensoren is het mogelijk om de invloed van de capillaire opstijging op de actuele vochttoestand in de bodem vast te stellen.

4. Het economisch rendement van bodemvocht gestuurd beregenen is afhankelijk van het gewas. Slim beregenen verdient zich sneller terug bij kapitaalintensieve teelten, terwijl het beregenen van grasland vaak niet rendabel is. Wel is duidelijk dat beregenen op weidepercelen eerder rendabel is dan op maaipercelen. Waarom? Het inkopen van ruw oer is vaak goedkoper dan beregenen om de maaiopbrengst te verhogen ([Gerbrandy & Rexwinkel, 2015](#)). ZLTO heeft hiervoor een advies-tool ontwikkelt voor melkveehouders met de naam [beregeningssignaal](#).



Figuur 7. In homogene bodems kan de grondwaterstand tot onderstaande diepte onder de effectieve wortelzone dalen voordat de bodemvochtlevering stagneert.

Leemarm, (matig) grof zand	18 cm	Matig lichte zavel	110 cm
Kleilig zand, dekzand	90 cm	Zware zavel	84 cm
Sterk lemig zand	110 cm	Lichte klei	60 cm
Löss	190 cm	Veen/zware klei	22 cm
Zeer lichte zavel	100 cm		

Bron: Huinink, 2011

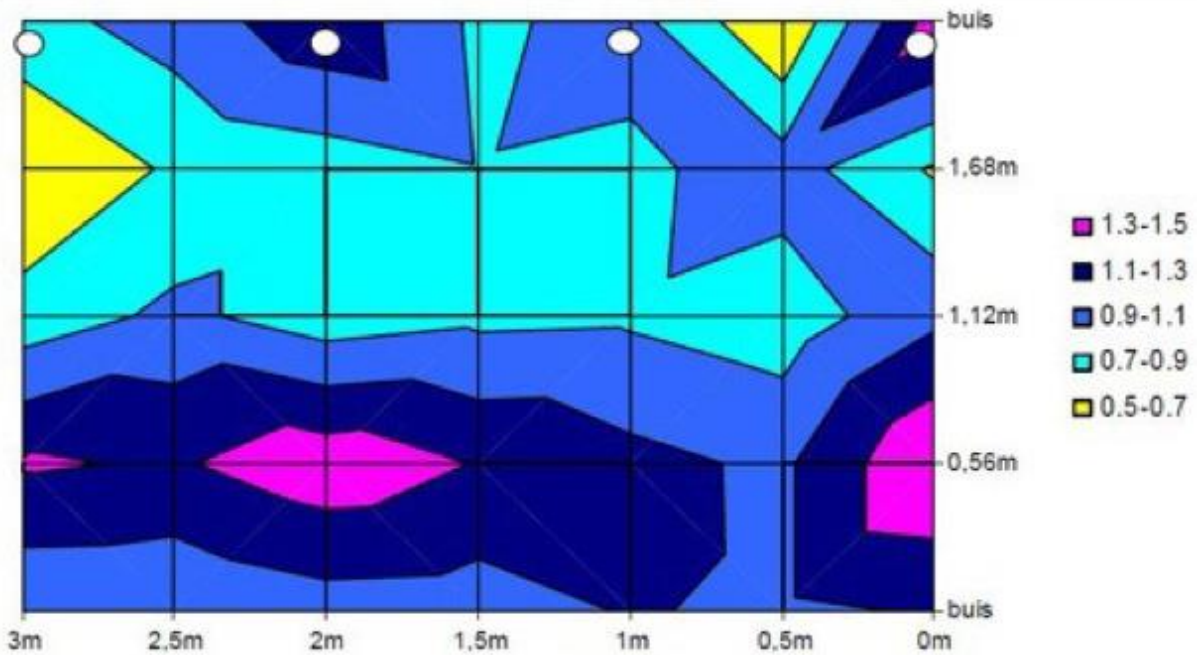
Als beregening financieel haalbaar is, dan gelden de volgende overwegingen voor kansrijke toepassing van bodemvochtsensoren:

1. De [uniformiteit van de beregening](#) moet voldoende hoog zijn en hangt af van het type beregeningsinstallatie. Een [distributie-uniformiteit \(DU\)](#) van 100% betekent dat over het gehele beregende oppervlak overal evenveel water is toegediend.

Fabrikanten van beregeningsinstallaties geven doorgaans een uniformiteit op van rond 90%, in de praktijk is dat vaak lager. Figuur 8 geeft een proefopstelling voor het bepalen van de uniformiteit op een tuinbouwbedrijf. In dit voorbeeld worden vaste sprinklers gebruikt die elkaar overlappen. Het grootste areaal in Nederland wordt echter beregend met rijdende sprinkler 'kanonnen', waarbij de uniformiteit lager is.

2. Wanneer een bodemsensor wordt gebruikt om de berekening aan te sturen, gebeurt dit vanuit de verwachting dat de gemeten waarde representatief is voor een groter gebied. Bij een lage uniformiteit wordt niet aan deze voorwaarde voldaan.





Figuur 8. Uniformiteit van beregening: testopstelling (boven) en resultaat (onder). (Bron niet meer beschikbaar)

## 8. Governance

Beprijzing van water wordt vaak genoemd als maatregel om het effectiever gebruik van water te stimuleren. In geval van beregening is het te verwachten effect hiervan beperkt. De reden is dat de kosten voor beregening maar een klein percentage zijn van de totale productiekosten. De stimulans voor agrariërs om bodemvocht gestuurde beregening toe te passen zit daarom niet zozeer in vermindering van de beregeningskosten, maar in het optimaliseren van de groeiomstandigheden waardoor de productiviteit van andere productiemiddelen toeneemt. Voor de waterbeheerder is vooral het effect op de waterkwaliteit van belang: het verminderen van de uitspoeling van meststoffen en bestrijdingsmiddelen. Dit is een argument voor waterbeheerders om bodemvocht gestuurde beregening te stimuleren.

## 9. Praktijkervaringen (nationaal en internationaal)

In het [project WaterSense](#) heeft men ruim 100 sensors geplaatst op een oppervlak van 20.000 hectare, met de bedoeling het effect van het bodemvocht gestuurd beregenen te bepalen op zowel de productie als op de kwaliteit van oppervlakte- en grondwater. In 2010 waren de aardappelopbrengsten op de beregende percelen slechts 5 tot 7% hoger dan op de niet beregende percelen. Volgens de onderzoekers

'kun je het beregenen van aardappelen met dergelijke kleine meeropbrengsten niet rendabel uitvoeren ([Reindsen, 2011](#)).

Het is daarom in de akkerbouw moeilijk om de investering in geavanceerde bodemvochtsensoren (rond 2000 euro per stuk) goed te maken. Maar er zijn ook goedkopere low-profile meetsensoren beschikbaar die minder nauwkeurig zijn. Deze worden nog niet vaak gebruikt.

In de glastuinbouw en fruitteelt is bodemvocht gestuurd beregenen wel rendabel, mede ook door de gecontroleerde omstandigheden (glastuinbouw) en de [combinatie mogelijkheden](#) met fertigatie, sleuventeelt en druppelirrigatie.

Er zijn veel minder kostbare sensoren op de markt, die al op ruime schaal in de landbouwpraktijk worden toegepast in Noord- Amerika en Australië, maar bijvoorbeeld ook in [Zuid-Europa](#) en [Turkije](#). De aanwezigheid van een groot aantal commerciële bedrijven die bodemvochtsensoren aanbieden duidt erop dat in deze gebieden bodemvocht gestuurde beregening vaker bedrijfseconomisch rendabel is in vergelijking tot Nederland.

In het [eindrapport van WaterSense](#) wordt tevens geconcludeerd dat:

- **Bodemvochtsensoren** geven veel inzicht in het gedrag van water in de bodem. Dit inzicht kan gebruikt worden om hydrologische modellen te verbeteren. Uit de sensorgegevens blijkt dat de vochthoeveelheid in de bodem vaak wordt overschat door modellen.
- Het in WaterSense gebouwde demonstratiemodel van een **beslissingsondersteunend systeem (BOS)** is operationeel. Het wordt onder andere gevoed met *real time* data van bodemvochtsensoren. Landbouwers kunnen met de voorspellingen van het BOS-maatregelen nemen om de waterhuishouding in de percelen optimaal te houden.
- Waterbeheerders kunnen het BOS gebruiken bij het dagelijks peilbeheer en voor het doorrekenen van de effecten van maatregelen. Het BOS is bruikbaar voor strategische analyses en voor het beantwoorden van gebruikersvragen rondom grondwater en meteorologie. Voor meer complexe vraagstukken zijn er verbeteringen nodig.
- Duidelijk is geworden dat een **modulair opgebouwd BOS** beter geschikt is voor het beantwoorden van vele dagelijkse watervraagstukken dan een

integraal BOS. Per gebruikersvraag wordt dan een specifieke applicatie samengesteld, waarbij gebruik wordt gemaakt van verschillende informatiebronnen.

- De deelnemende **landbouwers** vonden de informatie van het BOS nuttig voor de bedrijfsvoering. De informatie over vocht in de bodem heeft hen geholpen beslissingen te nemen over beregening, bemesting en gewasbescherming. Echter, voor optimale benutting door landbouwers bevat het BOS te veel informatie. De interpretatie van de informatie kan nog worden verbeterd.

Het is nog erg moeilijk om het gedrag van gewasbeschermings- middelen en nitraat goed te voorspellen met een model en er zijn (nog) geen geschikte sensoren die de waterkwaliteit in de bovenste bodemlaag kunnen meten. Gewassensoren als [Greenseeker, CropCircle en Yara N-sensor meten de biomassa](#) en het gehalte bladgroen van een gewas. Dat geeft aan hoeveel stikstof in de plant zit en of het gewas meer stikstof nodig heeft.

## 10. Kennisleemten

Voor Nederlandse omstandigheden kan al wel aannemelijk gemaakt worden dat bodemvocht gestuurde beregening leidt tot een verminderd gebruik van gewasbeschermingsproducten. Om het [effect op het watergebruik te kunnen kwantificeren](#) zijn nog onvoldoende gegevens voorhanden.

Er is een opvallende discrepantie tussen enerzijds de inspanning die door onderzoekers en bedrijven worden gedaan om de beregeningsbehoefte nauwkeurig te bepalen en anderzijds de (on)nauwkeurigheid bij de waterverstrekking op perceelsniveau.

Gebruik van bodemsensoren om de beregeningsbehoefte te bepalen – evenals de toepassing van wiskundige modellen – is gebaseerd op de aannamen dat de bodem homogeen is en dat de groei van gewassen bepaald wordt door bodemfysische en -chemische factoren. In werkelijkheid is de bodem vaak sterk heterogeen en zijn biologische factoren medebepalend voor de gewasgroei.

Kennisvragen uit het [eindrapport van WaterSense](#):

- Hoe hangt de meerwaarde van beregening af van factoren als bodem, gewas/ras, meteorologie en productie-eisen? Het zou goed zijn om te onderzoeken of het mogelijk is een modulair BOS te bouwen.
- Is het mogelijk om wateroverlast in het groeiseizoen te prognosticeren en tijdig maatregelen te treffen om schade te voorkomen?
- Wat is de meerwaarde van intelligent peilbeheer voor de landbouwopbrengsten? Is het verstandiger om uit grond- of uit oppervlaktewater te beregenen? Deze vraag speelt bijvoorbeeld als bruinrot een issue is.
- Welke zoetwaterstrategieën kunnen het beste gekozen worden?
- Wat is de (economische) meerwaarde van beregenen en wat zijn de factoren die daarbij een rol spelen?
- Wat zijn de effecten van beregening op versneld afsterven/herstelvermogen van een gewas na droogte? Wat is het effect van het oogsttijdstip op opbrengsten bij wel/niet beregenen?

## 11. Beschikbare methoden en tools

### Beregeningssignaal

Het internetprogramma 'Beregeningssignaal' van ZLTO (zie beneden onder Lopende initiatieven en onderzoeken) is beschikbaar om beregening doelmatig in te zetten. Voor gras en maïs is dit programma sinds 2014 landelijk beschikbaar. Het programma adviseert op economische grondslag of en hoeveel er beregend moet worden. Het advies van beregeningssignaal is per perceel, afhankelijk van gewas en neerslag.

Door het gebruik van Beregeningssignaal beregent u alléén wanneer dat nodig is. Te vroeg beregenen - met alle kosten voor beregeningsinstallatie, brandstof en arbeid vandien - wordt voorkomen, evenals juist te laat beregenen - met opbrengstverlies.

Het programma geeft op elk gewenst moment een beregeningsadvies per ingevoerd perceel. Naast de aanbevolen watergift berekent het programma voor melkveehouders ook het rendement van de beregeningsgift. Aan de hand van eigen invoer en met behulp van onder andere buienradar wordt een vochtbalans per perceel bijgehouden. Beregeningssignaal zet deze informatie om in een advies per



perceel. U krijgt als gebruiker een e-mail als berekening wenselijk is. Het advies kunt u op de website verder in detail bekijken.

De gebruiker voert éénmalig de bedrijfsgegevens in en tekent zijn percelen in. Om het systeem up-to-date te houden, moet de gebruiker wel de beregeningsgiften en grondwaterstanden bijhouden. Neerslaggegevens worden automatisch ingelezen van buienradar en kunnen bij afwijkingen overschreven worden. Dit alles zorgt voor een nauwkeurig beregeningsadvies. Daarbij wordt rekening gehouden met de kosten en baten van berekening en - bij melkveehouders - met de actuele ruwvoervoorraad.

Vanaf 2014 is er ook een app voor de smartphone beschikbaar, zodat u overal gegevens kunt invoeren en aflezen. In Noord-Brabant is [Berekeningssignaal](#) één van de maatregelen die u kunt opnemen in uw Bedrijfswaterplan.

ZLTO heeft Berekeningssignaal gemaakt in samenwerking met Livestock Research Wageningen UR, Present Internet, DLV-Plant, Royal Haskoning en Suikerunie. (Bron tekst: ZLTO)

*Enmalig worden online bedrijfsgegevens ingevoerd (aantal percelen, perceelomvang, gewas). Berekeningssignaal houdt vervolgens per perceel de vochtbalans in de gaten, onder andere met behulp van buienradar, en waarschuwt via e-mail als berekening wenselijk is. Online is het advies per perceel op elk moment nader te bekijken. Naast de aanbevolen watergift berekent het programma voor melkveehouders ook het rendement van de beregeningsgift in verhouding tot eventuele aankoop van ruwvoer (rekening houdend met uw actuele voorraad). (<https://www.zlto.nl/stream/berekeningssignaal.pdf>)*

## **EFFIDRIP**

In het project EFFIDRIP (zie beneden onder Lopende initiatieven en onderzoeken) is aangetoond dat de irrigatie goed automatisch aangestuurd en bijgestuurd kan worden. Aan het begin van het groeiseizoen geeft de gebruiker enkele specifieke kenmerken op (gewas, gewasstadia, veldkenmerken, irrigatiesysteem kenmerken), en specifiek de minimale en maximale hoeveelheid water die gebruikt mag worden. Dit kan tijdens het groeiseizoen worden bijgesteld indien gewenst. Het systeem schat vervolgens op basis van eenvoudige klimaatgegevens de evapotranspiratie en leidt hieruit de benodigde hoeveelheid water af die nodig is. Dit wordt vervolgens

naar de irrigatiecontroller doorgegeven die verder zorg draagt voor de technische afhandeling. In de berekeningswijze wordt nadrukkelijk rekening gehouden met de registraties van watergehaltesensoren in de bodem. Hieruit wordt onder meer afgeleid of een irrigatieopdracht is uitgevoerd, of er mogelijk lokale regenval is geweest, en of er sprake is van uitdroging dan wel vernatting van de wortelzone. Deze info wordt gebruikt om de irrigatie voor de komende dag te corrigeren. Validatie in 3 veldexperimenten (Spanje, Portugal, Griekenland) heeft laten zien dat deze methode goed werkt.

### Spaarwater

Met druppelirrigatie kan de watergift precies worden gestuurd naar waar het nodig is, namelijk bij de wortelzone. Er kan (nog) efficiënter met het water worden omgegaan wanneer toediening plaatsvindt op basis van gegevens over het bodemvocht.

### **Automatische sturing KlimaatAdaptieve Drainage**

Klimaat Adaptieve Drainage (KAD) is een regelbaar drainagesysteem waarin het drainageniveau via telemetrie (TMX) op afstand mechanisch en stapsgewijs bestuurd kan worden (van Bakel et al., 2013; van den Eertwegh et al., 2013). Zo kunnen de vochtcondities in een landbouwperceel actief worden beïnvloed. Het waterpeil in de zogenaamde regelput van het systeem kan automatisch beheerd worden met behulp van een KAD-management-algoritme (Bartholomeus et al., 2015a; Bartholomeus et al., 2015b). Het KAD-management-algoritme combineert online veldmetingen (o.a. grondwaterstand, bodemvocht), weersvoorspellingen en modelsimulaties (met SWAP, Kroes et al. (2017)) voor een aanbevolen drainageniveau in het KAD-systeem.

Traditioneel is regelbare drainage gericht op het instellen van een bepaalde grondwaterstand. Die grondwaterstand heeft echter een indirect effect op het de bodemvochtcondities in de wortelzone en hiermee de water- en zuurstofbeschikbaarheid voor plantenwortels. Droogte- en natschade wordt ook bepaald door factoren als neerslag, verdamping, temperatuur en planteigenschappen. Het KAD-systeem richt zich daarom niet op het instellen van een optimale grondwaterstand, maar op het minimaliseren van de droogte- en zuurstofstress (nat) voor het gewas. Door deze stress centraal te stellen, via

integratie van de processen in het bodem-plant-atmosfeer systeem, wordt directer gestuurd op de optimale groeiomstandigheden van het gewas. Het aanbevolen KAD-niveau is er dus op gericht om zowel natschade door zuurstofstress als het onnodig afvoeren van water te voorkomen: water vasthouden zolang het kan, alleen afvoeren als het moet. Daarnaast is er de mogelijkheid om actief water aan te vullen, door het KAD systeem te gebruiken voor subirrigatie. Het doel hiervan is het verhogen van de grondwaterstand en het vochtgehalte in de wortelzone van de plant.

## 12. Overzicht lopende initiatieven en onderzoeken

Onderzoeksproject	Onderzoekslocatie	Links/documenten
Add Q2 JPI Waterworks OPERA		<a href="#">Website</a>
WaterSense (afgerond in 2012)	Veenkoloniën Drenthe	<a href="http://www.projectwatersense.nl">www.projectwatersense.nl</a>
High-tech Beregenen op Maat	Bedrijven in NB/Aa en Maas	<a href="#">Website</a>
Farm Level Optimal Water management: Assistant for Irrigation under Deficit(FlowAid)	Italië, Spanje, Turkije, Jordanië, Libanon	<a href="#">Website</a>
Beregeningssignaal	n.v.t.	<a href="#">Website</a>
Glastuinbouw Waterproof, Grondgebonden van o.a. LTO Glaskracht Nederland, WUR, Platform Duurzame Glastuinbouw	Lysimeterexperimenten	<a href="#">Website</a>
EFFIDRIP van o.a. EU, WUR	Divers Europa	<a href="#">Website</a> <a href="#">WUR-pagina</a> <a href="#">Partnership Request</a>
NWP Water and Food Programme		<a href="#">Website</a>
Daring Applications and Innovations in Sensor sYstems (DAISY 2)		<a href="#">Website</a>
Spaarwater (toepassing druppelirrigatie in akkerbouw)	Groningen (Borgsweer), Noord-Holland (Breezand)	<a href="#">Website</a>
Lumbricus (automatische sturing KlimaatAdaptieve Drainage)	Hoge zandgronden	<a href="http://www.programmalumbricus.nl">www.programmalumbricus.nl</a>
Klimap (automatische sturing KlimaatAdaptieve Drainage met subirrigatie)	Hoge zandgronden	<a href="#">Website wordt opgezet, info: https://www.stowa.nl/onderwerpen/klimaatadaptatie/zoetwatertekort-</a>

### 13. Bronnen & links

- [Balendonck, J.; Voogt, W.; Winkel, A. van; Swinkels, G.L.A.M.; Janssen, H.J.J.; Heinen, Marius; Dorland, H. van; Zwinkels, F. \(2012\) Wageningen : Wageningen UR Glastuinbouw, \(Rapporten GTB 1191\) - 76 p.](#)
- [Balendonck, J.; Sapounas, A.; Kempkes, F.; Os, E.A. van; Schoor, R. van der; Tuijl, B.A.J. van; Keizer, L.C.P. \(2014\) Using a wireless sensor network to determine climate heterogeneity of a greenhouse environment](#)
- Bartholomeus R., van den Eertwegh G., Simons G. (2015a) Naar online en optimale sturing van Klimaat Adaptieve Drainage, Stromingen : vakblad voor hydrologen 24 (4): 27 - 42, 2015.
- Bartholomeus R.P., Simons G.W.H., Van den Eertwegh G.A.P.H. (2015b) Anticipating on amplifying water stress: Optimal crop production supported by climate-adaptive water management. KWR 2015.062, KWR, Nieuwegein.
- Gerbrandy, A., Rexwinkel, S. (2015) Beregenen op grasland: rendabel of te duur? Melkvee, Nr. 7, p.18-19
- [Handboek Melkveehouderij 2016-2017 – Hoofdstuk 1 – Bodem en Water](#)
- [Huinink, J. Th.M. 2011. Bodemgeschiktheidsbeoordeling voor Landbouw, Bosbouw en Recreatie t.b.v. een optimalisatie van grondwater- en oppervlaktewaterpeilbeheer – State of the art. BodemConsult-Arnhem](#)
- Kroes J.G., van Dam J.C., Bartholomeus R.P., Groenendijk P., Heinen M., Hendriks R.F.A., Mulder H.M., Supit I., van Walsum P.E.V. (2017) SWAP version 4 : theory description and user manual Wageningen Environmental Research, Wageningen.
- [Reindsen, H., K. H. Wijnholds \(2011\) Sensoren: van de regen in de drup: Interview met Klaas Wijnholds van proefboerderij 't Kompas in Valthermond. Nieuwe oogst / Magazine gewas 7: 8-8.](#)
- [Simons, G., Droogers, P. \(2016\). Verkenning Remote Sensing producten voor het Waterbeheer. STOWA Rapport 2016-17.](#)
- van Bakel P.J.T., van den Eertwegh G.A.P.H., Massop H., Brandsma J. (2013) Klimaatadaptieve drainage - Landelijke geschiktheid van conventionele, samengestelde peilgestuurde, peilgestuurde drainage en KAD. Eindrapportage Werkpakket 3: Landelijke geschiktheid., Future Water, Wageningen.

- van den Eertwegh G.A.P.H., van Bakel P.J.T., Stuyt L., van Iersel A., Kuipers L., Talsma M., Droogers P. (2013) KlimaatAdaptieve Drainage - Een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen - Samenvatting resultaten Fase 2 'Onderzoek en Ontwikkeling', FutureWater, Wageningen.
- [Voogt, W.; Balendonck, J.; Berkelmans, R.; Enthoven, N. \(2017\) Irrigation management in organic greenhouse : How to comply with sustainability goals?](#)

## 14. Colofon

Deze factsheet is opgesteld door Alterra, december 2011 en geactualiseerd in september 2017. In maart 2021 is deze Deltafact, als onderdeel van het programma Lumbricus aangevuld door KWR. Zie ook [www.stowa.nl/lumbricus](http://www.stowa.nl/lumbricus)

### **Auteurs**

- B. Snellen (Wageningen Environmental Research)
- R. Bartholomeus (KWR)

### **Versie**

Versie 3, maart 2021

Eindredactie en revisie: H. Massop & J.A. Veraart (Wageningen Environmental Research)

## 15. Disclaimer

De in deze publicatie gepresenteerde kennis en informatie zijn gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs, STOWA en de evt. opdrachtgever van dit factsheet kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit deze publicatie.