

# Validatie Waterwijzer Landbouw met Groenmonitor en vergelijking met HELP

MARTIN MULDER, WOUTER MEIJNINGER, JOOST IWEMA EN MIRJAM HACK-TEN BROEKE

*In 2018 is de Waterwijzer Landbouw gelanceerd als opvolger van onder andere de HELP-methodiek waarmee het effect van hydrologische omstandigheden op landbouwproductie is te bepalen. Omdat het voor gebruikers belangrijk is te weten hoe betrouwbaar en toepasbaar de Waterwijzer Landbouw is, hebben wij een validatie van het nieuwe instrument uitgevoerd op perceelschaal en regionale schaal, in stroomgebied De Raam in noordoost Noord-Brabant. De voornaamste bevinding van ons onderzoek is dat Waterwijzer Landbouw zowel op perceelniveau als op regionale schaal goed in staat blijkt te zijn om de mate van droogtestress en zuurstofstress in gewassen te simuleren voor de bodem-grondwaterdynamiek-combinaties die voorkomen in het stroomgebied van De Raam. Ruimte voor verbetering is er natuurlijk ook. Door de gekozen opzet van het instrumentarium zijn de problemen die worden ondervonden te herleiden naar de bron: hetzij de invoergegevens, hetzij de modelmatige procesbeschrijving.*

Artikel

## De roep om een nieuw instrument

Na een aanloopperiode van meer dan vijf jaar is in 2018 de eerste versie van de Waterwijzer Landbouw (WWL) gelanceerd (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Dit is een instrument waarmee het effect van hydrologische omstandigheden op landbouwproductie kan worden bepaald. Als zodanig is het de opvolger van de HELP-methodiek (Werkgroep HELP-tabel, 1987; van Bakel e.a., 2005; 2007), de TCGB-tabellen (Bouwman; 1990) en AGRICOM (Mulder en Veldhuizen, 2017).

De landbouwsector, waterbeheerders en waterleidingbedrijven drongen echter al langere tijd aan op een herziening van deze methoden (Bakel en Heijkers, 2004; Bakel en Eertwegh, 2011). Met als voornaamste reden dat deze methoden gebaseerd zijn op verouderde meteorologische gegevens, alleen langjarig gemiddelde schades geven en geen informatie voor individuele weerjaren, niet klimaatrobust zijn en niet reproduceerbaar. Doordat de WWL gebruik maakt van de fysisch gebaseerde procesmodellen SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant; Van Dam e.a., 2008; Kroes e.a., 2017) en WOFOST (World Food Studies; Boogaard e.a., 2014; de Wit e.a., 2019), is een reproduceerbare bepaling van zowel het effect van wijzigingen in het waterbeheer, als van de hydrologische effecten van klimaatverandering op landbouwkundige opbrengsten mogelijk.

De WWL is sinds 2018 beschikbaar voor gebruik. Het is voor gebruikers belangrijk om te weten hoe betrouwbaar en toepasbaar het instrumentarium is. Daar-

om is validatie aan de hand van metingen van belang. We richten ons daarbij op twee producten van het WWL-instrumentarium, namelijk WWL-regionaal en WWL-tabel (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>).

## Waterwijzer Landbouw in het kort

Zoals hierboven al is aangegeven bestaat WWL uit verschillende onderdelen, of eigenlijk opties, voor toepassing. Deze verschillen in gebruiksgemak, maar natuurlijk ook in detail en onderscheidingsvermogen van de resultaten. Voor de totstandkoming van de makkelijk toepasbare WWL-tabel is een groot aantal simulaties met het gedetailleerde modelinstrumentarium SWAP-WOFOST uitgevoerd voor combinaties van de meest voorkomende gewassen en bodemtypen onder verschillende hydrologische en meteorologische omstandigheden. Op basis van deze simulaties zijn relaties (WWL-metarelaties) afgeleid tussen enerzijds de grondwaterstandskarakteristieken Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG), en anderzijds de gewasopbrengst. De WWL-metarelaties kunnen relatief eenvoudig worden benaderd met de WWL-tabel. Hiermee is het mogelijk om relatief snel inzicht te krijgen hoe de opbrengstderving gedurende de klimaatperioden 1981-2020 en 2036-2065 (Wh-klimaatscenario) reageert voor een groot aantal gewassen onder uiteenlopende bodemkundige, hydrologische en meteorologische condities. De opbrengstderving is hierbij het verschil tussen de potentiële gewasopbrengst, welke afhankelijk is van de meteorologische condities, en de actuele gewasopbrengst welke beïnvloed wordt door te droge, te natte of te zoute omstandigheden.

Om meer grip te krijgen op de modelresultaten is het mogelijk om over te gaan op een maatwerktoepassing met WWL-maatwerk. Voor een specifieke situatie wordt dan het gedetailleerde modelinstrumentarium opnieuw gedraaid. Door modelinstellingen en invoergegevens aan te passen is het mogelijk om beter aan te sluiten op de lokale omstandigheden. Zo kan er gebruik worden gemaakt van bijvoorbeeld lokale meteogegevens, bodemfysische gegevens en het grondwaterstandsverloop en kan het modelinstrumentarium worden gedraaid voor een recentere periode.

Maatwerk op het niveau van stroomgebieden is mogelijk met de WWL-regionaal toepassing. Hierbij wordt informatie gebruikt over het landgebruik, bodemtype en een gedetailleerd grondwaterstandsverloop. Hiermee is het mogelijk om aan te sluiten op informatie afkomstig van regionale hydrologische modelberekeningen.

## De noodzaak voor validatie

Zoals hiervoor al aangestipt, is het voor gebruikers belangrijk dat helder is wanneer het instrumentarium inzetbaar is en hoe betrouwbaar de resultaten zijn. Om te bepalen hoe goed het modelinstrumentarium aansluit bij de realiteit is daarom validatie nodig. Validatie van WWL vond tot recent alleen plaats op gegevens van experimenten op proefbedrijven en enkele praktijksituaties op perceelschaal (Hack-ten Broeke e.a., 2013; Kroes e.a., 2015). Op basis van deze validatie en enkele plausibiliteitstoetsen (Knotters e.a., 2017; Heinen e.a.,

2017) is het WWL-instrumentarium uitgerold (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Wat de ontwikkelaars betreft blijft het belangrijk om onderdelen van het model gaandeweg te kunnen verbeteren. Het is dan ook zo opgezet dat steeds nieuwe kennis ingebouwd kan worden.

Zoals ook aangegeven op de WWL-website (<https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>) kent het rekeninstrument, zoals alle modellen, aannames en daaruit voortvloeiende kanttekeningen en waarschuwingen bij toepassing. Uitgebreidere validatie was ook volgens de WWL-ontwikkelaars nodig, bij voorkeur aan de hand van recente data. Omdat WWL vooral op regionale schaal wordt toegepast vonden wij validatie met name op deze schaal nodig. Daarom presenteren wij in dit artikel de uitkomsten van een systematische validatie met aan het eind aanbevelingen voor verdere verbetering.

## Validatie van Waterwijzer Landbouw

Als studiegebied voor de validatie is het stroomgebied van de Raam in het noordoosten van Noord-Brabant gebruikt (Afbeelding 1). In dit gebied komen 85 verschillende bodemtypen voor volgens de Bodemkaart van Nederland (2020; schaal 1:50.000) bestaande uit voornamelijk zandgronden (85%) en kleigronden (14%) waar met name gras (54%) en maïs (34%) op wordt geteeld. Op veel locaties wordt beregend, maar het is niet per perceel bekend of en wanneer dit gebeurt. Het gebied omvat zowel droge als natte hydrologische condities.

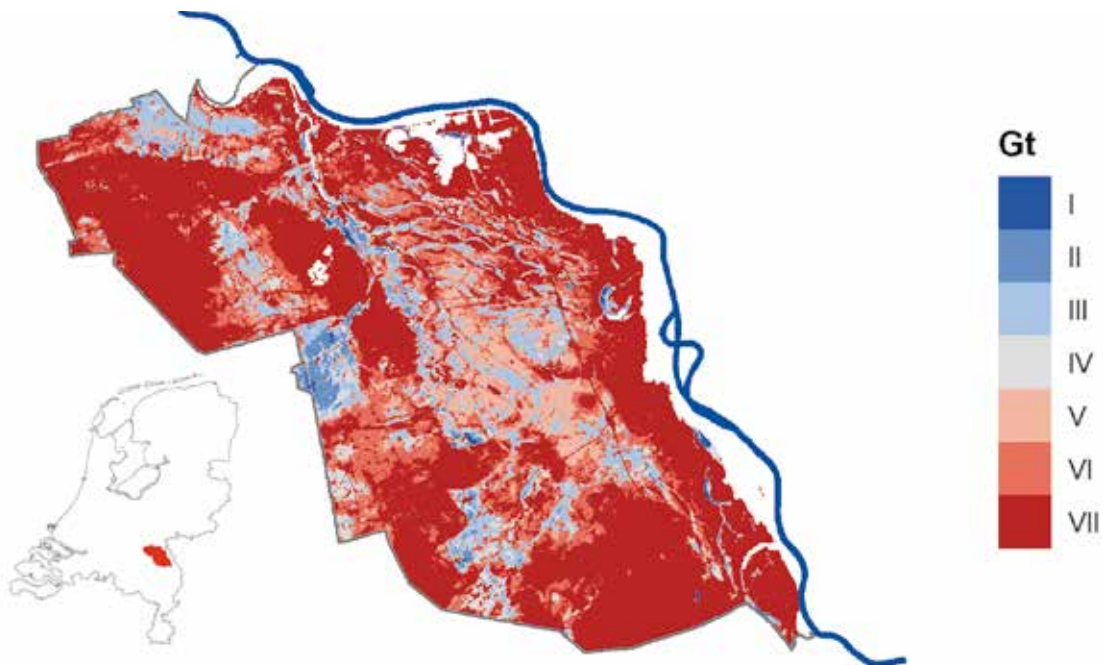
Voor de evaluatie van de gesimuleerde gewasontwikkeling gedurende het groeiseizoen zijn modelresultaten verkregen met WWL-regionaal vergeleken met beschikbare satellietbeelden van de groenindex waarbij we hebben gekeken naar:

- Validatie op perceelschaal op 16 specifieke percelen (gras en snijmaïs) voor de periode 2017 – 2020;
- Validatie op regionale schaal voor het gehele stroomgebied van De Raam voor de zomer van 2018.

Omdat veel gebruikers willen weten hoe de landbouwkundige gewasopbrengst berekend met WWL zich verhoudt tot de oude methodiek is er daarnaast een vergelijking gemaakt tussen de modelresultaten van de WWL-tabel en de HELP-tabel:

- Vergelijking op regionale schaal voor het hele stroomgebied van de Raam voor de periode 1991 – 2020.

Bij de eerste twee validatiestappen hebben wij gebruik gemaakt van satellietbeelden die de groenindex meten. Deze beelden worden opgevraagd met behulp van de Groenmonitor (<https://www.groenmonitor.nl>). De groenindex (NDVI) geeft de actuele vegetatiekaart van Nederland weer, die verkregen is uit satellietbeelden. De groenindex is een indicator voor de hoeveelheid groene biomassa. Als gevolg van ongunstige omstandigheden kan de hoeveelheid groene biomassa afnemen. Er is een inschatting gemaakt van de hoeveelheid groene biomassa onder gunstige omstandigheden door percelen met hetzelfde gewas onderling te vergelijken.



**Afbeelding 1:** Hydrologische omstandigheden weergegeven met grondwatertrappen in het stroomgebied van de Raam (bron: GRAM).

Voor een validatie van de WWL-resultaten zijn gegevens gebruikt van situaties waarbij alleen of voornamelijk hydrologie de oorzaak is van verminderde gewasgroei. De gewasgroei kan ook beïnvloed worden door andere oorzaken, zoals een tekort aan nutriënten, ziekten en plagen of andere (beheer)factoren. Hier houdt WWL echter geen rekening mee. We richten ons daarom op de droge omstandigheden in de zomers van 2018 – 2020. WWL-regionaal roept het SWAP-WOFOST model aan met de basisinstellingen uit de WWL-metarelaties (die ook ten grondslag liggen aan de WWL-tabel). Deze basisinstellingen worden vervolgens bijgesteld met lokale informatie. Informatie over landgebruik, bodem en hydrologie zijn ontleend aan het Grondwatermodel Aa en Maas (GRAM). Met GRAM gesimuleerde grondwaterstanden hebben wij opgelegd als onderrandvoorwaarde in de vorm van drukhoogten. De meteorologische condities van weerstation Volkel zijn gebruikt en voor de gehele simulatieperiode is steeds één enkel gewas per perceel gehanteerd.

De vergelijking met de groenindex richt zicht op de timing van veranderingen in deze data in relatie tot de timing van veranderingen in gemodelleerde gewasontwikkeling en transpiratiereductie. Wij hebben deze methode gekozen omdat de groenindex niet direct te vergelijken valt met biomassa, gewasgroei of oogstbaar product en omdat metingen van gewasopbrengsten niet beschikbaar zijn. Hierna gaan wij verder in op de verschillende genoemde analyses.

## Perceelschaal

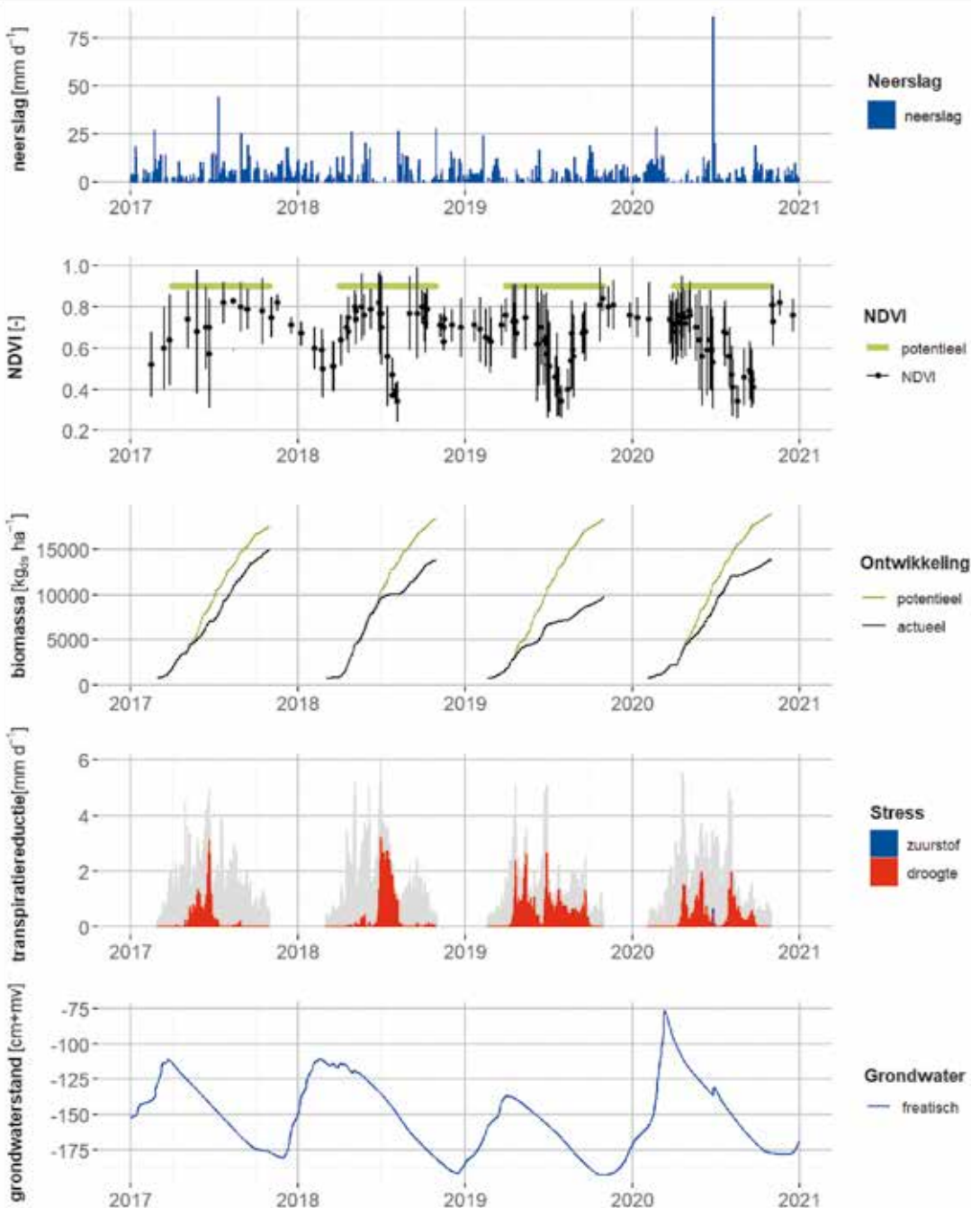
Om de resultaten op perceelschaal te illustreren, tonen we die voor een grasperceel met beregening en een grasperceel zonder beregening. Voor een uitgebreider beeld, met meer percelen gras en maïs verwijzen wij naar Mulder e.a. (2021).

Het eerste perceel Afbeelding 2 werd niet beregend en kent relatief diepe grondwaterstanden (Grondwatertrap VII). De groenindex-tijdserie (derde paneel van boven in Afbeelding 2) laat duidelijk ongunstige omstandigheden zien in de droge weerjaren van 2018, 2019 en 2020. De aanhoudende reductie van de groenindex vanaf juni 2018 en 2019 en juli 2020 komt goed overeen met de door WWL-regionaal gesimuleerde stagnatie in de gewasontwikkeling als gevolg van droogtestress. Dit is zichtbaar in het tweede en vierde paneel van boven in Afbeelding 2. In 2019 wordt de grootste reductie in het oogstbare product berekend. In dit jaar lijkt de grondwaterstand niet helemaal hersteld te zijn van de droogte ondervonden in 2018. Rond juni 2020 is het kortstondig natter. Gedurende deze periode is er een licht herstel zichtbaar in de groenindex en wordt er door het model ook geen transpiratiereductie als gevolg van droogtestress gesimuleerd.

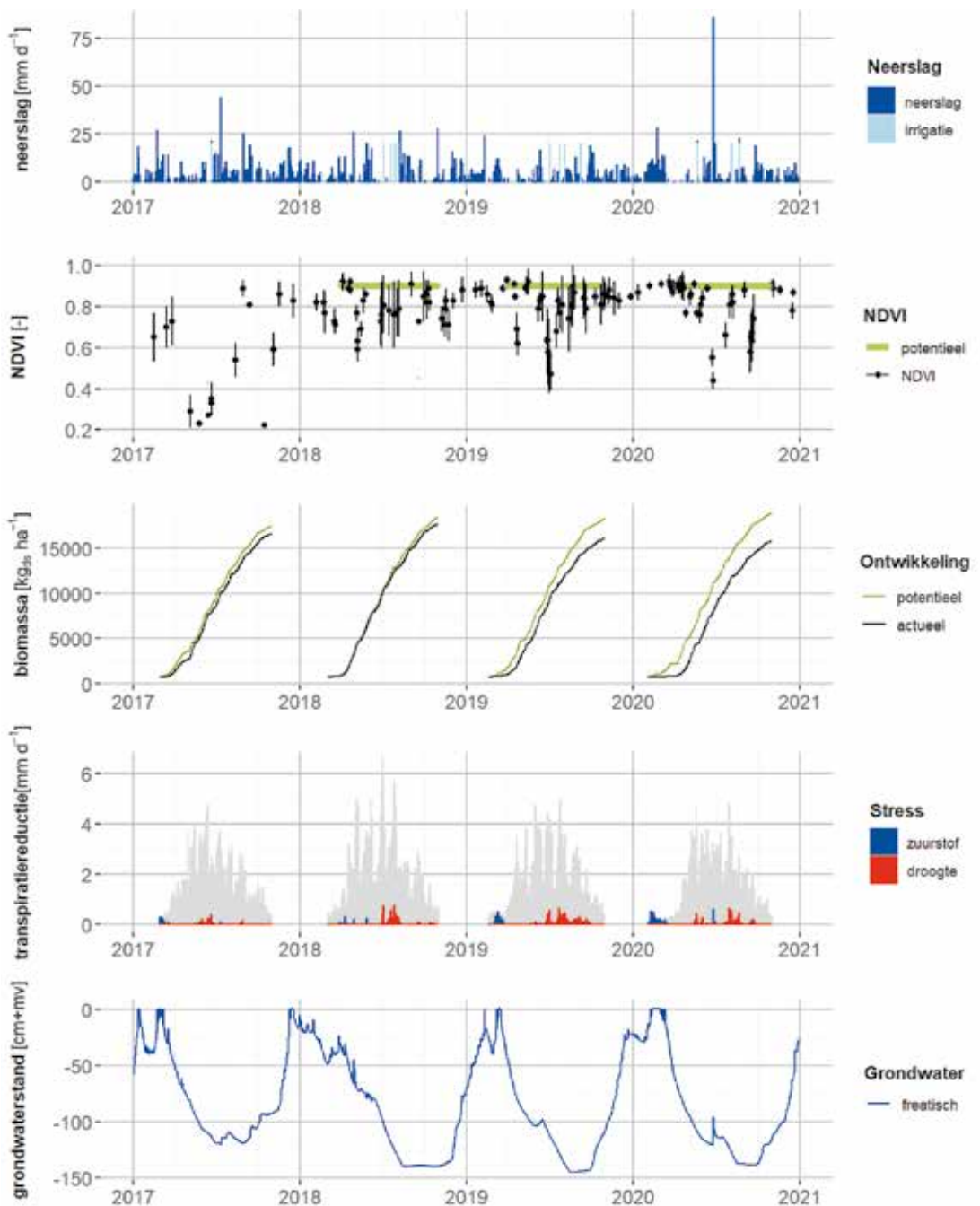
Een voorbeeld van een perceel waarvan wij veronderstellen dat er is beregend, is gegeven in Afbeelding 3. De hydrologische condities voor dit perceel zijn minder droog ten opzichte van het eerste perceel (Grondwatertrap V). In het model wordt enige mate van droogtestress toegestaan, voordat wordt beregend. Indien de transpiratiereductie over een dag meer dan 15% is, wordt er een beregeningsgift gesimuleerd van 20 mm. Na een beregeningsgift wordt er gedurende een periode van zeven dagen geen volgende beregening toegestaan.

Gedurende de zomer van 2018 is er geen sterke en aanhoudende reductie van de groenindex zichtbaar, hetgeen duidt op gunstige omstandigheden. Dit veronderstelt beregening, maar of er daadwerkelijk is beregend is niet bekend. De bodemvochtmetingen ter plaatse lieten geen grote fluctuaties zien bovenin het bodemprofiel (wat wel is te verwachten in geval van beregening), maar dat kan ook te maken hebben met de locatie van het meetpunt dat tussen twee percelen in ligt. In de zomer van 2019 en 2020 is er waarschijnlijk als gevolg van droogtestress een aanhoudende reductie van de groenindex zichtbaar. Er lijkt in deze periode geen sprake te zijn geweest van (voldoende) beregening in de praktijk. De onzekerheid rondom het al dan niet voorkomen van beregening is duidelijk een factor die validatieresultaten beïnvloedt.

Modelmatig wordt er in het voorjaar een reductie in het oogstbare product gesimuleerd, vooral in 2019 en 2020. Dit wordt veroorzaakt doordat in deze periode de met GRAM gesimuleerde grondwaterstanden tot aan het maaiveld staan, met veel zuurstofstress tot gevolg. Of de grondwaterstand in het voorjaar daadwerkelijk zo hoog komt is niet bekend.



**Afbeelding 2:** Informatie over geobserveerde neerslag (grafiek 1) plus informatie over de geobserveerde groenindex (grafiek 2; zwarte bolletjes geven de perceelgemiddelde NDVI-waarde weer en de foutenbalkjes geven twee keer de standaarddeviatie aan), de gesimuleerde reductie in oogstbaar product (grafiek 3) en de gesimuleerde transpiratiereductie (grafiek 4), en tenslotte informatie over het grondwaterverloop (grafiek 5; gesimuleerd met GRAM) voor een perceel zonder beregening (alle simulaties zijn uitgevoerd met SWAP-WO-FOST).

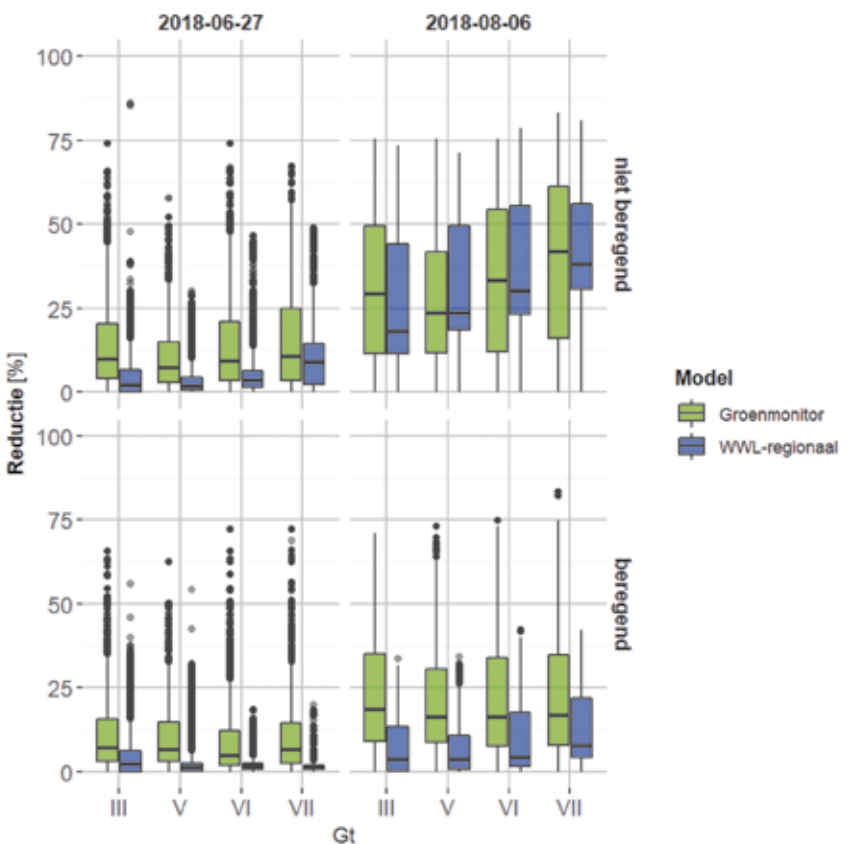


**Afbeelding 3:** Informatie over geobserveerde neerslag (grafiek 1) plus informatie over de geobserveerde groenindex (grafiek 2; zwarte bolletjes geven de percelgemiddelde NDVI-waarde weer en de foutenbalkjes geven twee keer de standaarddeviatie aan), de gesimuleerde reductie in oogstbaar product (grafiek 3) en de gesimuleerde transpiratiereductie (grafiek 4), en tenslotte informatie over het grondwaterverloop (grafiek 5; gesimuleerd met GRAM) voor een perceel met berekening (alle simulaties zijn uitgevoerd met SWAP-WO-FOST).

Als we kijken naar alle zestien percelen tezamen, dan zien we op perceelniveau dat het WWL-modelinstrumentarium gedurende de periode 2018 – 2019 goed in staat bleek om momenten waarop ongunstige omstandigheden optreden te simuleren (resultaten hier niet weergegeven; zie verder Mulder e.a. (2021)). De resultaten van de berekende transpiratiereductie en van de stagnatie in de ontwikkeling van het oogstbare product kwamen overeen met momenten waarop een aanhoudende reductie in de groenindex is waargenomen. Ook de momenten waarop door neerslag een herstel van de groenindex zichtbaar was kwamen overeen met herstel van de gewasgroei in de simulatieresultaten. Dit geeft aan dat WWL bruikbaar is om transpiratiereductie en de bijbehorende reductie van gewasgroei op het juiste moment in het groeiseizoen te simuleren voor de omstandigheden en bodemtypen van de geselecteerde percelen.

## Regionale schaal

Zoals we bij de validatie op perceelschaal zagen, zorgt de onzekerheid over waar in de praktijk is berekend ervoor dat de resultaten van het WWL-modelinstrumentarium en de Groenmonitor niet altijd overeenkomen. Dat geldt ook



**Afbeelding 4:** Spreiding in reductie weergegeven met boxplots (minimum, eerste kwartiel, median, derde kwartiel en maximum; Tukey, 1977), waarbij de resultaten zijn uitgesplitst naar niet en wel berekend (resp. bovenste helft van de afbeelding en onderste helft) en de hydrologische condities zijn beschreven via grondwatertrappen op de x-as.



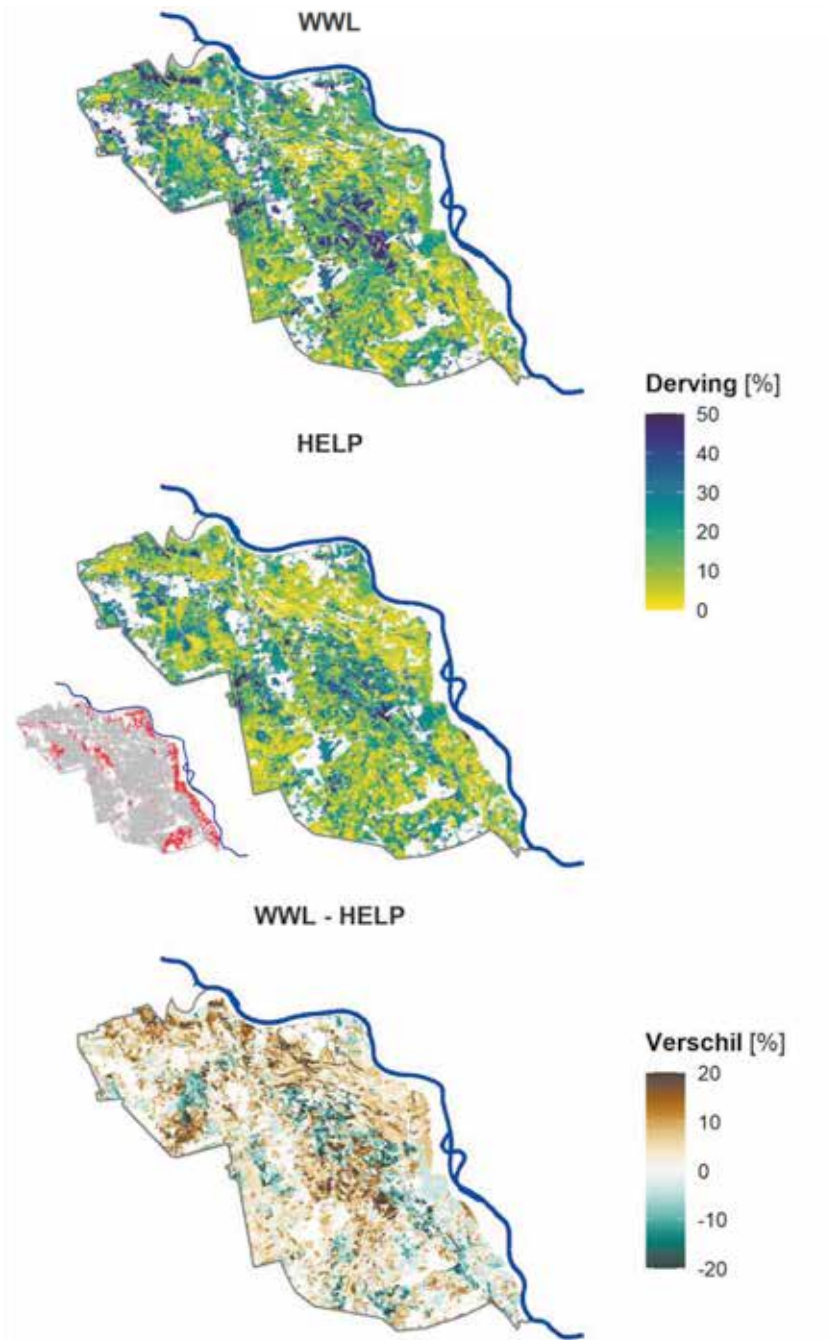
voor de regionale validatie die zich richt op de zomer van 2018. Na 17 mm neerslag op 8 juni van dat jaar viel er tot 9 augustus nauwelijks neerslag. Aan het begin en einde van deze droge periode zijn NDVI-beelden beschikbaar (op 27 juni en 6 augustus) waarover de reductie in groenindex is bepaald. De reductie in groenindex over deze periode vergelijken we met de gesimuleerde reductie in gewasontwikkeling.

Voor de locaties binnen de regio waarvan wordt aangenomen dat ze werden berekend, was de reductie in de groenindex op deze dagen groter dan de gesimuleerde droogtestress (onderste paneel van Afbeelding 4). Voor niet-beregende locaties kwam de gesimuleerde reductie in oogstbaar product als gevolg van droogtestress op 6 augustus, toen de droogte al wat langer had kunnen inwerken, goed overeen met de reductie van de groenindex (bovenste paneel rechts van Afbeelding 4). Daarom is de conclusie dat als de juiste hydrologische informatie bekend is het WWL-modelinstrumentarium in staat is om binnen de regio patronen van droogte te simuleren.

### Vergelijking WWL-tabel met HELP

De vergelijking met modelresultaten van de HELP-tabel hebben betrekking op een langjarig gemiddelde periode. De modelresultaten van de WWL-tabel zijn hierbij afgeleid voor de periode 1991 – 2020. Het is belangrijk te beseffen dat vanwege de vele verschillen in aanpak en uitgangspunten tussen beide methoden verschillen in modelresultaten zijn te verwachten. Zo hebben beide methoden hun eigen bodemschematisatie en is de relatie tussen hydrologische condities en gewasopbrengst bij de HELP gebaseerd op een andere periode (1956 – 1986). Deze relatie met betrekking tot droogteschade werd met het LA-MOS-model alleen voor het groeiseizoen gesimuleerd met tijdstappen van een decade. De natschade (combinatie van directe en indirecte effecten) is gebaseerd op expertkennis achteraf, en dus niet meegenomen tijdens de simulatie van het groeiseizoen. Met het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST wordt de opbrengstderiving gesimuleerd op basis van zowel te droge als te natte omstandigheden. De modelresultaten worden hierbij gegenereerd voor een langjarige periode. Uitwisseling tussen de hydrologische bodemcondities en de gewasontwikkeling vinden elke dag plaats.

Een ander belangrijk onderscheid is dat beide methoden werken met verschillende gewasgroeimodellen. Voor het afleiden van de HELP-tabel werd gerekend met een statisch gewasgroeimodel (jaarlijks dezelfde opgelegde gewasontwikkeling) waarbij alleen rekening is gehouden met droogteschade. Additioneel is daar op basis van expertkennis schade aan toegevoegd als gevolg van te natte omstandigheden. Bij een dynamisch gewasgroeimodel als WOFOST (waarbij de gewasontwikkeling wordt gesimuleerd) werkt dit anders. De opeenvolging van droogte- en zuurstofstress zullen elkaar beïnvloeden. Een nat voorjaar heeft bijvoorbeeld een nadelige invloed op de gewasontwikkeling. Als gevolg van een slechte gewasontwikkeling kan dit resulteren in een lagere watervraag. De bodem droogt daardoor minder uit waardoor het gewas later in het groeiseizoen minder droogteschade ondervindt. Het is daarmee de vraag of je de afzonderlijke schadetermen van WWL en HELP wel goed met elkaar kunt vergelijken.



**Afbeelding 5:** Gemiddelde opbrengstderving (%) bepaald over de periode 1991-2020 gesimuleerd met de WWL-tabel (boven; WWL-metarelaties 3.0.0) en de HELP-tabel (midden; de rode kleur in de afbeelding links geeft aan dat de hydrologische condities buiten het bereik van de HELP-tabel liggen; midden) en het verschil in de gemiddelde opbrengstderving (%-punten) in vergelijking met de HELP-tabel (onder), de roodbruine kleur geeft aan dat WWL een hogere opbrengstderving heeft dan de HELP (het verschil is hierbij afgekapt op 20%).

De langjarige gemiddelde opbrengstderving van zowel de WWL-tabel als de HELP-tabel, en het verschil tussen beide methoden, zijn weergegeven in Afbeelding 5. Zo op het eerste oog komen de patronen van beide modellen redelijk met elkaar overeen. In het midden van het gebied met hoge grondwaterstanden is relatief veel opbrengstderving te zien als gevolg van te natte omstandigheden. Op andere locaties waar de grondwaterstand diep uitzakt (langs de Raam en rondom bosgebieden) is er relatief veel opbrengstderving als gevolg van te droge omstandigheden.

Wel laat de vergelijking tussen WWL en HELP zien dat er lokaal grote verschillen voorkomen. Onder zeer droge omstandigheden in het gebied berekent de WWL-tabel meer droogtestress. De hydrologische condities zijn hier dermate droog dat ze buiten het bereik van de HELP-tabel liggen. En bij zeer natte omstandigheden berekent de WWL-tabel een hogere opbrengstderving in vergelijking met HELP als gevolg van voornamelijk zuurstofstress. Ook ter plaatse van bodemtypen met zeer zware klei in het profiel is de gesimuleerde opbrengstderving hoger, doordat er meer droogteschade door WWL wordt gesimuleerd. De simulatie van droogtestress op dit type gronden wordt nog onderzocht (zie ook waarschuwingen op de website van Waterwijzer Landbouw). Op zandgronden zijn de verschillen minder groot.

Het is zeer lastig, of zelfs onmogelijk, om een goede verklaring voor alle verschillen te vinden. Daarvoor dient men te kunnen beschikken over een vastgelegde werkwijze die oude modelresultaten van de HELP-tabel kan reproduceren. Helaas is in loop der tijd veel kennis verloren gegaan, evenals de destijds gebruikte simulatiemodellen zodat reproductie niet meer mogelijk is.

## Conclusies en aanbevelingen

De voornaamste bevinding van ons onderzoek is dat WWL zowel op perceel-niveau als op regionale schaal goed in staat blijkt te zijn om momenten waarop ongunstige omstandigheden optreden als gevolg van droogtestress en zuurstofstress te simuleren voor de bodem-Gt-combinaties die voorkomen in het stroomgebied van De Raam. De gesimuleerde transpiratiereductie en gesimuleerde stagnatie in de gewasontwikkeling komen overeen met momenten waarop een aanhoudende reductie in de groenindex is waargenomen.

Ruimte voor verbetering is er natuurlijk ook. Bij bodemeenheden met zeer zware klei in het profiel wordt de droogtestress door WWL overschat. Wel laat WWL zien dat, door de gekozen opzet van het instrumentarium, de problemen die worden ondervonden terug te herleiden zijn naar de bron (hetzij invoergegevens, hetzij de procesbeschrijving in het model). Alleen door verbeteringen door te voeren daar waar de problemen ontstaan, is het mogelijk om een juiste wisselwerking tussen bodem, water, plant en atmosfeer te simuleren. Een juiste simulatie van deze wisselwerking en juiste invoergegevens, beperkt zich niet alleen tot WWL, maar heeft ook betrekking op andere modeltoepassingen, zoals het NHI en afgeleiden daarvan, omdat die van dezelfde basisgegevens gebruik maken. In de komende periode werken we verder aan verbeteringen. Op dit moment richten we ons vooral op de simulatie van de wortelontwikkeling en de

gerelateerde wateropname. Met de nieuwe inzichten die hiermee worden verkregen zal WWL stapsgewijs worden verbeterd.

Het is voor gebruikers belangrijk om te weten hoe betrouwbaar en toepasbaar het instrumentarium is. Modelvalidatie is daarbij noodzakelijk. Voor een gedegen validatie op perceelniveau zijn gemeten opbrengstgegevens noodzakelijk waarbij alleen hydrologische omstandigheden beperkend zijn geweest, zoals van proefbedrijven met gecontroleerde omstandigheden (bekende hydrologische randvoorwaarden). Naast validatie op perceelniveau, blijft ook verdere validatie op regionale schaal een wens omdat immers WWL veelal op regionale schaal wordt toegepast. Het is wenselijk om daarvoor de groenindex (NDVI-data) te aggregeren naar BOFEK-Gt-combinaties en daarmee naar nationale schaal. In deze studie hebben we een beperkte validatie en vergelijking met HELP laten zien. Verdere validatie en analyses voor andere gebieden en andere weersomstandigheden zijn zeker nodig, maar deze studie toont aan dat WWL voor de bodem-Gt-combinaties die voorkomen in het stroomgebied van de Raam een toepasbaar instrument is, mits voorzichtigheid wordt geboden bij kleigronden. In de toekomst zullen stapsgewijze verbeteringen worden doorgevoerd. Mede dankzij input van gebruikers.

### Software beschikbaarheid en overige informatie:

Waterwijzer Landbouw software is gratis beschikbaar via <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>

### Dankwoord

De resultaten die in dit artikel zijn beschreven, komen voort uit een project dat is gefinancierd door STOWA en Waterschap Aa en Maas.

### Literatuur

- Boogaard, H.L., A.J.W. de Wit, J.A. te Roller en C.A. van Diepen** (2014) User's guide for the WOFOST Control Centre 2.1 and WOFOST 7.1.7 crop growth simulation model. Alterra, Wageningen University & Research Centre, Wageningen.
- Bouwmans, J. M. M.** (1990) Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel; Een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging: Technische Commissie Grondwater Beheer.
- Dam, J.C. van, Groenendijk, P., Hendriks, R.F.A. en Kroes, J.G.** (2008) Advances of Modeling Water Flow in Variably Saturated Soils with SWAP. Vadose Zone Journal, 7(2), 640-653.
- Kroes, J. G., van Dam, J. C., Bartholomeus, R. P., Groenendijk, P., Heinen, M., Hendriks, R. F. A. en van Walsum, P. E. V.** (2017) SWAP version 4; Theory description and user manual. (Report 2780), Wageningen Environmental Research, Wageningen, The Netherlands. Beschikbaar: <https://swap.wur.nl>.
- Hack-ten Broeke, M., J. Kroes, R. Hendriks, R. Bartholomeus, J. van Bakel en I. Hoving** (2013) Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen. STOWA, Amersfoort, STOWA rapport 2013-37.

- Heinen, M., Mulder, M., Walvoort, D.J.J., Bartholomeus, R., Stofberg, S.F. en Hack-ten Broeke, M.J.D.** (2017) Praktijktoets Waterwijzer Landbouw in pilotgebieden de Raam en Vecht. STOWA, Amersfoort, STOWA rapport 2017-44.
- Knotters., M. J. van Bakel, R. Bartholomeus, M. Hack-ten Broeke, R. Hendriks, G. Holshof, I. Hoving, J. Kroes, M. Mulder en D. Walvoort** (2017). Waterwijzer landbouw fase 3: naar een operationeel systeem voor gras en maïs. STOWA, Amersfoort, STOWA rapport 2017-07.
- Kroes, J. G., Bartholomeus, R., van Dam, J. C., Hack-ten Broeke, M.J. D., Supit, I., Hendriks, R. F. A., de Wit, A. J. W., van der Bolt, F. J. E., Walvoort, D. J. J. Hoving, I. E. en van Bakel, J.** (2015) Waterwijzer Landbouw, fase 2; Modelling van het bodem-water-plantsysteem met het gekoppelde instrumentarium SWAP-WOFOST. STOWA, Amersfoort, STOWA rapport 2015-16.
- Mulder, H.M. en A.A. Veldhuizen** (2017) AGRICOM 2.05. Theorie en gebruikershandleiding. Alterra-rapport 2576d.
- Mulder, H.M., Meijninger, W. en Hack-ten Broeke, M. J. D.** (2021) Validatie Waterwijzer Landbouw: Vergelijking modelresultaten Groenmonitor. STOWA, Amersfoort. STOWA rapport 2021-48.
- Tukey, J.W.** (1977) *Exploratory Data Analysis*. Addison-Wesley.
- Van Bakel, P. J. T., Huinink, J., Prak, H. en van der Bolt, F.** (2005) HELP-2005, Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waterlood-instrumentarium: STOWA, STOWA 2005-16.
- Bakel J. van en J. Heijkers** (2004) Is de HELP-tabel aan vervanging toe? H2O nr. 23-2004, pag. 8-10.
- Van Bakel, J. van en G. van den Eertwegh** (2011) Nieuwe mogelijkheden voor herziening van de HELP-tabel. H2O nr. 18-2011, pag. 31-33.
- Van Bakel, P. J. T., van der Waal, B. H. C., De Haan, M. H. A., Spruyt, J. en Evers, A.** (2007) HELP-2006: uitbreiding en actualisering van de HELP-2005 tabellen ten behoeve van het waterlood-instrumentarium: STOWA, STOWA 2007-13.
- Werkgroep HELP-tabel** (1987) De invloed van waterhuishouding op de landbouwkundige productie. Rapport van de werkgroep HELP-tabel. Utrecht, Mededelingen Landinrichtingsdienst 176.
- Werkgroep Waterwijzer Landbouw** (2018) Waterwijzer Landbouw instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. STOWA, Amersfoort, STOWA rapport 2018-48.
- Wit, A.de, Boogaard, H., Fumagalli, D., Janssen, S., Knapen, R., Kraalingen, D. van, Supit, I., Wijngaart, R. van der en Kees van Diepen** (2019) 25 Years of the WOFOST Cropping Systems Model. *Agricultural Systems* 168: 154-67.

## Summary Validation Waterwijzer Agriculture with Green monitor and comparison with HELP

*In 2018 the Watervision Agricultural instrument ("Waterwijzer Landbouw") was launched as the successor of older instruments, like the HELP-methodology. This instrument is used to compute the effect of hydrological changes on agricultural production. To model users it is important to know how accurate and appropriate an instrument is. Therefore, we validated Watervision Agriculture with data at both agricultural field scale and regional scale, with data from*

*the Raam watershed in northeast Noord-Brabant. Our main conclusion is that Watervision Agriculture is well able to simulate both agricultural drought and water (oxygen) stress for crops on combinations of soil types and groundwater dynamics found in the Raam watershed. We also found room for improvement. Due to the Watervision Agriculture model structure, issues found have their origin in either model input or process conceptualizations.*

## **Auteurs**

MARTIN MULDER

Stichting Wageningen Research, Wageningen Environmental Research  
martin2.mulder@wur.nl

WOUTER MEIJNINGER

Stichting Wageningen Research, Wageningen Environmental Research  
wouter.meijninger@wur.nl

JOOST IWEMA

Stichting Wageningen Research, Wageningen Environmental Research  
joost.iwema@wur.nl

MIRJAM HACK-TEN BROEKE

Stichting Wageningen Research, Wageningen Environmental Research  
mirjam.hack@wur.nl