



Review van het WWL-instrumentarium (WWL-tabel 2.0.0 en maatwerk toepassingen), landsdekkende vergelijking WWL met HELP en beoordeling van de geschiktheid voor praktijktoepassingen

Een studie uitgevoerd in opdracht van Droogteschade B.V.



Wageningen/Houten, November 2021

P.J. T. van Bakel (De Bakelse Stroom)

J.C. Hoogewoud (Advies in Water)

Inhoudsopgave

1	Inleiding	5
1.1	Aanleiding	5
1.2	Probleem- en doelstelling	6
1.3	Leeswijzer	7
2	Enige achtergronden	9
3	Review Stowa-rapport	13
4	Resultaten landsdekkende vergelijking WWL-tabel met HELP	27
4.1	Materiaal en methoden	27
4.1.1	Inleiding	27
4.1.2	Methode	27
4.2	Resultaten scenario 'huidige situatie'	32
4.2.1	Inleiding	32
4.2.2	De verschillen landsdekkend in beeld	33
4.2.3	Resultaten per BOFEK-eenheid	35
4.3	Resultaten scenario 'winningen uit'	45
4.3.1	Inleiding	45
4.3.2	Werkwijze	45
4.3.3	Resultaten	45
4.4	Analyse van de resultaten	47
4.4.1	Beoordelingskader	47
4.4.2	Bevindingen en beoordeling plausibiliteit scenario 'huidige situatie'	49
4.4.3	Bevindingen en beoordeling plausibiliteit effecten van grondwateronttrekkingen	52
4.5	Effect op schadeberekening	55
5	Conclusies, aanbevelingen en discussie	57
5.1	Conclusies	57

5.2	Aanbevelingen.....	59
5.3	Discussie	60
Bijlage 1: Korte beschrijvingen van de HELP- en de WWL-tabel en van de noodzaak voor actualisatie van de HELP-tabel		61
B1.1	Korte beschrijving van de HELP-tabel.....	61
B1.2	Waarom actualisatie van de HELP-tabel?	62
B1.3	Korte beschrijving van de WWL-tabel.....	63

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De HELP-tabel en de TCGB-tabel zijn de geijkte methoden om bij een gegeven grondwaterstandsverloop en bodemtype de opbrengstdepressies door vochttekort en wateroverlast (droogteschade en natschade) te berekenen. De HELP-tabel is toepasbaar in landelijke en regionale studies; de TCGB-tabel is speciaal ontwikkeld voor de bepaling van de droogte- en natschade door grondwateronttrekkingen op perceelniveau (schadevlakken) en geeft alleen voor gras op zandgronden de genoemde opbrengstdepressies.

Om verschillende redenen zijn de HELP- en TCGB-tabel aan vervanging toe. Hiervoor is een nieuwe methode ontwikkeld, de WaterWijzer Landbouw (WWL), waarmee de opbrengstdepressies voor vochttekort, zout in de wortelzone en wateroverlast (te vertalen naar droogteschade, zoutschade en natschade) kunnen worden berekend. De huidige versie van de 'tabel' waarmee de droogte- en natschade kunnen worden bepaald als functie van de grondwaterstand zal hier worden aangeduid als WWL-tabel (of kortweg WWL). Het is de bedoeling dat deze WWL-tabel of herzieningen daarvan de HELP- en TCGB-tabel, op termijn, gaat vervangen.

WWL bestaat uit een aantal verschillende producten met hun eigen software en versienummer. In deze studie hebben we gebruik gemaakt van WWL-tabel softwareversie 4.0.1 die draait met Database 2.0.0 met de onderliggende metarelaties. We zullen hiernaar refereren als WWL 2.0.0, soms met specifiek de toevoeging "tabel" om onderscheid te maken met de andere WWL-producten.

Uit een vorige analyse¹ is gebleken dat rekenresultaten van de eerste voor praktijktoepassingen vrijgegeven WWL-tabel 1.1.0 (softwareversie 3.0.2), voor wat betreft de droogte- en natschade, sterk kunnen afwijken van de resultaten van de HELP-tabel resp. de TCGB-tabel,

¹ Van Bakel, P.J.T en J.C. Hoogewoud, 2020. Landsdekkende vergelijking HELP-methode met WaterWijzer Landbouw (WWL) voor de berekende droogte- en natschade van grasland. In opdracht van DNL.

² Mulder, M., P. Dik, M. Heinen, R. Bartolomeus, J. van Dam en M. Hack-ten Broeke, 2021. Opties binnen WaterWijzer Landbouw in 2020. Van WWL-tabel versie 2.0.0 tot maatwerk met WWL-regionaal. Stowa-rapport 2021-03.

zonder dat daarvoor een onderbouwing is gegeven. Daarbij zijn de resultaten zijn vanuit het oogpunt van algemeen aanvaarde agrohydrologische kennis als niet-plausibel aangemerkt. Daarom is de conclusie getrokken dat de WWL-tabel 3.0.2 ongeschikt is voor praktisch gebruik. De uitkomsten van WWL 1.1.0 voor sommige bodemtypes zijn door het ontwikkelteam als “onverwacht” bestempeld en er zijn herstelacties ondernomen c.q. aangekondigd. Dit heeft geresulteerd in een nieuwe versie: WWL 2.0.0. Deze is in juli 2020 vrijgegeven.

Begin 2021 is het Stowa-rapport 2021-03 uitgebracht met als titel ‘Opties binnen Waterwijzer Landbouw in 2020. Van WWL-tabel versie 2.0.0 tot maatwerk met WWL-regionaal’ (hierna Stowa-rapport)².

Het Stowa-rapport is mede gebaseerd op werkzaamheden binnen de projecten Beheer & Onderhoud Waterwijzer Landbouw en het Lumbricus-project Maatwerktoepassingen Waterwijzer Landbouw en beschrijft, naast de wijzingen in methodes om te komen tot de tabel en in sommige invoerdata, ook ervaringen met toepassing van de WWL-tabel en maatwerktoepassingen, zowel op puntniveau als regionaal. De herziene tabel is hierin gepresenteerd als een duidelijke verbetering, met name voor zandgronden

De centrale vraag die in dit rapport aan de orde is: **is de WWL-tabel met Database 2.0.0 geschikt voor praktijktoepassingen?** Specifiek voor DNL is de vraag relevant of de WWL-tabel versie 2.0.0 geschikt is of als basis kan dienen om de effecten van grondwaterwinningen op de verandering in opbrengstdepressie door vochttekort en wateroverlast te bepalen, als vervanger van de TCGB-tabel c.q. de HELP-tabel.

Om deze vraag te beantwoorden is een analyse uitgevoerd bestaande uit 2 onderdelen:

1. Review van het Stowa-rapport en de presentaties op de 3e Gebruikersdag Waterwijzer Landbouw (<https://www.stowa.nl/agenda/derde-gebruikersdag-waterwijzer-landbouw>).
2. Landsdekkende vergelijking WWL 2.0.0 met HELP (te beschouwen als een update van de landsdekkende vergelijking tussen de vorige versie van de WWL-tabel en HELP).

1.2 Probleem- en doelstelling

Momenteel wordt voor bepaling van de landbouwschade door grondwateronttrekkingen voor waterwinning en industrie gebruik gemaakt van de TCGB-tabel. Het probleem is dat onvolgende bekend is welke veranderingen in droogte- en natschade zullen optreden bij vervanging van de HELP-tabel c.q. de TCGB-tabel door de WWL-tabel en wat de verklaring is voor die veranderingen. Doel van deze notitie is aan te geven of de WWL-tabel 2.0.0 geschikt is

voor praktijktoepassingen en wat de consequenties kunnen zijn voor de bepaling van de opbrengstdepressies door vochttekort en wateroverlast (en dus ook voor de bepaling van de veranderingen daarin als gevolg van grondwateronttrekkingen) als de HELP- c.q. de TCGB-tabel vervangen wordt door WWL-tabel 2.o.o.

1.3 Leeswijzer

H2 gaat dieper in op de achtergronden van de verschillende methodes om, gegeven een bodemtype en grondwaterstand(sverloop), een gewasschade te kunnen berekenen.

De review van het Stowa-rapport wordt beschreven in H3.

H4 gaat in de op de methode die is gebruikt om de probleemstelling te onderzoeken waarbij berekeningen met LHM en de daarvan afgeleide GHG en GLG per rastercel van 250 m als input zijn gebruikt voor HELP resp. WWL. Met LHM zijn de grondwaterstanden bij het huidige landgebruik berekend, voor de actuele situatie inclusief alle grondwateronttrekkingen door drinkwaterbedrijven en de situatie waarin de grondwaterwinningen van drinkwaterbedrijven modelmatig zijn uitgezet.

Op basis van de resultaten en analyse worden een H5 conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan, afgesloten met een discussie over hoe nu verder.

2 Enige achtergronden

Landbouwgewassen nemen voor hun verdamping met hun wortels water op uit de bodem. Voor een optimale groei mag de verdamping niet worden gereduceerd door een vochttekort in de bodem. De **niet** door vochttekorten in de bodem gereduceerde verdamping noemen we potentiële verdamping. Gemiddeld genomen is in Nederland gedurende het groeiseizoen (zomerhalfjaar: 1 april - 30 september) de potentiële verdamping hoger dan de neerslag. Maar ook binnen het groeiseizoen zijn er altijd wel perioden dat de verdamping de neerslag overtreft. We noemen dat een verdampingsoverschot. Een mogelijk verdampingsoverschot wordt aangevuld door in te teren op de vochtvoorraad in de wortelzone en/of door aanvoer van water vanuit de ondergrond, via capillaire opstijging. Maar ook kan via beregening of bevoeijing water naar de wortelzone worden toegevoerd.

Grasland is de meest voorkomende vorm van landbouwkundig grondgebruik in Nederland. Op niet-beregend grasland is gemiddeld over veel jaren de potentiële verdamping van het zomerhalfjaar 100 mm hoger dan de neerslag; in droge groeiseizoenen (gekaracteriseerd als bijv. een 10% droogteklassejaar) kan het tekort oplopen tot 300 mm; in natte groeiseizoenen (gekaracteriseerd als bijv. een 90% droogteklassejaar) is er geen verdampingstekort. De bodem kan gedurende het groeiseizoen tussen de 50 mm (bijv. zandgrond met diepe grondwaterstand) en 300 mm (bijv. opdrachtige zavelgrond) vocht leveren. Dit zogenaamde vochtleverend vermogen is afhankelijk van de grondwaterstand: hoe dieper die is, hoe groter de afstand tussen onderkant wortelzone en grondwaterstand, en hoe geringer de capillaire opstijgingsmogelijkheden. Maar ook de capillaire eigenschappen van de ondergrond zijn bepalend voor de opstijgingsmogelijkheden. Zeker voor grasland met een relatief dunne wortelzone (omdat blijvend grasland ondiep wortelt) geldt dat de meeste gronden niet in staat zijn voldoende vocht te leveren, met als gevolg reductie van de verdamping. Dit noemen we actuele verdamping. Als de actuele verdamping geringer is dan de potentiële verdamping treedt droogteschade op waar door de grasopbrengst wordt gereduceerd. Omdat de actuele verdamping afhangt van het vochtleverend vermogen van de grond -die op zijn beurt mede afhangt van de capillaire opstijgingsmogelijkheden- is er een verband tussen de grondwaterstand(sdiepte) en de actuele verdamping c.q. gewasopbrengst. In het algemeen geldt: hoe ondieper de grondwaterstand hoe minder kans op reductie van de verdamping door een vochttekort.

Maar een ondiepe grondwaterstand kan tot gevolg hebben dat de wateropname van de wortels wordt gereduceerd door een tekort aan zuurstof. Maar ook dat de grasmat niet meer kan worden betreden of bereden of dat er niet kan worden (her)ingezaaid. Er treedt dan natschade op. Hierbij geldt het omgekeerde verband: hoe ondieper de grondwaterstand hoe groter de

kans op natschade. De 'kunst' van het boeren is een optimum te vinden tussen droogteschade en natschade.

De grondwaterstand hangt af van de diepte en intensiteit van lokale en regionale ontwateringsmiddelen en van grondwateronttrekkingen uit dit regionaal systeem en varieert onder invloed van neerslag en verdamping normaliter van hoog (ondiep) tijdens of aan het eind van het winterhalfjaar (1 oktober - 31 maart) tot laag (diep) aan het eind van de zomerhalfjaar. Dit verloop kan worden gekarakteriseerd met de zogenaamde GHG en GLG. De GHG en GLG worden ook gebruikt om de grondwatertrappen te definiëren. Voor nadere uitleg zie bijlage 1.

Uit het voorgaande moge duidelijk zijn dat zowel de droogte- als de natschade van niet-beregend grasland afhangen van het grondwaterstandsverloop c.q. de GHG en GLG.

In het verleden zijn veldproeven gedaan en zijn er per gewas/bodemcombinatie ervoor verschillende droogteklassejaren berekeningen uitgevoerd waarbij per grondwatertrap de nat- en droogteschade is vastgesteld. Het meest bekende voorbeeld is de daaruit voortgekomen HELP-tabel.² Voor grasland op zandgrond is ten behoeve van de bepaling van de landbouwkundige schade door grondwaterwinning de zogenaamde TCGB-tabel opgesteld die per - met behulp van een detailkartering vast te stellen - TCGB-bodemeenheid de droogteschade geeft voor 11 droogteklassejaren waaruit de langjarig gemiddelde droogteschade kan worden berekend³. Bij de onderliggende berekeningen is voor de bepaling van de droogteschade hetzelfde model gebruikt als bij de HELP-tabel zodat de TCGB-tabel kan worden beschouwd als een verbijzondering van de HELP-tabel. De natschade in de TCGB-tabel is gebaseerd op empirische relaties.

De HELP-tabel is enige jaren geleden omgezet in een semi-continue tabel waardoor deze tabel is opgenomen in het Waternoodinstrumentarium⁴. Deze tabel wordt algemeen toegepast

² Werkgroep HELP-tabel, 1987. De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie. Mededelingen Landinrichtingsdienst 176.

³ Bouwmans, J.M.M., 1990. Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel.

⁴ Van Bakel, P.J.T., B. van der Waal, M. de Haan, J. Spruyt en A. Evers, 2007. HELP-2006. Uitbreiding en actualisering van de HELP-2005-tabellen ten behoeve van het Waternood-instrumentarium. Stowa-rapport 2007-13.

bij projecten waarbij in beeld moet worden gebracht hoe de doelrealisatie van de landbouw door waterhuishoudkundige maatregelen verandert.

Er zijn veel argumenten te noemen waarom de HELP-tabel (en daarmee ook de TCGB-tabel) aan actualisatie toe is. Zie de betreffende publicaties van o.a. Van Bakel en Heijkers⁵ en Van Bakel en Van den Eertwegh⁶. Zie ook bijlage 1 voor een nadere toelichting.

Er is daarom besloten de HELP-tabel te actualiseren. Onder auspiciën van STOWA is door een werkgroep met medewerkers van WENR, WLR, WPR, WU (allen onderdeel van Wageningen-UR), KWR en De Bakelse Stroom gewerkt aan de actualisatie. Met als resultaat de (huidige versie van de) WWL-tabel c.q. WWL-applicaties waarmee voor diverse vormen van grondgebruik per zogenoemde BOFEK-eenheid⁷ de directe en indirecte nat- en droogteschade kan worden bepaald als functie van de GHG en GLG. Voor meer informatie over WWL zie de website <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/>. Daarin is ook een doorverwijzing opgenomen naar het STOWA-rapport 2018-48: **'Waterwijzer landbouw: Instrumentarium voor kwantificering van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie'** van de Werkgroep Waterwijzer Landbouw.

⁵ Van Bakel, J. en J. Heijkers, 2004. Is de HELP-tabel aan vervanging toe? H₂O #37: 8-10.

⁶ Van Bakel, P.J.T. en G.A.P.H. van den Eertwegh, 2001. Nieuwe mogelijkheden voor vervanging van de HELP-tabel. H₂O 18: 31-33.

⁷ Wösten, H. et al., 2013. BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra-rapport 2387.

3 Review Stowa-rapport

In dit hoofdstuk wordt een review gegeven van het Stowa-rapport 2021-03. De leeswijzer is als volgt. Voor zover relevant wordt per paragraaf begonnen met het betreffende tekstdeel als uitsnede in een kader weer te geven, gevolgd door het commentaar.

Blz.2:

gebruikersmiddagen in 2019 en 2020. Na de oplevering in 2018 van de eerste versies van de WWL-metarelaties (versie 1.0.0 en 1.1.0) werden verschillende problemen geconstateerd, waaronder:

- Te weinig droogtestress op voornamelijk zandgronden onder droge omstandigheden;
- Te veel droogtestress bij bodemeenheden met (zeer) zware klei in het bodemprofiel onder natte omstandigheden;
- Onvoldoende fluctuatie van grondwaterstanden als gevolg van de gehanteerde onderrandvoorwaarde voor het model;
- Te weinig berekening als gevolg van het gehanteerde berekeningscriterium.

Dit bevestigt onze analyse van de eerdere versies van WWL en onze conclusie dat deze versies niet geschikt waren voor praktische toepassingen.

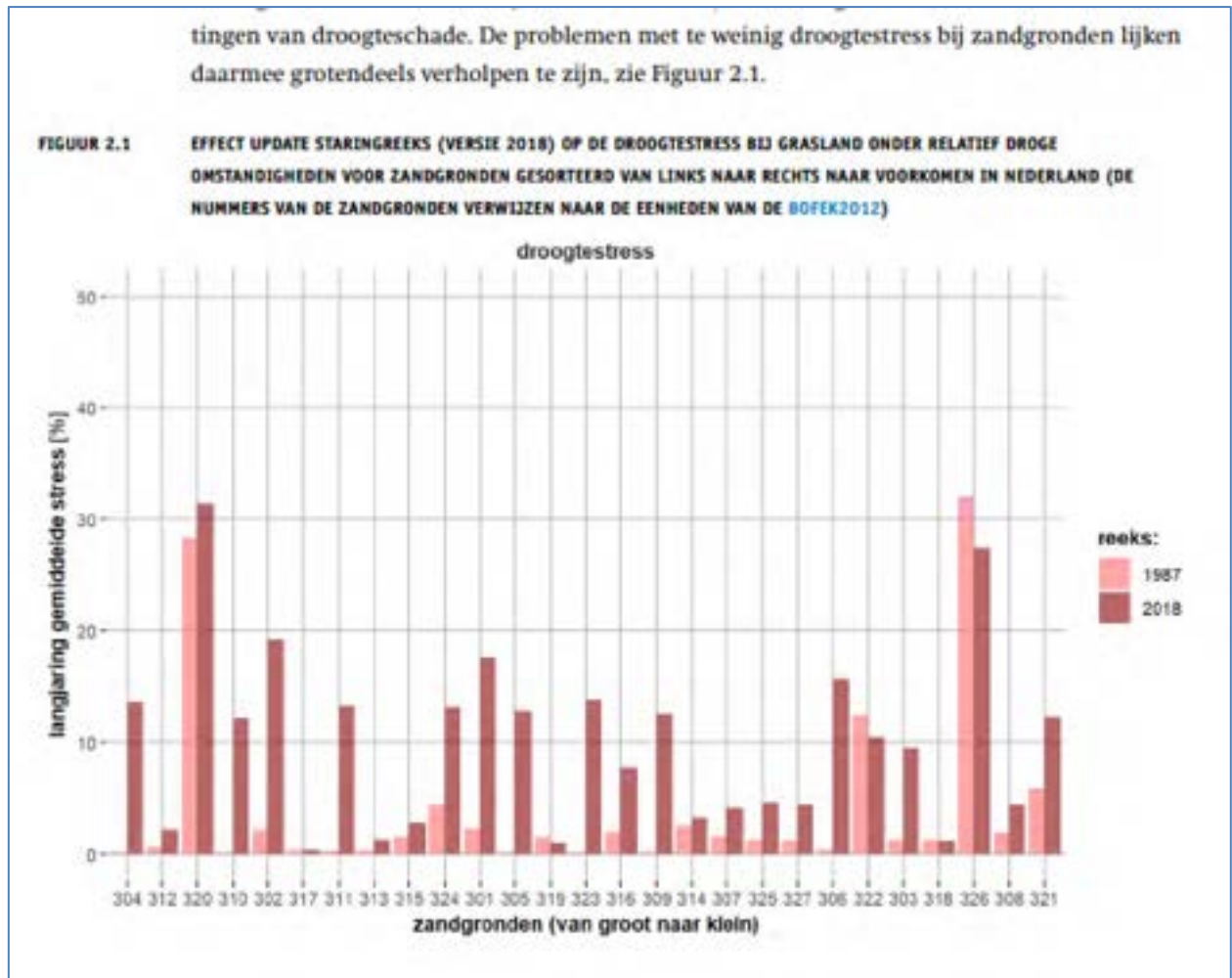
Blz 3:

Het mag duidelijk zijn dat niet alle problemen die worden ondervonden bij het toepassen van Waterwijzer Landbouw in één keer kunnen worden opgelost. Wel laat Waterwijzer Landbouw 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 Waterwijzer Landbouw maar heeft juist ook betrekking op andere modeltoepassingen zoals het NHI en afgeleiden daarvan, omdat die van dezelfde basisgegevens gebruik maken.

Wij delen deze analyse. Het roept wel de voor de praktijk relevante vraag op wanneer de problemen in voldoende mate opgelost om geschikt te zijn voor praktijktoepassing en de HELP c.q. TCGB-tabel te vervangen? Deze vraag kan alleen worden beantwoord als ook de

gebruikers inzicht hebben in de ernst van de problemen. Wij verwijzen naar de volgende figuur uit het Stowa rapport:

Blz. 5:



Niet duidelijk is waarop de uitspraak dat de problemen met de droogtestress bij zandgronden nu verholpen zijn, is gebaseerd. Er zijn nog steeds zandgronden met vrijwel geen droogtestress en bij sommige eenheden neemt de droogtestress juist af ten opzichte van de vorige versie. Ons inziens kan alleen een vergelijking met proefveldgegevens of andere velddata leiden tot het oordeel, dat de problemen van te weinig droogtestress bij zandgronden goeddeels zouden zijn verholpen.

Blz.6:

Voor de nieuwe WWL-metarelaties is dus gebruik gemaakt van de nieuwe Staringreeks gekoppeld aan de BOFEK2012. In 2020 zal in het kader van het investeringsplan voor het NHI een nieuwe geactualiseerde BOFEK2020 worden afgeleid op basis van zowel de nieuwe Staringreeks als de geactualiseerde bodemkaart. In de toekomst zal ook Waterwijzer Landbouw van die verbeterde BOFEK2020 gebruik gaan maken. Voor de metarelaties 2.0.0 is dat dus nog niet het geval.

Was het dus niet beter geweest hier op te wachten en WWL 2.0.0 niet vrij te geven voor praktijktoepassingen?

Blz. 8:

In de figuur is een aantal clusters van simulaties te zien. Clustering van simulaties zijn eigenlijk niet gewenst omdat het onnodige herhalingen zijn, terwijl we liever het hele domein bestrijken. Ondanks dat de simulaties vergelijkbare grondwaterstands-karakteristieken hebben, kan de opbrengstderving in deze clusters behoorlijk verschillen. Dit wordt veroorzaakt doordat er een mix is van verschillende hydrologische systemen (snel versus langzaam reagerend, met of zonder buisdrainage). Bij het afleiden van metarelaties leidt dit tot ongewenste effecten. Maken we bijvoorbeeld een doorsnede in het GHG-GLG domein voor droogtestress dan verwachten we een monotoon stijgende derving naarmate het droger wordt. Op basis van deze simulaties is dat niet het geval. Hieruit kan geconcludeerd worden dat het voorspellende vermogen tot het inschatting van de opbrengstderving op basis van alleen de grondwaterstandskarakteristieken lastig is. Informatie over bijvoorbeeld het hydrologische systeem toevoegen bij het afleiden van de metarelaties kan, maar vergt ook meer informatie bij het bevragen van de metarelatie. Omdat we nu metarelaties afleiden die worden aangestuurd met grondwaterstandskarakteristieken moeten we bepaalde eisen stellen aan de aansturing van het modelinstrumentarium. In dit geval hebben we gekozen voor een geleidelijk verloop in randvoorwaarden.

Wij zijn het eens de analyse van het probleem, maar niet met de keuze die wordt gemaakt om ermee om te gaan. Zie voor motivering de opmerkingen bij de volgende passage. Waarom is

het GHG/GLG-domein niet "gladgestreken" zoals is gedaan bijHELP-2005⁸? En als de clusters verschillend reageren, dan zou daar rekening mee moeten worden gehouden, bijvoorbeeld door clustering in een beperkt aantal zogenoemde hydroclusters.⁹

Voor het instellen van de randvoorwaarden is gekeken naar eerder uitgevoerde landelijke studies zoals STONE (Kroes et al., 2001) en Hydrologie op basis van Karteerbare Kenmerken (van der Gaast et al., 2007)⁶. Voor het afleiden van nieuwe WWL-metarelaties maken we onderscheid in 3 drainagesystemen: primair, secundair en maaiveld drainage. Onder natte omstandigheden gaan we uit van relatief korte slootafstanden (240 m voor primair; en 30 m voor secundair). De drooglegging is dan gering (15 cm in de zomer en 17 cm in de winter) en er is een constante kwelflux van 1.5 mm d-1. Onder droge omstandigheden gaan we uit van juist grote slootafstanden (4000 m voor primair; 1000 m voor secundair) met dus een grote drooglegging (1.4 m in de zomer en 1.7 m in de winter) en een constante wegzijging van 0.8 mm d-1. De drainage- en infiltratie weerstanden zijn bepaald als functie van de slootafstanden (0.25, 0.5, 1.0 en 2.0 maal de slootafstand). Voor elke combinatie van landgebruik, bodemtype en meteorologische condities leidt dit tot 50 simulaties, zie Figuur 2.3.

Hierbij plaatsen wij de volgende vragen/opmerkingen:

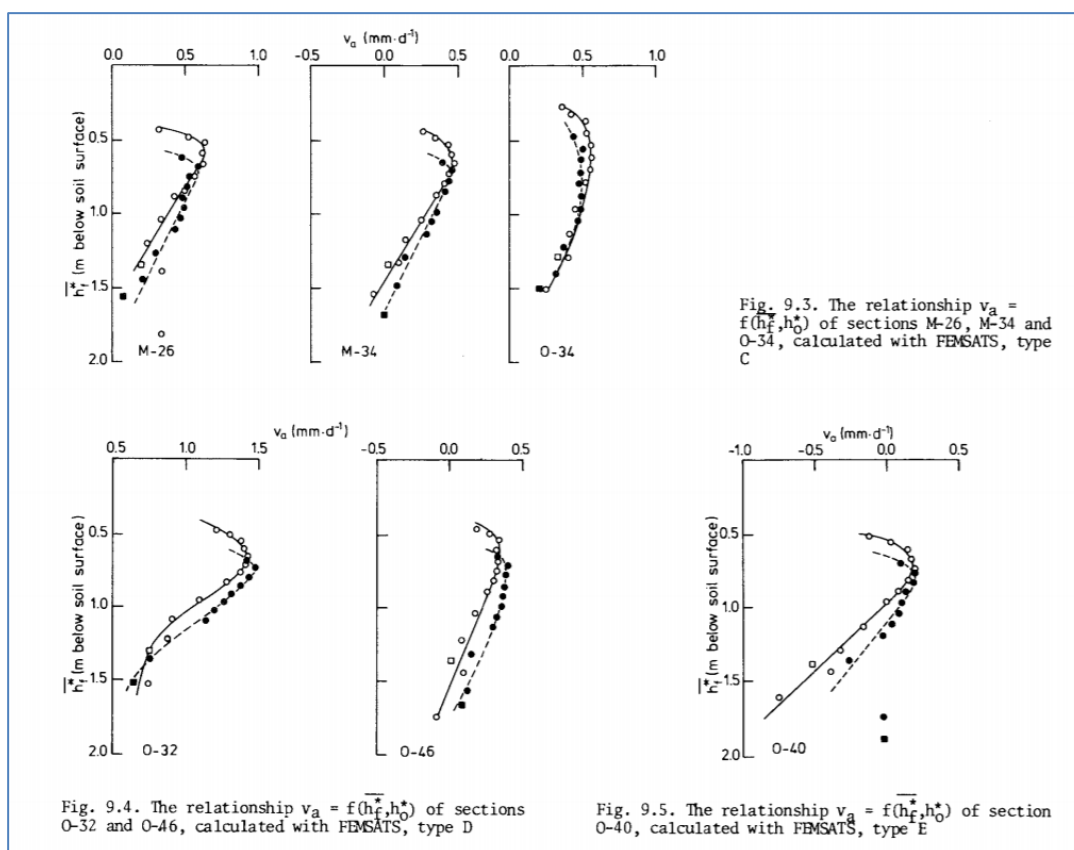
1. De manier van schematisatie uit STONE is hier geweld aangedaan. Bijvoorbeeld de drooglegging is voor kleigronden anders dan voor zandgronden bij dezelfde slootafstand omdat drainage bij kleigronden het overheersende ontwateringsmiddel is.
2. Waar is de buisdrainage als belangrijkste ontwateringsmiddel op minimaal 500.000 ha?
3. Wat zijn natte omstandigheden? Drooglegging van 15 cm in de zomer komt niet voor in de landbouw en zeker niet bij een kwel van 1,5 mm/d. Door deze landbouwkundig onmogelijke situatie te simuleren wordt ook de hydrologische situatie waar wel landbouwkundig realistisch wordt gemodelleerd beïnvloed.
4. De relatie tussen kwel/wegzijging en natheid is zeker niet eenduidig en is door alle ingrepen juist verstoord. Bijvoorbeeld: een van oorsprong natte zandgrond heeft een

⁸Bakel, P.J.T. van, J. Huinink, H. Prak en F. van der Bolt, 2005. HELP-2005. Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waterlood-instrumentarium. Stowa/DLG/Alterra/LNV. Stowa-rapport 205-16.

⁹ Os, E.A. van, I.G.A.M. Noij, P.J. van Bakel, W. de Winter & F.J. van der Bolt, 2009. Kennissysteem voor het bepalen van effecten van brongerichte en hydrologische maatregelen op de uitspoeling van N en P naar grond- en oppervlaktewater. Bijdrage maatregelen WB21 aan de realisatie van de KRW. Alterra-rapport 1863.

kwel van zeg 1,0 mm/d. Door aanleg van buisdrainage wordt de GHG 50 cm verlaagd. Maar daardoor neemt de kwel juist toe i.p.v. af.

5. Kwel of wegzijging is zeker niet constant in de tijd. Zeker in zandgebieden is de regionale stroming (als motor voor de kwel of wegzijging) het sterkst aan het eind van de winter en neemt af als de grondwaterstanden op droge gronden in de loop van het groeiseizoen harder dalen dan op natte gronden. In de STONE-aanpak is daarom een kwelelasticiteit geïntroduceerd: de verandering van de kwel of wegzijging per verandering van de grondwaterstand¹⁰. Dit is overigens al eerder toegepast¹¹. Onderstaande figuur geeft per peilvak de kwel of wegzijging (v_a), als functie van de peilvakgemiddelde grondwaterstand, berekend met een stationair regionaal model.



Figuur 1: Relatie tussen kwel of wegzijging en grondwaterstand (uitsnede uit Van Bakel, 1986).

¹⁰ Massop, H.Th.L., T. Kroon, P.J.T. van Bakel, W.J. de Lange, A. van der Giessen, M.J.H. Pastoors en J. Huygen, 2000. Hydrologie voor Stone. Schematisatie en parameterisatie. Alterra rapport 038, ISSN 1566-919. Reeks milieuplanbureau 9.

¹¹ Van Bakel, P.J.T., 1986. Planning, design and operation of regional surface water systems. A case study. Thesis.

6. Hoe is omgegaan met wateraanvoer?
7. Worden er ook schijngrondwaterstanden gesimuleerd en hoe komen die terecht in de GHG?
8. Een drooglegging van 1,7 m in de winter? Zo diep zijn de sloten niet eens. Laat staan dat er bij afvoer opstuwing optreedt.
9. Niet duidelijk is of het niet-monotoon zijn (de 'hobbels' en 'kuilen') van de opbrengst-derving in het GHG/GLG-vlak nu niet meer optreedt.

Je kunt Nederland niet over één kam scheren, ontwateringstechnisch gezien. Een op 1,20 m diepte gedraineerde kleigrond zonder kwel of wegzijging kan net zo goed een gt VI hebben als een zandgrond die wat hoger in het landschap ligt, geen buisdrainage heeft, sloten op 300 m afstand heeft en met een wegzijging van 0,3 mm/d. Maar het grondwaterstandsverloop is totaal anders. Dus waarom niet uitgaan van metarelaties per hydrotipe c.q. BOFEK-eenheid zoals meerdere malen bepleit? Want hoe weten we dat het voorspellend vermogen van alleen de grondwaterstandskarakteristieken nu niet meer lastig is?

Blz. 10; Compensatiemechanisme voor berekening stress door gewassen:

De transpiratiereductie als gevolg van droogtestress is afhankelijk van de gesimuleerde drukhoogte. De drukhoogte kan sterk variëren met de diepte, bijvoorbeeld bij minder doorlatende bodems met ondiepe grondwaterstanden of bij beregning. In die omstandigheden zijn planten in staat verminderde vochtopname in de droge delen van de wortelzone te compenseren met extra vochtopname in vochtiger delen van diezelfde wortelzone. SWAP biedt de mogelijkheid om rekening te houden met deze 'compensatie' (Jarvis, 2011).

Voor te natte en te zoute omstandigheden treden andere vergelijkbare compensatiemechanismen in werking. Om die reden is deze compensatiemethode zowel ingesteld bij droogte als bij zuurstof- en zoutstress. Dit heeft als voordeel dat de simulaties minder gevoelig worden voor de opgelegde dikte van de wortelzone en de bijbehorende opgelegde worteldichtheidsfunctie waarover veel onzekerheid bestaat.

Dit roept de vraag op waarom de genoemde compensatiemethode niet al bij eerdere versies zo is ingesteld.

Daarbij dienen ten behoeve van de transparantie de effecten van elke wijziging apart te worden beschreven.. Een beschrijving van de effecten is echter niet beschikbaar of de verwijzing ontbreekt.

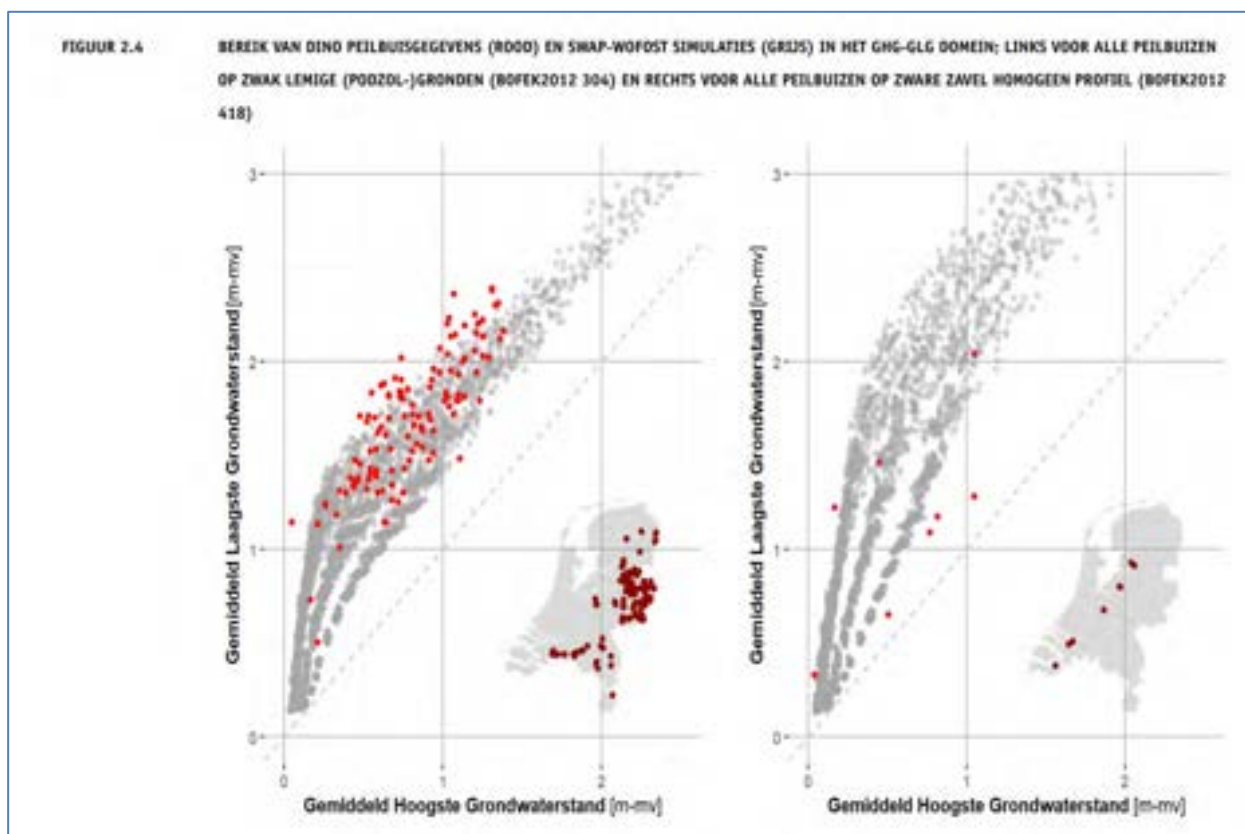
Blz. 10; Toetsing Dekking grondwaterstandskarakteristieken:

Voor deze set aan peilbuizen zijn alle grondwaterstandsmetingen opgevraagd bij het DINOloket voor de periode 1981-2010. Voor het gebruik van de grondwaterstandsmetingen is een aantal eisen gesteld:

- Locatie van de peilbuis en de filterstelling, zo mag een peilbuis niet te dicht bij een watergang liggen en moet de freatische grondwaterstand zijn gemeten;
- Alleen peilbuizen met een landbouwkundig bodemgebruik;
- Grondwaterstandskarakteristieken GHG en GLG moeten zijn af te leiden;
- Geen uitschieters in de meetreeks.

Minstens zo belangrijk is dat er in gronden met ondiepe verticale weerstand (boven GHG-niveau) van meer dan zeg 200 d er een 2^e filter moet zijn geplaatst boven die slecht doorlatende laag, die in de zomer kan droogvallen. Want SWAP simuleert idealiter in aanhoudend natte perioden niet de grondwaterstand op filterdiepte beneden GHG-niveau maar de grondwaterstand op filterdiepte boven de ondiep voorkomende slecht doorlatende laag. Derhalve is Figuur 2.4 in zekere zin appels met peren vergelijken.

Blz. 11:



Bij de figuur voor zandgronden zijn de volgende zaken op te merken:

- zandgronden met een GLG ondieper dan 1,0 m komen nauwelijks voor. Terwijl bij het opspannen van het GHG/GLG-domein daar juist veel simulaties zijn uitgevoerd;
- er liggen nogal wat DINO-punten boven de puntenwolk. Een aanwijzing dat hetzij het realistisch GHG/GLG-domein slecht is bedekt hetzij de GHG in de DINO-punten bij gronden met verticale weerstand boven het GHG-niveau onjuist is 'gemeten'.

Bij de figuur van de zavelgronden is op te merken dat 6 van de 8 punten zich buiten de puntenwolk bevinden. Is dat geen sterke aanwijzing dat bij het opspannen van het GHG-GLG-domein wordt uitgegaan van een onjuiste schematisatie van de ontwateringssituatie? De zavelgronden in de IJsselmeerpolders bijvoorbeeld hebben door de aanwezigheid van buisdrainage diepe grondwaterstanden terwijl er toch kwel aanwezig is. Dus de GHG/GLG-combinaties van de DINO-punten zijn in de praktijk bij deze gronden juist wel goed mogelijk.

Blz. 13; §2.4.2:

Zuurstofstress

Dat de zuurstofstress onder natte omstandigheden waarschijnlijk is afgenomen door het meenemen van maaiveld drainage is a) wederom een 'bewijs' dat de kritiek op resultaten met de zuurstofmodule terecht was en b) de onderzoekers dit proces niet echt in beeld hebben.

Droogtestress

Het probleem met te weinig droogtestress onder droge omstandigheden lijken grotendeels verholpen te zijn. Hier is een aanzienlijke verbetering zichtbaar ten opzichte van de vorige resultaten verkregen met de WWL-metarelaties 1.0.0. Omdat WWL vooral wordt toegepast voor studies gerelateerd aan droogte voor zandgronden en er zodoende behoefte is aan deze verbeteringen is versie 2.0.0 opgeleverd ondanks dat de hierboven genoemde problemen nog niet zijn opgelost.

Zoals al eerder gesteld: 'lijken grotendeels verholpen' is niet goed genoeg om vrij te geven voor praktijktoepassing. Zie verder de kritiek op dit punt hierboven en hierna.

Blz. 16; § 2.5:

De resultaten in deze paragraaf maken wederom duidelijk dat WWL 1.0.0 sowieso ongeschikt was voor praktijktoepassing. Of dit ook geldt voor WWL 2.0.0 wordt in H3 beschreven.

H3: WWL-Maatwerk

Aan de kritiek op de WWL-tabel kan volgens de auteurs tegemoet worden gekomen met maatwerkberekeningen. Ook biedt WWL-maatwerk de mogelijkheid andere meteoreeksen door te rekenen en ook kan per jaar de opbrengstderving worden bepaald. Wij hebben hier een aantal vragen en opmerkingen bij.. Puntsgewijs:

1. Regionale meteodata

In onderstaande uitsnede is effect van gebruik regionale meteodata goed geïllustreerd.

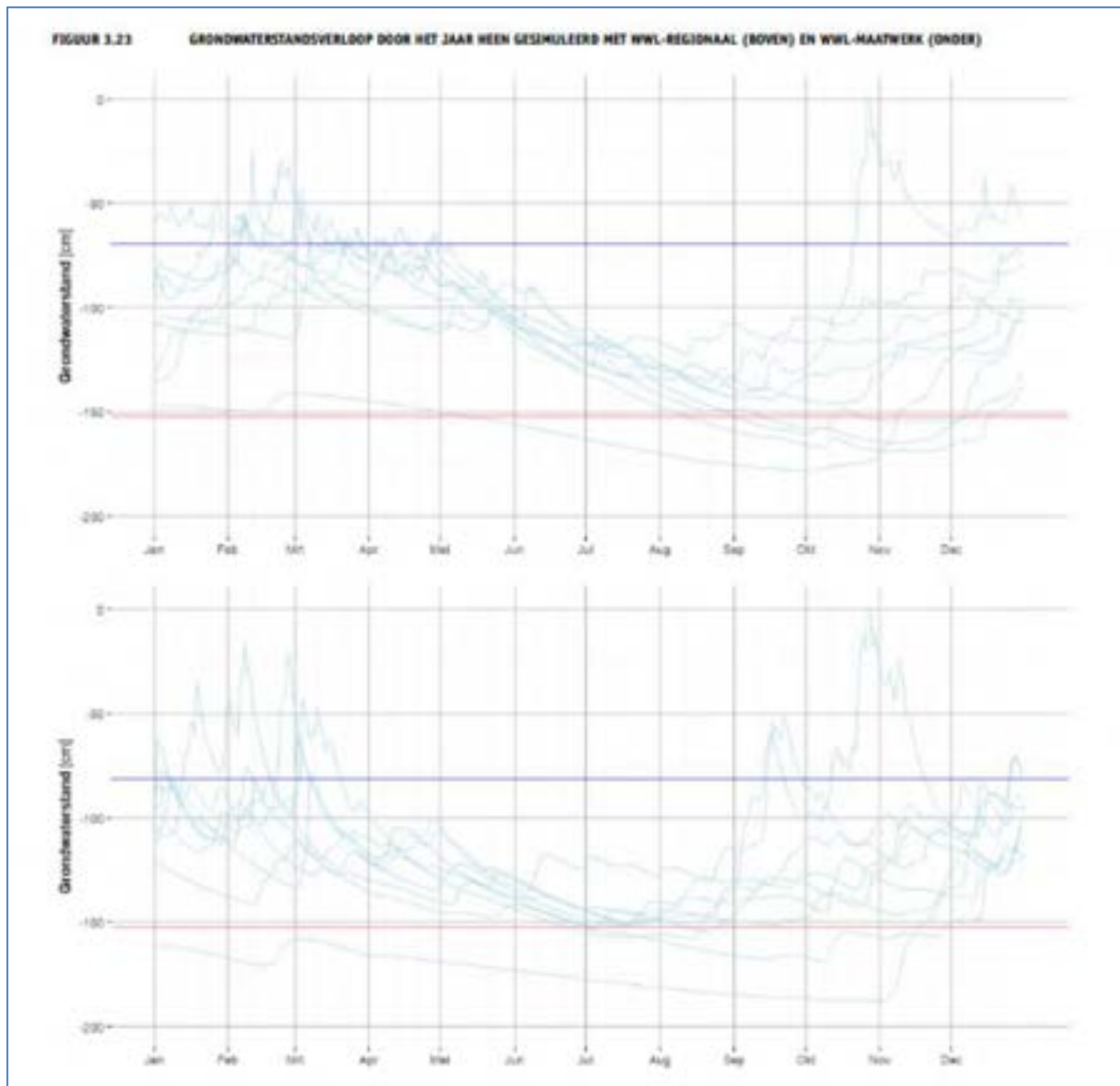
TABEL 3.7 GRONDWATERSTANDSKARAKTERISTIEKEN (M-MV) EN LANGJAREG GEMIDDELTE OPBRENGSTDerving [%] BEREKEND MET WWL-REGIONAAL EN WWL-MAATWERK WAARBIJ DE BEREKENING VAN WWL-MAATWERK STAPSGEWIJS WORDT AANGEPAST

	WWL-tabel 1996-2004 Eelde BOFEK2012	WWL-maatwerk 1996-2004 Eelde BOFEK2012	WWL-maatwerk 1996-2004 Hoogeveen BOFEK2012	WWL-regionaal 1996-2004 Hoogeveen BOFEK2012
Grondwaterstandskarakteristieken				
GHG	0.77	0.80	0.81	0.69
GLG	1.54	1.56	1.53	1.52
Opbrengstderving				
Totaal	13.0	12.9	9.7	4.2
- Indirect effecten	0.0	0.0	0.0	0.0
- Direct effecten	13.0	12.9	9.7	4.2
- Droogtestress	12.4	12.8	9.7	4.1
- Zuurstofstress	0.6	0.1	0.0	0.1

Als het meteostation kennelijk zoveel effect heeft, dan zou de oplossing zijn om meer KNMI-stations te gebruiken bij het afleiden van de metarelaties.

2. Afwijking van WWL-regionaal

De resultaten van WWL-maatwerk kunnen aanzienlijk afwijken van WWL-regionaal (zie bovenstaande uitsnede; totale opbrengstderving 9,7% resp. 4,2)) terwijl de grondwaterstandsverlopen niet opvallend verschillen (zie onderstaande uitsnede).



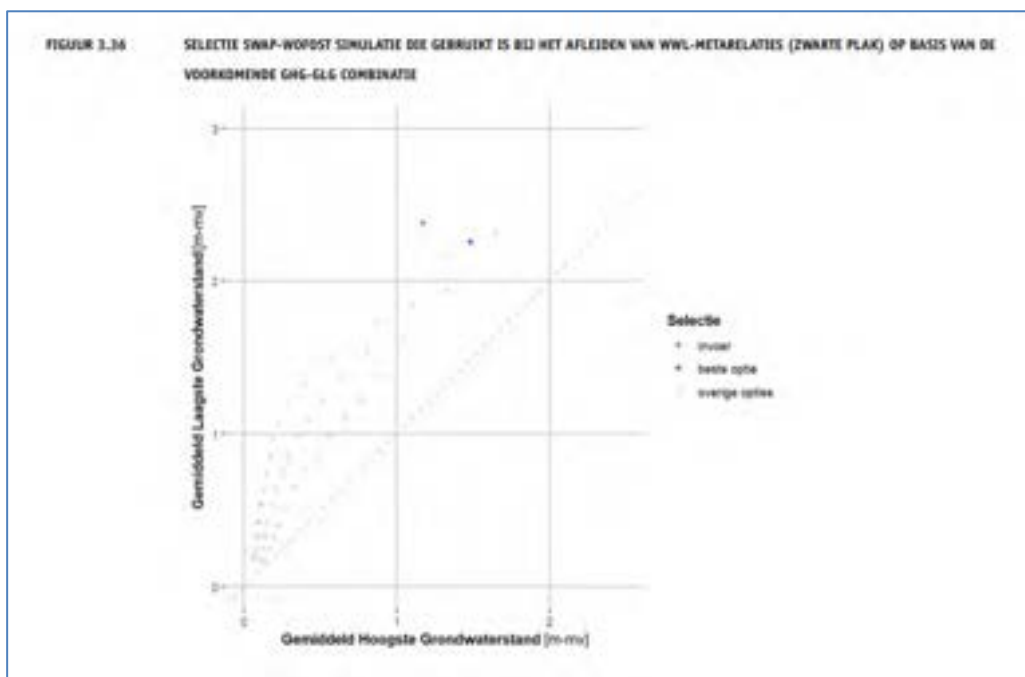
Waardoor wordt dit grote verschil in droogtestress tussen WWL-maatwerk en WWL regionaal - zelfs als alle overige invoergegevens gelijk zijn - verklaard? Terwijl juist bij deze casus de grondwaterstandsverlopen redelijk overeenkomen?

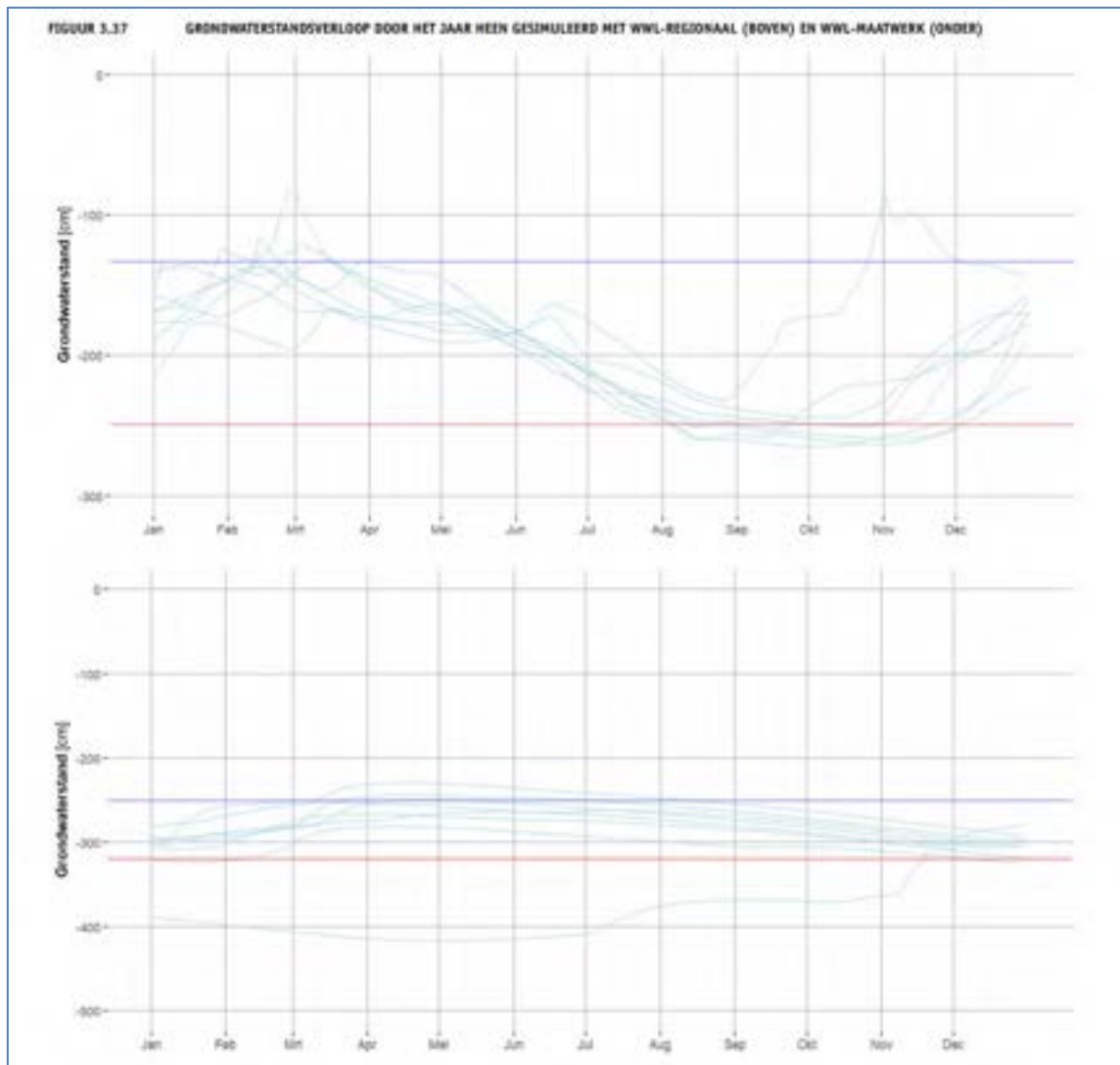
3. Keuze maatwerkpunt

Het maatwerkpunt wordt gekozen uit de puntenwolk (invoer) op basis van het punt dat het dichtst ligt bij de met een regionaal model gesimuleerde GHG en GLG (beste optie). Waarom niet geïnterpoleerd tussen de naastliggende 3 of meer punten?

4. Grondwaterstandsverlopen soms sterk verschillend

Het gekozen punt heeft niet dezelfde ontwateringsparameters als in werkelijkheid of in het regionaal model, waardoor het grondwaterstandsverloop met de maatwerkberekening aanzienlijk anders kan zijn dan de werkelijkheid, of het grondwaterstandsverloop gesimuleerd met het regionaal model. Figuur 3.36 op blz. 50 en figuur 3.37 op blz. 60 is daarvan een illustratie.





5. Mogelijk oneigenlijke effecten

Bij ingrepen in de regionale waterhuishouding wordt met een regionaal model een **verandering** in GHG en GLG berekend. Maar als die met de maatwerktoepassing wordt nagerekend bestaat de kans dat hetzij hetzelfde punt uit de puntenwolk wordt gekozen waardoor geen opbrengstderving wordt berekend, hetzij een ander punt wordt gekozen waardoor een te grote opbrengstderving wordt berekend. Dit oneigenlijk effect treedt trouwens ook op bij toepassing van de TCGB-tabel waarbij met sprongen van 5 cm in de GVG resp. GLG wordt gewerkt.

Ergo: toetsing van WWL-maatwerk aan WWL-regionaal geeft soms aanzienlijke verschillen in grondwaterstandsverloop en/of berekende opbrengstdervingen waardoor de claim dat WWL-

maatwerk een oplossing biedt voor de problemen met de WWL-tabel niet wordt waargemaakt. Het is ook geen oplossing voor de 'hobbels' en 'kuilen' in het GHG/GLG-vlak bij de WWL-tabel want die zijn juist veroorzaakt doordat de relatie tussen GHG en GLG enerzijds en opbrengstdervingen anderzijds niet eenduidig is.

Blz. 63:

Ondanks dat de nieuwe WWL-metarelaties verbeterd zijn willen we benadrukken dat er nog geen validatie van Waterwijzer Landbouw heeft plaatsgevonden. Zo is niet vast te stellen hoe goed of hoe slecht het instrumentarium presteert. Het uitvoeren van een gedegen validatie is een vereiste voor het bepalen van de toepasbaarheid en bruikbaarheid van WWL. De resultaten van de Groenmonitor lijken een goede mogelijkheid te bieden om validatie uit te voeren. Het is daarom onze aanbeveling om dit zo snel mogelijk uit te voeren.

Helemaal eens met het eerste deel van deze uitspraak. Dus zolang geen validatie heeft plaatsgevonden is de WWL-tabel niet gereed voor praktijktoepassingen.

De resultaten van de Groenmonitor alleen zijn niet voldoende om WWL te valideren. Juist bij de droge zandgronden wordt er relatief veel berekend en dat verstoort de relatie tussen grondwaterstand en opbrengst. Dus prima als ondersteunend bewijs maar beslist onvoldoende. Waarom niet (ook) gebruik maken van de opbrengstgegevens van 2018, 2019 en 2020 uit verschillende bronnen? Zoals:

- Cultuur- en Gebruikswaardenonderzoek (CGO)-proefvelden (Wageningen-UR);
- gegevens Kringloopwijzerbedrijven;
- proefboerderijen;
- leveringen aan afnemers van akkerbouwprodukten;
- inschatting van deskundigen van Delphy;
- et cetera.

Big data dus. Het is een arbeidsintensieve klus maar absoluut noodzakelijk voor een weloverwogen besluit over de geschiktheid van de WWL-tabel voor praktijktoepassing, zeker waar de uitkomsten in aanzienlijke mate afwijken van de de HELP-tabel zonder dat daar een logische verklaring voor wordt gegeven.

Blz. 65; Bijlage D:

Juist onder deze natte omstandigheden kan een voorgeschreven grondwaterstand in combinatie met de meteorologische omstandigheden (aan de bovenrand) en de bodemfysische eigenschappen resulteren in onrealistische waterfluxen aan de onderzijde van de bodemkolom. Een onderrandvoorwaarde op basis van een drukhoogte wordt daarom aanbevolen.

Dit is een verrassende bevinding. Niet duidelijk is hoe je de gesimuleerde grondwaterstand uit regionaal model moet vertalen naar drukhoogte. Wordt aangenomen dat beneden de grondwaterstand geen gradiënt in potentiaal optreedt zodat de grondwaterstand (met drukhoogte t.o.v. de atmosfeer is nul) via de z-afstand kan worden vertaald naar een drukhoogte aan de onderkant van de SWAP-kolom? Maar dat is niet altijd de realiteit. En wat zijn de afmetingen van SWAP-kolom verticaal?

Een regionaal model rekent meestal met metaSWAP dat is afgeleid van SWAP maar niet met de zuurstressmodule erin, niet met de bijgestelde Staringsreeks-bouwstenen en geen koppeling met groeimodel WOFOST. Dus de gesimuleerde GHG en GLG van het regionale model zijn niet gelijk aan de GHG en GLG als in het regionale model i.p.v. metaSWAP de WWL-versie van SWAP-WOFOST zou zijn opgenomen. Want zuurstofstress leidt tot minder verdamping in natte situaties en de 'oude' Staringreeks-bouwstenen tot minder droogteschade. Nog afgezien van verschillen in modelinstellingen. Een indicatie van de ernst van deze inconsistentie kan worden verkregen door de gesimuleerde verdampingsverlopen c.q. fluxverlopen aan de onderkant van de wortelzone van beide modellen met elkaar te vergelijken. Dit is overigens niet van invloed op de vergelijking tussen WWL-regionaal en WWL-maatwerk. Daarbij zit de discrepantie in het niet overeenkomen van de grondwaterstandsverlopen.

4 Resultaten landsdekkende vergelijking WWL-tabel met HELP

4.1 Materiaal en methoden

4.1.1 Inleiding

In deze sectie wordt de methode van onderzoek beschreven. Er is voor gekozen om zowel de WWL-tabel als de HELP-tabel landsdekkend door te rekenen. Daarna wordt een vergelijking gemaakt per bodemtype i.c. per BOFEK2012-eenheid¹². Elke BOFEK2012-eenheid is opgebouwd uit zogenaamde Staringreeksbouwstenen voor de boven- en ondergrond. Een Staringreeksbouwsteen is een bodemhorizont met, op basis van laboratoriummetingen van de bodemfysische eigenschappen (waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken), in wetenschappelijke functies gedefinieerde bodemfysische eigenschappen¹³. In de volgende paragraaf wordt de gekozen methode nader toegelicht en enkele keuzes verder onderbouwd.

4.1.2 Methode

Voor dit onderzoek is van belang wat de gevolgen zijn van gebruik van WWL voor de veranderingen in droogte- en natschade als gevolg van de min of meer permanente grondwateronttrekkingen. Daarom is de droogte- en natschade met HELP en WWL berekend voor 2 hydrologische scenario's:

- **'huidige situatie'**; waarbij de grondwaterstanden zijn berekend met de drinkwaterwinningen aan.
- **'winningen uit'**; waarbij de grondwaterstanden zijn berekend met de drinkwaterwinningen uit.

In deze scenario's is gebruik gemaakt van de GHG en GLG zoals die met LHM zijn berekend in Van Bakel en Hoogewoud (2019)¹⁴. Door de hierbij met WWL en HELP berekende droogte- en

¹² Wösten, H. et al., 2013. BOFEK2012, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra-rapport 2387, Wageningen.

¹³ Wösten, H. et al., 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Alterra-rapport 153.

¹⁴ Van Bakel, P.J.T. en J.C. Hoogewoud, 2019. De effecten van permanente grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven voor de landbouw in Nederland.

natschade te vergelijken met de droogte- en natschade bij het scenario 'huidige situatie' is te bepalen of de verschillen tussen HELP en WWL ook gelden voor de veranderingen in nat- en droogteschade als gevolg van de grondwateronttrekkingen.

Voor de berekeningen met WWL en HELP zijn slechts een aantal invoerbestanden nodig:

- landgebruik;
- bodemtype;
- grondwaterstand.

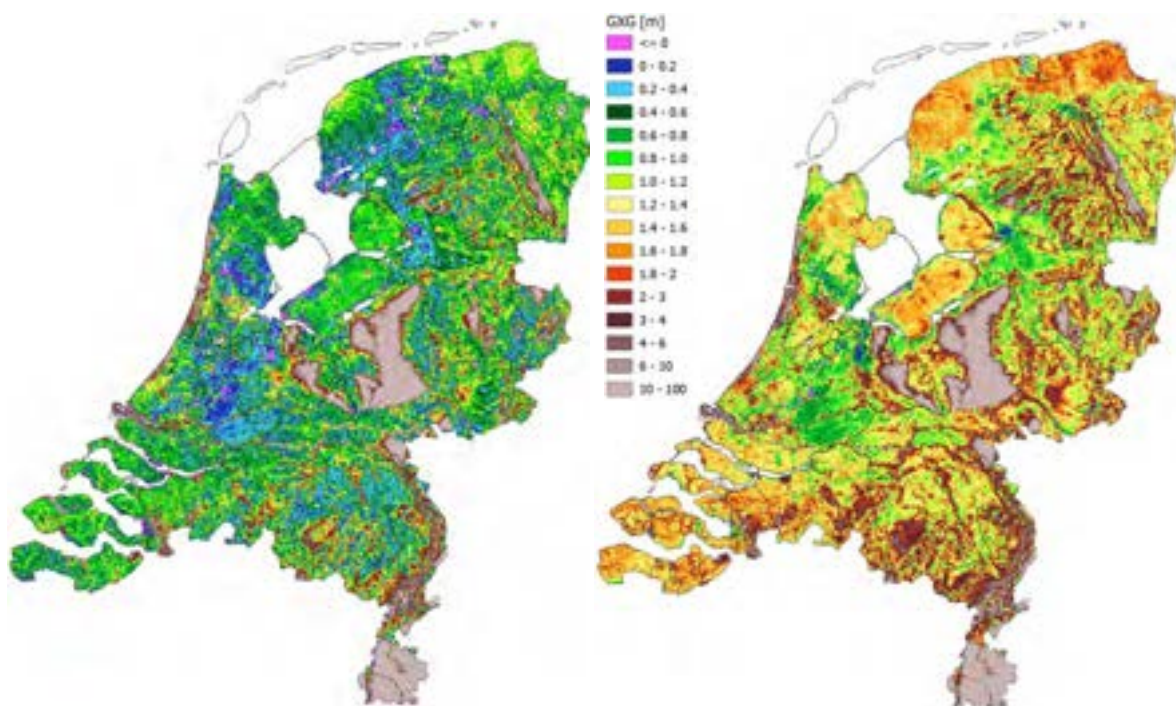
De verschillende invoerbestanden en de gemaakte keuzes worden hierna beschreven.

Landgebruik

Om de vergelijking wat te vereenvoudigen is bij de berekening uitgegaan van het meest voorkomende type landgebruik, te weten grasland. Door deze keuze hoeft de vergelijking later niet opgesplitst te worden per type landgebruik.

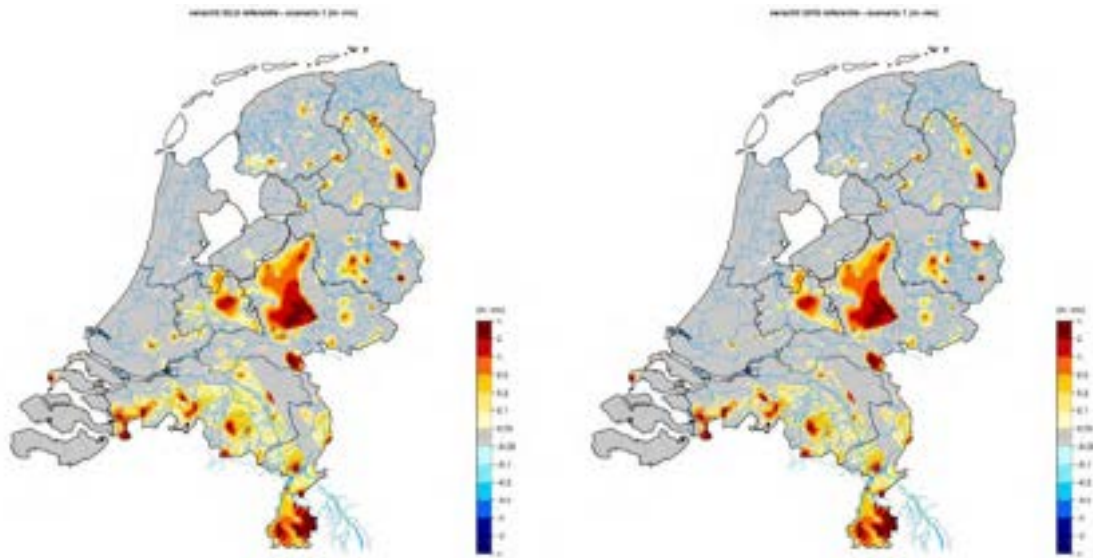
Grondwaterstanden

Als invoer zijn de gemiddelde grondwaterstanden gebruikt, zodat met de tabellen de gemiddelde jaarlijkse schade berekend kan worden. Voor deze berekening zijn de gemiddeld hoogste (GHG) en gemiddeld laagste grondwaterstanden (GLG) nodig. Voor het scenario 'huidige situatie' zijn de GHG en GLG zijn berekend met het LHM "as is" voor de periode 1998-2006 (zie Figuur). De GHG en GLG zijn dus voor alle doorgerekende grids voor HELP en WWL gelijk.



Figuur 2: Met LHM 2017 berekende GHG (links) en GLG (rechts)

Voor het scenario 'winningen uit' zijn in LHM alle drinkwaterwinningen uitgezet en vervolgens is de GHG en GLG berekend. Onderstaand is het berekende verschil in grondwaterstand weergegeven.



Figuur 1: Verschil in GLG (links) en GHG (rechts) tussen scenario 'winningen uit' en scenario 'huidige situatie'. Een positief getal (gele en rode kleuren) betekent dat de grondwaterstand in de 'huidige situatie' lager ligt

Bodemkaart

Voor de HELP-tabel is de schematisatie van de bodemkaart van het LHM¹⁵ gebruikt. Deze bodemkaart bestaat inmiddels uit een 363 eenheden en wordt door AGRICOM¹⁶ vertaald naar de 72 HELP-bodemtypes. Voor het toepassen van de WWL-tabel is gebruik gemaakt van de BOFEK2012-kaart. Deze kaart bestaat ook uit 72 eenheden en is verrasterd naar 250 m gridcellen.

Zout

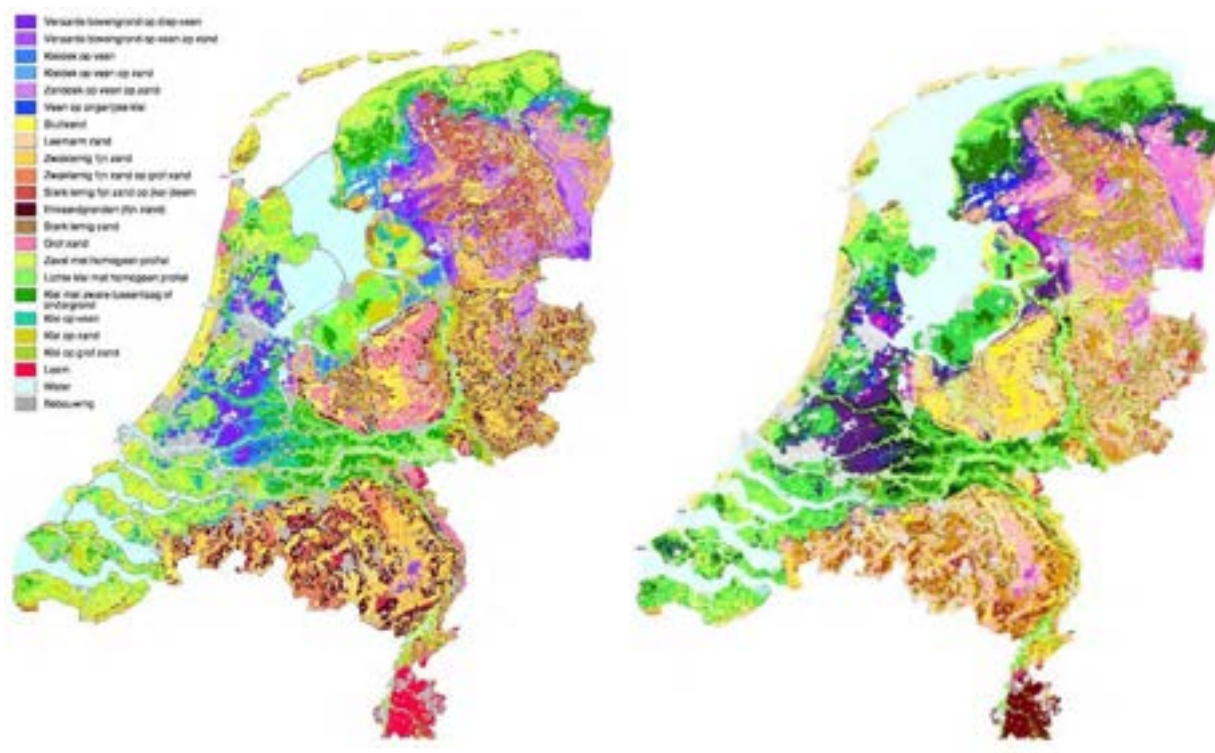
Er is niet gerekend met de zoutschade-optie van WWL omdat dit voor de probleemstelling niet relevant is.

¹⁵ De Vries, F., 2008. NHI, deelrapport bodem. Versie: NHI\FASE_1+\2008\DR11\v. Deltares.

¹⁶ Mulder H.M. en A. A. Veldhuizen, 2017. AGRICOM 2.05, Theorie en handleiding. Alterra-rapport 2576d.

Klimaat

Er is gerekend met het huidige klimaat (1980-2010) in de WWL-tabel. Bij de HELP-tabel kan geen keuze voor een klimaatreeks worden gemaakt. Bij de opstelling ervan is destijds gebruik gemaakt van de klimaatreeks 1950-1980.



Figuur 2: Gebruikte bodemtypes. Links de LHM-bodemschematisatie voor HELP en rechts BOFEK2012 voor WWL

Gebruikte versies van de schadetabellen

De HELP-tabel is doorgerekend met AGRICOM versie 2.05 en de WWL-tabel (met Database 2.0.0) met de desktoptool versie 4.0.0 (juli 2020). Met beide tabellen is de gemiddelde jaarlijkse schade berekend.

4.2 Resultaten scenario 'huidige situatie'

4.2.1 Inleiding

Zoals eerder aangegeven worden de resultaten van de WWL 2.0.0 vergeleken met de HELP. De resultaten van de HELP-tabel zijn echter minder uitgebreid dan die van de WWL.

In de HELP-tabel wordt alleen onderscheid gemaakt tussen de natschade en droogteschade. Bij de resultaten van WWL 2.0.0 (hier ook wel aangeduid als WWL-tabel) wordt ook nog onderscheid gemaakt tussen directe schade (de verandering opbrengst aan droge stof per ha als gevolg van de met SWAP-WOFOST berekende reductie in gewasverdamping resp. gewasopbrengst) en indirecte schade (verminderde gewasoogsten c.q. kwaliteit van het geoogst product als gevolg van verstoring van de normale bedrijfsvoering, bijvoorbeeld omdat de draagkracht van de grond onvoldoende is). Verondersteld is dat de met WWL 2.0.0 berekende indirecte schade alleen maar indirecte natschade is. Dit betekent dat de directe droogteschade in de WWL-tabel tevens de totale droogteschade is en dus 1-op-1 kan worden vergeleken met de droogteschade in de HELP-tabel. De natschade in de WWL-tabel is de som van directe natschade plus indirecte (nat)schade (hierna: gesommeerde natschade). Aangezien de natschade in de HELP-tabel volgens de literatuur alleen maar indirecte natschade is, is een vergelijking gemaakt tussen de natschade van de HELP-tabel en de indirecte natschade van de WWL 2.0.0-tabel.

In onderstaande tabel is aangegeven welke vergelijkingen zullen worden gemaakt.

Tabel 1: Overzicht van uit te voeren vergelijkingen

		HELP	
		droogteschade	(indirecte) natschade
WWL	directe droogteschade	X	
	Indirecte natschade		X
	directe plus indirecte (gesommeerde) natschade		X

De resultaten worden per BOFEK-hoofdbodemtype behandeld, te weten:

- veengronden, zowel hoog- als laagveengronden;
- moerige gronden;
- zandgronden;
- kleigronden (inclusief zavelgronden);

- leemgronden.

In onderstaande figuur is de verbreiding van de genoemde hoofdbodemtipes op landelijke schaal weergegeven.

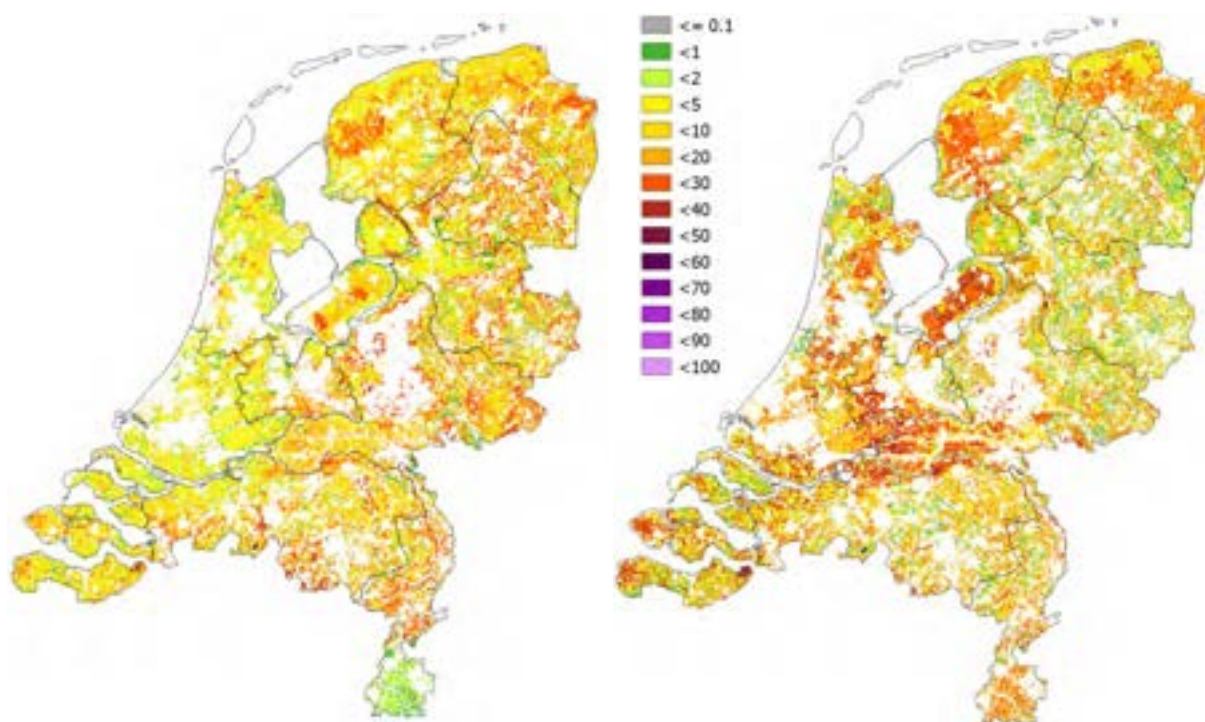


Figuur 3: Verbreiding van de BOFEK-hoofdbodemtipes

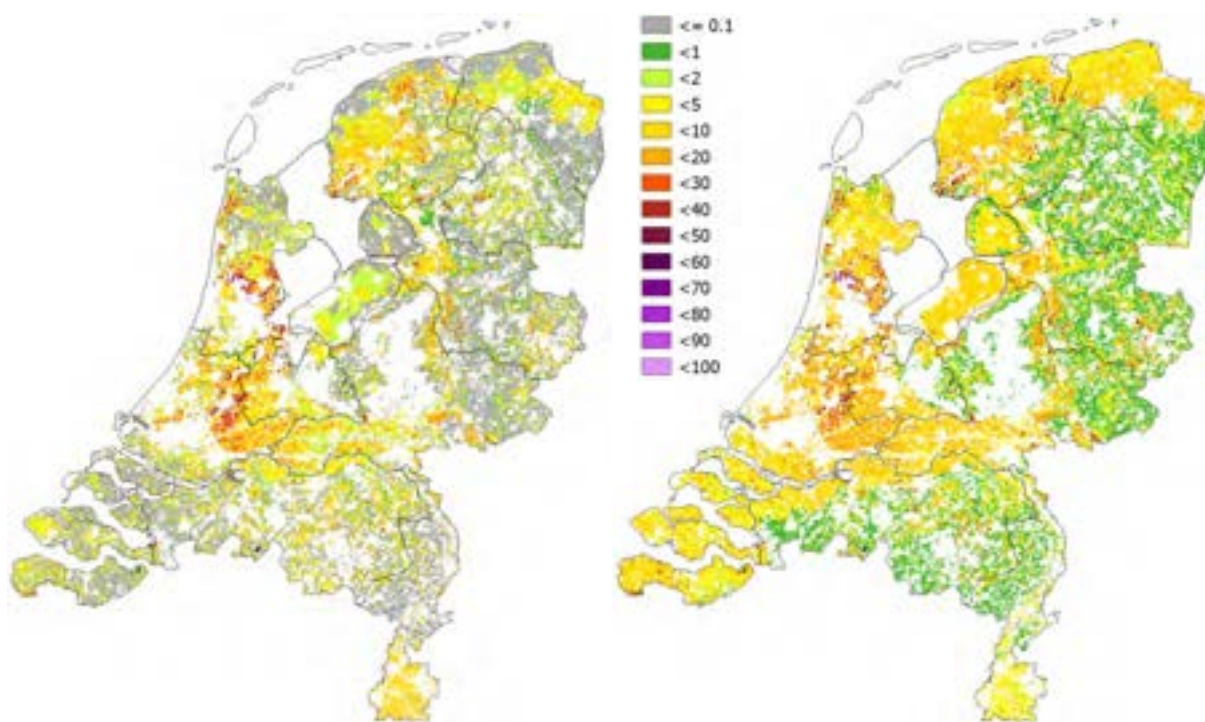
De verbreiding van veen- en kleigronden valt redelijk samen met het holocene deel van Nederland dat overwegend **niet** vrij afwaterend (bemalen) is en waar op niet al te grote diepte het grondwater zout is. De verbreiding van de moerige gronden en zandgronden valt redelijk samen met het vrij afwaterende pleistocene deel van Nederland waar de meeste grondwateronttrekkingen zijn gesitueerd. De leemgronden komen vooral voor in Zuid-Limburg waar het LHM vrijwel alleen zeer diepe grondwaterstanden berekent.

4.2.2 De verschillen landsdekkend in beeld

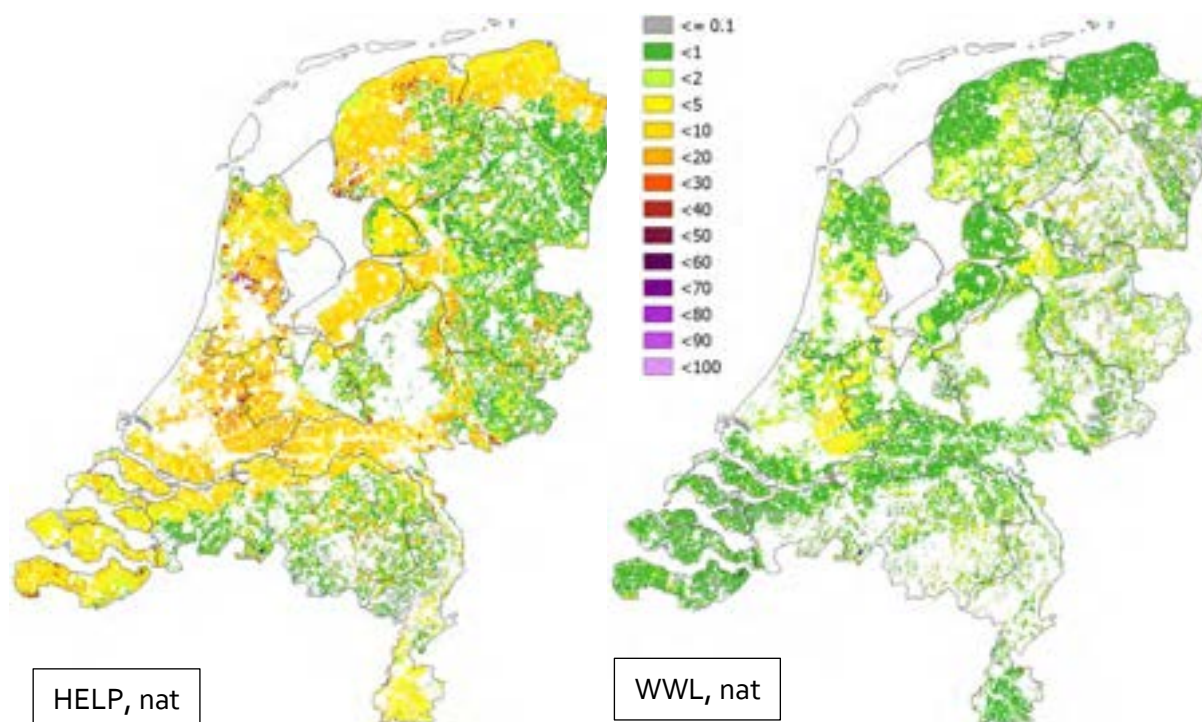
De met LHM berekende GHG en GLG per grid zijn gebruikt om daarvoor de droogte- en nat-schade te berekenen met de HELP-tabel en de WWL-tabel. Zie hoofdstuk 3. Deze zijn landsdekkend in beeld gebracht waardoor een visuele vergelijking mogelijk is. Zie onderstaande figuren.



Figuur 4: De met HELP en WWL 2.0.0 berekende droogteschade (%) voor LHM landbouwgrids. Links droogteschade met HELP; rechts droogteschade met WWL 2.0.0



Figuur 5: De met HELP en WWL4.0.0 berekende natschade (%) voor LHM landbouwgrids. Links natschade met HELP; rechts gesommeerde natschade met WWL 2.0.0



Figuur 6: De met WWL 2.0.0 berekende natschades. Links de directe natschade en rechts de indirecte (nat)schade

Het is duidelijk te zien dat er aanzienlijke verschillen zijn in de nat- en droogteschade berekend met beide tabellen. In het zandgebied berekent WWL lagere droogteschades dan HELP. Op de veen- en kleigronden is de WWL-droogteschade juist veelal hoger dan HELP. In de volgende paragrafen zal deze globale eerste indruk in meer detail per bodemtype worden uitgewerkt en gekwantificeerd.

4.2.3 Resultaten per BOFEK-eenheid

Voor elke BOFEK-eenheid zijn de resultaten opgeschaald naar een gemiddelde nat- of droogteschade. Ook is per BOFEK-eenheid berekend welk percentage van de landbouwgrond voorkomt. Deze informatie is beschikbaar gemaakt in de vorm van een excel-tabel. Een uitsnede uit deze tabel is hieronder weergegeven. Voor HELP zijn de droogteschade en natschade (kolom 6 en 7) niet opgesplitst naar directe en indirecte schade. Voor WWL geeft zowel de directe droogte- als de directe natschade (kolom 8 en 9). De gesommeerde directe schade staat in kolom 10. Daarnaast wordt door WWL ook de indirecte schade (kolom 11) berekend. Laatstgenoemde schade is vrijwel alleen maar indirecte natschade omdat indirecte droogteschade in de vorm van extra herinzaai bij WWL vrijwel nooit aan de orde is. Opgeteld bij de directe natschade (kolom 9) levert dit de **gesommeerde** natschade (kolom 12).

Tabel 2: Beschikbare informatie per BOFEK-bodemtype. Naast de schadeberekening is ook het areaal landbouwgrond per BOFEK bodemtype berekend, zowel in ha als in percentage van het totale landbouwareaal

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
bofek	bofek %	count	ha		HELP_dry	HELP_nat	WWL_dry	WWL_nat	WWL_dir	WWL_ind	WWL_nat totaal
101	101 - 4.20 %	13559	84744	4.20	4.91	13.7	11.14	10.91	22.05	2.98	13.89
102	102 - 0.90 %	2911	18194	0.90	6.64	9.28	10.73	8.70	19.43	2.18	10.88
103	103 - 0.92 %	2961	18506	0.92	9.65	8.65	0.44	4.04	4.48	1.93	5.97
104	104 - 0.03 %	100	625	0.03	7.48	4.78	0.28	2.85	3.14	1.54	4.39
105	105 - 1.83 %	5905	36906	1.83	5.23	12.71	23.43	14.31	37.74	1.73	16.05
106	106 - 0.02 %	53	331	0.02	3.1	0.11	0.44	0.91	1.35	0.31	1.22
107	107 - 0.50 %	1626	10163	0.50	6.02	19.98	3.83	11.40	15.23	3.99	15.40
108	108 - 0.31 %	997	6231	0.31	7.44	10.21	0.60	6.98	7.59	1.86	8.84
109	109 - 0.63 %	2026	12663	0.63	3.78	2.98	10.22	1.94	12.16	1.10	3.04
110	110 - 0.25 %	810	5063	0.25	4.97	2.84	9.04	1.67	10.71	0.88	2.55
201	201 - 0.73 %	2342	14638	0.73	5.79	15.06	14.35	10.07	24.42	1.71	11.78

Deze resultaten zijn per BOFEK-hoofdbodemtype geanalyseerd waarbij de indeling zoals weergegeven in figuur 4 is aangehouden.

De leemgronden volgens de BOFEK-typering bestaan voornamelijk uit lössgronden die met name in Zuid-Limburg voorkomen. Omdat in deze regio de relatie tussen grondwaterstand en gewasopbrengst niet of nauwelijks aanwezig is, de resultaten van LHM er minder betrouwbaar zijn wat betreft berekende grondwaterstanden en ze ook qua oppervlak weinig voorstellen (1,73%) zullen de leemgronden in het vervolg buiten beschouwing worden gelaten. Verder zijn voor de analyse de moerige gronden en zandgronden samengevoegd omdat de moerige gronden (veelal liggend in veenkoloniale gebieden) qua aantal eenheden (5) en qua areaal (8,7%) van minder belang zijn voor de analyse maar ook omdat de bij de moerige gronden behorende eenheden zijn ingebed in de zandgronden. Andere redenen voor samenvoeging zijn dat deze gronden door oxidatie van de moerige laag opschuiven richting zandgronden maar ook omdat veel van die gronden in het verleden zijn gemengwoeld waardoor de bodemfysische eigenschappen sterk zijn veranderd. Dat wordt in de bodemfysische schematisatie niet meegenomen.

4.2.3.1 Veengronden

In onderstaande figuur 6 zijn voor de 10 BOFEK-eenheden die zijn te typeren als veengrond de droogteschade van HELP resp. WWL 2.0.0 en de natschade van HELP en de gesommeerde resp. de directe natschade van WWL 2.0.0 als staafdiagram weergegeven. Per staafdiagram is die informatie ook als scatterplot weergegeven.

Voor de droogteschade zijn de verschillen erg groot en is er ook geen verband te zien.

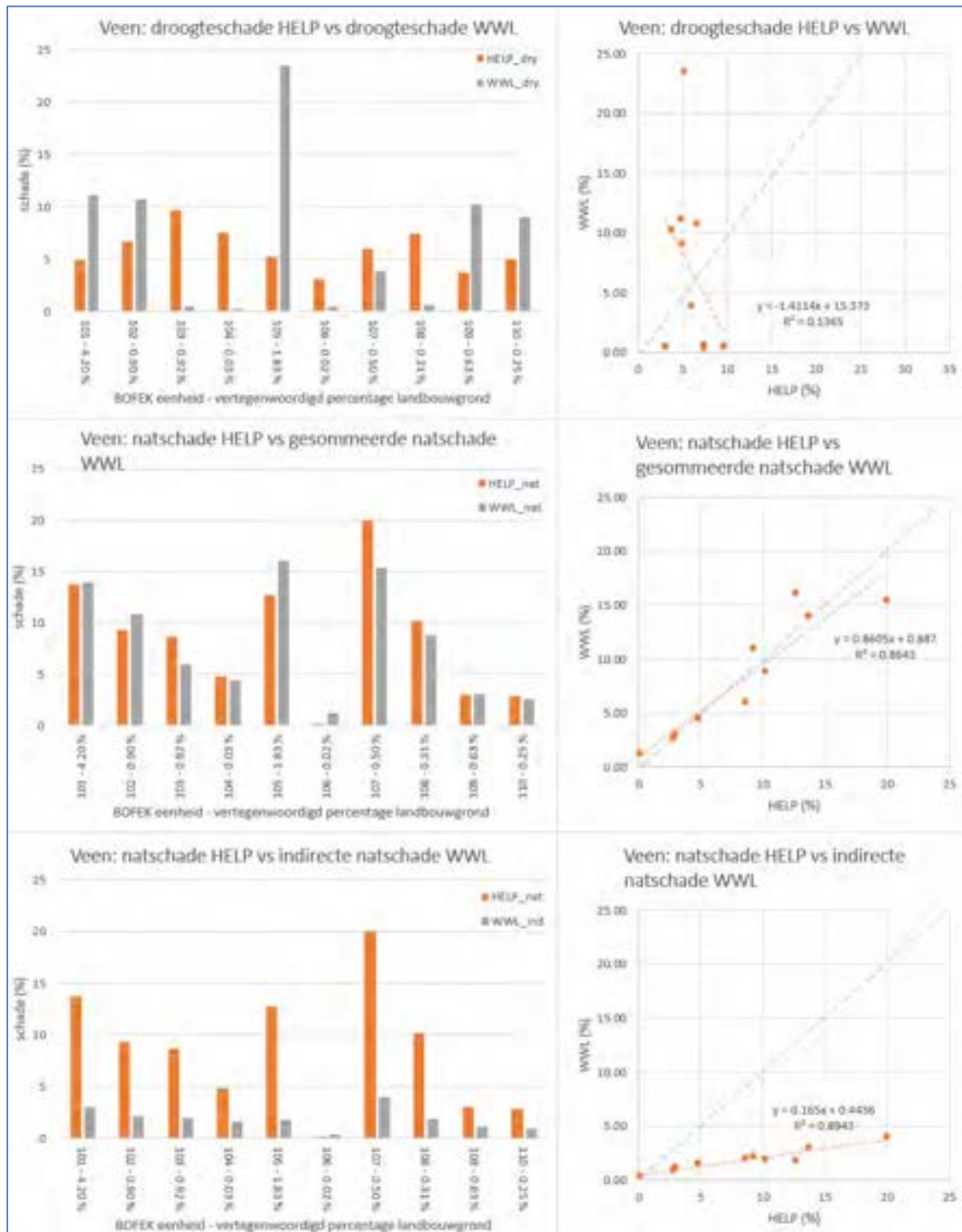
De gesommeerde natschade in WWL (direct plus indirect) lijkt veel op de natschade in HELP. Dit geldt echter niet voor de indirecte natschade in WWL. Die is structureel veel geringer dan de natschade in HELP.

In onderstaande tabel zijn de naar oppervlak gewogen gemiddelde schades voor de veengronden weergegeven.

Tabel 3: Naar oppervlak gewogen gemiddelde, berekende opbrengstdepressies (%) voor veengronden

	HELP	WWL 1.1.0	WWL 2.0.0
Droogteschade	5,7	12,7	11,5
Natschade indirect	11,8	3,2	2,4
Natschade gesommeerd		12,7	12,1

Ten opzichte van WWL 1.1.0 zijn de veranderingen in WWL 2.0.0 gering.



Figuur 7: Berekende schades HELP vs. WWL 2.0.0, voor de verschillende BOFEK-veengronden. Links staafdiagrammen en rechts dezelfde informatie als scatterplot

4.2.3.2 Moerige gronden plus zandgronden

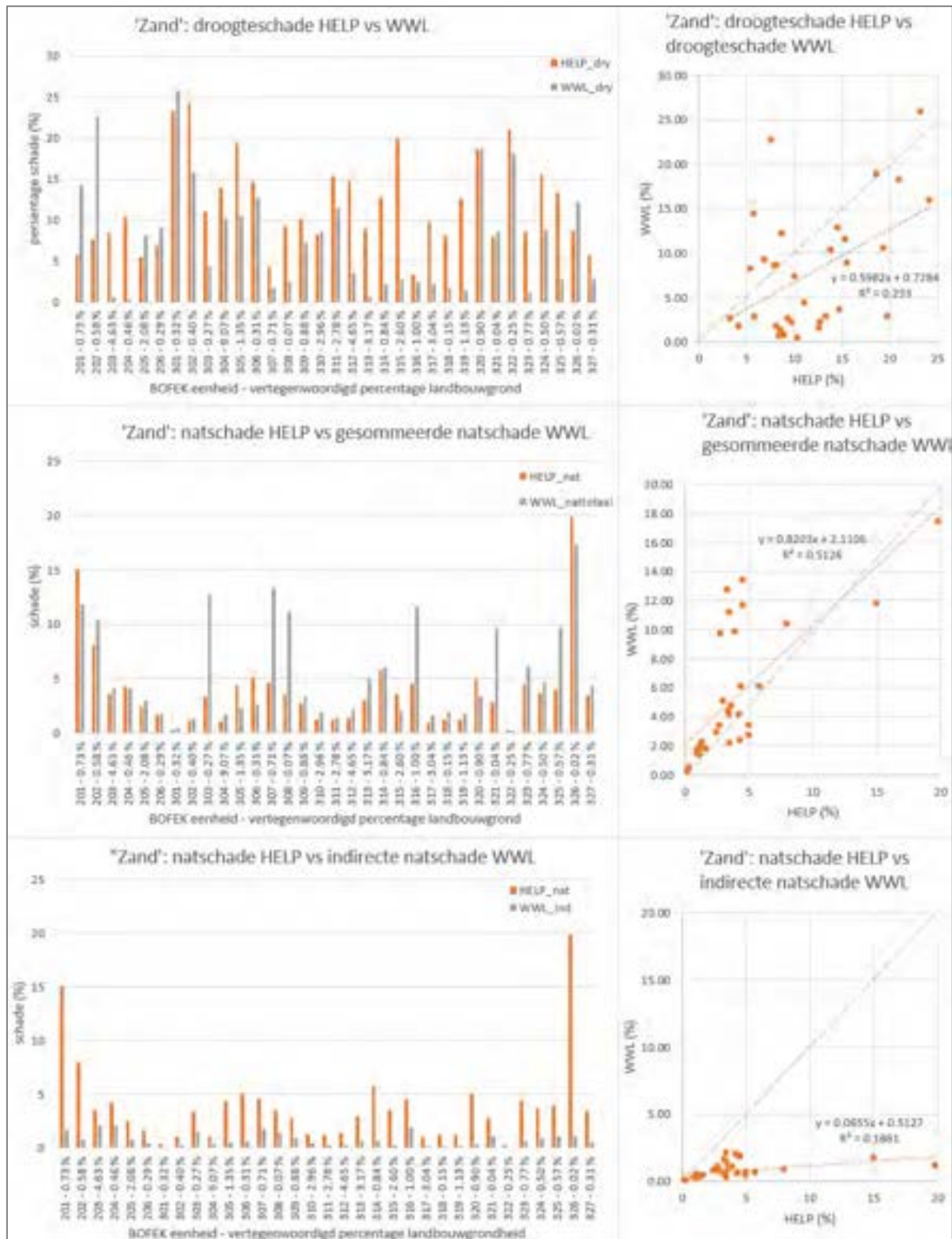
In onderstaande figuur 7 zijn voor de 32 BOFEK-eenheden die als moerige grond of als zandgrond (hierna 'zand'gronden) zijn te typeren de droogteschade van HELP resp. WWL 2.0.0 en de natschade van HELP en gesommeerde resp. de directe natschade van WWL 2.0.0 als staafdiagram weergegeven. Per staafdiagram is die informatie ook weer in de vorm van een scatterplot weergegeven.

Voor de meest voorkomende zandgrond (BOFEK-eenheid 304; podzolgrond) is de droogteschade berekend met WWL 2.0.0 nu ongeveer gelijk aan HELP. Maar veel andere zandgronden is de overeenkomst tussen HELP en WWL 2.0.0 slecht. Meestal wordt er (veel) te weinig droogteschade berekend. De gesommeerde natschade in WWL (direct plus indirect) komt gemiddeld genomen nu beter overeen met HELP vergeleken met WWL 1.1.0. Opvallend is wel de geringe directe natschade in WWL 2.0.0 t.o.v. WWL 1.1.0.

In onderstaande tabel zijn de naar oppervlak gewogen gemiddelde schades weergegeven.

Tabel 4: Naar oppervlak gewogen gemiddelde, berekende opbrengstdepressies (%) voor 'zand'gronden

	HELP	WWL 1.1.0	WWL 2.0.0
Droogteschade	12,1	4,1	6,4
Natschade indirect	2,6	1,9	0,7
Natschade gesommeerd		8,3	3,3



Figuur 8: Berekende schades HELP vs WWL 2.0.0, voor de verschillende BOFEK' zand'gronden. Links staafdiagrammen en rechts dezelfde informatie als scatterplot

4.2.3.3 Kleigronden

In onderstaande figuur zijn voor de 22 BOFEK-eenheden die als kleigrond zijn te typeren de droogteschade van HELP resp. WWL en de natschade van HELP en gesommeerde resp. de directe natschade van WWL als staafdiagram weergegeven. Per staafdiagram is die informatie ook weer in de vorm van een scatterplot weergegeven.

Voor 16 van de 22 kleigronden geeft WWL 2.0.0 een droogteschade die hoger is dan HELP . Het verband tussen de droogteschades berekend met beide methodes is gering.

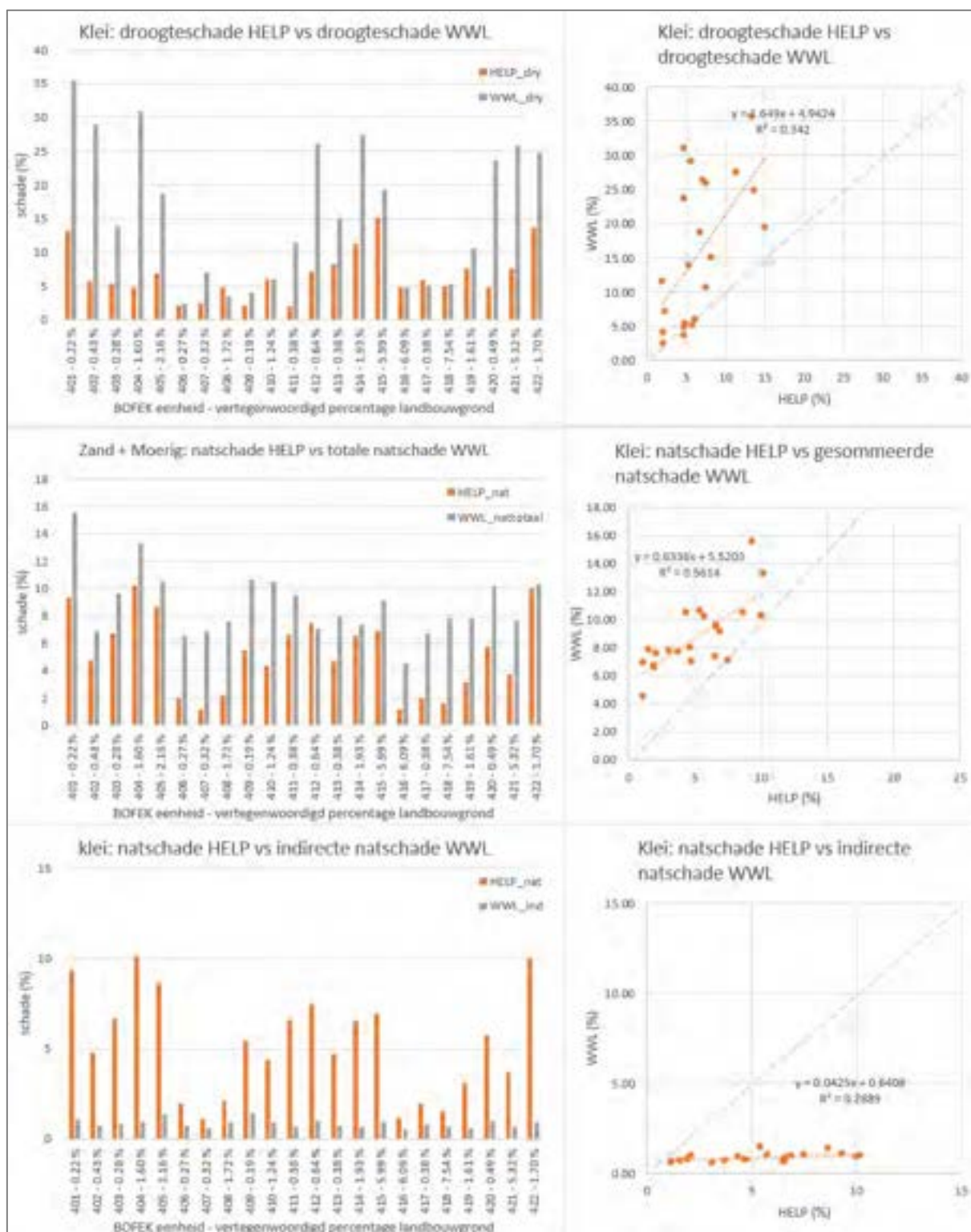
Voor de berekende gesommeerde natschades in WWL 2.0.0 en de natschade in HELP is een duidelijker verband zij het met systematisch hogere schade in WWL 2.0.0. Dat is een opvallende verandering tov WWL 1.1.0 waarbij de spreiding veel groter was. De indirecte natschade in WWL is veel geringer dan de natschade in HELP en lijkt ook niet of nauwelijks af te hangen van de natschade in HELP.

In onderstaande tabel zijn de gewogen gemiddelde schades weergegeven.

Tabel 5: Naar oppervlak gewogen gemiddelde, berekende opbrengstdepressies (%) voor kleigronden

	HELP	WWL 1.1.0	WWL 2.0.0
Droogteschade	7,7	13,1	14,8
Natschade indirect	4,4	2,1	0,8
Natschade gesommeerd		7,1	8,1

Het meest opvallend is de relatief sterke afname van de indirecte natschade in WWL 2.0.0 t.o.v. WWL 1.1.0.



Figuur 11: Berekende schades HELP vs WWL, voor de verschillende BOFEK-kleigronden. Links staafdiagrammen en rechts dezelfde informatie als scatterplot

Grosso modo is de overeenkomst tussen de resultaten van HELP en WWL 2.0.0 gering en niet opvallend toegenomen t.o.v. WWL 1.1.0. Wel zijn er enige opvallende veranderingen t.o.v. WWL 1.1.0:

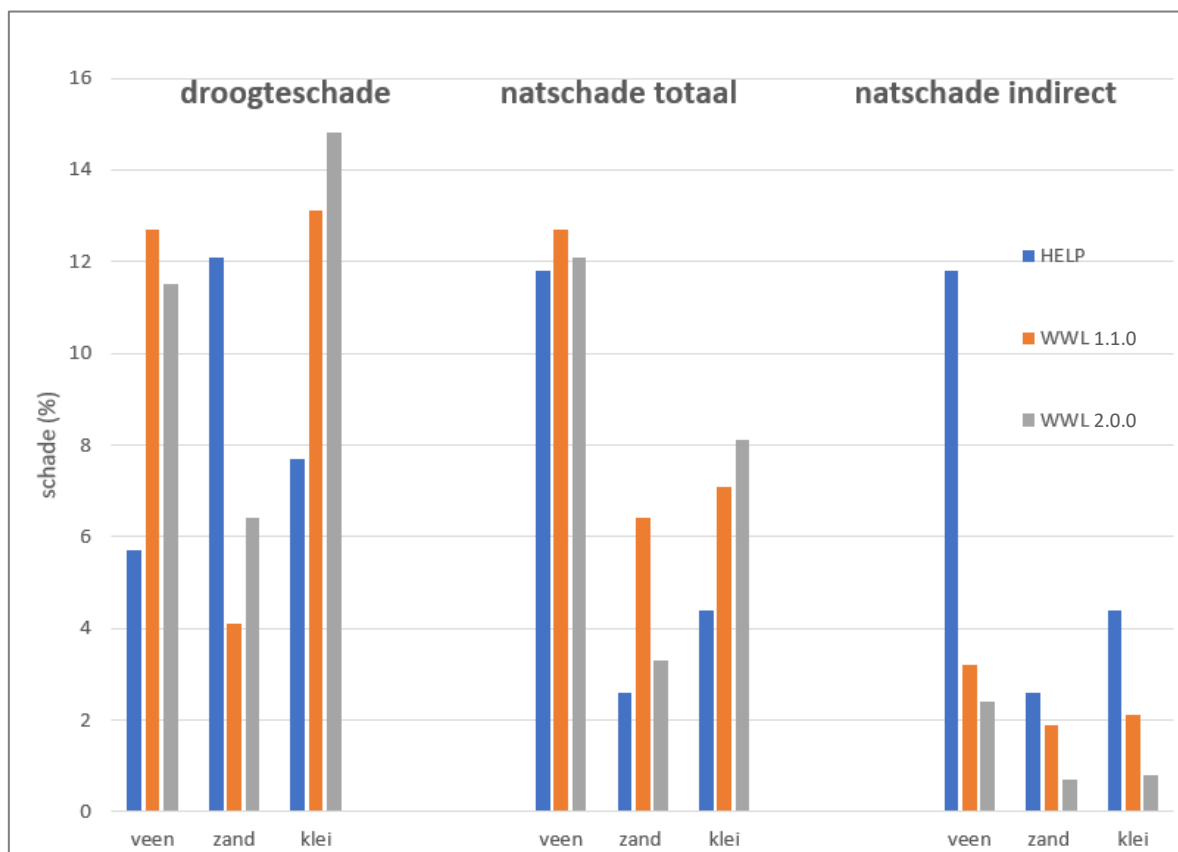
- de indirecte natschade bij veengronden komt slechter overeen met HELP vergeleken met WWL 3.0.0;
- de gesommeerde natschade bij veengronden in WWL 2.0.0 komt goed overeen met HELP maar het aandeel directe nat schade is in WWL ongeveer 4 maal zo groot als de directe natschade. Dit is niet in overeenstemming met de praktijkervaring;
- de droogteschade voor de podzolgrond (BOFEK-eenheid 304) berekend met WWL 2.0.0 is duidelijk toegenomen t.o.v. WWL 1.1.0;
- de indirecte natschade bij zandgronden is bij WWL 2.0.0 relatief sterk afgenomen t.o.v. WWL 1.1.0 terwijl de gesommeerde natschade in WWL 2.0.0 beter overeen komt met HELP vergeleken met WWL 1.1.0;
- er zijn bij WWL 2.0.0 meer kleigronden met droogteschades boven de 15%;
- de gesommeerde natschade bij WWL 2.0.0 bij kleigronden vertoont nu wel een duidelijk verband met HELP maar wel op een hoger niveau;
- de indirecte natschade bij kleigronden is duidelijk lager en vertoont geen enkel verband met de natschade in HELP.

In onderstaande tabel en figuur staan de resultaten per hoofdbodemtype nogmaals samengevat.

Tabel 6: Naar oppervlak gewogen droogte- en natschades (%) van HELP, WWL 1.1.0 en WWL 2.0.0

		Veen	'Zand'	Klei
Droogteschade	HELP	5,7	12,1	7,7
	WWL 1.1.0	12,7	4,1	13,1
	WWL 2.0.0	11,5	6,4	14,8
Natschade	HELP	11,8	2,6	4,4
	Indirect WWL 1.1.0	3,2	1,9	2,1
	Indirect WWL 2.0.0	2,4	0,7	0,8
	Gesommeerd WWL 1.1.0	12,7	6,4	7,1
	Gesommeerd WWL 2.0.0	12,1	3,3	8,1

In onderstaande afbeelding is deze tabel afgebeeld als staafdiagram.



Figuur 12: Vergelijking van de droogte- en natschade (%) van HELP, WWL 1.1.0 en WWL 2.0.0

Ten opzichte van WWL 1.1.0 is de droogteschade bij WWL 2.0.0 bij veengronden iets afgenomen, bij zandgronden duidelijk toegenomen en bij kleigronden iets toegenomen, relatief gezien. Maar de droogteschade bij veengronden en kleigronden is nog steeds duidelijk hoger dan bij zandgronden. De totale natschade (direct plus indirect) is bij WWL 2.0.0 bij veengronden en kleigronden niet veel gewijzigd maar bij zandgronden relatief sterk gewijzigd t.o.v. WWL 1.1.0. Het meest opvallend is de sterke afname van de indirecte natschade van WWL 2.0.0 t.o.v. WWL 1.1.0.

4.3 Resultaten scenario 'winningen uit'

4.3.1 Inleiding

Bij het bepalen van een schade als gevolg van ingreep in de waterhuishouding gaat het om een effectberekening. Hiervoor wordt de situatie voor de ingreep vergeleken met de situatie na de ingreep. Het verschil tussen beide situaties bepaalt het effect. Voor de ingreep 'winning uit' is een effect bepaling gedaan op landbouwschades met zowel de HELP-tabel als de WWL-tabel. Hiervoor zijn de grondwaterstanden berekend met LHM (Van Bakel en Hoogwoud, 2018) en gebruikt als invoer voor beide schadetabellen. Het effect van de drinkwaterwinningen op de landbouwschade is wederom per hoofdbodemtype geëvalueerd. Op deze wijze kan uiteindelijk ook een inschatting worden gegeven hoe de schades als gevolg van drinkwaterwinningen landelijk zouden veranderen wanneer WWL wordt gebruikt in plaats van HELP.

4.3.2 Werkwijze

Er zijn twee schadeberekeningen met elkaar vergeleken. Het scenario 'huidige situatie' met alle winningen aan en een scenario 'winningen uit', met alle drinkwaterwinningen uit. De grondwaterinvoer voor beide scenario's is berekend met het LHM (zie hoofdstuk 3).

Voor het scenario 'winningen uit' zijn de berekende GHG en GLG per 250m landbouwgrids gebruikt om daarmee zowel met HELP als met WWL 2.0.0 de droogte- en natschades te berekenen. Als landgebruik is wederom vlakdekkend grasland verondersteld (zie ook hoofdstuk 3). Vervolgens worden de aldus berekende schades afgetrokken van de schades berekend voor het scenario 'huidige situatie'. Deze effect-schadepercentages zijn vergeleken met de schadepercentages berekend voor de huidige situatie. Er is voor gekozen om de effecten per hoofdbodemtype zichtbaar te maken.

4.3.3 Resultaten

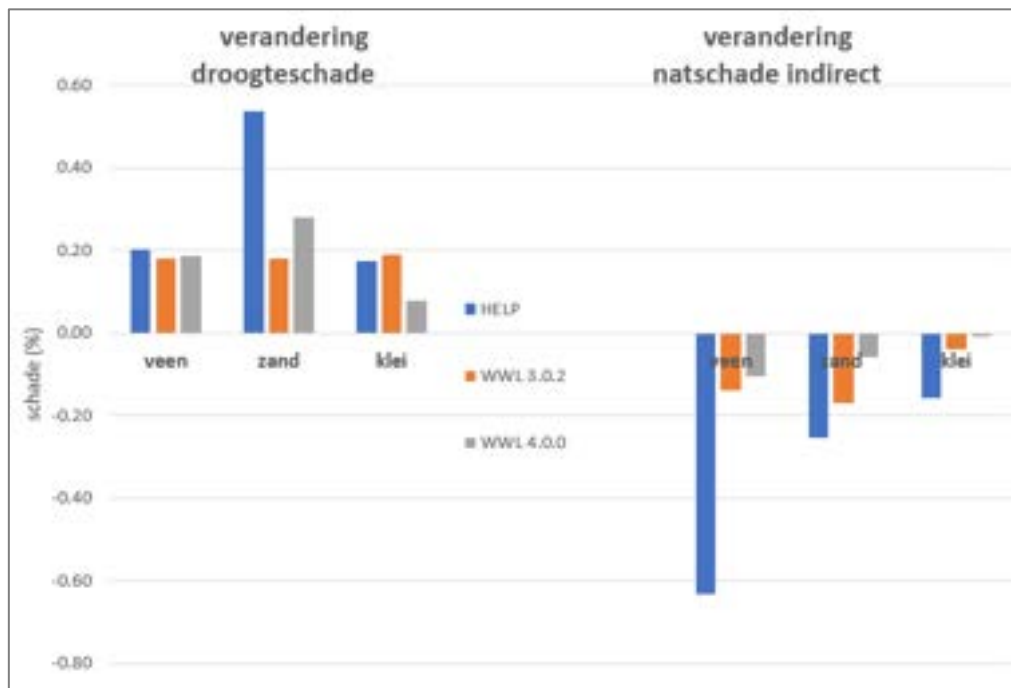
De naar oppervlak gewogen langjarig gemiddelde effect-schadepercentages zijn bepaald per hoofdbodemtype (zie tabel 7).

Tabel 7: Naar oppervlak gewogen effect-schadeperscentages (%) van HELP, WWL 1.1.0 en WWL 2.0.0 van alle drinkwaterwinningen uit grondwater in Nederland

		Veen	'Zand'	Klei
Droogteschade	HELP	0,20	0,54	0,18
	WWL 1.1.0	0,18	0,18	0,19
	WWL 2.0.0	0,19	0,28	0,08
Natschade totaal	HELP	-0,63	-0,25	-0,16
	WWL 1.1.0	-0,43	-0,58	-0,16
	WWL 2.0.0	-0,36	-0,31	-0,14
Natschade indirect	WWL 1.1.0	-0,14	-0,17	-0,04
	WWL 2.0.0	-0,11	-0,06	-0,01

Het eerste dat opvalt is dat de veranderingen zo gering zijn. Daarbij moet wel bedacht worden dat de effecten van grondwaterwinningen geconcentreerd plaatsvinden. De effecten zijn lokaal wel groot, maar gemiddeld per bodemtype gering.

Visualisering van de effecten geeft een beter te interpreteren beeld van de verschillen tussen de resultaten van HELP enerzijds en de resultaten van WWL 1.1.0 resp. WWL 2.0.0 anderzijds. Daarbij is alleen de natschade van Help vergeleken met de indirecte natschade van WWL vanwege de al eerder beschreven reden dat de natschade in HELP alleen indirecte natschade is.



Figuur 13: Effecten van alle drinkwaterwinningen uit grondwater in Nederland op de droogte- en natschade, berekend met HELP, WWL 1.1.0 en WWL 2.0.0, voor 3 hoofdbodentypen

De meest in het oog springende resultaten zijn:

- de verandering in droogteschade bij zandgronden is bij WWL 2.0.0 duidelijk toegenomen t.o.v. WWL 1.1.0 maar er wordt nog altijd slechts de helft van de droogteschade berekend die HELP berekent;
- de verandering droogteschade bij kleigronden is bij WWL 2.0.0 duidelijk afgenomen t.o.v. WWL 1.1.0 en is nu minder dan de helft van de verandering in droogteschade bij HELP;
- de verandering in indirecte natschade bij WWL 1.1.0 was al veel geringer dan van HELP maar is bij WWL 2.0.0 nog verder gereduceerd.

In het volgende sectie worden de resultaten nader geanalyseerd.

4.4 Analyse van de resultaten

4.4.1 Beoordelingskader

Er bestaat verschil van mening over de praktische toepasbaarheid van de WWL-tabel. Het is daarom van belang hier nader onderzoek naar te doen en de in dit rapport gegeven analyse is een aanzet daartoe.

De HELP-tabel had en heeft de waarheid niet in pacht. Maar het is wel een sublimatie van de praktische en modelmatige kennis anno 1987 die toentertijd door wetenschappers en mensen die er mee moesten werken als plausibel werd beoordeeld. De vrijwel door iedere betrokkene als plausibel beoordeelde of ervaren verschillen qua nat- en droogteschade tussen zand, klei- en veengronden en tussen verschillende HELP-eenheden werden daarin weerspiegeld. Onderstaande uitsnede uit het HELP-rapport geeft duidelijk aan dat de nat- en droogteschades in de HELP-tabel zijn 'ontstaan' door resultaten van modelsimulaties te combineren met expertkennis.

De werkgroep heeft bij het samenstellen van de depressie-tabellen zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de resultaten van en de kennis verkregen uit recent wetenschappelijk onderzoek op het betreffende vakgebied en heeft zich voor zover nodig aanvullend beroepen op de kennis, inzichten en ervaringen van deskundigen.

Uitsnede uit rapport Werkgroep HELP-tabel (1987)

Dit oordeel is in de jaren daarna niet fundamenteel gewijzigd. De behoefte aan actualisatie was echter evident. Zie bijlage 1. Daarom is er de afgelopen jaren tijd en geld besteed om de

WWL-tabel te produceren en beschikbaar te stellen. Voor praktische toepassingen van WWL is het noodzakelijk inzicht te hebben in de veranderingen t.o.v. van de HELP-tabel en of die veranderingen verklaarbaar c.q. plausibel zijn. In dit rapport worden de verschillen in beeld gebracht en beoordeeld op plausibiliteit.

Voor de bepaling van de opbrengstdepressies van landbouwgewassen door grondwateronttrekkingen is zowel de droogte- als de natschade van belang omdat per landbouwbedrijf de verandering van de natschade met een bepaalde percentage wordt verrekend met de verandering in droogteschade. Daarom zijn ook de verschillen in natschade tussen HELP en WWL in de onderhavige analyse meegenomen.

Op voorhand is niet te zeggen wat de veranderingen in nat- en droogteschade zijn bij overgang naar de WWL-tabel maar er zijn wel verwachtingen te schetsen. Puntsgewijs:

1. De koppeling tussen gewasverdamping en gewasgroei in WWL is een duidelijke verbetering ten opzichte van een vooraf opgestelde relatie tussen de potentiële opbrengst en meeropbrengst per mm verdamping; de zogenaamde Van Boheemen-relatie¹⁷, die bij het opstellen van de HELP-tabel is gebruikt.
2. De overgang van een quasi-stationaire berekening van de capillaire opstijging en percolatie met LAMOS in HELP naar de niet-stationaire modellering met SWAP in WWL levert naar verwachting minder droogteschade op omdat de nalevering vanuit de onverzadigde deel van het profiel onder de wortelzone naar de wortelzone in SWAP beter wordt gemodelleerd.¹⁸
3. Door de verandering van het klimaat neemt de potentiële gewasverdamping toe en is er dus meer kans op droogteschade in WWL t.o.v. HELP.
4. De directe natschade wordt geacht niet te zijn opgenomen in de natschade van de HELP-tabel. In WWL wordt die expliciet berekend (aangeduid als zuurstofstress) en is dus een extra natschade tov de HELP-tabel.
5. De natschade in de HELP-tabel is indirecte natschade en kan worden vergeleken met de indirecte natschade in WWL. De relaties tussen bewerkbaarheid en drukhoogte zijn in WWL grotendeels ontleend aan dezelfde bronnen waar de natschade in HELP op steunt. Door intensivering van de bedrijfsvoering zou de indirecte schade in WWL hoger moeten zijn dan in HELP.

¹⁷ Van Boheemen, P.J.M., 1981. Toename van de productie van grasland bij verbetering van de watervoorziening, ICW-nota 1298.

¹⁸ Kroes, J.G., 2018. Soil hydrological modelling and sustainable agricultural production at multiple scales Thesis Wageningen-UR.

6. In de HELP-tabel voldoen de verschillen in droogteschade tussen de verschillende hoofdbodemtypes (zand, klei, veen) aan algemeen geaccepteerde kennis zoals: zandgronden zijn droogtegevoeliger dan kleigronden. Dit 'gedrag' dient de WWL-tabel ook te vertonen.
7. In de HELP-tabel voldoen de verschillen in indirecte natschade tussen de verschillende hoofdbodemtypes (zand, klei, veen) aan algemeen geaccepteerde kennis zoals: veengronden hebben bij dezelfde GHG en GLG meer indirecte natschade dan zandgronden. Dit 'gedrag' dient de WWL-tabel ook te vertonen.
8. De verschillen in droogte- en natschade binnen een hoofdbodemtype worden in HELP als consistent ervaren. Deze onderlinge verschillen zijn dus ook te verwachten bij WWL. Dat moet zich vertalen in een redelijke correlatie tussen de resultaten van HELP en van WWL. Anders gezegd: als de resultaten van HELP worden uitgezet tegen de resultaten van WWL liggen de punten min of meer op een rechte lijn (hoge waarde van R^2 ; $>0,8$) maar de hellingshoek hoeft niet 45° te zijn.

Bovengenoemde punten vormen het onder woorden gebrachte deel van het beoordelingskader. Voor het overige is het moeilijk in woorden te vatten expertkennis.

4.4.2 Bevindingen en beoordeling plausibiliteit scenario 'huidige situatie'

4.4.2.1 Veengronden

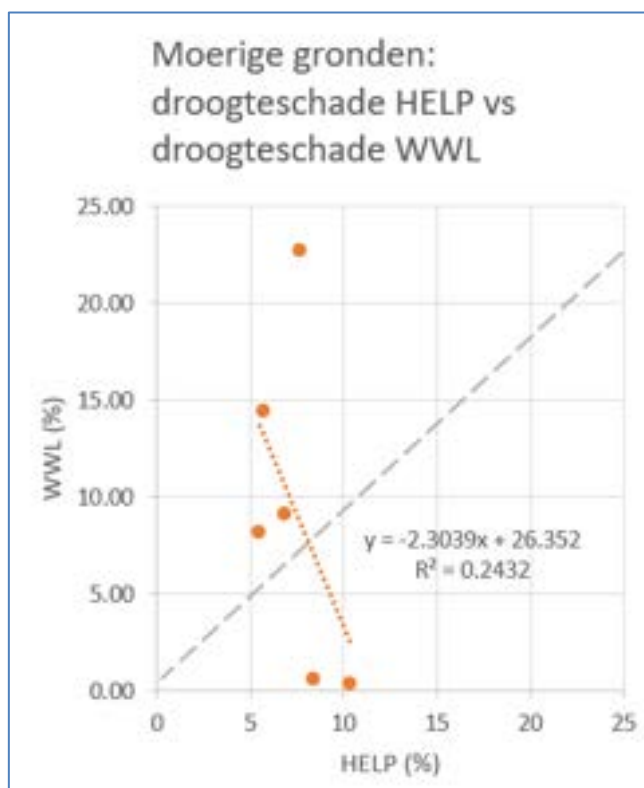
De droogteschade van veengronden van gemiddeld 12,1% (gewogen naar oppervlak) in WWL 2.0.0 en ruim 2,2 maal zoveel als het overeenkomstige percentage in HELP, is niet conform de gangbare opvatting dat veengronden niet erg droogtegevoelig zijn. Deze resultaten zijn dus niet plausibel.

De natschade in HELP met een gewogen gemiddelde van 12% is ongeveer gelijk aan het percentage van WWL. De spreiding is echter groot. Niet plausibel is dat de natschade in WWL hoofdzakelijk directe natschade is (zuurstofstress) en dat de indirecte natschade in WWL van 2,4% veel geringer is dan de natschade in de HELP-tabel (11,8%). De natschade in HELP is indirecte natschade. Omdat veengronden over het algemeen ondiepe grondwaterstanden hebben en veen een slechte draagkracht heeft zijn die hoge percentages van HELP als plausibel beoordeeld. De verwachting was dat door de intensivering van de bedrijfsvoering de indirecte natschade in WWL zou zijn toegenomen ten opzichte van HELP. Het omgekeerde is het geval. Dit is als niet plausibel te kenschetsen.

4.4.2.2 Moerige gronden en zandgronden

De belangrijkste bevindingen voor de vergelijking van de droogteschades van zandgronden zijn:

- voor de meeste eenheden is de droogteschade in WWL aanzienlijk lager dan bij HELP;
- enkele eenheden geven in WWL juist veel meer droogteschade;
- voor de moerige gronden is er zelfs een negatief verband tussen droogteschade volgens HELP en WWL. Zie onderstaande figuur.



Figuur 14: Berekende droogteschade HELP vs WWL voor de moerige gronden.

Een droogteschade van gemiddeld slechts 0,55% voor in de Veenkoloniën veel voorkomende iWp (Moerige podzolgrond met veenkoloniaal dek) is volstrekt ongeloofwaardig. Op basis van uitgebreid onderzoek (zie o.a. Van Bakel, 1986)¹⁹ is berekend wat de effecten zijn van waterconservering en -aanvoer en daar is het hydrologisch systeem ook op ingericht en is een

¹⁹ Bakel. P.J.T. van, 1986. A systematic approach to improve the planning, design and operation of surface water management systems. A case study. Report 13. ICW, Wageningen (also published as Thesis of Agricultural University).

wateraanvoerplan gerealiseerd. Bij slechts een 0,55% droogteschade zou dit nooit zijn uitgevoerd.

- de scatterplot laat ook duidelijk zien dat WWL 2.0.0 qua droogteschade sterk afwijkt van HELP;
- doordat de meest voorkomende zandeenheid (BOFEK-eenheid 304) bij WWL 2.0.0 aanmerkelijk meer droogteschade geeft dan bij WWL 1.1.0 is de gewogen gemiddelde droogteschade bij toepassing van WWL 2.0.0 behoorlijk toegenomen maar nog steeds maar ongeveer de helft van HELP.

De gesommeerde natschade in WWL (direct plus indirect) is over het algemeen redelijk in overeenstemming met HELP (en dus een duidelijke verbetering t.o.v. WWL 1.1.0). Maar de indirecte natschade is in WWL nog steeds ongeveer 30% van de natschade in HELP. Dat op grasland de directe natschade in WWL hoger is dan de indirecte natschade is niet plausibel.

4.4.2.3 Kleigronden

Bij relatief veel kleigronden is de droogteschade in WWL 2.0.0 erg hoog (meer dan 15%). Ten opzichte van WWL 1.1.0 is dat een toename. De gewogen gemiddelde droogteschade is 14,8% tegen 7,2% in HELP. Dit percentage voor WWL wordt als niet plausibel beoordeeld omdat klei- en vooral zavelgronden bekend staan als niet-droogtegevoelig.

De vergelijking tussen de gesommeerde natschade in WWL (direct plus indirect) vertoont een verrassend goed verband met HELP. Maar de indirecte natschade in WWL 2.0.0 is gezakt van 2,1 naar 0,8%. Dat is grofweg 10% van de natschade in HELP en als niet plausibel beoordeeld.

De indirecte natschade in WWL is met een gewogen gemiddelde van 0,8 % voor kleigrond duidelijk veel lager dan de natschade in HELP (7,1%) terwijl door de bedrijfsintensivering juist een hogere waarde in WWL is te verwachten.

4.4.2.4 Plausibiliteit

De droogteschade in WWL 2.0.0 is voor sommige BOFEK-zandeenheden substantieel hoger dan bij WWL 1.1.0. Maar nog veel 'zand'eenheden hebben bij WWL 2.0.0 veel minder droogteschade dan bij HELP. Als voorbeeld: de relatief veel voorkomende BOFEK-eenheden 312 (o.a. Hn23) en 313 (o.a. pZg23) hebben volgens HELP 14,8 en 8,9% droogteschade en volgens WWL 3,6 en 0,7% droogteschade. Dergelijke grote verschillen en de lage percentages volgens WWL zijn niet plausibel. De R^2 -waarde van 0,23 geeft ook aan dat de

droogteschadeprecentages van WWL vrijwel geen verband vertonen met die van HELP. Daarom worden de resultaten van WWL 2.0.0 voor de droogteschades niet plausibel geacht. De natschade op zandgronden, berekend met WWL 2.0.0, is duidelijk afgenomen t.o.v. WWL 1.1.0 en meer in overeenstemming met HELP. Maar de indirecte natschade in WWL 2.0.0 van 0,7% voor zandgronden komt niet overeen met HELP c.q. praktijkkennis en wordt niet plausibel geacht. Ook is nadere analyse van de oorzaak van de afname van de natschade in WWL 2.0.0 t.o.v. WWL 1.1.0 noodzakelijk.

De indirecte natschade in WWL voor veengronden en kleigronden is niet plausibel. Volgens de in het kader van WWL uitgevoerde kennisinventarisatie met betrekking tot de indirecte natschade bij grasland en mais²⁰ is de draagkracht bij veengronden bij dezelfde grondwaterstand aanzienlijk minder dan bij zandgronden. Dit wordt niet weerspiegeld in de resultaten want de verschillen tussen veen en zand zijn voor dit aspect gering en wellicht een gevolg van over het algemeen diepere grondwaterstanden in het zandgebied. Een nadere analyse kan hierover meer uitsluitsel geven maar het resultaat is vooralsnog als niet plausibel beoordeeld.

De directe natschade in WWL 2.0.0 daarentegen is zeker voor grasland erg hoog. De zuurstof-stressmodule in SWAP-WOFOST is te beschouwen als een goede aanzet maar er dienen veel meer ondersteunende waarnemingen te worden gebruikt om te kunnen beoordelen of de resultaten realistisch zijn. Vooralsnog beoordelen wij de resultaten van WWL 2.0.0 m.b.t. de directe natschade bij grasland als niet plausibel.

Overigens is het een goede zaak dat er in WWL onderscheid wordt gemaakt tussen directe en indirecte natschade omdat daarmee de tabellen klimaatrobuust zijn te maken. Dit was, zoals ook is beschreven in bijlage 1, een belangrijke reden HELP te actualiseren.

4.4.3 Bevindingen en beoordeling plausibiliteit effecten van grondwateronttrekkingen

4.4.3.1 Verwachtingen vooraf

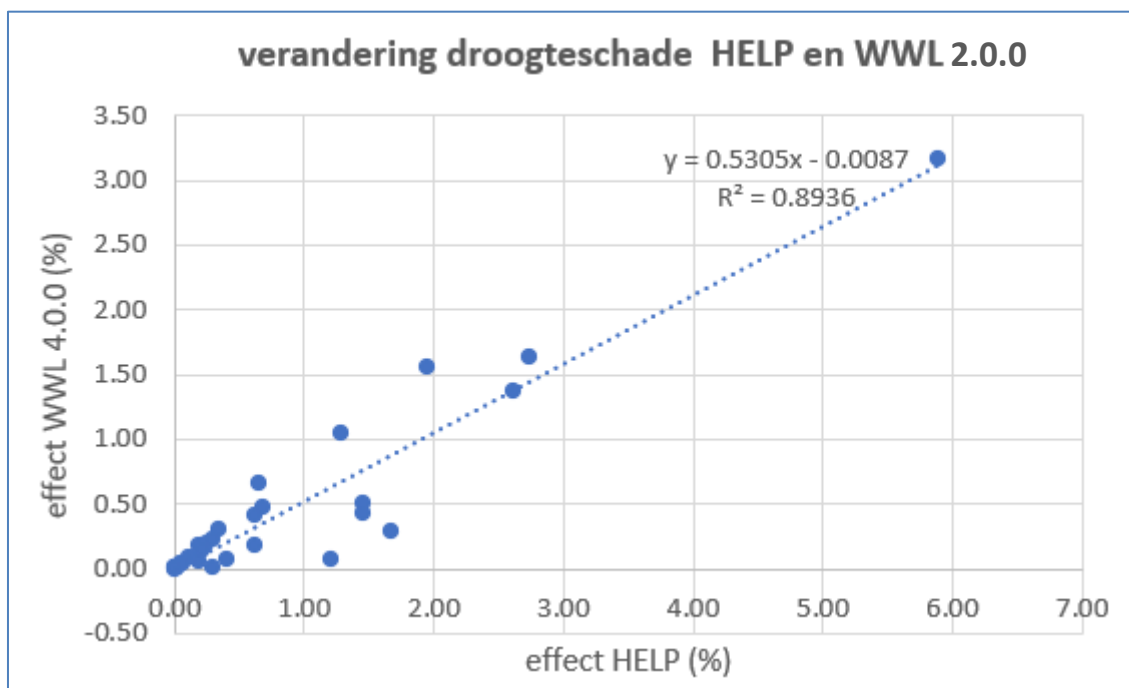
Een groot deel van de drinkwaterwinningen bevindt zich in het zandgebied. In de klei- en veengebieden zijn minder winningen aanwezig en daar zullen de effecten ook kleiner zijn. Het berekende schade-effect geeft daarom vooral idee over hoe de schadefuncties van HELP en

²⁰ Van Bakel, P.J.T. en I. Hoving, 2017. Kennis over indirecte nat- en droogteschade bij gras en maïs voor Waterwijzer Landbouw. STOWA-rapport 2017-Wo1, Amersfoort.

WWL voor 'zand' zich tot elkaar verhouden. De verwachting vooraf is dat de effecten relatief gezien vergelijkbaar zouden zijn. Dus als de schade berekend met WWL in de uitgangssituatie 2x zo groot is als de schade berekend met HELP, dan zou de effectschade als gevolg van een ingreep berekend WWL ook 2x zo groot moeten zijn. Anders gezegd: de effecten tegen elkaar uitgezet (scatterplots van de veranderingen) zien er volgens deze hypothese qua spreiding ongeveer hetzelfde uit als de scatterplots van de uitgangssituatie.

4.4.3.2 Bevindingen

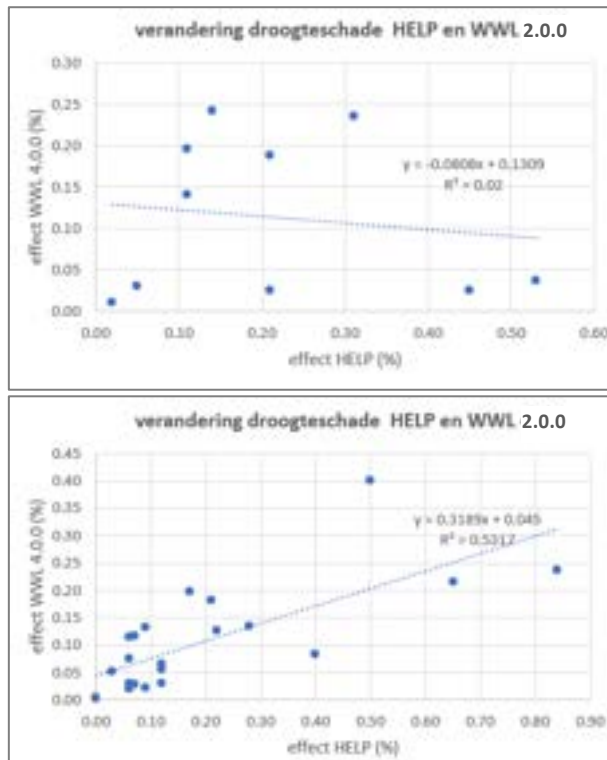
De berekende verandering in droogteschade van HELP en WWL 2.0.0 zijn in onderstaande figuur tegen elkaar uitgezet:



Figuur 15: Relatie tussen verandering in droogteschade in HELP vs. WWL 2.0.0. t.g.v. alle drinkwaterwinningen in Nederland, voor 'zand'gronden

Een R^2 van 0,89 is aanmerkelijk hoger dan de R^2 van 0,23 die werd berekend bij uitzetten van de droogteschades voor 'zand'gronden van HELP tegen WWL 2.0.0 in de uitgangssituatie. Dit is een opmerkelijk resultaat want dat betekent dat een zandeenheid die in de uitgangssituatie bij WWL 2.0.0 bijv. 25% geeft van de droogteschade bij HELP terwijl de verandering in droogteschade bij WWL 2.0.0 60% is van de verandering van de droogteschade bij HELP. Of omgekeerd. Dit vereist nadere analyse. Bijvoorbeeld door per BOFEK-eenheid de relatie tussen GHG/GLG en droogteschade voor zowel HELP als WWL 2.0.0 met elkaar te vergelijken.

De hoge correlaties treden niet op bij de verandering in droogteschade bij veen- en kleigronden. Zie onderstaande figuur.



Figuur 16: Relatie tussen verandering in droogteschade in HELP vs. WWL 2.0.0 t.g.v. alle drinkwaterwinningen in Nederland, voor veengronden (links) en kleigronden

Dat bij veen en klei de correlatie veel lager is, kan veroorzaakt worden doordat bijvoorbeeld de directe natschade het gevolg is van een verzadigde toplaag na neerslag en daarmee gaat de relatie tussen GHG/GLG en natschade min of meer verloren. Nadere analyse is echter noodzakelijk.

4.4.3.3 Plausibiliteit

Bij HELP is de relatie tussen (verandering in GHG/GLG en (verandering in) droogte -en natschade eenduidig. Het feit dat de correlatie tussen verandering in droogteschade bij HELP vs WWL 2.0.0 relatief hoog is betekent dat ook in WWL 2.0.0 bij zandgronden er een goede relatie is tussen (verandering in) GHG/GLG en (verandering in) droogteschade en dat scoort positief als het gaat om plausibiliteit. Echter voor veen- en kleigronden is het verband veel minder eenduidig en dat scoort negatief.

4.5 Effect op schadeberekening

Voor dit onderzoek is vooral belangrijk wat er gebeurt op de zandgronden, hier zijn de meeste drinkwaterwinningen uit grondwater te vinden. Voor deze gronden geldt dat de effectschade voor droogte met ca. 50% afneemt wanneer wordt uitgegaan van WWL 2.0.0 in plaats van HELP. Tegelijkertijd neemt de voorkomen natschade met 20% af. In veel schaderegelingen wordt de voorkomen natschade deels verrekend met de toegenomen droogteschade.

Van Bakel en Hoogewoud (2019) hebben de schade door de waterwinningen van waterleidingbedrijven berekend met HELP. Deze effectschades zijn op basis van de bevindingen over WWL vertaald naar een ingeschatte WWL effectschade. Bij de vertaling zijn de volgende aannames gedaan:

- a) alle schade van deze winningen treedt op in het 'zand'gebied;
- b) de schadepercentages zoals berekend met grasland gelden ook voor andere landbouwkundige gebruiksvormen.

Tabel 9 geeft de resultaten.

*Tabel 8: Vergelijk van landelijke effectschade berekend met HELP, WWL 1.1.0 en WWL 2.0.0, als gevolg van drinkwateronttrekkingen (in %*ha)*

	droogte- schade	20% voorkomen nat- schade	saldo
HELP	693.000	86.000	607.000
WWL 1.1.0	387.000	73.000	314.000
WWL 2.0.0	369.000	56.000	313.000

Uit de tabel is af te lezen dat het saldo van de droogte- en natschade berekend met WWL 2.0.0 ongeveer de helft bedraagt van het saldo berekend met de HELP-tabel.

5 Conclusies, aanbevelingen en discussie

5.1 Conclusies

Een review van het Stowa-rapport '**Opties binnen Waterwijzer Landbouw in 2020. Van WWL-tabel versie 2.0.0 tot maatwerk met WWL-regionaal**' leidt tot bevindingen die zijn beschreven in hoofdstuk 2. In hoofdstuk 3 is een landsdekkende vergelijking gemaakt met de HELP-tabel. Samengevat leidt dit tot de volgende **conclusies**:

1. Het Stowa-rapport is een gedegen rapportage die een goed beeld geeft van de werkzaamheden die zijn verricht om te komen tot een nieuwe versie van WWL (2.0.0). Wij waarderen de manier waarop de *performance* van WWL 2.0.0 en de bijbehorende beperkingen is aangegeven.
2. De in het rapport beschreven vergelijking met de vorige versie van de WWL-tabel maakt duidelijk dat grote veranderingen zijn doorgevoerd met soms grote effecten. Waarmee impliciet wordt gezegd dat praktijktoepassingen van de vorige versie onrealistische uitkomsten gaf.
3. Voor de zandgronden is de conclusie dat de problemen nu grotendeels zijn verholpen niet goed onderbouwd. De droogtestress bij sommige zandgronden wijkt nog steeds onverklaarbaar sterk af van de HELP-tabel. De uitkomsten voor zandgronden van de WWL-tabel worden daarom door ons nog steeds als niet plausibel beoordeeld.
4. De beperkingen van gebruik van de huidige versie van de Staringsreeks-bouwstenen gekoppeld aan BOFEK2012 wordt erkend als een zwakke schakel.
5. Voor het 'opspannen' van het GHG/GLG-domein ten behoeve van de WWL-tabel is een andere werkwijze toegepast, met beroep op de STONE-aanpak. Echter, de STONE-aanpak wordt op vele manieren geweld aangedaan met mogelijk onrealistische gesimuleerde grondwaterstandsverlopen tot gevolg. Uit de vergelijking met WWL-regionaal blijkt dat ook. De conclusie op dit punt kan dan ook niet anders zijn dan: de gehanteerde methode voor opspannen van de opbrengstdervingen in het GHG/GLG-domein is niet geschikt als basis voor de WWL-tabel.
6. De toetsing van de gesimuleerde GHG aan grondwaterstandswaarnemingen met het filter beneden het GHG-niveau gaat bij gronden met een niet verwaarloosbare verticale weerstand boven dat niveau, mank.
7. WWL-maatwerk biedt geen oplossing voor de kritiekpunten op de WWL-tabel omdat a) de grondwaterstandsverlopen aanzienlijk kunnen afwijken van WWL-regionaal en b) er niet geïnterpoleerd wordt in de 'puntenwolk' maar het dichtstbijzijnde punt wordt gekozen. Daardoor kunnen bij ingrepen in het regionale systeem geen opbrengstdervingen worden berekend terwijl die er wel zijn of er kan juist een te groot effect worden berekend. De

'kracht' van de WWL-tabel voor dit aspect (namelijk een continu-functie) wordt ermee te niet gedaan.

8. De natschade bij grasland in WWL is voornamelijk directe natschade (zuurstofstress); bij HELP uitsluitend indirecte natschade. De resultaten van de zuurstofstressmodule in SWAP en de in WWL als nabewerking vastgestelde indirecte natschade voor grasland beoordelen wij als niet plausibel.
9. De uitkomsten van WWL zijn ook niet in overeenstemming met algemeen aanvaarde agrohydrologische kennis. Zo is de droogteschade op zandgronden in WWL lager dan die van de kleigronden (6,4 tegen 14,8%), terwijl de (praktijk) ervaring juist andersom is (juist zandgronden zijn droogtegevoelig). Dat komt ook tot uitdrukking in de HELP-tabel: 12,1% voor zandgronden tegen 7,7% voor kleigronden. Ook is de indirecte natschade op alle grondsoorten bij WWL een fractie van de directe natschade. Dat is niet plausibel omdat de natschade in HELP, die is gebaseerd op de stand van het onderzoek rond 1985, overwegend indirecte natschade is.
10. De meeste grondwateronttrekkingen vinden plaats op de zandgronden. Wanneer voor deze gronden de WWL-tabel wordt toegepast om de droogte- en natschade te berekenen in plaats van HELP-tabel, dan halveert ruwweg de droogteschade en neemt de natschade met 35% af. Als de huidige versie van WWL wordt toegepast om de effectschade van winningen in beeld te brengen is de te vergoeden schade bij toepassing van de 20%-regel voor de natschade ongeveer de helft van de schade berekend met HELP. De halvering van de droogteschadeschade door onttrekking op zandgronden is daarom niet plausibel.
11. Er wordt terecht geconstateerd dat er nog geen validatie van de nieuwe WWL-metarelaties heeft plaatsgevonden.
12. De beoogde validatie met de Groenmonitor is te beperkt.

De landsdekkende vergelijking tussen WWL 2.0.0 en de HELP-tabel leidt tot de volgende **conclusies**:

13. De uitkomsten van WWL zijn als niet plausibel beoordeeld want niet in overeenstemming met algemeen aanvaarde agrohydrologische kennis. Zo is de droogteschade op zandgronden in WWL lager dan die van de kleigronden (6,4 tegen 14,8%), terwijl de (praktijk) ervaring juist andersom is (juist zandgronden zijn droogtegevoelig). Dat komt ook tot uitdrukking in de HELP-tabel: 12,1% voor zandgronden tegen 7,7% voor kleigronden. Ook is de indirecte natschade op alle grondsoorten bij WWL een fractie van de directe natschade. Dat is niet plausibel omdat de natschade in HELP, die is gebaseerd op de stand van het onderzoek rond 1985, overwegend indirecte natschade is. Berekeningen met Waterpas laten ook zien dat de natschade bij grasland vooral indirecte natschade is.
14. De meeste grondwateronttrekkingen vinden plaats op de zandgronden. Wanneer voor deze gronden de WWL-tabel wordt toegepast om de droogte- en natschade te berekenen

in plaats van HELP-tabel, dan halveert ruwweg de droogteschade en neemt de natschade met 35% af. Als de huidige versie van WWL wordt toegepast om de effectschade van winningen in beeld te brengen is de te vergoeden schade bij toepassing van de 20%-regel voor de natschade ongeveer de helft van de schade berekend met HELP. De meer dan halvering van de landbouwschade door onttrekking op zandgronden is zonder verdere onderbouwing als niet-plausibel te beoordelen.

5.2 Aanbevelingen

1. Zolang er a) geen validatie van de WWL-metarelaties heeft plaats gevonden en b) niet door de gebruikers expliciet is uitgesproken dat WWL toepasbaar is voor praktijktoepassingen (waaronder vervanging van de TCGB-tabel), worden praktijktoepassingen van WWL 2.o.o afgeraden. Dit dient expliciet door Stowa te worden gecommuniceerd.
2. Gebruik bij de voorgenomen validatie van het SWAP-WOFOST-model de in voorbereiding zijnde verbeterde Staringsreeksbouwstenen en BOFEK2020.
3. De toegepaste werkwijze voor het opspannen van de opbrengstdervingen in het GHG/GLG-domein t.b.v. de WWL-tabel moet worden herzien. En het resulterende opbrengstdervingsvlak in het GHG/GLG-domein dient daarbij te worden glad gestreken. Ook deze actie moet vooraf gaan aan de voorgenomen validatie.
4. De (on)bruikbaarheid van daadwerkelijk gerealiseerde opbrengsten in de droge jaren 2018, 2019 en 2020 voor de voorgenomen validatie moet worden onderzocht.
5. De validatie van de directe en indirecte natschade moet bij de validatie aparte aandacht krijgen. Toetsing aan hoe in de praktijk de bedrijfsvoering wordt aangepast aan natte omstandigheden is daarbij noodzakelijk. Het door Livestock Research ontwikkelde Waterpas kan daarbij behulpzaam zijn.
6. Bij die validatie moet ook worden bepaald in welke mate de resultaten afwijken van de HELP-tabel. De WWL-tabel is immers bedoeld als vervanger van de HELP-tabel. Ook moeten de oorzaken van de verschillen worden aangegeven en beargumenteerd.

5.3 Discussie

De analyse op basis van de review en de landsdekkende toepassing is dat de WWL-tabel 2.0.0 niet geschikt is voor praktijktoepassing. Een mogelijke reden is dat de daarbij gehanteerde werkwijze om de tabel 'op te spannen' leidt tot onnatuurlijke c.q. onjuiste verbanden tussen GHG/GLG enerzijds en de opbrengstdepressie door vochttekort en wateroverlast anderzijds. Met name de gebruikte onderrandvoorwaarden zijn hiervan de oorzaak. Dit euvel wordt niet verholpen door de maatwerktoepassing want de onderrandvoorwaarde, die bij de gekozen voorbeeldplot hoort, blijft gehandhaafd. Maar wellicht wel door een slimmere keuze van de onderrandvoorwaarde.

Los daarvan: de vraag of de grondwaterstandskarakteristieken GHG en GLG wel goede maatstaven zijn voor de bepaling van de opbrengstdepressies door vochttekort en wateroverlast is al eerder aan de orde gesteld.

Bij de maatwerk-regionaal-aanpak speelt dit probleem niet. Stel dat de hydrologische goedgekeurde gemeente besluit alleen nog maar de maatwerk-regionaal-aanpak toe te passen. Dat zou een ware revolutie betekenen. Maar als daarmee de gesignaleerde problemen met de onderrandvoorwaarden in de WWL-tabel wordt aangepakt dan is dat wel een te overwegen werkwijze. Dit zou dus expliciet moeten worden onderzocht. Een mogelijk resultaat dat de in dit rapport als niet-plausibel beoordeelde resultaten van de WWL-tabel, in vergelijking met de HELP-tabel c.q. de hydrologische expertkennis, wordt herzien.

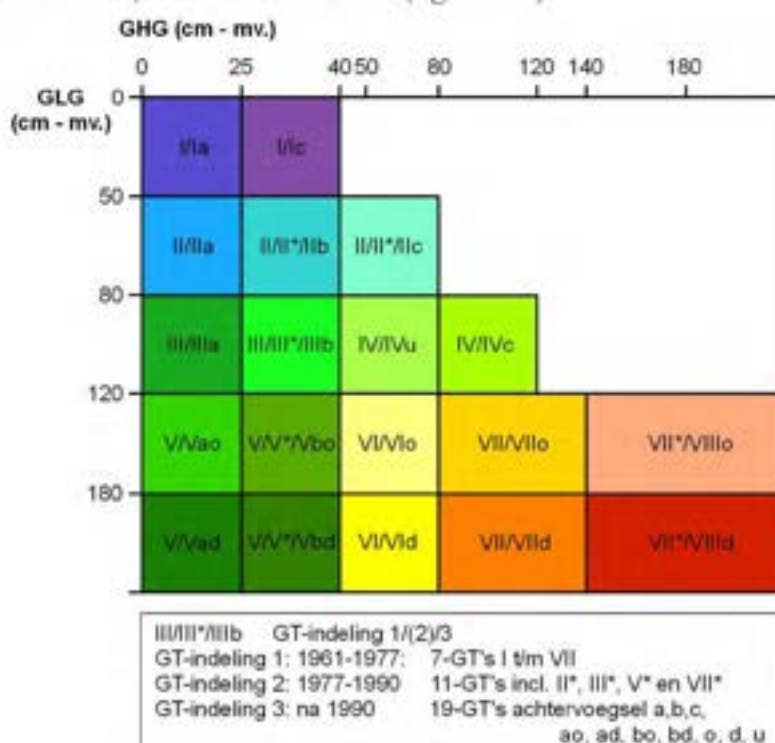
Bijlage 1: Korte beschrijvingen van de HELP- en de WWL-tabel en van de noodzaak voor actualisatie van de HELP-tabel

B1.1 Korte beschrijving van de HELP-tabel

De lopende en historische schaderegelingen bij grondwateronttrekkingen is gebaseerd op uit veldonderzoek en/of modelberekeningen afgeleide verlaging van de grondwaterstand als gevolg van die onttrekkingen. Deze verlagingen worden per schadevlak (een unieke combinatie van bodemtype en Grondwatertrap²¹) vertaald naar een verlaging van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand en de Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GHG resp. GLG). Hieruit wordt de Gemiddelde VoorjaarsGrondwaterstand (GVG) afgeleid. Vervolgens worden de zogenoemde TCGB-tabellen toegepast die reeds eerder zijn aangehaald. De TCGB-tabellen zijn afgeleid van de HELP-tabellen en het is dus toegestaan de HELP-tabellen toe te passen. De HELP-tabel en de daarvan afgeleide TCGB-tabellen die worden gebruikt bij de vaststelling van

21

Gt (Grondwatertrap) is een typische combinatie van GHG- en GLG-klassen welke op onderstaande wijze is onderverdeeld (figuur 1.2).



landbouwschade van waterhuishoudkundige maatregelen en grondwaterwinningen is al decennia de facto de standaardmethode om landbouwschades vast te stellen.

Als we de GHG en GLG in het referentiescenario toepassen kunnen we de nat- en droogteschade in het referentiescenario, uitgedrukt als percentage van de in de praktijk maximaal haalbare gewasopbrengst bepalen. Als we dit ook doen voor scenario 1 en de aldus bepaalde nat- en droogteschade daarvan aftrekken vinden we per landbouwgridcel de verandering in nat- en droogteschade. Dit is echter alleen toegestaan voor niet beregenbare landbouwgrids omdat door berekening de relatie tussen GHG en GLG enerzijds en nat- en droogteschade anderzijds verloren gaat.

Belangrijk is op te merken dat de met de HELP-tabel bepaalde opbrengstreducties voor de droogteschade gelijk zijn aan de procentuele verandering in totale gewasverdamping per groeiseizoen gemiddeld over een periode van 1950 t/m 1979. De natschade is gebaseerd op expertrelaties en voorlopige resultaten van onderzoek door het ICW. Zie verder het rapport van de Werkgroep HELP-tabel. Deze relaties zijn ten behoeve van Waternood verder verfijnd en aangevuld en zijn als computerapplicatie raadpleegbaar (Zie www.help200x.alterra.nl) of als nabewerking te koppelen aan grondwatermodellen. De nabewerkingstool AGRICOM bevat deze verfijnde HELP-tabellen en is binnen LHM de standaard nabewerking als het gaat om nat- en droogteschade als fractie van de potentiële fysieke gewasopbrengst (in kg). Vermenigvuldiging met de kg-prijs minus de met de aan oogstomvang te relateren kosten levert per gewas de schade in euro's.

B1.2 Waarom actualisatie van de HELP-tabel?

De in hoofdstuk 2 aangehaalde publicatie van Van Bakel en Van den Eertwegh geeft de redenen waarom de droogteschade en natschade in de HELP-tabel dienen te worden geactualiseerd. Voor de droogteschade, zie onderstaande uitsnede uit deze publicatie.

De berekening van droogteschade in de HELP-tabel met het LAMOS-model is om meerdere redenen achterhaald:

- De quasi-stationaire rekenwijze van LAMOS is te vervangen door een niet-stationaire berekening met het model Soil Water Atmosphere Plant (SWAP), waardoor sommige model-artefacten niet meer optreden;
- De onderrandvoorwaarde 'op 1 april altijd starten met de dezelfde grondwaterstand en veeljarig gemiddeld op 1 oktober uitkomen op de GLG' was destijds een noodzakelijke vereenvoudiging vanwege rekentijden, maar met SWAP kan moeiteloos 30 jaar achter elkaar worden doorgerekend;
- Alleen de langjarig gemiddelde schade is in de tabel opgenomen. In de praktijk zijn we steeds meer geïnteresseerd in de variatie van de droogteschade in de tijd, van jaar tot jaar, of zelfs binnen een specifiek jaar;
- De gebruikte meteorologische invoerdata zijn uit de periode 1951-1980. Nu zijn recentere weerreeksen beschikbaar. Ook KNMI-klimaatreeksen zijn te genereren;
- Er zijn voor een beperkt aantal gewassen berekeningen uitgevoerd. Dit aantal kan worden uitgebreid;
- Er wordt geen rekening gehouden met het feit dat langdurige droogtestress kan leiden tot structurele schade aan het gewas, zoals vroegtijdig afsterven van aardappelen of afsterven van de graszode. Dit fenomeen is van aanzienlijke invloed op de gewasschade.

Voor de natschade werden als redenen voor actualisatie aangevoerd dat de schades niet reproduceerbaar zijn want gebaseerd op (verouderde) expertkennis want gebaseerd op de bedrijfsvoering anno 1990. Ook het klimaat is veranderd waardoor bijv. de start van het groeiseizoen eerder in het jaar valt.

Bovengenoemde punten zijn ook van toepassing op de TCGB-tabel behalve het achterhaald zijn van de gebruikte klimaatreeks. In de TCGB-tabel zijn per droogteklassejaar opbrengstreducties gegeven. Een veranderd klimaat kan worden vertaald in een verschuiving van kansen op een bepaald droogteklassejaar.

B1.3 Korte beschrijving van de WWL-tabel

Met de WWL-tabel wordt per BOFEK2012-eenheid voor een groot aantal gewassen een relatie gelegd tussen de inputvariabelen GHG en GLG en verschillende vormen van landbouwschade. Daarbij wordt een onderscheid gemaakt in directe en indirecte schade. Directe schade is de reductie van de gewasopbrengst als gevolg van reductie in gewasverdamping. Deze reductie treedt op als gevolg van een reductie in de wateropname van de wortels door te droge of te natte omstandigheden (door vochtstress resp. zuurstofstress); indirecte schade zijn oogstverliezen of te maken kosten als gevolg van verstoring in de bedrijfsvoering waarbij de mate van

verstoring is gekoppeld aan een hydrologische variabele zoals de drukhoogte in de wortelzone.

De tabellen worden geproduceerd met SWAP-WOFOST waarin de hydrologie van de onverzadigde zone is gekoppeld aan de gewasgroei. Dus als er verdampingsreductie optreedt treedt er in principe ook een vermindering van de gewasgroei plaats. De reductie van de wateropname door de wortels wordt berekend als functie van de drukhoogte van de verschillende modelcompartimenten in de wortelzone. De reductie van de gewasopbrengst als gevolg van een te droge wortelzone (hoge vochtspanning) noemen we directe droogteschade op; idem bij een te natte wortelzone directe natschade. Zout in de wortelzone Boven een bepaalde drempelwaarde kan ook leiden tot reductie in wateropname. Dit noemen we zoutschade.

Het SWAP-WOFOST model is in essentie een 1-D-model van de onverzadigde zone met als bovenrandvoorwaarde de meteorologische data: neerslag en verdamping en als onderrand de relatie met het verzadigde grondwatersysteem (in de vorm van een exponentiele relatie).

Elke unieke combinatie van gewas en bodem wordt met een bepaalde onderrandvoorwaarde met een klimaatreeks van 30 jaar doorgerekend. Elke run genereert o.a. een grondwaterstandsverloop waaruit de GHG en GLG kan worden afgeleid. Daarnaast de potentiële en actuele verdamping en de potentiële en actuele gewasopbrengst. Ook wordt bijgehouden waarvoor een reductie van de gewasopbrengst wordt veroorzaakt. Door elke unieke combinatie door te rekenen met verschillende onderrandvoorwaarden kan een tabel worden opgebouwd met de GHG en GLG als input en de langjarig gemiddelde gewasopbrengstreductie als output, opgesplitst naar de oorzaak. Ook kan uit de resultaten de spreiding in opbrengstreducties tussen de jaren worden bepaald.