



Landsdekkende vergelijking WaterWijzer Landbouw (WWL), versie 4.0.0, met de HELP-methode voor de berekende droogte- en natschade van grasland

Een verkennende studie naar de toepasbaarheid van de WWL 4.0.0, uitgevoerd in opdracht van Droogteschade B.V.



Wageningen/Houten, september 2020

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

J.C. Hoogewoud (Advies in Water)

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
1.1	Aanleiding	7
1.2	Probleem- en doelstelling	8
1.3	Leeswijzer	8
2	Achtergronden	11
3	Materiaal en methoden	15
3.1	Inleiding	15
3.2	Methode	15
4	Resultaten scenario 'huidige situatie'	19
4.1	Inleiding	19
4.2	De verschillen landsdekkend in beeld	21
4.3	Resultaten per BOFEK-eenheid	23
4.3.1	Veengronden	24
4.3.2	Moerige gronden plus zandgronden	27
4.3.3	Kleigronden	29
4.3.4	Conclusie	31
5	Resultaten scenario 'winnings uit'	33
5.1	Inleiding	33
5.2	Werkwijze	33
5.3	Resultaten	33
6	Analyse van de resultaten	37
6.1	Beoordelingskader	37
6.2	Bevindingen en beoordeling plausibiliteit scenario 'huidige situatie'	39
6.2.1	Veengronden	39
6.2.2	Moerige gronden en zandgronden	39
6.2.3	Kleigronden	41

6.2.4	Plausibiliteit	41
6.3	Bevindingen en beoordeling plausibiliteit effecten van grondwateronttrekkingen	42
6.3.1	Verwachtingen vooraf.....	42
6.3.2	Bevindingen	43
6.3.3	Plausibiliteit	44
6.4	Effect op schadeberekening	45
7	Conclusies en Aanbevelingen	47
7.1	Conclusies	47
7.2	Aanbevelingen	48
Bijlage 1: Korte beschrijvingen van de HELP- en de WWL-tabel en de noodzaak voor actualisatie van de HELP-tabel		49
Korte beschrijving van de HELP-tabel		49
Waarom actualisatie van de HELP-tabel?.....		50
Korte beschrijving van de WWL-tabel		51

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

De HELP-tabel en de TCGB-tabel zijn de geijkte methoden om bij een gegeven grondwaterstandsverloop en bodemtype een gewasschade (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 droogte- en natschades.

Om verschillende redenen zijn de HELP- en TCGB-tabel aan vervanging toe. Hiervoor wordt een nieuwe methode ontwikkeld, de WaterWijzer Landbouw (WWL), waarmee droogte- en natschades 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). De WWL-tabel zal naar verwachting de HELP- en TCGB-tabel, op termijn, gaan vervangen.

Uit een vorige analyse¹ is gebleken dat rekenresultaten van de WWL-tabel 3.0.2 voor wat betreft de droogte- en natschade sterk afwijken van de resultaten van de HELP-tabel resp. de TCGB-tabel, zonder dat daarvoor een logische onderbouwing is gegeven. Ook is uit die analyse gebleken dat de landbouwschade door permanente grondwateronttrekkingen, die vaak op zandgronden plaatsvinden, aanzienlijk minder is dan op basis van de HELP-tabel wordt berekend. Daarom is de conclusie getrokken dat de WWL-tabel 3.0.2 ongeschikt is voor praktisch gebruik. De uitkomsten van WWL 3.0.2 op 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 4.0.0. Deze is in juli 2020 voor praktische toepassing vrij gegeven. Het ontwikkelteam WWL heeft echter geen (landelijke) vergelijking gemaakt met de vorige WWL-tabel c.q. met de HELP-tabel hetgeen als een omissie is te beschouwen.

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.

Bij eerdere landelijke analyses voor Droogteschade.nl (DNL) is de HELP-tabel gebruikt om landbouwschades (droogte- en natschade) te berekenen. De TCGB-tabel is een verbijzondering van de HELP-tabel en de aanname is dat die twee tabellen redelijk vergelijkbare schades uitrekenen. Het is van belang te weten hoe WWL 4.0.0 zich verhoudt tot schades berekend met HELP en of WWL geschikt is om HELP/TCGB te vervangen. Daarom zijn in opdracht van Droogteschade.nl de resultaten van HELP en WWL 4.0.0 opnieuw met elkaar vergeleken. Ter wille van de zelfstandige leesbaarheid van deze actualisatie zijn delen van de vorige analyse integraal overgenomen, in het bijzonder de hoofdstukken H2 (Achtergronden), H3 (Materiaal en methoden) en Bijlage 1.

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 onvoldoende bekend is welke veranderingen in droogte- en natschade zullen optreden bij vervanging van de TCGB-tabel door de WWL-tabel en wat de verklaring is voor die veranderingen. Doel van deze notitie is aan te geven wat de consequenties zijn als de HELP- c.q. de TCGB-tabel vervangen wordt door WWL-tabel 4.0.0.

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.

H3 gaat in de op de methode die is gebruikt om de probleemstelling te onderzoeken, nl rekenen met LHM en de daarvan afgeleide GHG en GLG per rastercel van 250 m als input te gebruiken voor HELP resp. WWL. Daarbij is zowel de huidige situatie qua landgebruik als grondwateronttrekkingen als de situatie dat alle grondwaterwinningen modelmatig uit zijn gezet berekend.

In H4 en H5 worden de resultaten van de vergelijking gepresenteerd en beschreven van de huidige situatie (alle winningen aan) resp. van de effecten van de drinkwaterwinningen.

Op basis hiervan wordt een H6 een analyse uitgevoerd en een oordeel gegeven over de plausibiliteit van de resultaten van WWL 4.0.0.

Ook wordt in dit hoofdstuk beschreven wat de consequenties kunne zijn voor bepaling van de landbouwkundige schade door grondwaterwinningen als de HELP-tabel wordt vervangen door de WWL 4.0.0-tabel.

In H7 ten slotte worden conclusies getrokken m.b.t de toepasbaarheid van WWL 4.0.0 voor toepassing als schadebepaler van effecten van grondwaterstandsverandering door grondwaterwinningen en worden aanbevelingen gedaan .

2 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 potentiële verdamping. Dit noemen we actuele verdamping. Als de actuele verdamping geringer is dan de potentiële verdamping treedt droogteschade op waardoor 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 bereiden 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 en eventueel voor verschillende droogteklassejaren berekeningen uitgevoerd waarbij per grondwatertrap de nat- en droogteschade is vastgesteld. Het meest bekende voorbeeld is de daaruit voortgekomen HELP-tabel². 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-bodemeenheden de droogteschade geeft voor 11 droogteklassejaren waaruit de langjarig gemiddelde droogteschade is 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.

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.

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 bij projecten waarbij bekend moet zijn hoe de doelrealisatie van de landbouw door waterhuishoudkundige maatregelen verandert.

Echter, er zijn veel argumenten te noemen waarom de HELP-tabel (en daarmee ook de TCGB-tabel) niet meer actueel is. Zie de betreffende publicaties van o.a. Van Bakel en Heijkers⁵ en Van Bakel en Van den Eertwegh⁶.

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.

Zie ook bijlage 1 voor een korte beschrijving.

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.

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 Materiaal en methoden

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de methode van onderzoek beschreven. Er is 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-eenheid⁸. 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 wiskundige functies gedefinieerde bodemfysische eigenschappen⁹. In de volgende paragraaf wordt de gekozen methode nader toegelicht en enkele keuzes verder onderbouwd.

3.2 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.
- **'winnings 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)¹⁰. Door de hierbij met WWL en HELP berekende droogte- en 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.

⁸ Wösten, H. et al., 2013. BOFEK₂₀₁₂, de nieuwe bodemfysische schematisatie van Nederland. Alterra-rapport 2387, Wageningen.

⁹ Wösten, H. et al., 2001. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks. Alterra-rapport 153.

¹⁰ Van Bakel, P.J.T. en J.C. Hoogewoud, 2019. De effecten van permanente grondwateronttrekkingen door waterleidingbedrijven voor de landbouw in Nederland.

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

- landgebruik;
- bodemtype;
- grondwaterstand.

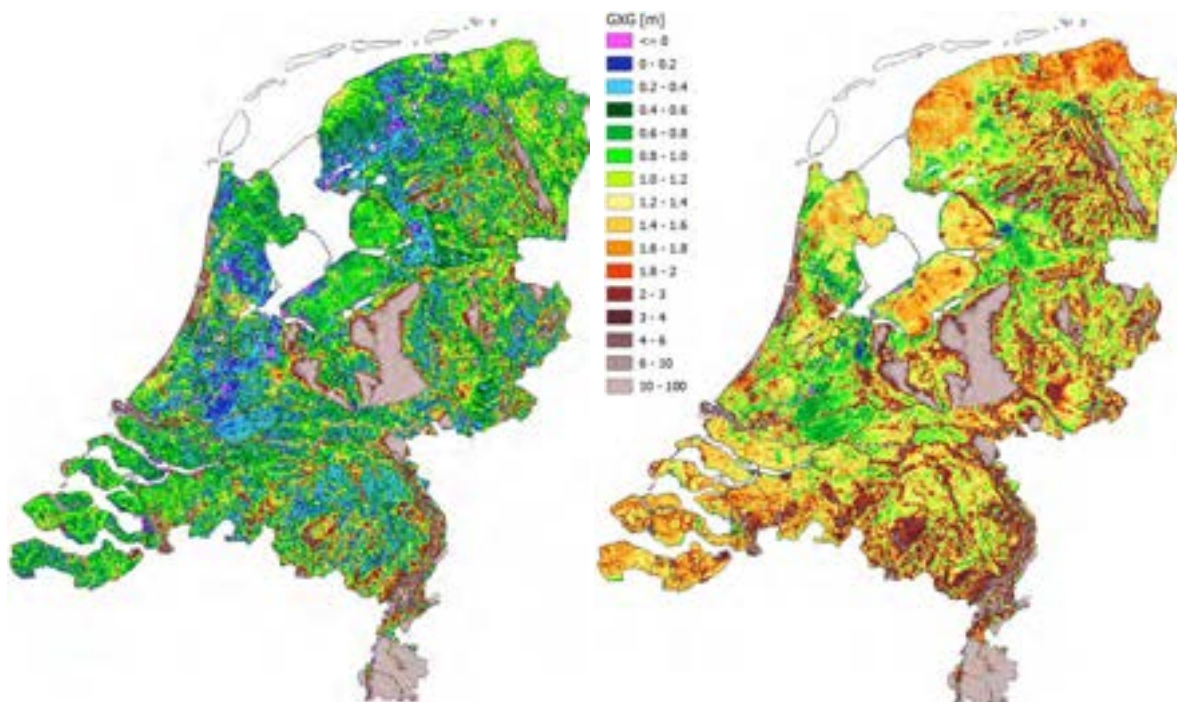
De verschillende invoerbestanden en de gemaakte keuzes worden hierna beschreven.

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.

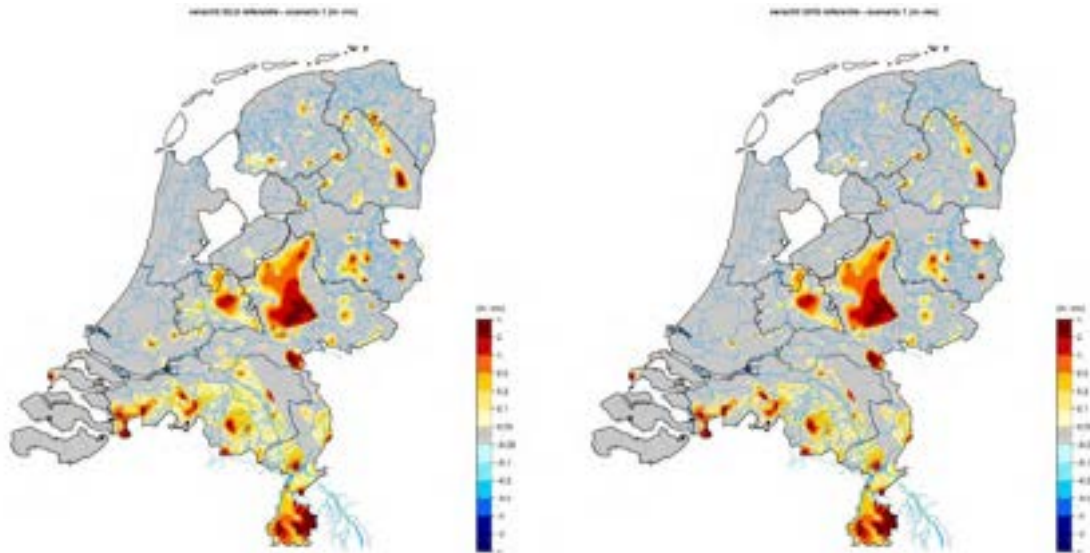
Grondwaterstanden

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 berekend met het LHM "as is" voor de periode 1998-2006 (zie Figuur 1). De GHG en GLG zijn dus voor alle doorgerekende grids voor HELP en WWL gelijk.



Figuur 1: 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 2: 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 LHM¹¹ gebruikt. Deze bodemkaart bestaat inmiddels uit een 363 eenheden en wordt door AGRICOM¹² 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

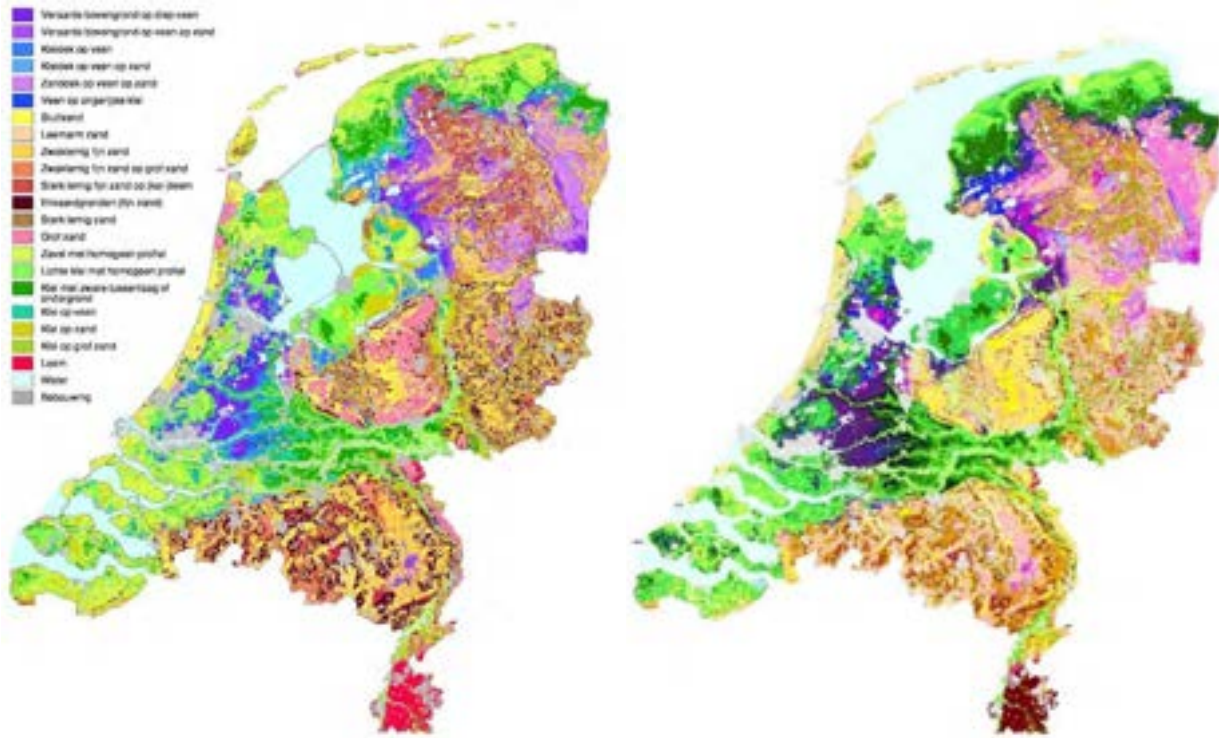
Er is niet gerekend met de zoutschade-optie van WWL omdat dit voor de probleemstelling niet relevant is.

¹¹ De Vries, F., 2008. NHI, deelrapport bodem. Versie: NHI\FASE_1+\2008\DR11\1v. Deltares.

¹² 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 3: Gebruikte bodemtypes. Links de LHM-bodemschematisatie voor HELP en rechts BOFEK2012 voor WWL

Gebruikte versies van de schadetabellen

De HELP-tabel is doorerekend met AGRICOM versie 2.05 en de WWL-tabel met de desktop-tool versie 4.0.0 (juli 2020). Met beide tabellen is de gemiddelde jaarlijkse schade berekend.

4 Resultaten scenario 'huidige situatie'

4.1 Inleiding

Zoals eerder aangegeven worden de resultaten van de WWL 4.0.0 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 4.0.0 (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 4.0.0 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 4.0.0-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 hoofdbodentypen op landelijke schaal weergegeven.

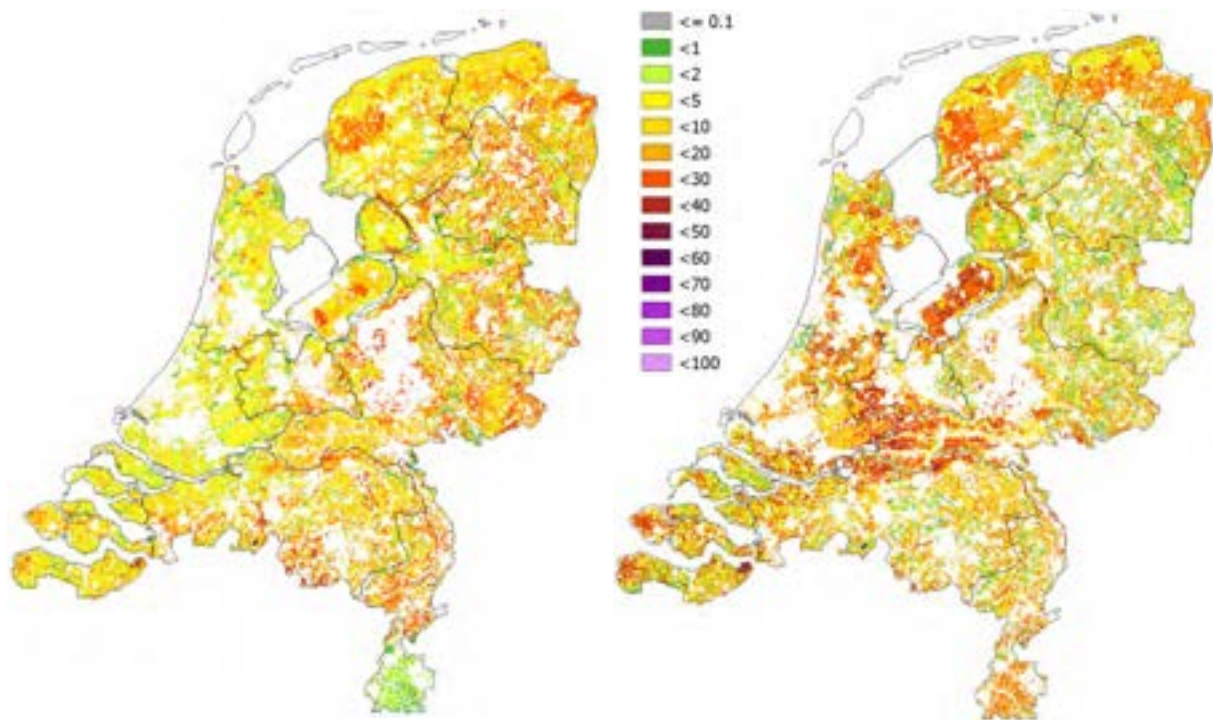


Figuur 4: Verbreiding van de BOFEK-hoofdbodentypen

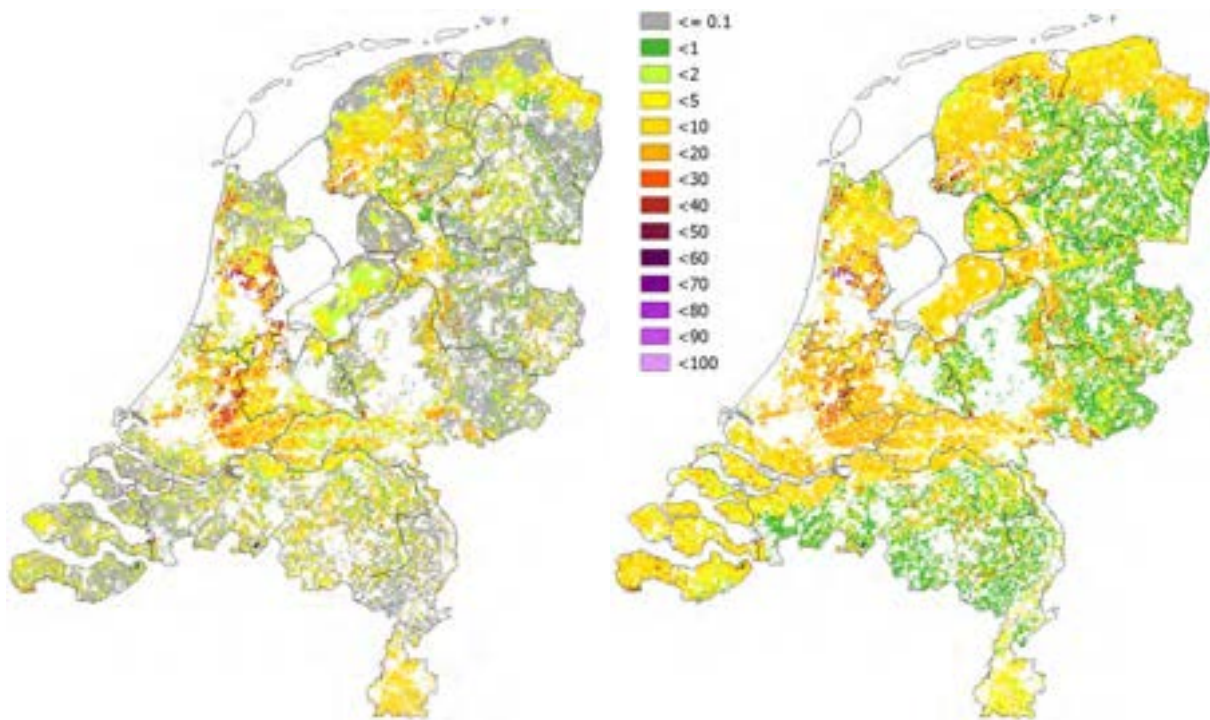
De verbreiding van veen- en kleigronden valt redelijk samen met het holocene deel van Nederland dat overwegend **niet** vrij afwaterend (bemalen) is en waar op niet al te grote diepte het grondwater zout is. De verbreiding van de moerige gronden en zandgronden valt redelijk samen met het vrij afwaterende 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 De verschillen landsdekkend in beeld

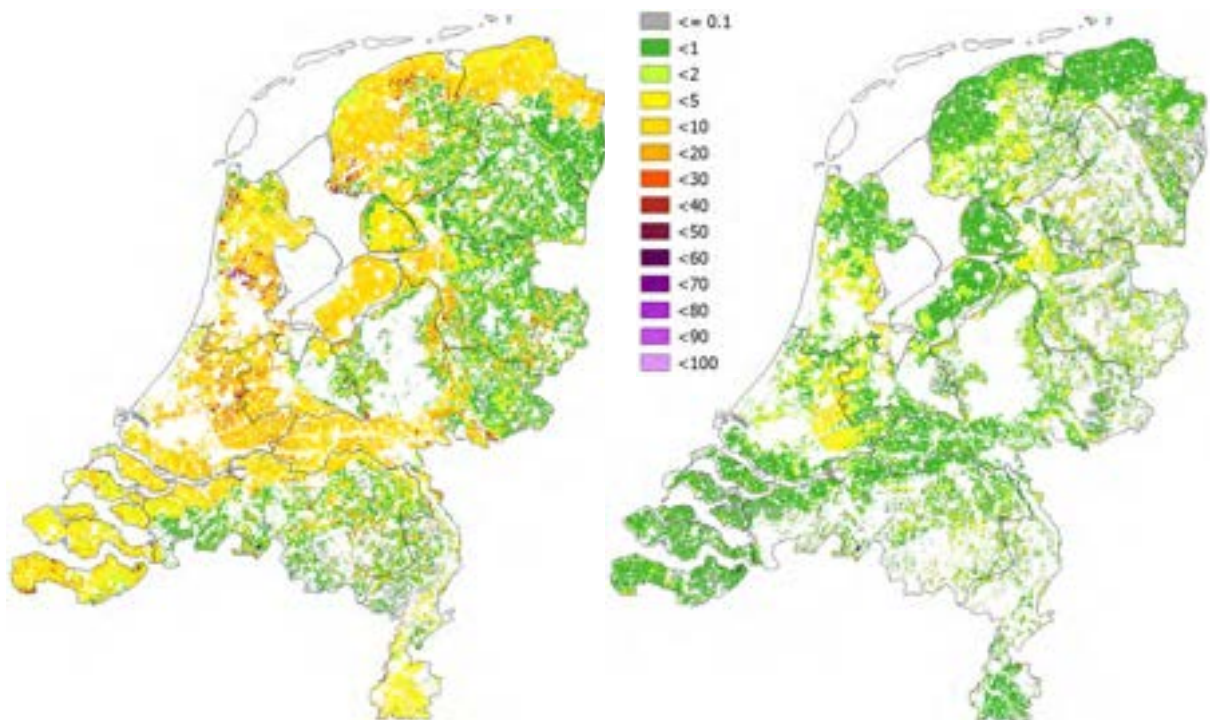
De met LHM berekende GHG en GLG per grid zijn gebruikt om daarvoor de droogte- en nat-schade te berekenen met de HELP-tabel en de WWL-tabel. Zie hoofdstuk 3. Deze zijn landsdekkend in beeld gebracht waardoor een visuele vergelijking mogelijk is. Zie onderstaande figuren.



Figuur 5: De met HELP en WWL 4.0.0 berekende droogteschade (%) voor LHM landbouwgrids. Links droogteschade met HELP; rechts droogteschade met WWL 4.0.0



Figuur 6: De met HELP en WWL4.0.0 berekende natschade (%) voor LHM landbouwgrids. Links natschade met HELP; rechts gesommeerde natschade met WWL 4.0.0



Figuur 7: De met WWL 4.0.0 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.

4.3 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.

4.3.1 Veengronden

In onderstaande figuur 6 zijn voor de 10 BOFEK-eenheden die zijn te typeren als veengrond de droogteschade van HELP resp. WWL 4.0.0 en de natschade van HELP en de gesommeerde resp. de directe natschade van WWL 4.0.0 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.

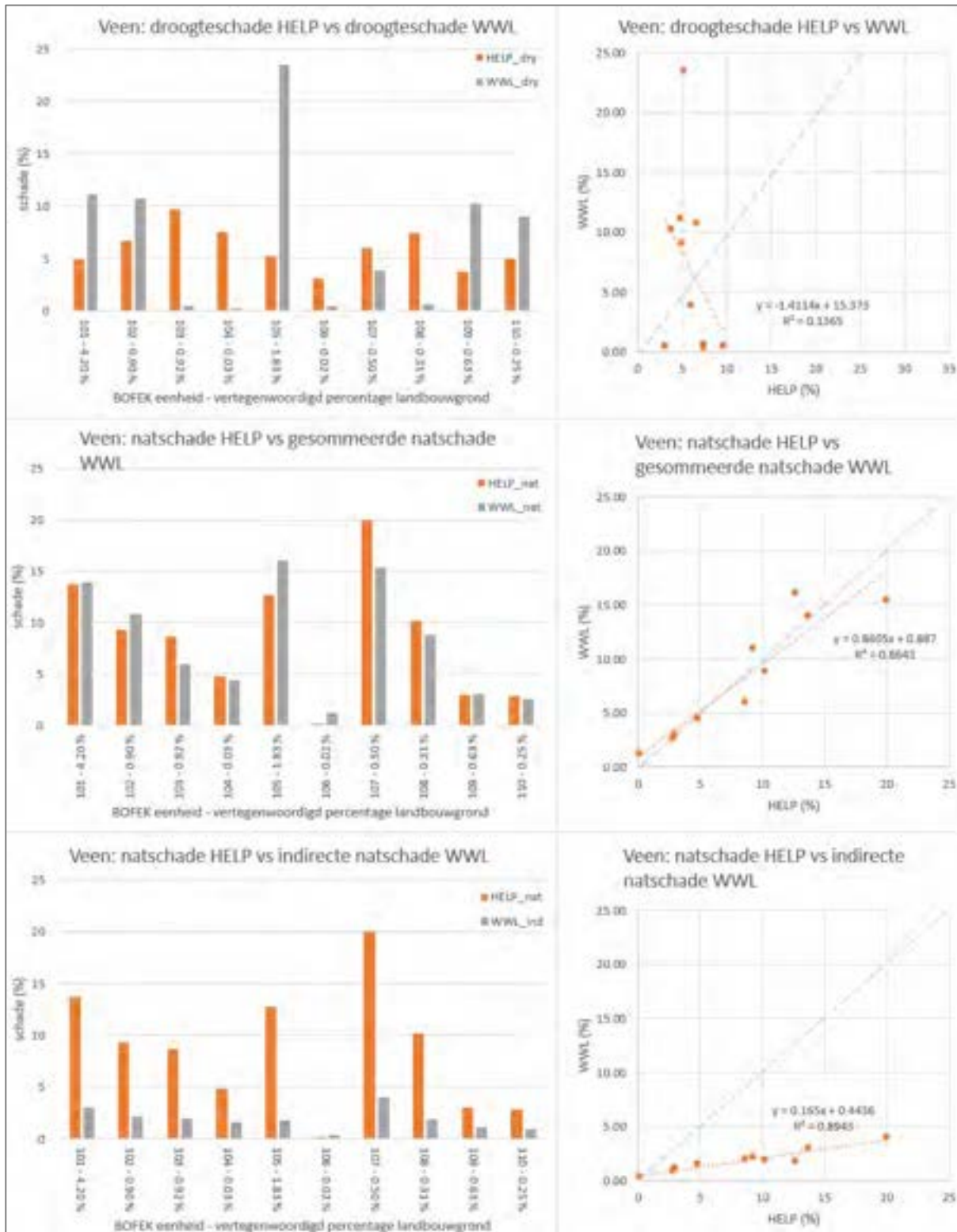
De gesommeerde natschade in WWL (direct plus indirect) lijkt veel op de natschade in HELP. Dit geldt echter niet voor de indirecte natschade in WWL. Die is structureel veel geringer dan de natschade in HELP.

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 3.0.2	WWL 4.0.0
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 3.0.2 zijn de veranderingen in WWL 4.0.0 gering.



Figuur 8: Berekende schades HELP vs. WWL 4.o.o, voor de verschillende BOFEK-veengronden. Links staafdiagrammen en rechts dezelfde informatie als scatterplot

4.3.2 Moerige gronden plus zandgronden

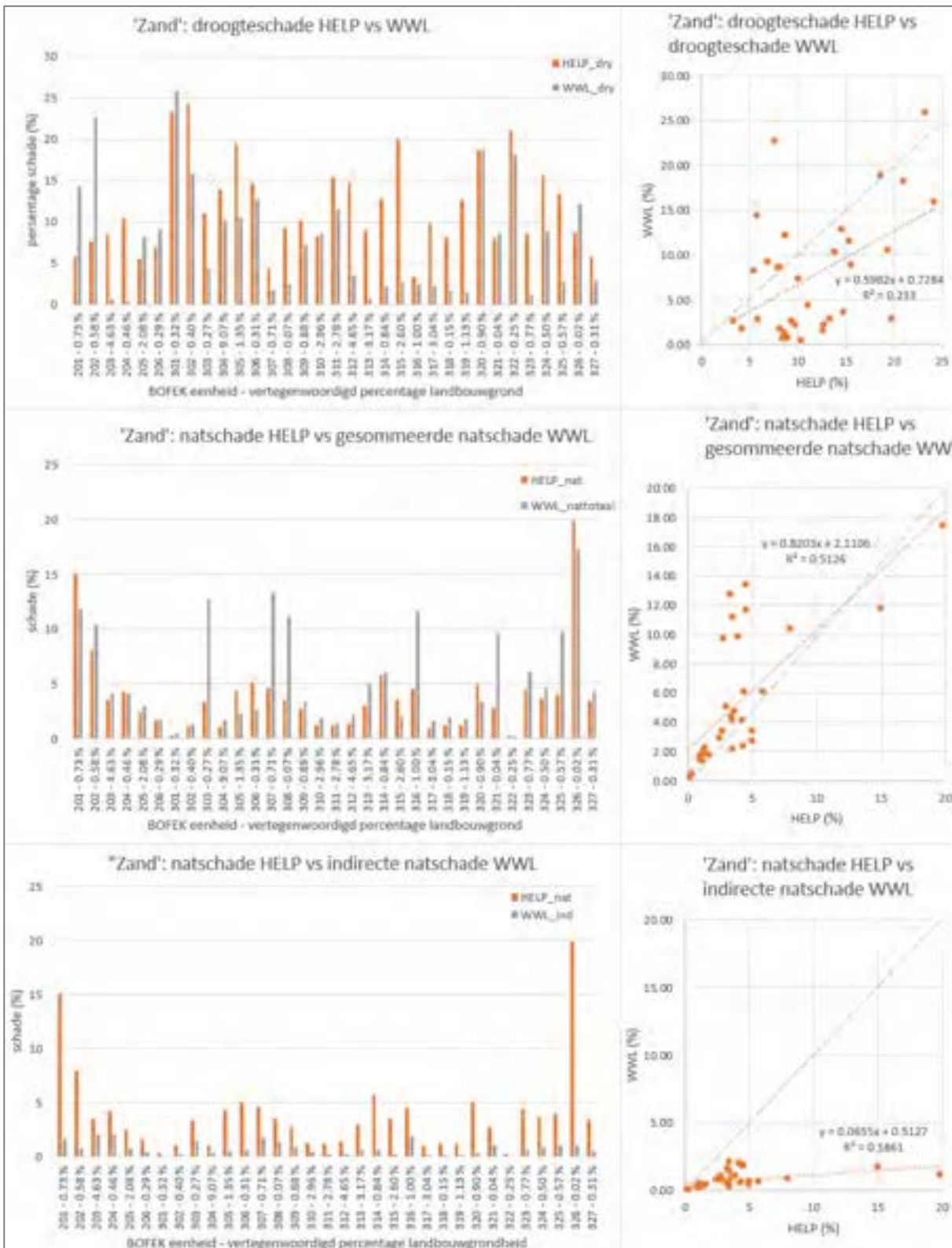
In onderstaande figuur 7 zijn voor de 32 BOFEK-eenheden die als moerige grond of als zandgrond (hierna 'zand'gronden) zijn te typeren de droogteschade van HELP resp. WWL 4.0.0 en de natschade van HELP en gesommeerde resp. de directe natschade van WWL 4.0.0 als staafdiagram weergegeven. Per staafdiagram is die informatie ook weer in de vorm van een scatterplot weergegeven.

Voorde meest voorkomende zandgrond (BOFEK-eenheid 304; podzolgrond) is de droogteschade berekend met WWL 4.0.0 nu ongeveer gelijk aan HELP. Maar veel andere zandgronden is de overeenkomst tussen HELP en WWL 4.0.0 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 3.0.2. Opvallend is wel de geringe directe natschade in WWL 4.0.0 t.o.v. WWL 3.0.2.

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

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

	HELP	WWL 3.0.2	WWL 4.0.0
Droogteschade	12,1	4,1	6,4
Natschade indirect	2,6	1,9	0,7
Natschade gesommeerd		8,3	3,3



Figuur 9: Berekende schades HELP vs WWL 4.o.o, voor de verschillende BOFEK 'zand'gronden. Links staafdiagrammen en rechts dezelfde informatie als scatterplot

4.3.3 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 4.0.0 een droogteschade die hoger is dan HELP. Het verband tussen de droogteschades berekend met beide methodes is gering.

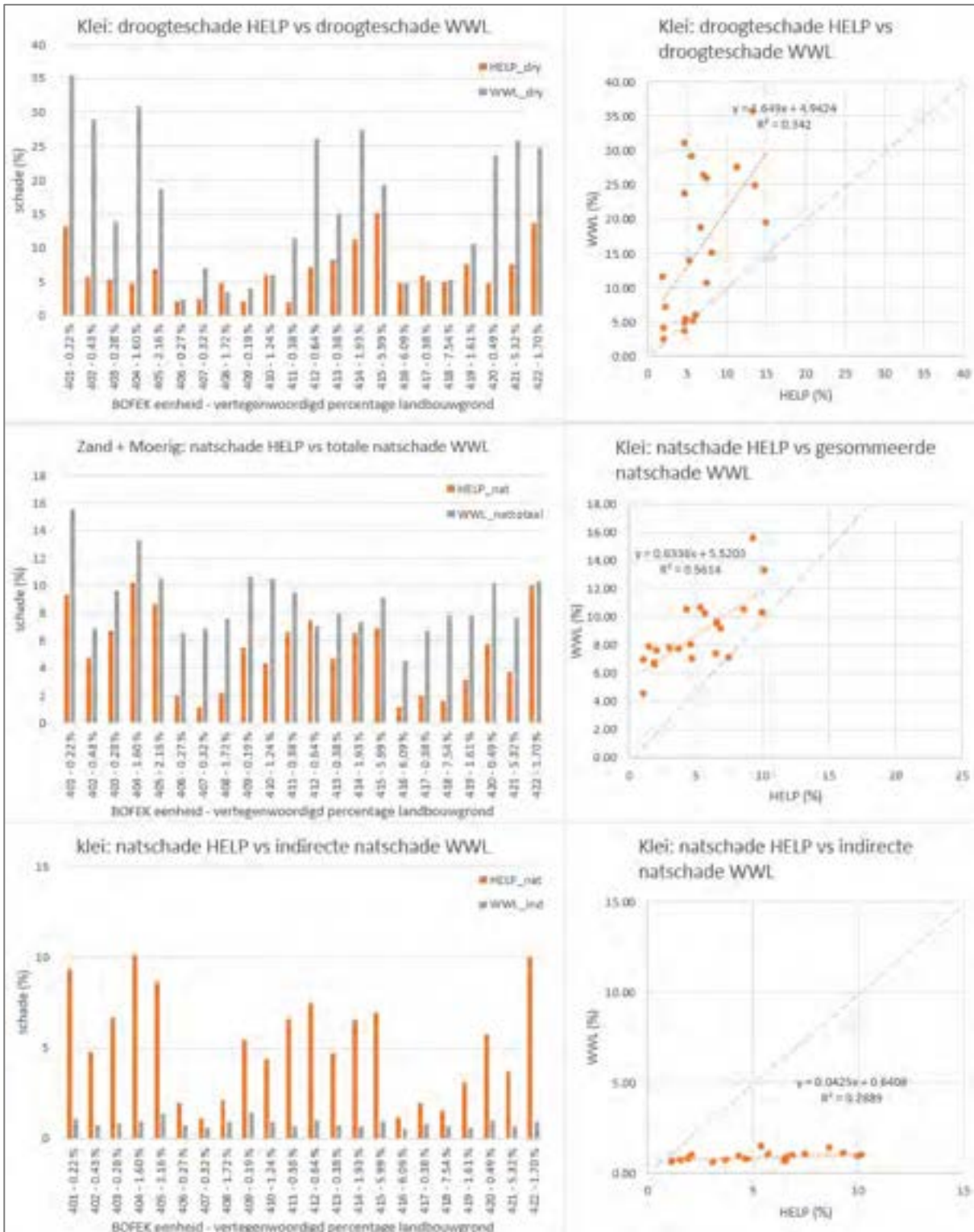
Voor de berekende gesommeerde natschades in WWL 4.0.0 en de natschade in HELP is een duidelijker verband zij het met systematisch hogere schade in WWL 4.0.0. Dat is een opvallende verandering tov WWL 3.0.2 waarbij de spreiding veel groter was. De indirecte natschade in WWL is veel geringer dan de natschade 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 3.0.2	WWL 4.0.0
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 4.0.0 t.o.v. WWL 3.0.2.



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

4.3.4 Conclusie

Grosso modo is de overeenkomst tussen de resultaten van HELP en WWL 4.0.0 gering en niet opvallend toegenomen t.o.v. WWL 3.0.2. Wel zijn er enige opvallende veranderingen t.o.v.

WWL 3.0.2:

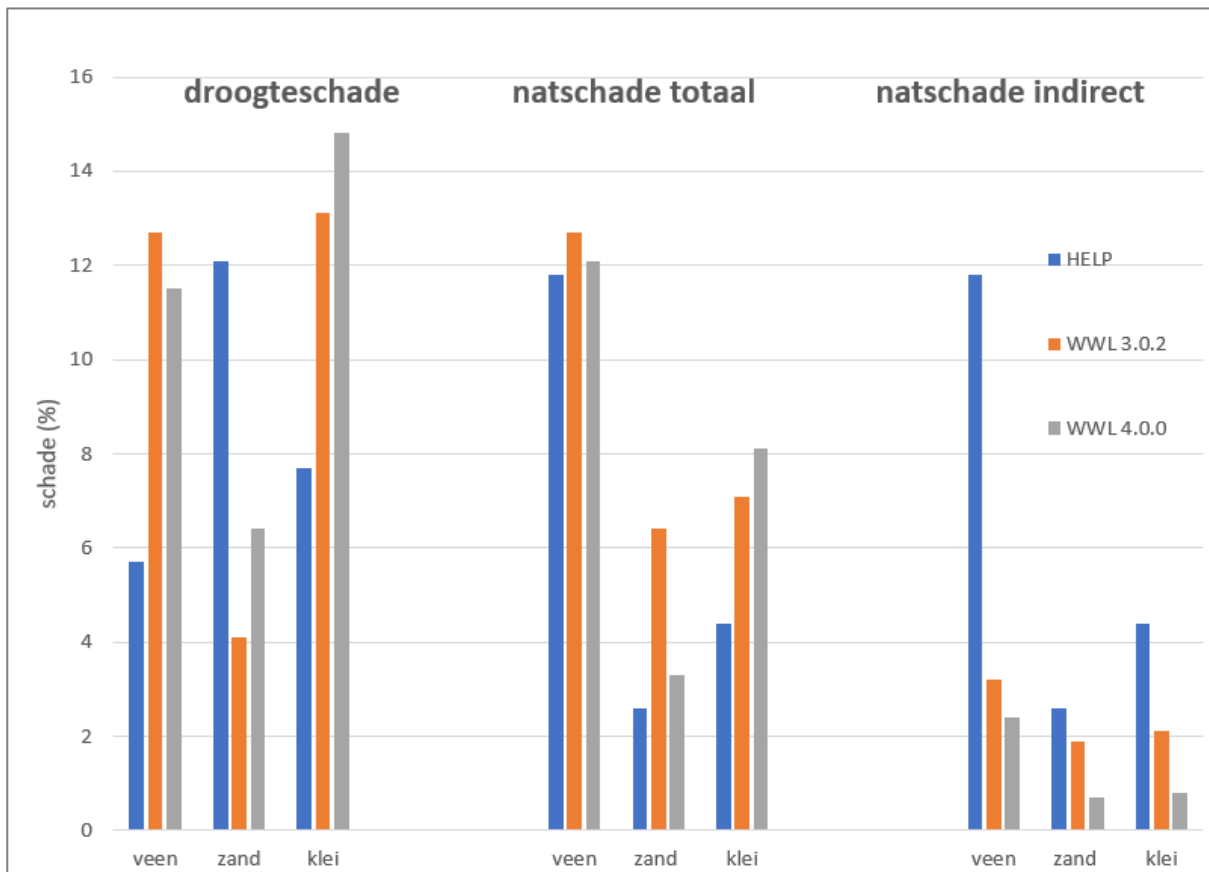
- de indirecte natschade bij veengronden komt slechter overeen met HELP vergeleken met WWL 3.0.0;
- de gesommeerde natschade bij veengronden in WWL 4.0.0 komt goed overeen met HELP maar het aandeel directe nat schade is in WWL ongeveer 4 maal zo groot als de directe natschade. Dit is niet in overeenstemming met de praktijk;
- de droogteschade voor de podzolgrond (BOFEK-eenheid 304) berekend met WWL 4.0.0 is duidelijk toegenomen t.o.v. WWL 3.0.2 en is nu meer in overeenstemming met de droogteschade in HELP;
- de indirecte natschade bij zandgronden is bij WWL 4.0.0 relatief sterk afgenomen t.o.v. WWL 3.0.2 terwijl de gesommeerde natschade in WWL 4.0.0 beter overeen komt met HELP vergeleken met WWL 3.0.2;
- er zijn bij WWL 4.0.0 meer kleigronden met droogteschades boven de 15%;
- de gesommeerde natschade bij WWL 4.0.0 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 3.0.2 en WWL 4.0.0

		Veen	'Zand'	Klei
Droogteschade	HELP	5,7	12,1	7,7
	WWL 3.0.2	12,7	4,1	13,1
	WWL 4.0.0	11,5	6,4	14,8
Natschade	HELP	11,8	2,6	4,4
	Indirect WWL 3.0.2	3,2	1,9	2,1
	Indirect WWL 4.0.0	2,4	0,7	0,8
	Gesommeerd WWL 3.0.2	12,7	6,4	7,1
	Gesommeerd WWL 4.0.0	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 3.0.2 en WWL 4.0.0

Ten opzichte van WWL 3.0.2 is de droogteschade bij WWL 4.0.0 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 4.0.0 bij veengronden en kleigronden niet veel gewijzigd maar bij zandgronden relatief sterk gewijzigd t.o.v. WWL 3.0.2. Het meest opvallend is de sterke afname van de indirecte natschade van WWL 4.0.0 t.o.v. WWL 3.0.2.

Voor een nadere analyse van deze verschillen verwijzen wij naar H6.

5 Resultaten scenario 'winningen uit'

5.1 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 schade tabellen. 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.

5.2 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 4.0.0 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-schadepcentages zijn vergeleken met de schadepcentages berekend voor de huidige situatie. Er is voor gekozen om de effecten per hoofdbodemtype zichtbaar te maken.

5.3 Resultaten

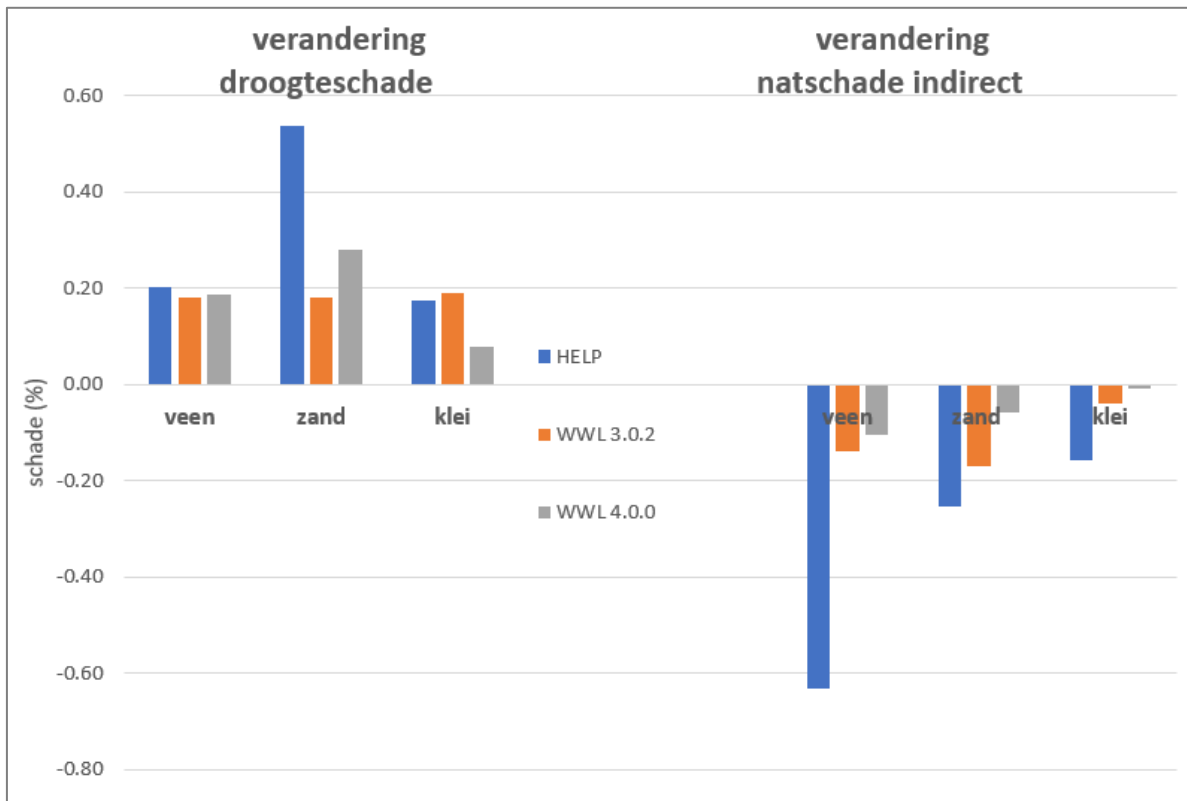
De naar oppervlak gewogen langjarig gemiddelde effect-schadepcentages zijn bepaald per hoofdbodemtype (zie tabel 7).

Tabel 7: Naar oppervlak gewogen effect-schadepersentages (%) van HELP, WWL 3.0.2 en WWL 4.0.0 van alle drinkwaterwinningen uit grondwater in Nederland

		Veen	'Zand'	Klei
Droogteschade	HELP	0,20	0,54	0,18
	WWL 3.0.2	0,18	0,18	0,19
	WWL 4.0.0	0,19	0,28	0,08
Natschade totaal	HELP	-0,63	-0,25	-0,16
	WWL 3.0.2	-0,43	-0,58	-0,16
	WWL 4.0.0	-0,36	-0,31	-0,14
Natschade indirect	WWL 3.0.2	-0,14	-0,17	-0,04
	WWL 4.0.0	-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 3.0.2 resp. WWL 4.0.0 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 3.0.2 en WWL 4.0.0, voor 3 hoofdbodemtypen

De meeste opvallend punten zijn:

- de verandering in droogteschade bij zandgronden is bij WWL 4.0.0 duidelijk toegenomen t.o.v. WWL 3.0.2;
- de verandering droogteschade bij kleigronden is bij WWL 4.0.0 duidelijk afgenomen t.o.v. WWL 3.0.2 en is nu minder dan de helft van de verandering in droogteschade bij HELP;
- de verandering in indirecte natschade bij WWL 3.0.2 was al veel geringer dan van HELP maar is bij WWL 4.0.0 nog verder gereduceerd.

In het volgende hoofdstuk worden de resultaten nader geanalyseerd.

6 Analyse van de resultaten

6.1 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-relatie¹³, 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 gemodelleerd¹⁴.
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.
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.

¹³ Van Boheemen, P.J.M., 1981. Toename van de productie van grasland bij verbetering van de watervoorziening, ICW-nota 1298.

¹⁴ Kroes, J.G., 2018. Soil hydrological modelling and sustainable agricultural production at multiple scales Thesis Wageningen-UR.

Dat moet zich vertalen in een redelijke correlatie tussen de resultaten van HELP en van WWL. Naders 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.

6.2 Bevindingen en beoordeling plausibiliteit scenario 'huidige situatie'

6.2.1 Veengronden

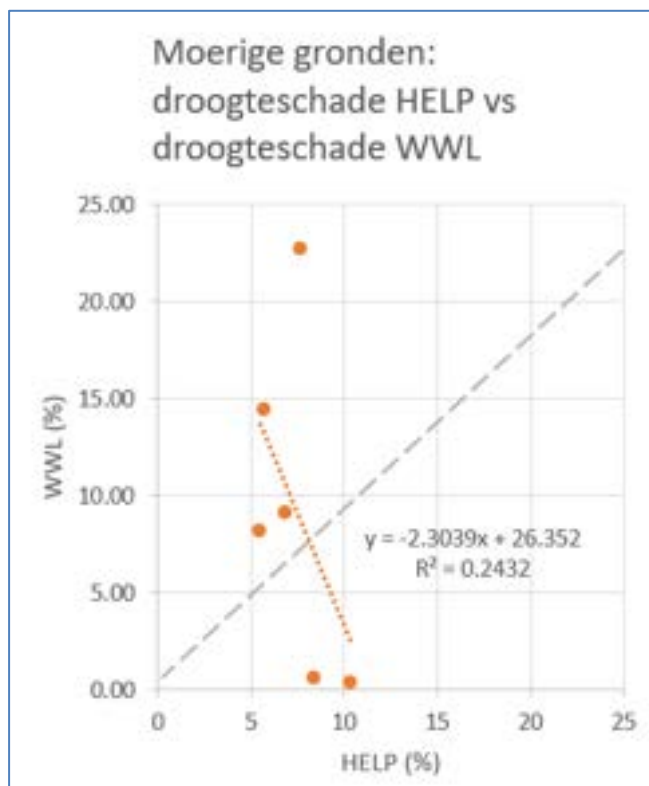
De droogteschade van veengronden van gemiddeld 12,1% (gewogen naar oppervlak) in WWL 4.0.0 en ruim 2,2 maal zoveel als het overeenkomstige percentage in HELP, is niet conform de gangbare opvatting dat veengronden niet erg droogtegevoelig zijn. Deze resultaten zijn dus niet plausibel.

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.

6.2.2 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)¹⁵ is berekend wat de effecten zijn van waterconservering en -aanvoer en daar het hydrologisch systeem op ingericht. Bij slechts een 0,5% droogteschade zou dit nooit zijn uitgevoerd.

- de scatterplot laat ook duidelijk zien dat WWL 4.0.0 qua droogteschade sterk afwijkt van HELP;
- doordat de meest voorkomende zandeenheid (BOFEK-eenheid 304) bij WWL 4.0.0 aanmerkelijk meer droogteschade geeft dan bij WWL 3.0.2 is de gewogen gemiddelde droogteschade bij toepassing van WWL 4.0.0 behoorlijk toegenomen maar nog steeds maar ongeveer de helft van HELP.

¹⁵ 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).

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 3.0.2). 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.

6.2.3 Kleigronden

Dat bij relatief veel kleigronden de droogteschade in WWL 4.0.0 erg hoog is (meer dan 15%), is niet plausibel. Ten opzichte van WWL 3.0.2 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 4.0.0 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.

6.2.4 Plausibiliteit

De droogteschade in WWL 4.0.0 is voor sommige BOFEK-zandeenheden substantieel hoger dan bij WWL 3.0.2. Maar nog veel 'zand'eenheden hebben bij WWL 4.0.0 veel minder droogteschade dan bij HELP. Als voorbeeld: de relatief 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 droogteschadepcentages van WWL vrijwel geen verband vertonen met die van HELP. Daarom worden de resultaten van WWL 4.0.0 voor de droogteschades niet plausibel geacht.

De natschade op zandgronden, berekend met WWL 4.0.0, is duidelijk afgenomen t.o.v. WWL 3.0.2 en meer in overeenstemming met HELP. Maar de indirecte natschade in WWL 4.0.0 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 4.0.0 t.o.v. WWL 3.0.2 is noodzakelijk.

De indirecte natschade in WWL is voor veengronden en kleigronden niet plausibel. Volgens de in het kader van WWL uitgevoerde kennisinventarisatie met betrekking tot de indirecte

natschade bij grasland en mais¹⁶ 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 4.0.0 daarentegen is zeker voor grasland erg hoog. De zuurstofstressmodule 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 zijn de resultaten van WWL 4.0.0 m.b.t. de directe natschade bij grasland als niet plausibel beoordeeld.

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.

6.3 Bevindingen en beoordeling plausibiliteit effecten van grondwateronttrekkingen

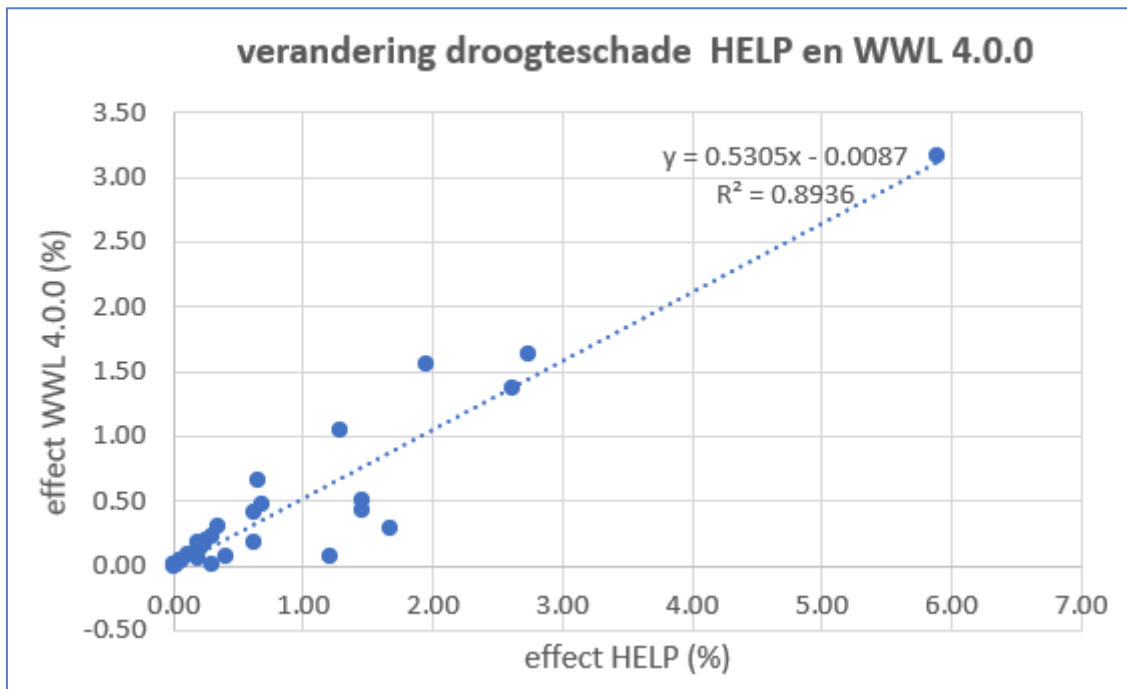
6.3.1 Verwachtingen vooraf

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 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 zien (scatterplots van de veranderingen) volgens deze hypothese qua spreiding ongeveer hetzelfde uit als de scatterplots van de uitgangssituatie.

¹⁶ 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.

6.3.2 Bevindingen

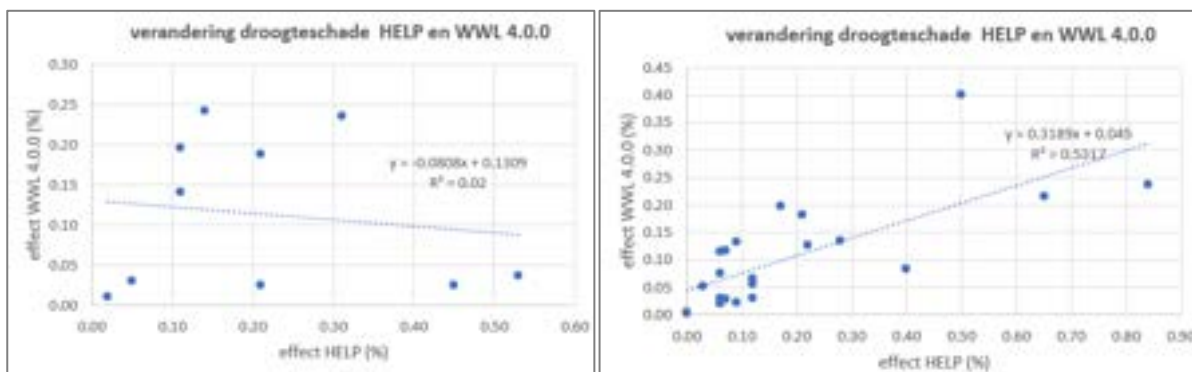
De berekende verandering in droogteschade van HELP en WWL 4.0.0 zijn in onderstaande figuur tegen elkaar uitgezet



Figuur 15: Relatie tussen verandering in droogteschade in HELP vs. WWL 4.0.0 . 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 4.0.0 in de uitgangssituatie. Dit is een opmerkelijk resultaat want dat betekent dat een zandeenheid die in de uitgangssituatie bij WWL 4.0.0 bijv. 25% geeft van de droogteschade bij HELP terwijl de verandering in droogteschade bij WWL 4.0.0 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 4.0.0 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 4.0.0 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.

6.3.3 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 4.0.0 relatief hoog is betekent dat ook in WWL 4.0.0 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.

6.4 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 4.0.0 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 waterleiding-bedrijven 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 3.0.2 en WWL 4.0.0, als gevolg van drinkwateronttrekkingen (in %*ha)*

	droogteschade	20% voorkomen natschade	saldo
HELP	693.000	86.000	607.000
WWL 3.0.2	387.000	73.000	314.000
WWL 4.0.0	369.000	56.000	313.000

Uit de tabel is af te lezen dat het saldo van de droogte- en natschade berekend met WWL 4.0.0 ongeveer de helft bedraagt van het saldo berekend met de HELP-tabel.

7 Conclusies en Aanbevelingen

7.1 Conclusies

Plausibiliteit WWL 4.0.0

Om WWL4.0.0 te toetsen op plausibiliteit is vooral gekeken naar het verband met de HELP-resultaten. De verschillen zijn groot en er blijkt weinig verband te zijn tussen HELP en WWL. De verschillen lijken moeilijk verklaarbaar door verandering in de bedrijfsvoering in de landbouw.

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.

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.

Samenvattend

De geconstateerde verschillen in droogte- en natschades berekend met HELP en WWL 4.0.0 zijn groot. Op basis van algemeen aanvaarde kennis over nat- en droogteschades bij verschillende bodemtypes en met name de verschillen daartussen achten wij de resultaten van de huidige WWL-versie niet plausibel. Toepassing van de WWL 4.0.0-tabel c.q. WWL-applicaties voor de bepaling van effecten van grondwaterwinningen, maar ook bij GGOR-achtige studies, leidt tot niet begrepen of niet geaccepteerde resultaten en moet vooralsnog worden afgeraden.

De vaak als alternatief genoemde regionaal-maatwerk-toepassing van WWL, waarbij niet de GHG en GLG als invoer dienen maar het gemeten of gesimuleerde grondwaterstandsverloop,

kan niet de oplossing bieden. Als dat wel zo zou zijn is dat een indirect bewijs dat de WWL-tabel niet klopt.

7.2 Aanbevelingen

De **beleidsaanbeveling** is om WWL 4.0.0 in de huidige versie **niet** toe te passen voor het bepalen van veranderingen in nat- en droogteschade als gevolg van een ingreep in het hydrologisch systeem die leidt tot een grondwaterstandsverandering. En ook niet voor studies om een belangenafweging te maken tussen verschillende scenario's. Wel is het goed dat ervaringen met WWL worden opgedaan in het kader van experimentele toepassingen.

De meer inhoudelijke aanbevelingen zijn:

- voor bepaalde c.q. alle BOFEK-eenheden de relaties tussen GHG/GLG enerzijds en droogte- en natschade anderzijds voor zowel HELP als WWL in meer detail met elkaar te vergelijken;
- een diepgaande analyse uitvoeren naar de oorzaak of oorzaken van de geconstateerde verschillen tussen HELP en WWL 4.0.0. Een dergelijke analyse dient onderdeel uit te maken van elke oplevering.

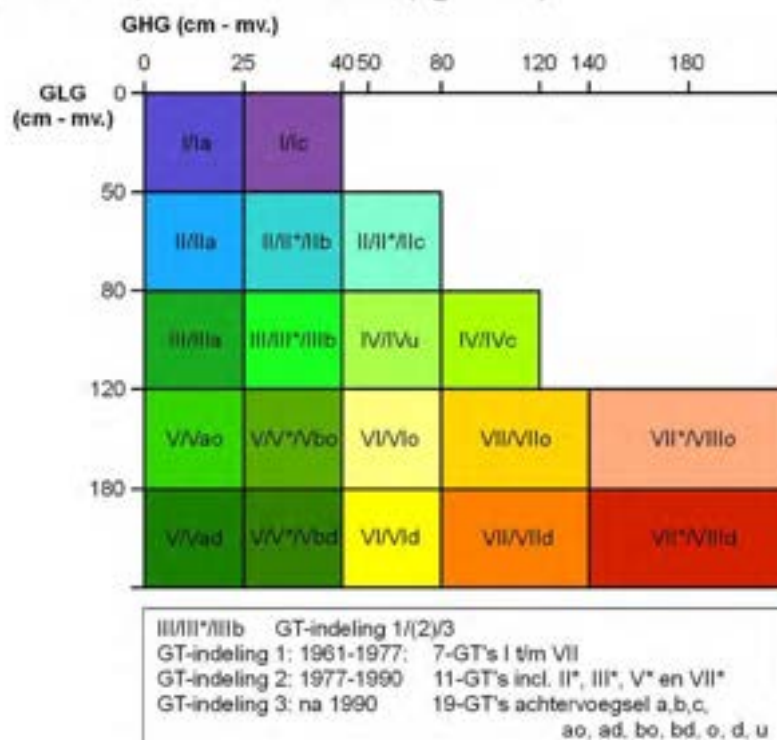
Bijlage 1: Korte beschrijvingen van de HELP- en de WWL-tabel en de noodzaak voor actualisatie van de HELP-tabel

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 Grondwatertrap¹⁷) 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

17

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 Waterlood 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.

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.

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 waardoor 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.