

PILOTTOEPASSINGEN VAN WATERWIJZER LANDBOUW IN LAAG NEDERLAND



RAPPORT

2019
31

PILOTTOEPASSINGEN VAN WATERWIJZER
LANDBOUW IN LAAG NEDERLAND

RAPPORT

2019

31

ISBN 978.90.5773.866.1



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEUR Martin Mulder (Wageningen Environmental Research (WENR))
Marjolein van Huijgevoort (KWR Water Research Institute)
Ruud Bartholomeus (KWR Water Research Institute)
Mirjam Hack-ten Broeke (Wageningen Environmental Research (WENR))

BEGELEIDINGSCOMMISSIE

Luc Absil (Provincie Zuid-Holland)
Jos Beemster (Waterschap Amstel, Gooi en Vecht)
Johan Ellen (Waterschap Amstel, Gooi en Vecht)
Arjen Grothe (Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard)
Anneke Houdijk (Provincie Noord-Holland)
Martin Mulder (Hoogheemraadschap van Rijnland)
Hans Mankor (Provincie Utrecht)
Wybo Nijdam (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)
Rob Ruijtenberg (Bureau WeL namens STOWA)
Esmee Vingerhoed (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier)

Onderzoek mede mogelijk gemaakt door:
Provincie Zuid-Holland, Provincie Noord-Holland, Provincie Utrecht, Hoogheemraadschap van Rijnland, Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard, Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht en STOWA

FOTO COVER iStock
DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2019-31
ISBN 978.90.5773.866.1

Copyright Teksten en figuren uit dit rapport mogen alleen worden overgenomen met bronvermelding.
Disclaimer Deze uitgave is met de grootst mogelijke zorg samengesteld. Niettemin aanvaarden de auteurs en de uitgever geen enkele aansprakelijkheid voor mogelijke onjuistheden of eventuele gevolgen door toepassing van de inhoud van dit rapport.

TEN GELEIDE

WATERWIJZER LANDBOUW OOK TOEPASBAAR IN LAAG NEDERLAND

De Waterwijzer Landbouw is in principe ook toepasbaar in Laag Nederland, voor de optimalisatie van de zoetwatervoorziening en waterverdeling om gewasopbrengstderving, veroorzaakt door droogte-, nat-, of zoutschade, te minimaliseren. Dat is de belangrijkste conclusie van een studie waar in vier gebieden is gekeken naar de toepassing van het instrument in Laag-Nederland. Er zijn ook verbeterpunten vastgesteld.

De Waterwijzer Landbouw uit 2018 is een instrument voor het bepalen van de effecten op landbouwproductie door veranderingen in hydrologische omstandigheden. Deze veranderingen kunnen veroorzaakt worden door bijvoorbeeld waterbeheer, herinrichtingsprojecten, (drink)waterwinningen, maar ook door de verandering van het klimaat. De Waterwijzer Landbouw kan worden gebruikt voor het vaststellen van landbouwopbrengstderving (schade), maar ook voor het optimaliseren van de waterhuishouding op zowel lokale, regionale als nationale schaal onder veranderende (klimaat)omstandigheden. Hiermee kan de Waterwijzer Landbouw bijdragen aan een klimaatrobuuste(re) inrichting van gebieden.

Ondanks dat het Waterwijzer Landbouw instrumentarium bestaat uit een beschrijving van complexe processen in het bodem-water-plant-atmosfeer systeem, is het ook eenvoudig toepasbaar via metarelaties, in de zogenaamde WWL-tool. Voor specifiek maatwerk kunnen gebruikers de meer complexe modelberekeningen uitvoeren.

Van Hoog naar Laag Nederland

Het instrument is tot dusver vooral toegepast in Hoog Nederland, op hogere zandgronden. Onder meer binnen het kennisprogramma Lumbricus. In Laag Nederland zijn de omstandigheden en de vragen anders dan in Hoog Nederland. Het netwerk van waterlopen in Laag Nederland is dichters dan in Hoog Nederland. Het waterbeheer is meer gericht op het beheren van oppervlaktewaterpeilen dan grondwaterpeilen en er komen veel meer klei- en veengronden voor. Daarom is het van belang ook hier pilots te doen die inzicht geven in de voorspellende kracht en de bruikbaarheid van dit instrument voor Laag Nederland. Beheerders in Laag Nederland hebben in het bijzonder vragen gesteld over de technisch-inhoudelijke toepassing van de WWL-tool voor hun beheergebieden en over de wijze waarop de resultaten gebruikt kunnen worden in de gebiedsprocessen.

Dit rapport bevat de resultaten van een aantal pilots. Deze zijn uitgevoerd bij de Hoogheemraadschappen Hollands Noorderkwartier, Rijnland, Schieland en de Krimpenerwaard in respectievelijk de Koegraspolder, de Haarlemmermeerpolder en de Krimpenerwaard. Waterschap Amstel, Gooi en Vecht heeft daarnaast de Waterwijzer Landbouw zelf toegepast in twee veenweidegebieden: Naardermeer en Groot-Wilnis/Vinkeveen. Dit werd als gemakkelijk ervaren.

De Waterwijzer Landbouw heeft, zo blijkt uit de pilots, duidelijk meerwaarde en kan de waterbeheerder ondersteunen bij het verkrijgen van inzichten in de effecten van maatregelen op ruimtelijke schaal, bij het communiceren ervan binnen een gebiedsproces en bij inpassing van maatregelen in het beleid. Tijdens de pilots kwam naar voren dat de gebruikte bronnen

van grondwaterstands informatie (invoergegevens voor Waterwijzer Landbouw) op dit ogenblik nog onvoldoende aansluiten bij de werkelijke situaties in de gebieden. Bij het toetsen van de Waterwijzer in Hoog Nederland was overigens ook al duidelijk geworden dat goede en actuele invoergegevens erg belangrijk zijn.

In de pilotgebieden heeft het grondwaterbeheer in percelen (vooralsnog) maar beperkt aandacht. Toch is er interesse in de inzichten die Waterwijzer Landbouw kan leveren voor het optimaliseren van het grondwaterregime en de zoetwatervoorziening in de gebieden.

Amersfoort, november 2019

Joost Buntsma
Directeur STOWA

SAMENVATTING

WATERWIJZER LANDBOUW: INSTRUMENTARIUM VOOR KWANTIFICEREN VAN EFFECTEN VAN WATER-BEHEER EN KLIMAAT OP LANDBOUWPRODUCTIE

Waterwijzer Landbouw is een instrument voor het bepalen van de effecten op landbouwproductie door veranderingen in hydrologische omstandigheden. Deze veranderingen kunnen veroorzaakt worden door bijvoorbeeld waterbeheer, herinrichtingsprojecten, (drink)waterwinningen, maar ook door het klimaat. Waterwijzer Landbouw kan gebruikt worden voor het vaststellen van landbouwopbrengstderving (schade), maar ook voor het optimaliseren van de waterhuishouding op zowel lokale, regionale als nationale schaal onder veranderende (klimaat)omstandigheden. Hiermee kan de Waterwijzer Landbouw bijdragen aan een klimaatrobuuste(re) inrichting van gebieden. Ondanks dat het Waterwijzer Landbouw instrumentarium bestaat uit het beschrijven van complexe processen in het bodem-water-plant-atmosfeer systeem (gemodelleerd met SWAP-WOFOST), is het toch eenvoudig toepasbaar via metarelaties in de zogenaamde WWL-tool.

BELANG: TOEPASBAARHEID WATERWIJZER LANDBOUW IN LAAG NEDERLAND

Het doel is dat Waterwijzer Landbouw voor de waterbeheerders van Nederland hét instrumentarium is voor vraagstukken rond hydrologische condities en gewasopbrengsten. Gedurende de ontwikkeling van Waterwijzer Landbouw is het instrumentarium toegepast en getoetst in Hoog Nederland. In Laag Nederland zijn de omstandigheden en de vragen anders dan in Hoog Nederland. Het netwerk van waterlopen in Laag Nederland is dichter dan in Hoog Nederland. Het waterbeheer is meer gericht op het beheren van oppervlaktewaterpeilen dan grondwaterpeilen en er komen veel meer klei- en veengronden voor. Daarom is het van belang om hier ook pilots te doen die inzicht geven in de voorspellende kracht en de bruikbaarheid van Waterwijzer Landbouw in Laag Nederland.

Vanuit waterschap Amstel Gooi en Vecht (AGV) en de Hoogheemraadschappen Hollands Noorderkwartier (HHNK), Rijnland (HHR) en Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) en de provincies Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland zijn een aantal vragen gesteld die betrekking hebben op de technisch inhoudelijke toepassing van de WWL-tool voor hun beheergebieden. Een belangrijke doelstelling is het geven van inzicht in de voorspellende kracht en de bruikbaarheid van Waterwijzer Landbouw. Daarnaast is het van belang inzicht te verschaffen in hoe de resultaten gebruikt worden in de gebiedsprocessen, welke meerwaarde Waterwijzer Landbouw kan hebben en hoe gebruikers betrokken kunnen worden bij de duiding van de informatie in relatie tot die gebiedsprocessen.

AANPAK: TOEPASSING IN PILOTGEBIEDEN

Aan de hand van pilotstudies is de bruikbaarheid en plausibiliteit van de WWL-tool getest. Op basis van de toepassingen zijn verbeteringen geïdentificeerd bij het toepassen van de WWL-tool dan wel de aansturing van het operationeel modelinstrumentarium SWAP-WOFOST. Naast het toepassen van Waterwijzer Landbouw in deze pilots is er een verkennende studie gedaan naar de voorspelkracht van alternatieve grondwaterstandskarakteristieken dan de tot nu toe gebruikte gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand (resp. GHG en GLG).

RESULTATEN: GEVOELIGHEID VOOR INVOERGEGEVENS

De gevoeligheid op de gesimuleerde opbrengstderving voor gebruikte weerstation, grondwaterstands-informatie en zoutconcentraties in het beregeningswater is geanalyseerd voor de verschillende pilotgebieden. Voor het weerstation geldt dat de keuze van het weerstation lokaal tot aanzienlijke verschillen kan leiden. Voor het afleiden van de grondwaterstandskarakteristieken GHG en GLG kunnen verschillende (landelijke) bronnen worden gebruikt. Deze bronnen geven een grote spreiding in absolute waarden die al gauw meer dan 10cm bedraagt. Ook in de ruimtelijke patronen verschillen de grondwaterstandskarakteristieken behoorlijk. Het verschil in berekende opbrengstderving kan hierdoor lokaal oplopen tot meer dan 20%. Verschillen in opbrengstderving op perceelschaal onderstrepen het belang van de keuze voor correcte grondwaterstands-informatie. Voor de analyse van berekening met oplopende zoutconcentraties in het beregeningswater is inzichtelijk gemaakt wanneer toename van de zoutstress niet meer opweegt tegen de afname van de droogtestress.

Uit de verkennende studie naar de toepasbaarheid van GHG en GLG als invoer voor de WWL-tool komt niet naar voren dat een andere grondwaterstandskarakteristiek leidt tot een metarelatie met een veel hogere voorspelkracht, zelfs niet in situaties met een afwijkend peilverloop. Dit is enigszins onverwachts, aangezien de timing van de hoogste en laagste grondwaterstanden veel invloed heeft op de gewasopbrengst. Op basis van deze verkenning kan nog geen definitieve uitspraak worden gedaan over de meest geschikte grondwaterstandskarakteristiek voor het bepalen van de opbrengstderving via metarelaties. Wel zijn met de verkenning stappen gezet in de reeds voorziene activiteit binnen het verbeteren van Waterwijzer Landbouw om een grotere variatie in grondwaterstandsverlopen te verkrijgen en de geschikte grondwaterstandskarakteristieken te selecteren.

Uit de analyses komen enkele technisch inhoudelijke aanbevelingen naar voren. Voorgesteld wordt een aanpassing van het beregeningscriterium dat momenteel wordt gehanteerd in Waterwijzer Landbouw door te voeren. Daarnaast wordt aanbevolen een verdiepende studie naar de geschiktheid van verschillende grondwaterstandskarakteristieken uit te voeren. Voor kleigronden met de Staringreeks-bouwstenen O12 en O13 in de ondergrond en voor zwak lemige veldpodzolgronden dienen aanpassingen in respectievelijk modelconcepten en invoergegevens doorgevoerd te worden.

IMPLEMENTATIE: INPASSING IN GEBIEDSPROCES

Het waterschap AGV heeft Waterwijzer Landbouw zelfstandig toegepast in twee veenweidegebieden: Naardermeer en Groot-Wilnis - Vinkeveen. Het toepassen van de tool is bij AGV ervaren als gemakkelijk uit te voeren. Voor Naardermeer is een vergelijking gemaakt met de HELP tabel waarbij verschillen worden geconstateerd. Het is hierbij niet mogelijk om deze verschillen te kunnen verklaren. Voor Groot-Wilnis - Vinkeveen is Waterwijzer Landbouw toegepast waarbij is gekeken naar verandering van de opbrengstderving na toepassing van onderwaterdrainage. Voor de pilottoepassingen in de Haarlemmermeer, Koegraspolder en Krimpenerwaard zijn bijeenkomsten georganiseerd om een terugkoppeling op de toepassing van Waterwijzer Landbouw te krijgen, gericht op de plausibiliteit van de resultaten en de toepasbaarheid van de methode in gebiedsprocessen. Geconcludeerd wordt dat de gebruikte bronnen van grondwaterstands-informatie (invoergegevens voor Waterwijzer Landbouw) nog onvoldoende aansluiten bij de werkelijke situaties in de gebieden. In de pilotgebieden heeft grondwaterbeheer in percelen (vooralsnog) maar beperkt aandacht. Er is wel interesse in de inzichten die Waterwijzer Landbouw kan leveren voor het optimaliseren van het grondwaterregime en de zoetwatervoorziening in de gebieden.

Waterwijzer Landbouw kan toegepast worden voor de optimalisatie van de zoetwatervoorziening en waterverdeling in gebieden in relatie tot gewasopbrengstderving, veroorzaakt door droogte-, nat-, of zoutschade. Waterwijzer Landbouw heeft hiervoor duidelijk meerwaarde en kan de waterbeheerder ondersteunen voor het verkrijgen van inzichten in de effecten van maatregelen op ruimtelijke schaal, communiceren ervan binnen een gebiedsproces en voor inpassing van maatregelen in het beleid.

DE STOWA IN HET KORT

STOWA is het kenniscentrum van de regionale waterbeheerders (veelal de waterschappen) in Nederland. STOWA ontwikkelt, vergaart, verspreidt en implementeert toegepaste kennis die de waterbeheerders nodig hebben om de opgaven waar zij in hun werk voor staan, goed uit te voeren. Deze kennis kan liggen op toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk-juridisch of sociaalwetenschappelijk gebied.

STOWA werkt in hoge mate vraaggestuurd. We inventariseren nauwgezet welke kennisvragen waterschappen hebben en zetten die vragen uit bij de juiste kennisleveranciers. Het initiatief daarvoor ligt veelal bij de kennisvragende waterbeheerders, maar soms ook bij kennisinstellingen en het bedrijfsleven. Dit tweerichtingsverkeer stimuleert vernieuwing en innovatie.

Vraaggestuurd werken betekent ook dat we zelf voortdurend op zoek zijn naar de 'kennisvragen van morgen' – de vragen die we graag op de agenda zetten nog voordat iemand ze gesteld heeft – om optimaal voorbereid te zijn op de toekomst.

STOWA ontzorgt de waterbeheerders. Wij nemen de aanbesteding en begeleiding van de gezamenlijke kennisprojecten op ons. Wij zorgen ervoor dat waterbeheerders verbonden blijven met deze projecten en er ook 'eigenaar' van zijn. Dit om te waarborgen dat de juiste kennisvragen worden beantwoord. De projecten worden begeleid door commissies waar regionale waterbeheerders zelf deel van uitmaken. De grote onderzoeklijnen worden per werkveld uitgezet en verantwoord door speciale programmacommissies. Ook hierin hebben de regionale waterbeheerders zitting.

STOWA verbindt niet alleen kennisvragers en kennisleveranciers, maar ook de regionale waterbeheerders onderling. Door de samenwerking van de waterbeheerders binnen STOWA zijn zij samen verantwoordelijk voor de programmering, zetten zij gezamenlijk de koers uit, worden meerdere waterschappen bij één en het zelfde onderzoek betrokken en komen de resultaten sneller ten goede aan alle waterschappen.

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

Het samen met regionale waterbeheerders definiëren van hun kennisbehoeften op het gebied van het waterbeheer en het voor én met deze beheerders (laten) ontwikkelen, bijeenbrengen, beschikbaar maken, delen, verankeren en implementeren van de benodigde kennis.

PILOTTOEPASSINGEN VAN WATERWIJZER LANDBOUW IN LAAG NEDERLAND

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Achtergrond	1
	1.2 Werkwijze	1
	1.3 Leeswijzer	3
2	METHODE	4
	2.1 Kwantificeren en specificeren van de opbrengstderving	4
	2.2 Toepassen van Waterwijzer Landbouw: benodigde invoergegevens	6
	2.2.1 Gewas	6
	2.2.2 Bodem	8
	2.2.3 Meteostation	10
	2.2.4 Grondwaterstandskarakteristieken	10
	2.3 Toepassen van Waterwijzer Landbouw met onderwaterdrainage	12
	2.3.1 Bodem	13
	2.3.2 Drooglegging	13
	2.3.3 Kwelflux	14
	2.3.4 Onderwaterdrainage	14
3	RESULTATEN TOEPASSING WWL-TOOL	15
	3.1 Simulatie van gewasopbrengsten en gewasopbrengstderving	15
	3.2 Vergelijking met de HELP-tabel	21
	3.3 Onderwaterdrainage	23
4	GEVOELIGHEIDSANALYSES	26
	4.1 Variatie in weerstations	26
	4.2 Variatie in bronnen van grondwaterstands-informatie	28
	4.3 Beregenen met zout water	31

5	ANALYSE VAN DE VOORSPELKRACHT VAN (ALTERNATIEVE) GRONDWATERSTANDSKARAKTERISTIEKEN	34
5.1	Algemeen	34
5.2	Methode	35
5.2.1	Haarlemmermeerpolder	35
5.2.2	Koegraspolder	36
5.2.3	Krimpenerwaard	36
5.3	Resultaten	36
5.3.1	Haarlemmermeerpolder	36
5.3.2	Koegraspolder	40
5.3.3	Krimpenerwaard	45
5.4	Discussie	47
6	PLAUSIBILITEIT EN VERBETERPUNTEN	48
6.1	Terugkoppeling pilotstudies	48
6.2	Verbeterpunten voor Waterwijzer Landbouw	50
6.2.1	Veel droogtestress bij veen op klei	51
6.2.2	Weinig droogtestress bij zandgronden	51
6.2.3	Berekening op zandgronden	53
7	CONCLUSIES	55
	LITERATUUR	57
BIJLAGE A	GEWAS	59
BIJLAGE B	BODEM	61
BIJLAGE C	METEOSTATION	62
BIJLAGE D	GRONDWATERSTANDSINFORMATIE	66
BIJLAGE E	OPBRENGSTDERVING VOOR AFZONDERLIJKE WEERJAREN	71
BIJLAGE F	OPBRENGSTDERVING IN 1998 (NAT JAAR)	74
BIJLAGE G	OPBRENGSTDERVING IN 2003 (DROOG JAAR)	77
BIJLAGE H	GEVOELIGHEIDSANALYSE VOORSPELKRACHT METARELATIES	80

1

INLEIDING

1.1 ACHTERGROND

Waterwijzer Landbouw is een uniforme, voor brede toepassing ontwikkelde en praktische methode voor het bepalen van klimaatbestendige relaties tussen waterhuishoudkundige condities (en veranderingen daarin) en gewasopbrengsten. Het is ontwikkeld door een consortium onder auspiciën van STOWA. Waterwijzer Landbouw zal haar voorlopers zoals HELP-tabellen (Werkgroep HELP-tabel, 1987; van Bakel et al., 2005; 2007), TCGB-tabellen (Bouwmans, 1990), Waternood (STOWA, 1999) en AGRICOM (van Bakel et al., 2009; Mulder et al., 2017) gaan vervangen (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018). Hiermee krijgen waterbeheerders en agrariërs een reproduceerbare inschatting van het effect van waterhuishoudkundige maatregelen of klimaatverandering op landbouwkundige opbrengsten, in termen van droogte-, nat- en zoutschade.

Het totale projectresultaat van Waterwijzer Landbouw bestaat uit twee hoofdonderdelen:

- **Operationeel modelinstrumentarium:** SWAP-WOFOST, voor het berekenen van gewasopbrengsten in relatie tot droogte, zuurstoftekort en zout;
- **WWL-tool:** een toegankelijke manier om metarelaties te benaderen; deze zijn: gebaseerd op berekeningen uitgevoerd met het operationele modelinstrumentarium, toegankelijk gemaakt via de eenvoudig toepasbare WWL-tool¹.

Gedurende de ontwikkeling van Waterwijzer Landbouw zijn in 2016-2017 de eerste proef-toepassingen (pilotstudies) uitgevoerd voor twee proefgebieden in Oost- en Zuid-Nederland in het kader van het programma Lumbricus met vooral zandgronden en grasland en maïs (Heinen et al., 2017). Hier speelden vooral droogte en zuurstofstress (wateroverlast) een rol. We hebben hiervan verschillende dingen geleerd. Dit betrof technische zaken zoals de range van grondwaterstandsregimes van het metamodel (die intussen is vergroot), maar ook de communicatie over de werkwijze van het instrument en de wijze van presenteren van de resultaten, ook voor verschillende jaren en verschillende klimaatscenario's. Juist door toepassing in pilots leren we van verschillende soorten gebruikers welke onduidelijkheden er zijn, welke vragen de toepassing oproept en wat er verbeterd moet worden. Op zo'n manier dragen pilots bij aan verbetering van Waterwijzer Landbouw, raken toekomstige gebruikers bekend met de mogelijkheden en beperkingen ervan, en bovendien levert het voorbeeldberekeningen op die kunnen worden gebruikt bij workshops voor gebruikers.

1.2 WERKWIJZE

In Laag Nederland zijn de omstandigheden en de vragen anders dan in Hoog Nederland. Het netwerk van waterlopen in Laag Nederland is dichter dan in Hoog Nederland. Het waterbeheer is meer gericht op het beheren van oppervlaktewaterpeilen dan grondwaterpeilen en er komen veel meer kleigronden en veengronden voor. Daarom is het van belang om hier ook pilots te doen die inzicht geven in de voorspellende kracht en de bruikbaarheid van

¹ Waterwijzer Landbouw: <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/index.html>

Waterwijzer Landbouw in Laag Nederland. Vanuit waterschap Amstel Gooi en Vecht (AGV) en de Hoogheemraadschappen Hollands Noorderkwartier (HHNK), Rijnland (HHR) en Schieland en de Krimpenerwaard (HHSK) en de provincies Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland zijn een aantal vragen gesteld die betrekking hebben op de toepassing van de WWL-tool. De vragen die zijn gesteld hebben geleid tot toepassing van de WWL-tool in vier pilotgebieden:

- Pilot **Haarlemmermeerpolder**: akkerbouwgewassen op kleigronden.
- Pilot **Amstel Gooi en Vecht**: veenweidegebied, inclusief toepassing onderwaterdrainage. Deze pilotstudie is door het waterschap zelf uitgevoerd.
- Pilot **Koegraspolder**: bloembollen op zandgronden.
- Pilot **Krimpenerwaard**: veenweidegebied.

Voor de pilotgebieden Haarlemmermeerpolder, Koegraspolder en Krimpenerwaard ligt de focus op de volgende onderzoeksvragen:

- Wat zijn de actuele gewasopbrengsten?
- Wat is de langjarig gemiddelde opbrengstderving als gevolg van hydrologische omstandigheden, wat is de spreiding/variatie van opbrengstderving tussen de weerjaren en wat is de verklaring daarvoor?
- Wat is het effect van verschillende weerstations op de berekende opbrengstderving?
- Wat is het effect van verschillende bronnen voor het afleiden van de Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) op de berekende opbrengstderving?
- Wat is de invloed van berekening met zout water (alleen van toepassing op de pilotstudies Haarlemmermeerpolder en Koegraspolder)?
- Hoe kunnen de resultaten gebruikt worden in de gebiedsprocessen, welke meerwaarde kan Waterwijzer Landbouw hebben en hoe kunnen gebruikers worden betrokken bij de duiding van de informatie in relatie tot die gebiedsprocessen?

Het waterschap AGV heeft Waterwijzer Landbouw toegepast in twee veenweidegebieden: Naardermeer en Groot-Wilnis - Vinkeveen. Daarbij zijn de volgende onderzoeksvragen aan de orde gekomen:

- Naardermeer: Is de berekende opbrengstderving van Waterwijzer Landbouw anders dan de resultaten van de oude HELP-tabellen?
- Groot-Wilnis - Vinkeveen: wat is de langjarig gemiddelde opbrengstderving als gevolg van hydrologische omstandigheden en wat is het effect van onderwaterdrainage hierin?

Aan de hand van de pilotstudies is de bruikbaarheid en plausibiliteit van de WWL-tool getest. Daar waar nodig zijn verbeteringen geïdentificeerd bij het toepassen van de WWL-tool dan wel de aansturing van het operationeel modelinstrumentarium.

Naast het toepassen van Waterwijzer Landbouw in deze pilots is er een verkennende studie gedaan naar de voorspelkracht van alternatieve grondwaterstands-karakteristieken. Aan de hand van de karakteristieken Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) wordt er via de metarelaties van Waterwijzer Landbouw een inschatting gemaakt van de opbrengstderving in relatie tot hydrologische omstandigheden. De vraag is of andere grondwaterstandskarakteristieken beter bruikbaar zijn dan GHG en GLG.

1.3 LEESWIJZER

Vanwege de aard van dit project is het rapport ook op te delen in twee onderdelen: de pilottoepassing met beperkte gevoeligheidsanalyse enerzijds en de verkenning van het gebruik van andere grondwaterkarakteristieken anderzijds.

In hoofdstuk 2 is in het kort beschreven hoe Waterwijzer Landbouw de opbrengstderving kwantificeert met een toelichting over welk aandeel van de opbrengstderving wordt veroorzaakt door te droge, te natte of te zoute omstandigheden. De uitgebreide beschrijving van Waterwijzer Landbouw is beschreven door de Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018). Daarnaast wordt in hoofdstuk 2 de modelinvoer voor de aansturing van de metarelaties van Waterwijzer Landbouw beschreven.

Hoofdstuk 3 geeft de resultaten van de pilottoepassingen met Waterwijzer Landbouw weer. In hoofdstuk 4 worden gevoeligheidsanalyses beschreven waarbij het weerstation en informatie over de grondwaterstandskarakteristieken worden gevarieerd. Daarnaast wordt het effect van beregening met zout water geanalyseerd.

Hoofdstuk 5 gaat in op het tweede deel van het onderzoek: de voorspelkracht van verschillende grondwaterstandskarakteristieken op de opbrengstderving.

In hoofdstuk 6 komt de terugkoppeling met de waterschappen aan bod en benoemen we de verbeterpunten voor Waterwijzer Landbouw. In hoofdstuk 7 komen alle conclusies uit de voorgaande hoofdstukken samen.

2

METHODE

2.1 KWANTIFICEREN EN SPECIFICEREN VAN DE OPBRENGSTDERIVING

Waterwijzer Landbouw maakt gebruik van de gekoppelde procesmodellen SWAP (Soil-Water-Atmosphere-Plant; Dam et al., 2008; Kroes et al., 2017) en WOFOST (WORld FOod STudies; Boogaard et al., 2011) waarin de wisselwerking tussen bodem, water, atmosfeer en gewasgroei is beschreven. Met deze procesmodellen zijn circa 6 miljoen berekeningen uitgevoerd met variatie in meteorologie, gewas, bodem en hydrologische omstandigheden. Op basis van deze berekeningen zijn metarelaties afgeleid die voor willekeurige hydrologische omstandigheden een inschatting maken van de gewasopbrengst en de opbrengstderving.

In Waterwijzer Landbouw definiëren we de opbrengstderving als het relatieve verschil in gewasopbrengst tussen de potentiële en de actuele gewasgroei. De potentiële gewasopbrengst wordt berekend als functie van het CO₂-gehalte van de atmosfeer, de zonnestraling, temperatuur, gewaskenmerken en op basis van het groeiseizoen.

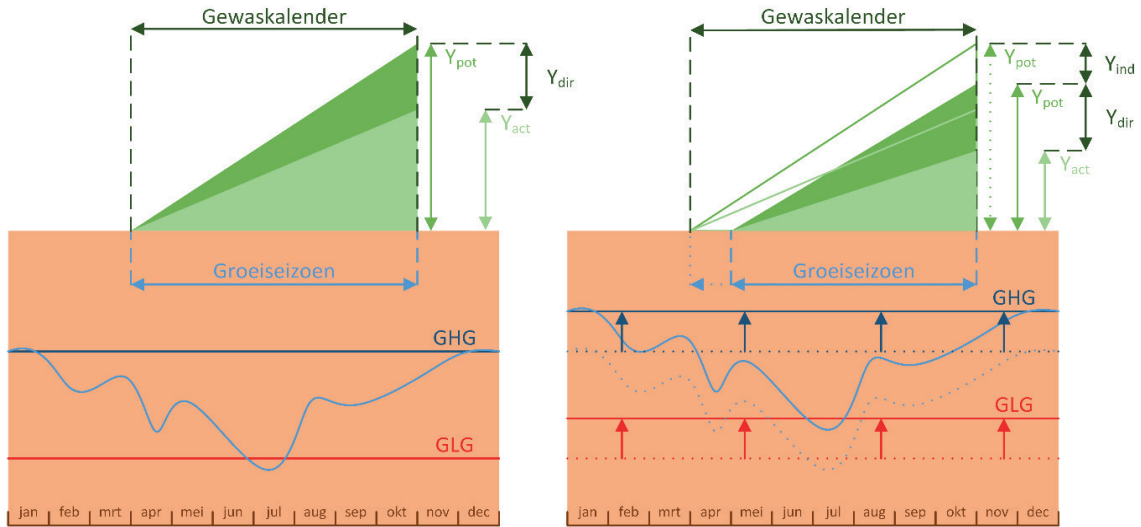
Bij het specificeren van de opbrengstderving maakt Waterwijzer Landbouw onderscheidt in de derving die optreedt door het verkorten van het groeiseizoen (indirecte effecten) en de transpiratiereductie als gevolg van te droge, te natte en te zoute omstandigheden gedurende het groeiseizoen (directe effecten). Als gevolg van te natte omstandigheden worden de voorbereidende werkzaamheden als ploegen en zaaien uitgesteld en treedt er mogelijk ook een vertraging op tijdens de kiemingsfase, waardoor er sprake is van een verkort groeiseizoen. Gereduceerde gewasverdamping als gevolg van onvoldoende wateropname tijdens het groeiseizoen heeft gevolgen voor de gewasgroei. De transpiratiereductie die optreedt wordt gebruikt om de actuele gewasopbrengst te berekenen.

Het specificeren van directe effecten en indirecte effecten wordt hieronder geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld waarbij er sprake is van een vernattingsmaatregel. In Figuur 2.1 is links de gewasontwikkeling schematisch weergegeven voor een akkerbouwgewas voordat de hydrologische maatregel heeft plaatsgevonden (referentiesituatie) en rechts de situatie na de hydrologische maatregel. In het voorbeeld nemen we aan dat bij de referentiesituatie sprake is van een optimaal groeiseizoen, er is dus geen sprake van een verkort groeiseizoen. De opbrengstderving in de referentiesituatie wordt dus alleen beïnvloed door de directe effecten (Y_{dir}).

Als gevolg van de vernattingsmaatregel wordt in het voorbeeld aan het begin van het groeiseizoen de voorbereidende werkzaamheden uitgesteld waardoor er sprake is van een verkort groeiseizoen. Door het verkorten van het groeiseizoen introduceren we wel een zogenaamde tweede potentiële gewasopbrengst, namelijk een potentiële gewasopbrengst die hoort bij een uitgesteld (en dus suboptimaal) groeiseizoen. Het verschil tussen deze twee potentiële gewasopbrengsten duiden we aan als indirecte effecten (Y_{ind}).

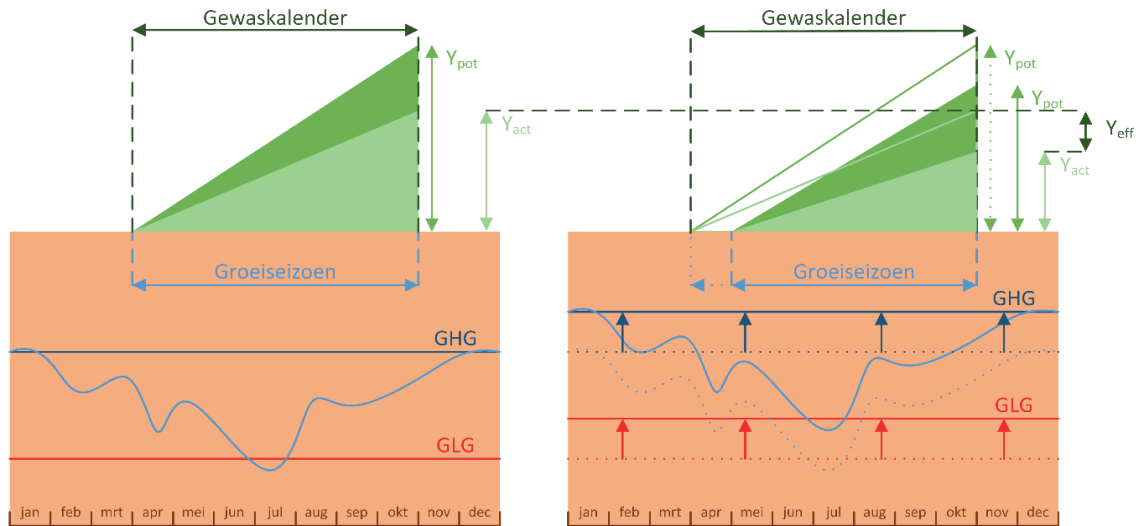
In dit specifieke voorbeeld heeft een maatregel een negatief effect op de gewasopbrengst. Uiteraard kan een ingreep ook een positief effect hebben, bijvoorbeeld door een vermindering van droogte- of zuurstofstress.

FIGUUR 2.1 ILLUSTRATIE VAN BEREKENING VAN GEWASOPBRENGST VOOR EEN WILLEKEURIGE SITUATIE, WAARBIJ LINKS DE HUIDIGE SITUATIE WORDT WEERGEGEVEN EN RECHTS DE SITUATIE NA EEN VERNATTINGSMAATREGEL. HET DONKERGROENE VLAK IN DE FIGUUR GEEFT DE POTENTIËLE GEWASOPBRENGST (Y_{pot}) AAN EN HET LICHTERE GROENE VLAK DE ACTUELE GEWASOPBRENGST (Y_{act}). OPBRENGSTDERIVING ALS GEVOLG VAN DIRECTE EN INDIRECTE EFFECTEN WORDEN RESPECTIEVELIJK MET Y_{dir} EN Y_{ind} AANGEGEVEN



Om te bepalen wat voor effect de hydrologische maatregel heeft gehad op de opbrengstderiving kunnen we kijken naar het verschil in de berekende actuele gewasopbrengst, dit is weer gegeven met Y_{eff} in Figuur 2.2.

FIGUUR 2.2 ILLUSTRATIE VAN BEREKENING VAN GEWASOPBRENGST VOOR EEN WILLEKEURIGE SITUATIE VERGELIJKBAAR MET FIGUUR 21. DE VERANDERING IN GEWASOPBRENGST ALS GEVOLG VAN DE VERNATTINGSMAATREGEL IS AANGEGEVEN MET Y_{eff}



2.2 TOEPASSEN VAN WATERWIJZER LANDBOUW: BENODIGDE INVOERGEGEVENS

Het raadplegen van de Waterwijzer Landbouw metarelaties gebeurt aan de hand van de WWL-tool. Om een inschatting te kunnen maken van de landbouwkundige gewasopbrengsten heeft de WWL-tool per ruimtelijke eenheid de volgende informatie nodig:

- gewas;
- bodemtype (van de Bodemfysische Eenhedenkaart);
- meteostation;
- grondwaterstandskarakteristieken;
- zoutconcentratie in het beregeningswater.

Als ruimtelijke eenheid worden unieke combinaties van gewas en bodem gehanteerd, te relateren aan grofweg perceelniveau. Aan elk perceel worden vervolgens de grondwaterstandskarakteristieken en meteorologische informatie toegekend. Deze studie beperkt zich tot de klimaatperiode 1981 - 2010. Hieronder wordt per categorie een toelichting gegeven.

Voor de invoergegevens wordt gebruik gemaakt van basisgegevens van bodemtype en grondwaterstanden die beschikbaar zijn voor heel Nederland of meer specifiek voor het studiegebied. De juistheid van deze invoergegevens is in bijeenkomsten per gebied geëvalueerd. De bevindingen hiervan zijn opgenomen in hoofdstuk 6 en worden in dit hoofdstuk dus verder niet behandeld.

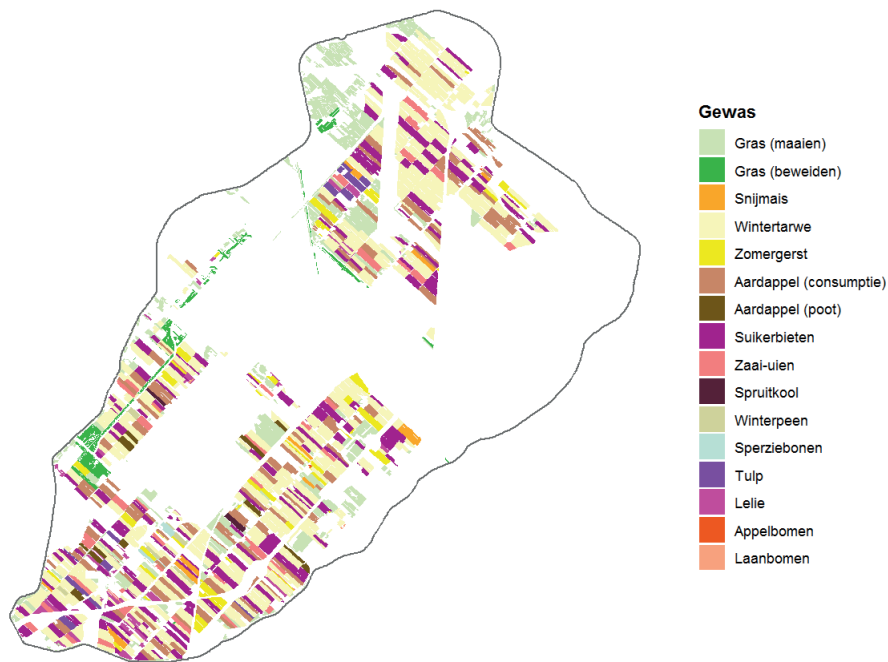
2.2.1 GEWAS

Als bron voor het toekennen van gewassen is de Basisregistratie Percelen 2017 (BRP) gebruikt, zie bijlage A. Voor toepassing van Waterwijzer Landbouw zijn alleen de percelen geselecteerd met landbouw als hoofdfunctie. Waterwijzer Landbouw maakt onderscheid in 23 landgebruiksvormen. De BRP maakt onderscheid in meer landgebruiksvormen, derhalve is een vertaaltabel nodig, zie bijlage Tabel A.1.

In de Haarlemmermeerpolder bestaat het landgebruik hoofdzakelijk uit akkerbouw met wintertarwe (38%), suikerbieten (16%) en consumptieaardappelen (12%). Daarnaast is er op een aantal percelen sprake van veeteelt met hoofdzakelijk gras (alleen maaien) (15%), zie Figuur 2.3.

FIGUUR 2.3

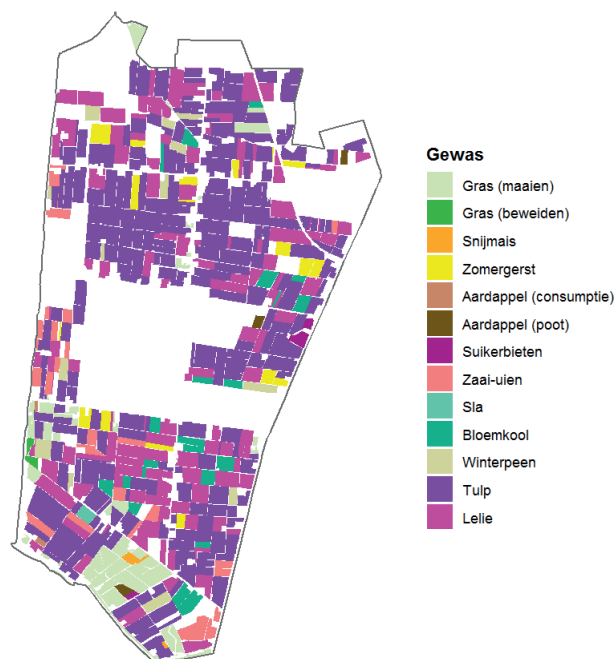
GEWASSEN IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER



In de Koegraspolder vindt overwegend bollenteelt plaats. Er is sprake van een behoorlijke diversiteit in bollenteelt welke worden vertaald naar tulpen (54%) of lelies (25%).

FIGUUR 2.4

GEWASSEN IN DE KOEGRASPOLDER



Het veenweidegebied van de Krimpenerwaard bestaat bijna volledig uit grasland waarbij onderscheid is gemaakt in 'blijvend grasland' en 'natuurlijk grasland'. Na overleg met het Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard zijn deze twee landgebruiksvormen respectievelijk vertaald naar gewascodes gras met intensief maaien en beweiden (84%) en gras dat alleen wordt beweid (14%), zie Figuur 2.5.

FIGUUR 2.5 GEWASSEN IN DE KRIMPENERWAARD



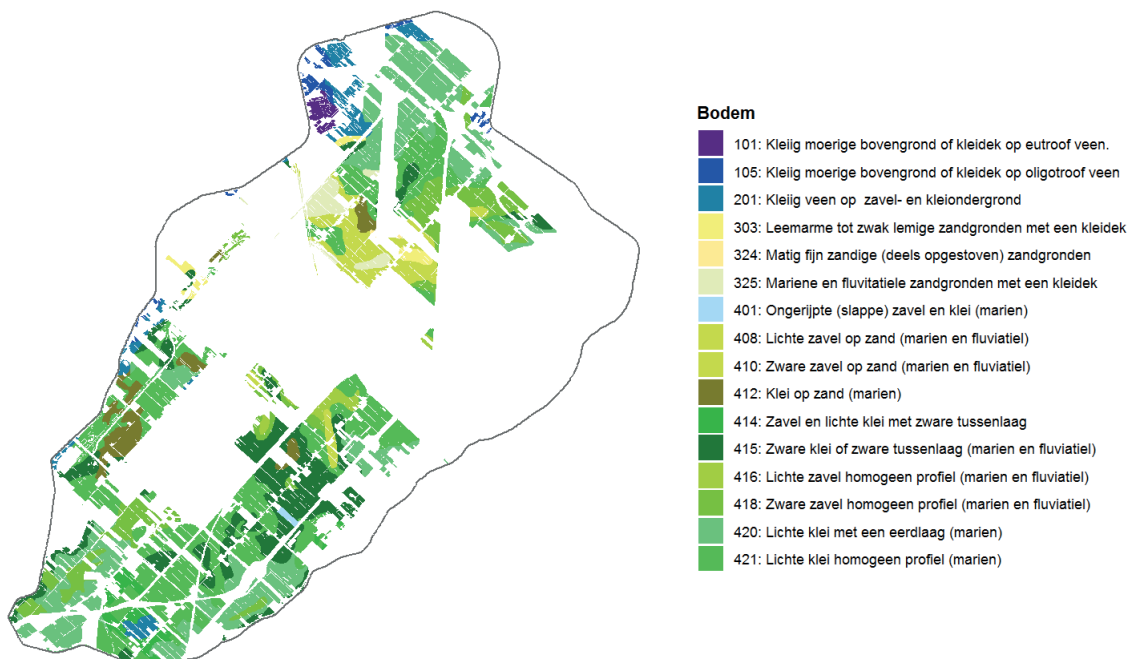
Bij het toepassen van Waterwijzer Landbouw in Naardermeer is gewerkt met grasland met een intensief maaibeheer.

2.2.2 BODEM

Als bron voor het toekennen van de bodembeschrijving wordt de Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK2012; Wösten et al., 2013) gebruikt, zie bijlage B.

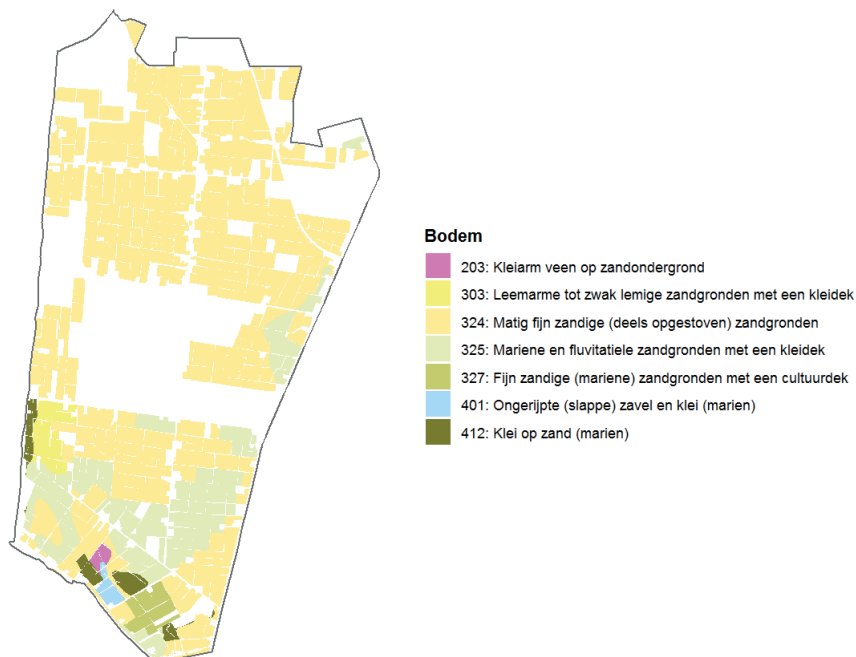
De bodem in de Haarlemmermeerpolder bestaat voornamelijk uit kleigronden: lichte mariene klei met een homogeen profiel (BOFEK 421; 29%), lichte mariene klei met een eerdlaag (BOFEK 420; 23%) en zware klei (BOFEK 415; 15%). Aan de noordkant van de polder komen nog veen, moerige en zandgronden voor, zie Figuur 2.6.

FIGUUR 2.6 BODEMBESCHRIJVING IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER



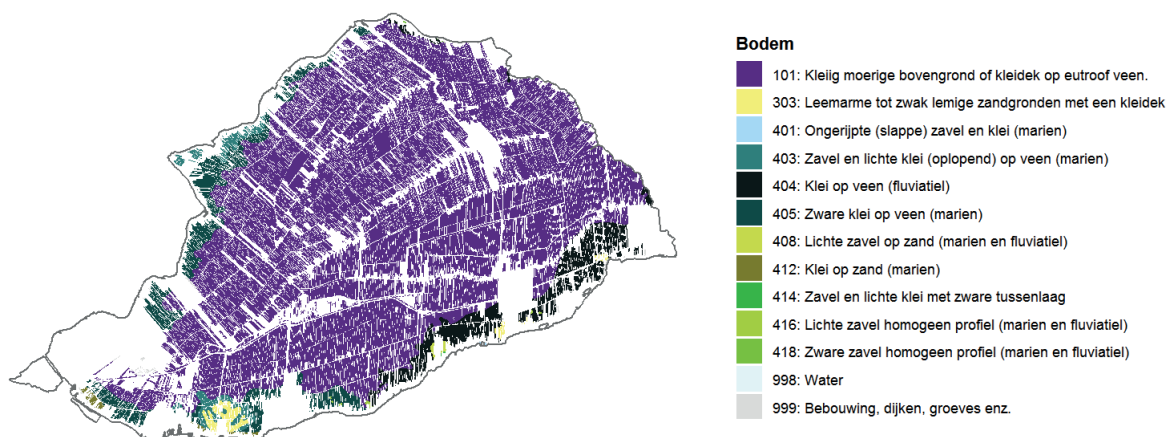
De Koegraspolder bestaat voornamelijk uit zandgronden, driekwart van de percelen zijn matig fijn zandige zandgronden (BOFEK 324; 76%). Een ander groot deel bestaat uit mariene en fluviatiele zandgronden met een kleidek (BOFEK 325; 17%).

FIGUUR 2.7 BODEMBESCHRIJVING IN DE KOEGRASPOLDER



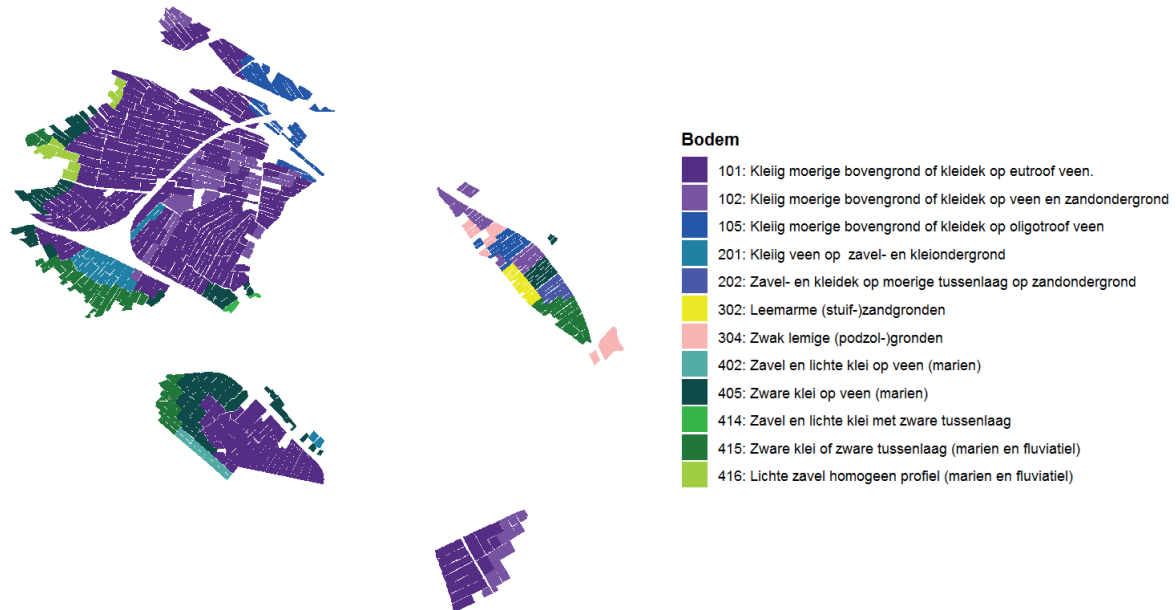
Hoofdzakelijk bestaat het veenweidegebied Krimpenerwaard uit gronden met een kleilig moerige bovengrond of kleidek op eutroof veen (BOFEK 101; 86%), zie Figuur 2.8. Langs de randen van het gebied is er sprake van voornamelijk (zware) klei op veen (BOFEK 404; 6% en BOFEK 405; 5%).

FIGUUR 2.8 BODEMBESCHRIJVING IN DE KRIMPENERWAARD



Het veenweidegebied Naardermeer bestaat hoofdzakelijk uit gronden met een kleilig moerige bovengrond of kleidek op eutroof veen (BOFEK 101; 58%), kleilig moerige bovengrond of kleidek op veen en zandondergrond (BOFEK 102; 10%) en zware klei op veen (BOFEK 405; 10%), zie Figuur 2.9.

FIGUUR 2.9 BODEMBESCHRIJVING IN NAARDERMEER



2.2.3 METEOSTATION

Bij het raadplegen van de metarelaties wordt voor de meteorologie één van de vijf KNMI weerstations (De Kooy, De Bilt, Eelde, Vlissingen of Maastricht) toegekend. Voor pilotgebieden Haarlemmermeerpolder en Koegraspolder is in eerste instantie gekozen voor het weerstation De Kooy en voor de pilotgebieden Krimpenerwaard en Naardermeer voor De Bilt.

In tweede instantie gaan we analyseren wat het effect op de gewasrespons is wanneer er gekozen wordt voor een ander weerstation, zie sectie 4.1. Beschrijving van de vijf verschillende weerstations is weergegeven in bijlage C.

2.2.4 GRONDWATERSTANDSKARAKTERISTIEKEN

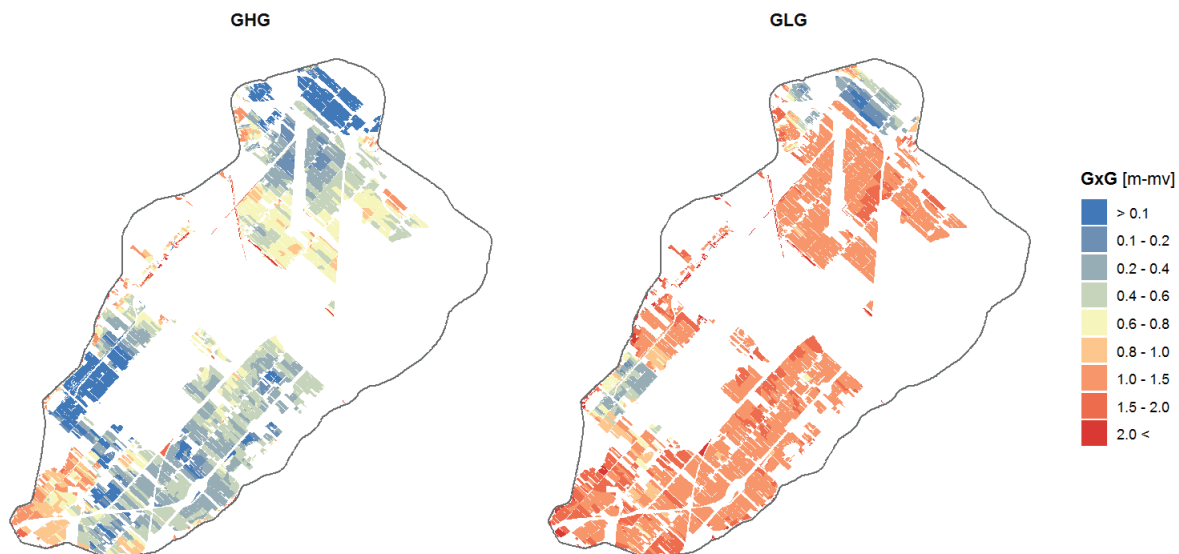
Waterwijzer Landbouw werkt voornamelijk alleen met de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) als grondwaterstandskarakteristiek om een inschatting te maken van de gewasrespons.

Voor het pilotgebied Haarlemmermeer maken we in eerste instantie gebruik van de grondwaterstandskarakteristieken gebaseerd op informatie afkomstig van het Hoogheemraadschap Rijnland zelf. Voor Krimpenerwaard zijn ook grondwaterstandskarakteristieken ontvangen welke zijn gebaseerd op de methode 'Karteerbare Kenmerken' (van der Gaast et al., 2007). Voor Koegraspolder zijn grondwaterstandskarakteristieken ontleend aan het Landelijk Hydrologisch Model (LHM; NHI 3.4.0). Bij de verwerking van de bestanden wordt op perceel-niveau een gemiddelde GHG en GLG bepaald. Hierbij wordt de resolutie van de bronbestanden neergeschaald naar 5 m.

Voor de Haarlemmermeerpolder zijn door het Hoogheemraadschap Rijnland voor een aantal peilvakken verlopen van de grondwaterstand gesimuleerd. Op basis van deze simulaties zijn de grondwaterkarakteristieken GHG en GLG afgeleid en uitgedrukt ten opzichte van NAP. Waterwijzer Landbouw werkt echter met grondwaterstandskarakteristieken uitgedrukt ten opzichte van het maaiveld. Voor de omrekening in eenheid is het Algemeen Hoogtebestand Nederland (AHN2)² gebruikt. De grondwaterkarakteristieken GHG en GLG komen hierbij gemiddeld uit op respectievelijk 0.43 en 1.27 m-mv, zie Figuur 2.10.

² AHN2: <http://www.ahn.nl/index.html>

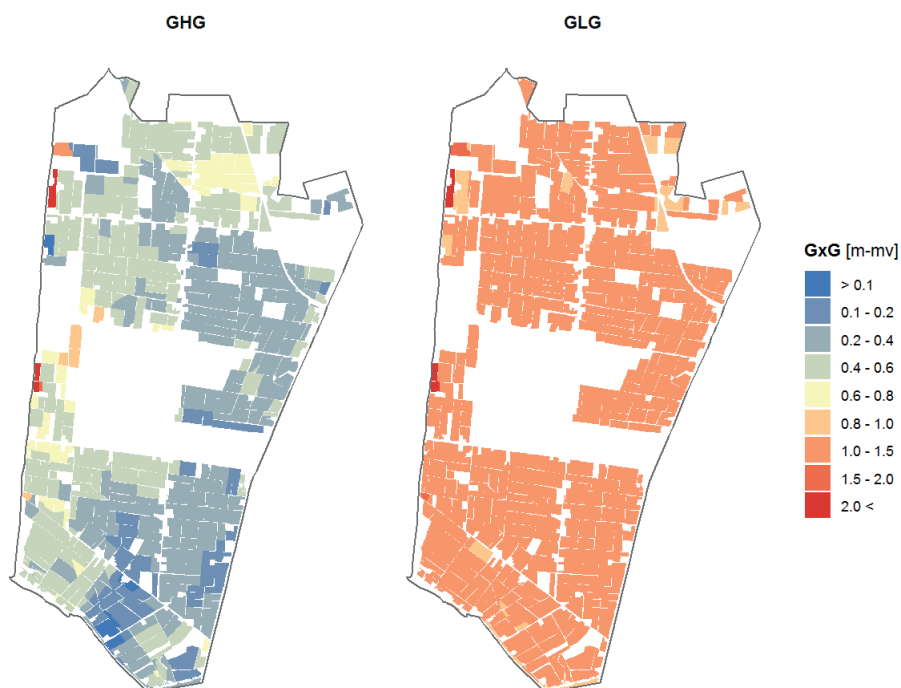
FIGUUR 2.10 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER



Voor een aantal peilgebieden komt de GHG volgens deze gegevens overwegend boven het maaiveld uit. Dit kan verschillende oorzaken hebben zoals het ontbreken van maaivelddrainage in de berekening of een verkeerde hoogte van de peilbuis die als referentie is genomen.

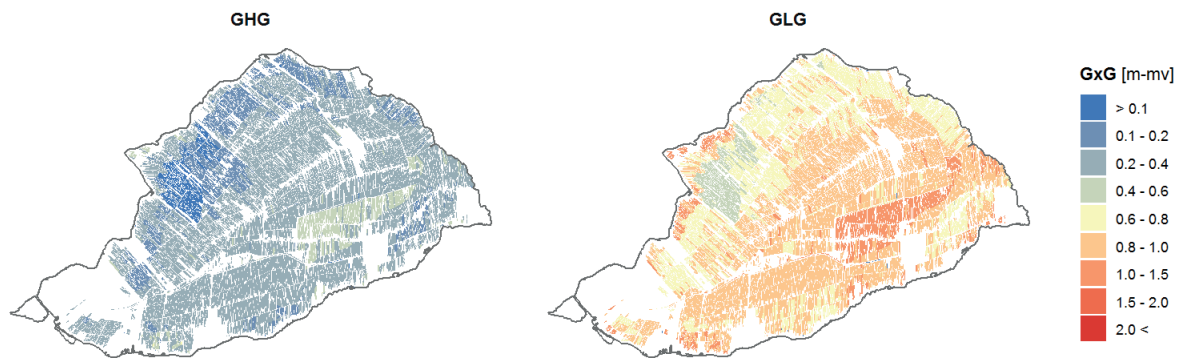
De grondwaterstandkarakteristieken voor de Koegraspolder zijn afkomstig van het LHM, hierbij komt de GHG en GLG gemiddeld uit op respectievelijk 0.40 en 1.17 m-mv, zie Figuur 2.11.

FIGUUR 2.11 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN IN DE KOEGRASPOLDER



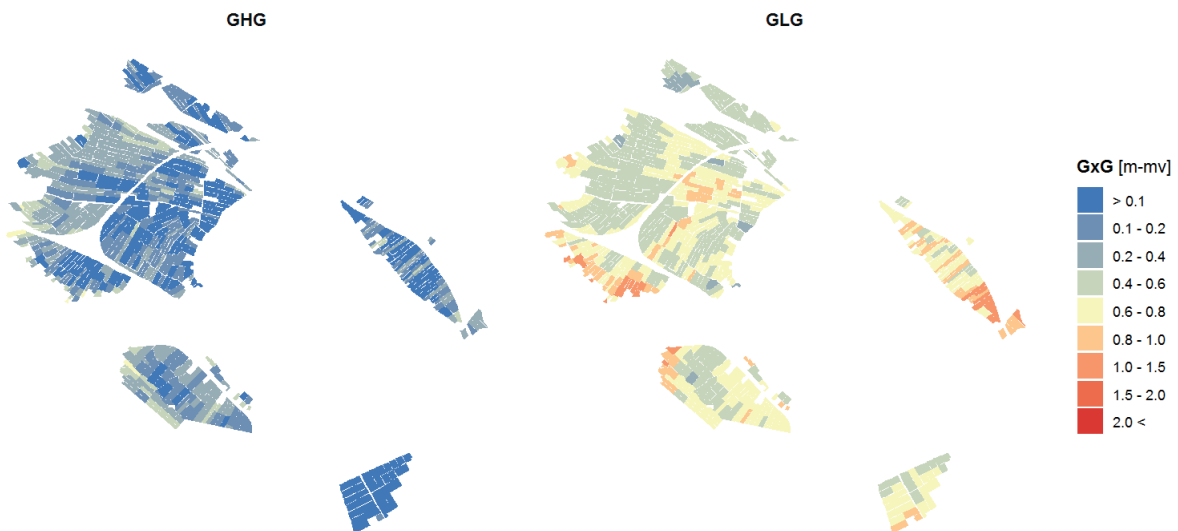
Voor het veenweidegebied van de Krimpenerwaard komt de GHG en GLG gemiddeld uit op respectievelijk 0.26 en 0.84 m-mv, zie Figuur 2.12.

FIGUUR 2.12 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN IN DE KRIMPENERWAARD



Het waterschap AGV maakt voor het afleiden van de GHG en GLG gebruik van een detailmodellering op perceelniveau. De kwelflux door de deklaag (onderrand) wordt hierbij ontleend aan een gekalibreerd regionaal grondwatermodel en herverdeeld tussen randsloot en perceel in het detailmodel. Het zomer- en winterpeil vormen de zijranden van het model en de bovenrand wordt gevormd door de neerslag en verdamping op dagbasis. Over een periode van acht jaar wordt de GHG en GLG afgeleid. Voor het veenweidegebied Naardermeer komt de GHG en GLG gemiddeld uit op respectievelijk 0.18 en 0.63 m-mv, zie Figuur 2.13.

FIGUUR 2.13 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN IN NAARDERMEER



Naast het afleiden van de gewasrespons met bovenstaande bronnen van grondwaterstands-informatie analyseren we ook het effect op de gewasrespons wanneer er gekozen wordt voor andere bronnen van grondwaterstands-informatie, zie paragraaf 4.2. Een beschrijving van de verschillende bronnen is weergegeven in bijlage D.

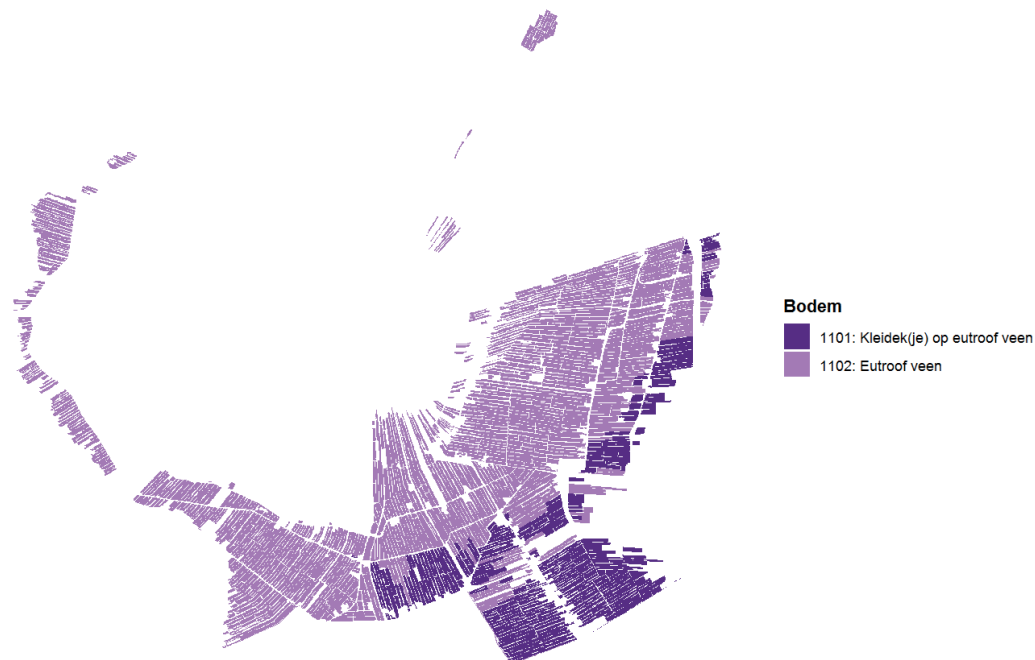
2.3 TOEPASSEN VAN WATERWIJZER LANDBOUW MET ONDERWATERDRAINAGE

Het raadplegen van de Waterwijzer Landbouw metarelaties die speciaal zijn ontwikkeld voor onderwaterdrainage gebeurt ook aan de hand van de WWL-tool maar vergen wel andere invoergegevens. Deze metarelaties zijn beschikbaar voor grasland met intensief maaibeheer en het weerstation De Bilt. Voor de bodemschematisatie wordt gewerkt met eutroof veen al dan niet met een kleidekje (Knotters et al., 2017). Daarnaast vindt de aansturing van deze metarelaties plaats aan de hand van peilbeheer (wel of geen zomerpeil), een drooglegging en een kwelflux in plaats van grondwaterstandskarakteristieken.

2.3.1 BODEM

Het veenweidegebied Groot-Wilnis - Vinkeveen bestaat voor 24% uit eutroof veen met een kleidek(je) en voor 76% uit eutroof veen zonder kleidek, zie Figuur 2.14. De dikte van het kleidek is afgeleid van de bodemkaart van Nederland (schaal 1:50.000).

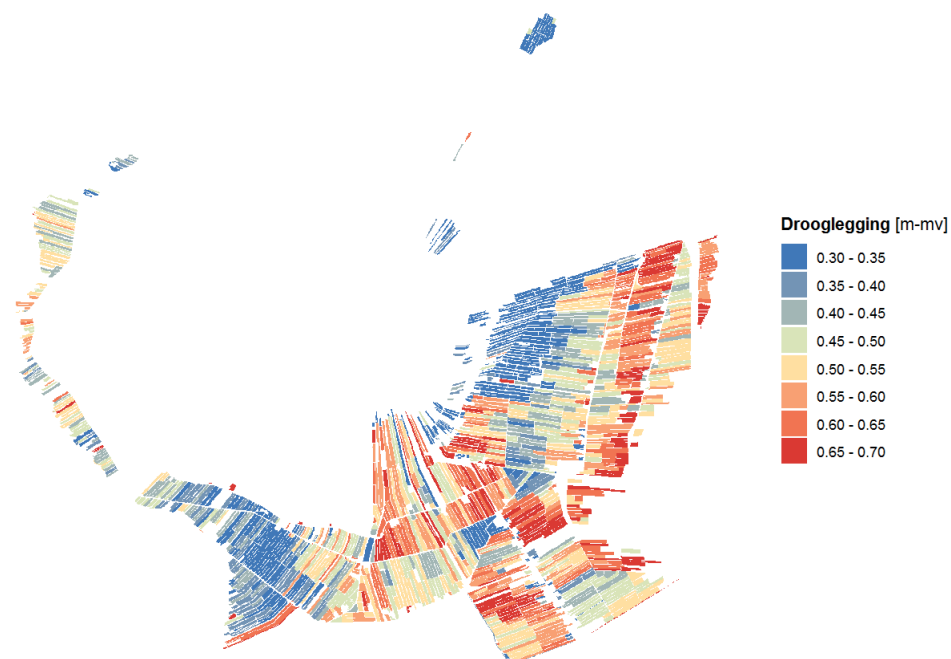
FIGUUR 2.14 BODEMBESCHRIJVING IN GROOT-WILNIS - VINKEVEEN



2.3.2 DROOGLEGGING

Voor het bepalen van de drooglegging wordt het verschil tussen het winterpeil en het maai-veld (AHN2) aangehouden, zie Figuur 2.15. Er is een gemiddelde drooglegging van 0.49 m.

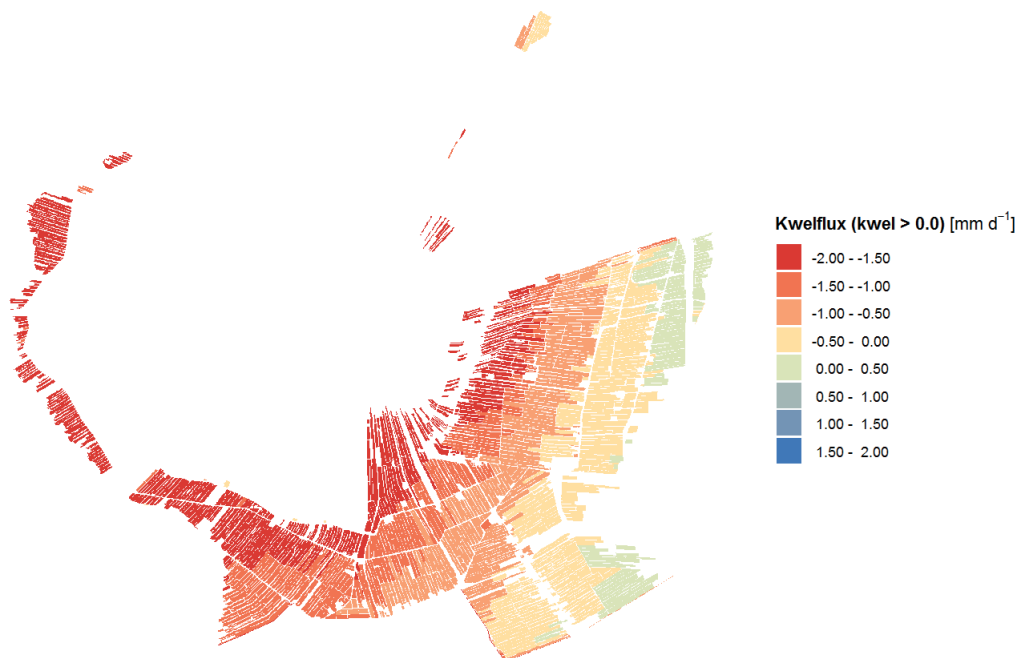
FIGUUR 2.15 DROOGLEGGING IN GROOT-WILNIS - VINKEVEEN



2.3.3 KWELFLUX

De kwelflux door de deklaag wordt ontleend aan een gekalibreerd grondwatermodel van het waterschap AGV en herverdeeld tussen randsloot en perceel. Gemiddeld wordt er een wegzijging berekend van 0.91 mm d^{-1} (Figuur 2.16).

FIGUUR 2.16 KWELFLUX IN GROOT-WILNIS - VINKEVEEN



2.3.4 ONDERWATERDRAINAGE

Als afweging voor het toepassen van onderwaterdrainage heeft het waterschap AGV alle percelen geselecteerd met een drooglegging van 0.35 tot 0.60 m in combinatie met wegzijging, zie Figuur 2.17.

FIGUUR 2.17 TOEPASSING VAN ONDERWATERDRAINAGE IN GROOT-WILNIS - VINKEVEEN



3

RESULTATEN TOEPASSING WWL-TOOL

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond van de toepassing van de WWL-tool, met de invoergegevens zoals gepresenteerd in hoofdstuk 2. De plausibiliteit van deze uitkomsten is in bijeenkomsten per gebied geëvalueerd en wordt in hoofdstuk 6 behandeld.

3.1 SIMULATIE VAN GEWASOPBRENGSTEN EN GEWASOPBRENGSTDERIVING

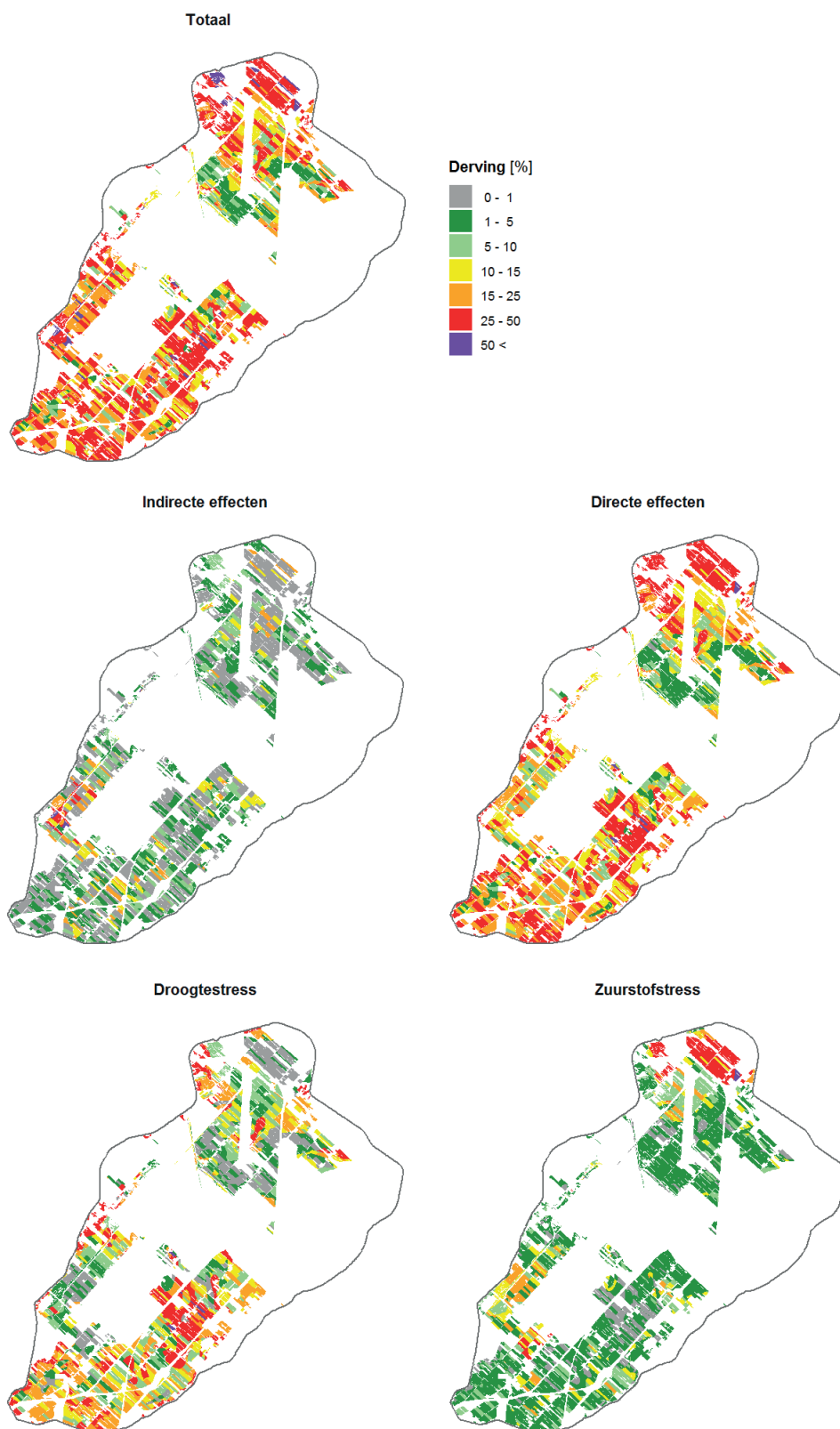
Op basis van de bronbestanden beschreven in paragraaf 2.2 wordt met Waterwijzer Landbouw een inschatting gemaakt van de gewasrespons voor de periode 1981 tot en met 2010. De langjarig gemiddelde gewasopbrengsten en opbrengstderiving in biomassa zijn weergegeven in Tabel 3.1 voor telkens de belangrijkste gewassen in de pilotgebieden.

TABEL 3.1 LANGJARIG GEMIDDELTE POTENTIËLE EN ACTUELE GEWASOPBRENGST [KG_{DS} HA⁻¹] EN OPBRENGSTDERIVING [%] PER GEWAS

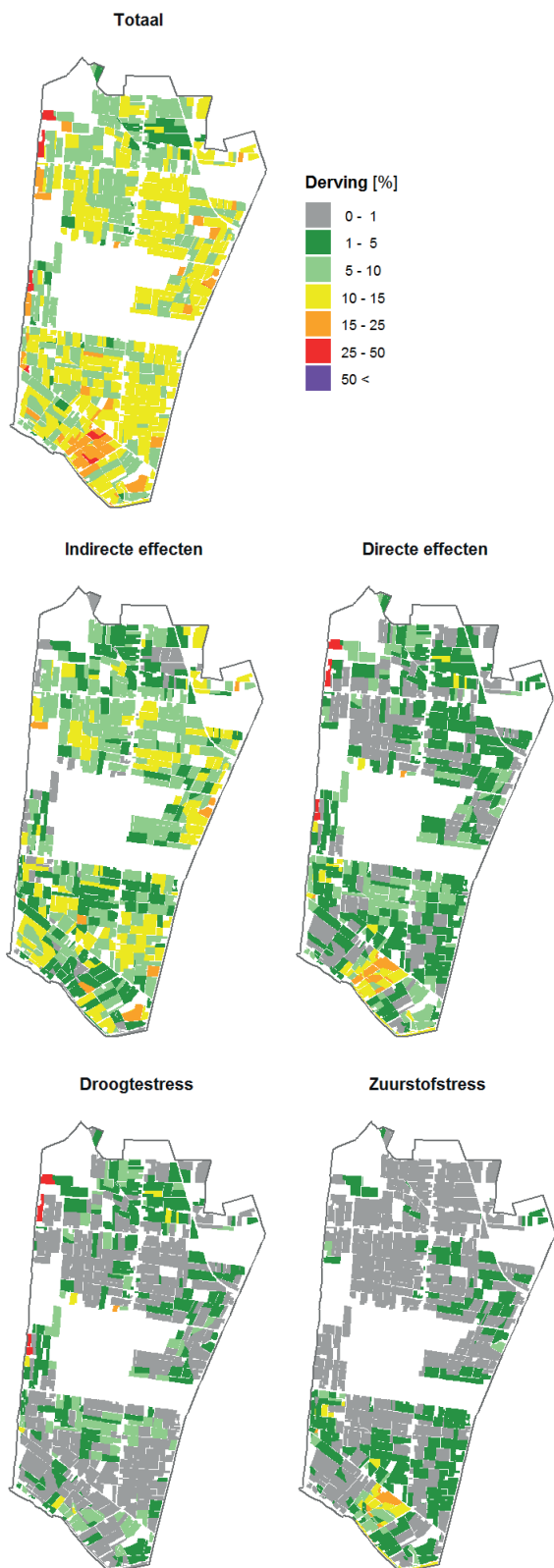
Gewas	Areaal [ha]	Potentiële opbrengst [kg _{ds} ha ⁻¹]	Actuele opbrengst [kg _{ds} ha ⁻¹]	Derving totaal [%]
<i>Haarlemmermeerpolder</i>				
Wintertarwe	2274	9170	7519	18
Suikerbieten	948	14422	9589	34
Gras (maaien)	912	17064	12834	25
Consumptieaardappelen	739	13642	10814	21
<i>Koegraspolder</i>				
Tulpen	1164	303748	273746	10
Lelies	534	303748	273113	10
<i>Krimpenerwaard</i>				
Gras (intensief maaien en beweiden)	6816	14066	10346	26
Gras (beweiding)	1176	11478	6889	40
<i>Naardermeer</i>				
Gras (maaien)	793	15666	10636	32

Een ruimtelijke weergave van de langjarig gemiddelde opbrengstderiving voor de pilotgebieden Haarlemmermeer, Koegraspolder, Krimpenerwaard en Naardermeer is respectievelijk weergegeven in Figuur 3.1 tot en met Figuur 3.4. De totale opbrengstderiving is opgebouwd uit indirecte effecten (met name veroorzaakt door een verkort groeiseizoen als gevolg van te natte omstandigheden of vertrappingsverliezen bij beweid grasland) en directe effecten (gedurende het groeiseizoen). De directe effecten in deze figuren zijn alleen het gevolg van droogte- of zuurstofstress. Berekening en dus ook zoutstress zijn bij deze analyse buiten beschouwing gelaten. In paragraaf 4.3 komt dit nader aan bod.

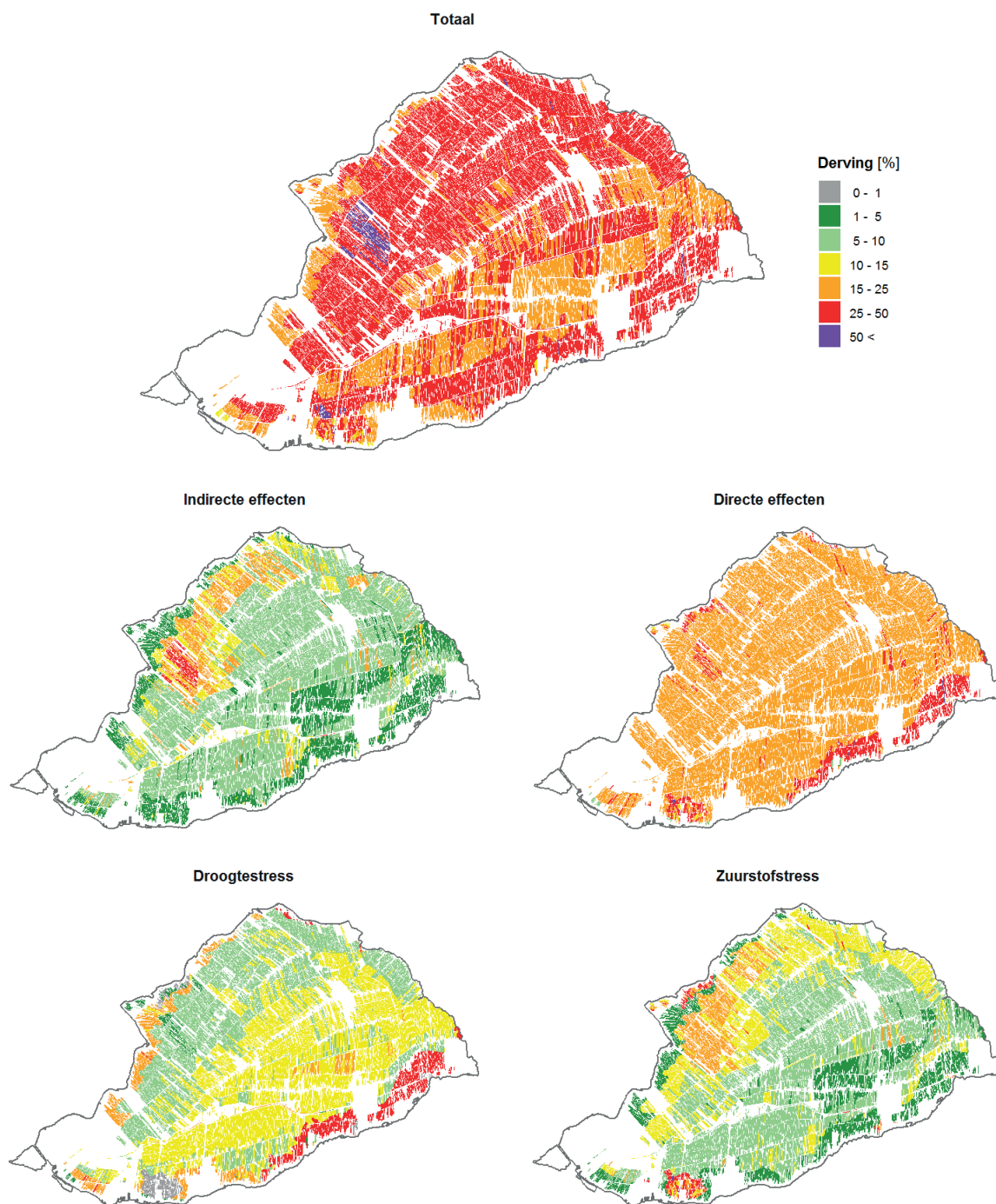
FIGUUR 3.1 LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



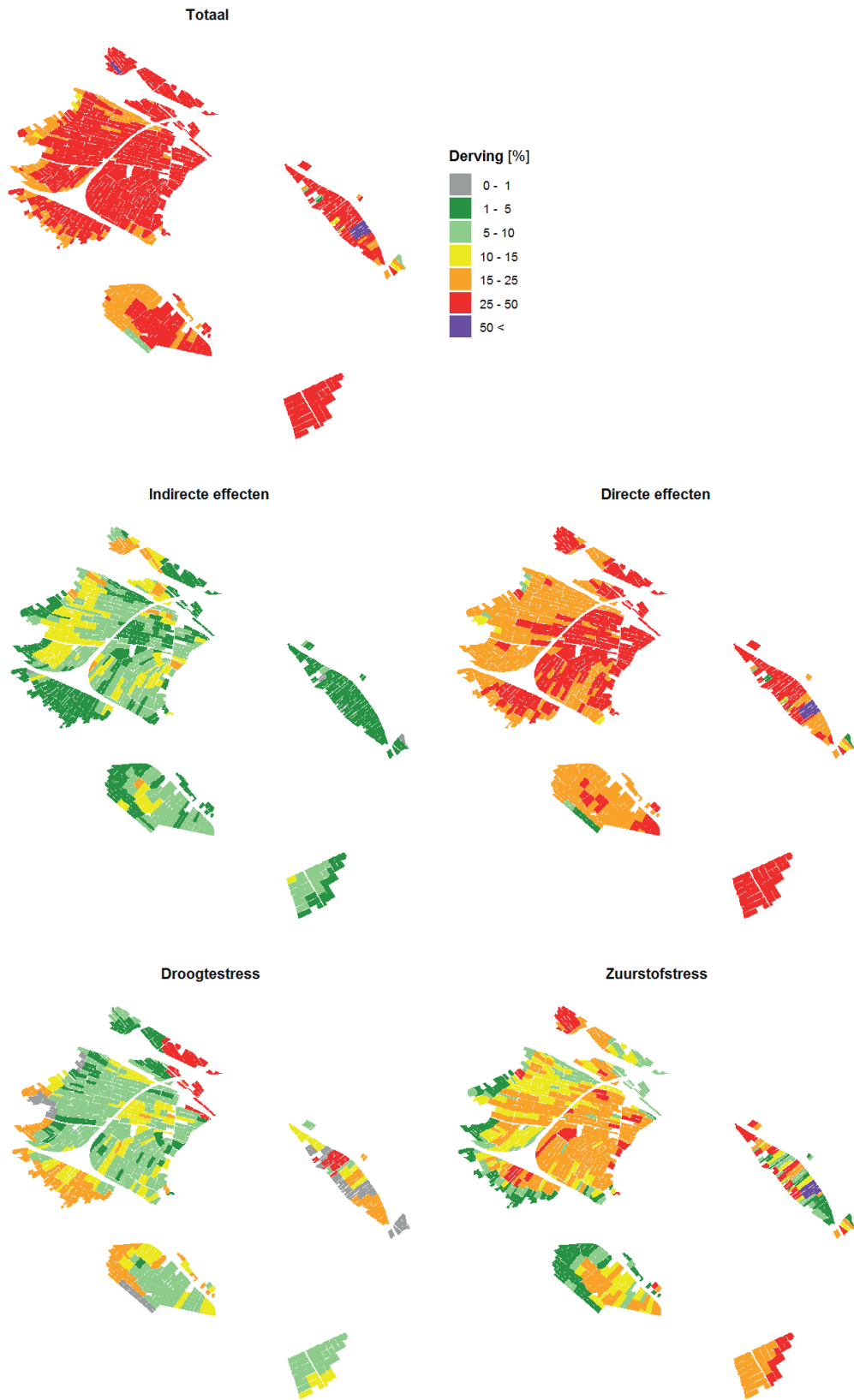
FIGUUR 3.2 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING IN DE KOEGRASPOLDER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



FIGUUR 3.3 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING IN KRIMPENERWAARD [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



FIGUUR 3.4 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING IN NAARDERMEER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



In de ruimtelijke weergaven is een behoorlijke variatie in opbrengstderving te zien. Gemiddeld gezien is er in de Haarlemmermeerpolder, Krimpenerwaard en Naardermeer sprake van met name directe effecten veroorzaakt door zowel droogte- als zuurstofstress (zie Tabel 3.2). Op basis van de ruimtelijke weergave valt op dat bij een aantal bodemeenheden met zware klei in het bodemprofiel (zoals BOFEK 105, 201, 404, 405 en 415) veel droogtestress wordt ondervonden. Bij Koegraspolder is er sprake van met name indirecte effecten (vooral vanwege te natte omstandigheden). Van droogtestress is er op de zandgronden van de Koegraspolder nauwelijks sprake, zie Tabel 3.2. Op de herkenbaarheid van deze twee aspecten wordt nader ingegaan in hoofdstuk 6.

TABEL 3.2 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERIVING PLUS SPECIFICATIE VAN DE DERVING [%] PER GEWAS

Gewas	Derving totaal [%]	Indirecte effecten [%]	Droogtestress [%]	Zuurstof-stress [%]
<i>Haarlemmermeerpolder</i>				
Wintertarwe	18	0	10	8
Suikerbieten	34	10	15	9
Gras (maaïen)	25	2	16	7
Consumptieaardappelen	21	4	14	3
<i>Koegraspolder</i>				
Tulpen	10	9	1	1
Lelies	10	4	5	1
<i>Krimpenerwaard</i>				
Gras (intensief maaïen en beweiden)	26	7	11	8
Gras (beweïding)	44	15	15	15
<i>Naardermeer</i>				
Gras (maaïen)	32	6	10	16

Naast de langjarige gemiddelde opbrengstderving is het ook mogelijk om de gewasrespons voor afzonderlijke weerjaren te analyseren. Voor de pilotgebieden Haarlemmermeer, Koegraspolder en Krimpenerwaard is de gemiddelde opbrengstderving per jaar voor alle weerjaren in de periode 1981 tot en met 2010 weergegeven in respectievelijk Figuur E1 tot en met Figuur E3. In deze periode staat 1998 bekend als een nat jaar. Bij de pilotstudie van Krimpenerwaard is dit ook duidelijk zichtbaar. Bij de Haarlemmermeerpolder wordt echter in het weerjaar 1985 meer zuurstofstress ondervonden terwijl er in dit weerjaar minder neerslag is gevallen dan gemiddeld. Dit lijkt opmerkelijk, maar in 1985 was de globale straling en de temperatuur ook lager dan gemiddeld waardoor de gewasontwikkeling in het model achterblijft. Door de achterblijvende gewasontwikkeling zal de watervraag gedurende het groeiseizoen minder hoog zijn waardoor er eerder kans is op zuurstofstress.

Bij droogtestress signaleren we vergelijkbare gevallen. Het weerjaar 2003 staat bekend als een droog jaar binnen de klimaatperiode 1981 - 2010. In alle drie de pilots leidt dit ook tot veel droogteschade. In de Krimpenerwaard (weerstation De Bilt) valt er in 1996 nog minder neerslag dan in 2003, maar dit komt niet tot uiting in meer droogtestress. Ook hier is een mogelijke verklaring een verminderde watervraag als gevolg van een achterblijvende gewasontwikkeling door een relatief lage temperatuur. Andersom kan ook, in de Krimpenerwaard levert 2006 meer droogtestress op in de modelberekening dan 2003.

In dit jaar is er duidelijk sprake van een hogere temperatuur en daarmee waarschijnlijk een hogere watervraag.

Analyse van afzonderlijke weerjaren geeft veel inzicht in de werking van het operationele modelinstrumentarium SWAP-WOFOST. Ook in de communicatie met de veetelers en akkerbouwers kan dit inzicht helpen. De meeste agrariërs zullen wel een concrete voorstelling hebben bij een opbrengst in een droog of nat jaar, maar niet zozeer bij een langjarig gemiddelde opbrengstderving.

3.2 VERGELIJKING MET DE HELP-TABEL

Voor het pilotgebied Naardermeer heeft het waterschap AGV de resultaten van Waterwijzer Landbouw vergeleken met de HELP-tabel. Omdat de methoden nogal verschillend zijn is een vergelijking zeer complex.

Voor natte omstandigheden kan de langjarig gemiddelde natschade van de HELP-tabel enigszins worden vergeleken met de langjarig gemiddelde opbrengstderving als gevolg van indirecte effecten plus de zuurstofstress van Waterwijzer Landbouw. De natschade in de HELP-tabel is echter alleen gebaseerd op expertkennis en is daarmee niet reproduceerbaar. De natschade en indirecte schade in Waterwijzer Landbouw daarentegen is procesmatig benaderd en berekend en juist wel reproduceerbaar. Bij de HELP-tabellen is niet duidelijk om wat voor natschade (structuurbederf, zuurstofstress, afsterving van het gewas) het precies gaat en dus ook niet wat het aandeel is van de verschillende processen. Het is daarmee niet mogelijk om het verschil in natschade te verklaren. Ook het verschil in droogteschade is lastig te verklaren. Voor te droge omstandigheden heeft de HELP-tabel destijds gebruik gemaakt van het LAMOS model, met andere invoergegevens dan voor Waterwijzer Landbouw zijn gebruikt (zoals bodem, water en meteorologie) en met tijdstappen van decades. Het LAMOS model is intussen niet meer operationeel, dus deze modelsimulaties zijn niet meer reproduceerbaar.

Zo blijft het voor de vergelijking van WWL met de HELP-tabel bij het constateren van een verschil. Daarnaast is een verschil ook precies wat we verwachten; WWL is immers ontwikkeld omdat een verbetering van de HELP wenselijk was. Met Waterwijzer Landbouw doen we uitspraken over de periode 1981-2010 in plaats van 1954-1984. Ook de aansturing van de modelsimulaties is gemoderniseerd. Zo wordt er bij Waterwijzer Landbouw gerekend met een aaneengesloten periode van 30 jaar waarbij iedere dag in het groeiseizoen een terugkoppeling plaatsvindt met het gewas. Bij de HELP-tabel werden alleen simulaties uitgevoerd van 1 april tot en met 1 oktober met elk jaar de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand (GVG) als initiële grondwaterstand. Terugkoppeling met het gewas vond plaats op decadebasis. Waterwijzer Landbouw maakt daarnaast gebruik van dynamische gewasgroei-modellering in plaats van eenvoudige gewasmodellering met een 1:1-relatie tussen verdamping en gewasopbrengst. Hierdoor is er sprake van een ander referentieniveau (potentiële gewasopbrengst) waaraan de derving wordt gerelateerd. Verder is een belangrijk verschil dat er gebruik wordt gemaakt van een ander concept voor de berekening van de verdamping en wordt er gebruik gemaakt van andere gegevens voor de bodemfysica.

In Tabel 3.3 is te zien dat de totale opbrengstdervingen gemiddeld voor het pilotgebied Naardermeer elkaar niet veel ontlopen. Het aandeel aan de opbrengstderving door te droge en te natte omstandigheden verschilt echter wel sterk, Waterwijzer Landbouw berekent meer droogtestress en minder opbrengstderving als gevolg van te natte omstandigheden. Omdat

meetgegevens over gewasopbrengst(deriving) ontbreken is het lastig om aan te geven welke resultaten beter zijn.

TABEL 3.3 LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING PLUS SPECIFICATIE VAN DE DERVING VOOR HET NAARDERMEER [%]

Derving	HELP	WWL
Totaal	31	32
Droog	2	10
Nat	29	22

In Figuur 3.5 zijn de verschillen ruimtelijk weergegeven. Hierin is te zien dat de berekende opbrengstderiving als gevolg van te droge omstandigheden voor alle percelen groter is bij het gebruik van Waterwijzer Landbouw. Dit geldt met name voor de BOFEK-eenheden 105, 201, 405 en 415. Voor te natte omstandigheden berekent Waterwijzer Landbouw voor veel percelen minder opbrengstderiving dan de HELP-tabel, dit geldt vooral voor de veenbodems (BOFEK 101, 102 en 105).

FIGUUR 3.5 ABSOLUUT VERSCHIL TUSSEN HELP EN WWL BEREKENDE LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING VOOR NAARDERMEER, DUS ALS GEVOLG VAN HET GEBRUIK VAN EEN ANDERE METHODIEK [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERIVING, EN ONDER UITSPLITSING NAAR OPBRENGSTDERIVING ALS GEVOLG VAN TE DROGE EN TE NATTE OMSTANDIGHEDEN, DE GROENE KLEUR GEEFT AAN DAT WATERWIJZER LANDBOUW MEER DERVING BEREKENT



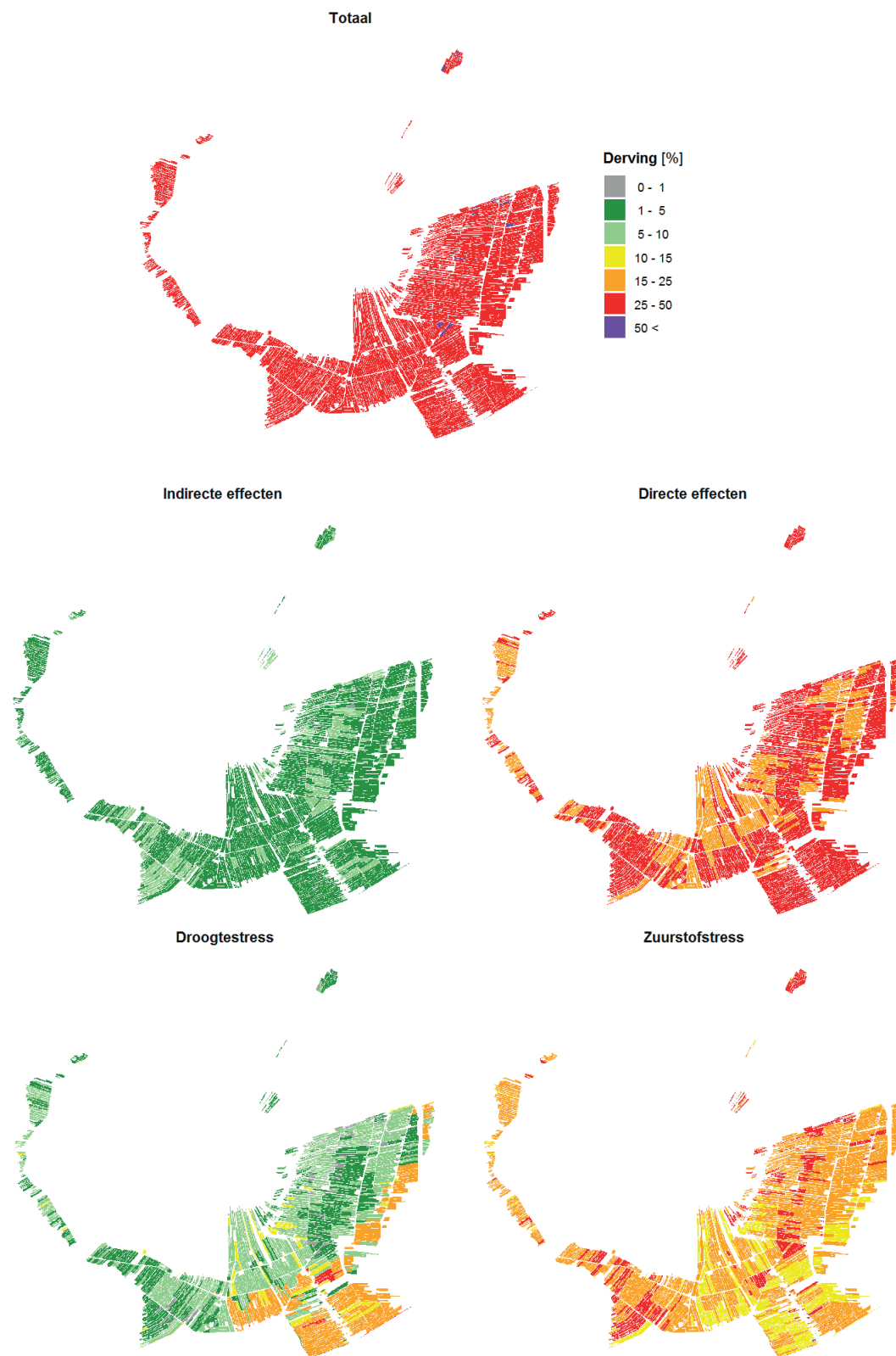
3.3 ONDERWATERDRAINAGE

Voor het pilotgebied Groot-Wilnis - Vinkeveen is gerekend met onderwaterdrainage. Gemiddeld over het pilotgebied komt de langjarig gemiddelde derving uit op 32%, voornamelijk veroorzaakt door directe effecten (28% directe effecten tegenover 4% indirecte effecten). Van de directe effecten wordt circa 9% door droogtestress veroorzaakt en circa 20% door zuurstofstress.

In Figuur 3.6 is de langjarig gemiddelde opbrengstderving ruimtelijk weergegeven. Hierbij valt op dat bij gronden met een kleidek relatief veel droogtestress wordt berekend.

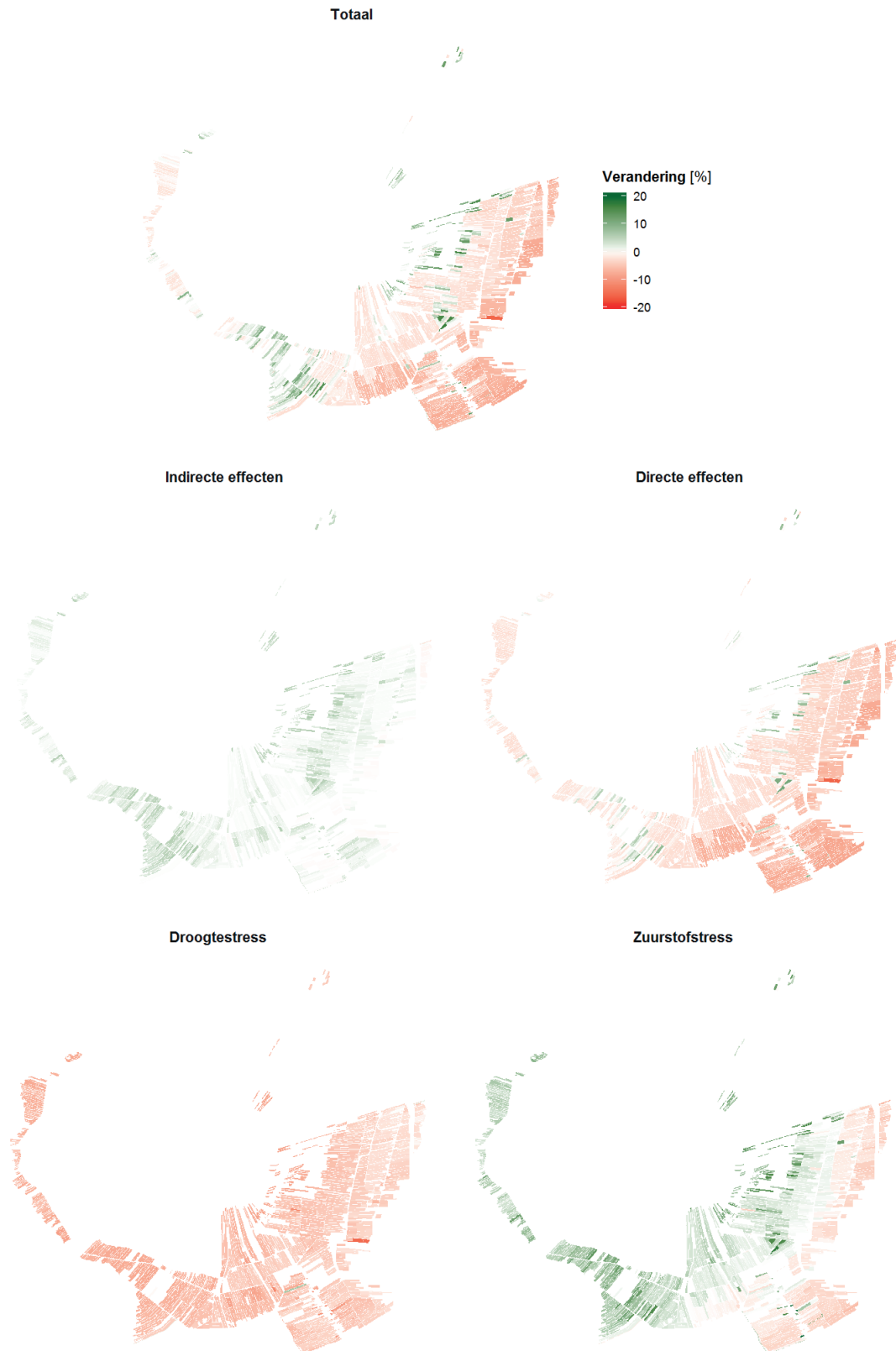
Indien er geen sprake is van onderwaterdrainage zien we over een groot gedeelte van het pilotgebied Groot-Wilnis - Vinkeveen een toename van de derving, wat voornamelijk door verandering in droogtestress wordt veroorzaakt. In delen met een geringe drooglegging neemt de zuurstofstress toe, zie Figuur 3.7.

FIGUUR 3.6 LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING VOOR GROOT-WILNIS – VINKEVEEN MET ONDERWATERDRAINAGE [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERIVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



FIGUUR 3.7

ABSOLUUT VERSCHIL TUSSEN WEL OF GEEN TOEPASSING VAN ONDERWATERDRAINAGE, OP DE BEREKENDE LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING VOOR GROOT-WILNIS - VINKEVEEN [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, EN ONDER UITSPLITSING NAAR OPBRENGSTDERVING ALS GEVOLG VAN TE DROGE EN TE NATTE OMSTANDIGHEDEN, DE GROENE KLEUR GEEFT AAN DAT ONDERWATERDRAINAGE MEER DERVING BEREKENT



4

GEVOELIGHEIDSANALYSES

4.1 VARIATIE IN WEERSTATIONS

In de voorgaande situatie wordt gebruik gemaakt van de meteogegevens van het weerstation De Kooy of De Bilt. Vooral bij de pilotstudies Haarlemmermeer en Krimpenerwaard is het de vraag of die meteorologische condities representatief zijn. Om te analyseren wat het effect kan zijn bij gebruik van andere meteogegevens wordt in dit hoofdstuk het (weer)station gevarieerd voor drie pilotgebieden, zie ook bijlage C.

In Tabel 4.1 is het effect van de meteorologische condities op de opbrengstderving weergegeven waarbij de dervingpercentages zijn afgerond op hele getallen. De verschillen in de langjarig gemiddelde opbrengstderving als gevolg van een andere keuze van het weerstation zijn klein. Voor Eelde valt op dat er voor Haarlemmermeer en Krimpenerwaard minder droogtestress wordt berekend dan voor de overige stations. In vergelijking met de andere weerstations is bij Eelde relatief veel neerslag gemeten en valt de gemiddelde temperatuur lager uit. Meteostation Eelde is echter juist nog verder weg dan De Bilt, dus voor deze pilotstudies niet direct relevant. Desalniettemin geven de resultaten wel inzicht in de gevoeligheid van de resultaten voor de keuze van het weerstation gemiddeld over een pilotgebied: deze lijkt beperkt.

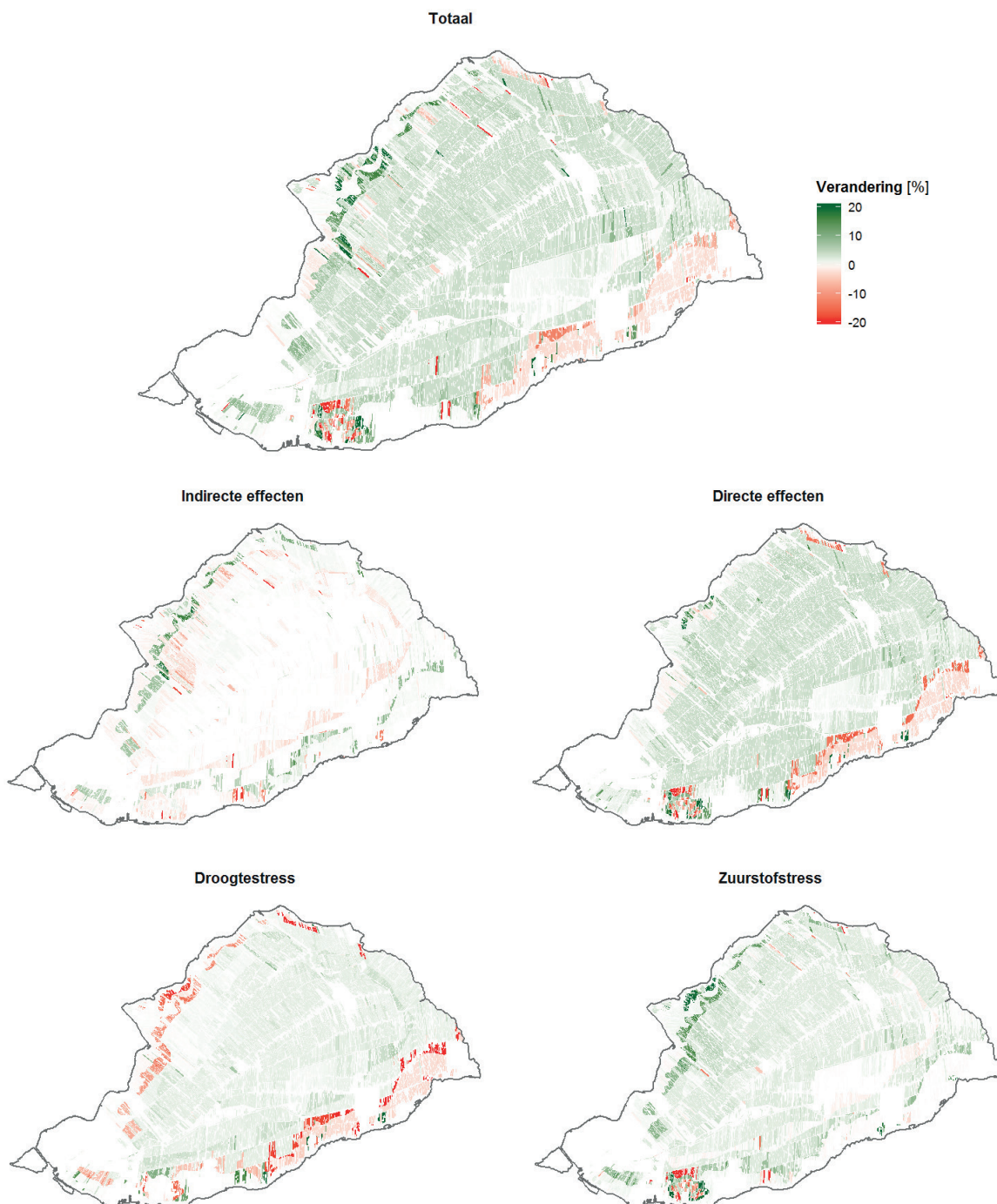
TABEL 4.1 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDerving GEMIDDELD VOOR HET STUDIEGEBIED INCLUSIEF UITSPLOITING NAAR VERSCHILLENDE SCHADECOMPONENTEN [%] VOOR VERSCHILLENDE BRONNEN VAN GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN

Bron	Totaal	Indirect	Droogte	Zuurstof
<i>Haarlemmermeer</i>				
De Kooy	23	4	13	7
De Bilt	27	4	13	10
Eelde	23	4	10	10
Vlissingen	26	4	14	7
Maastricht	28	4	14	10
<i>Koegraspolder</i>				
De Kooy	10	7	2	1
De Bilt	9	6	2	1
Eelde	10	7	2	1
Vlissingen	10	5	2	2
Maastricht	11	6	3	2
<i>Krimpenerwaard</i>				
De Kooy	26	8	10	7
De Bilt	29	8	11	9
Eelde	27	9	9	9
Vlissingen	28	9	11	8
Maastricht	27	8	12	7

Het is belangrijk om te realiseren dat bovenstaande resultaten betrekking hebben op een gemiddeld effect voor het pilotgebied. Lokaal kan het verschil in opbrengstderiving bij gebruik van een ander weerstation oplopen tot meer dan 20%, zoals is berekend voor het pilotgebied Krimpenerwaard (Figuur 4.1).

Concluderend kan gesteld worden dat de keuze van het weerstation lokaal tot aanzienlijke verschillen kan leiden. Het is dus van belang het weerstation te kiezen dat het beste bij het gebied past.

FIGUUR 4.1 ABSOLUUT VERSCHIL TUSSEN BEREKENDE LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING IN DE KRIMPENERWAARD ALS GEVOLG VAN HET GEBRUIK VAN EEN ANDER WEERSTATION (DE BILT – DE KOOY) [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERIVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS, DE GROENE KLEUR GEEFT AAN DAT HET WEERSTATION DE BILT MEER DERIVING BEREKENT. DE VERANDERING IN DERIVINGPERCENTAGES ZIJN AFGEKAPT OP 20 %.



4.2 VARIATIE IN BRONNEN VAN GRONDWATERSTANDSINFORMATIE

De resultaten zoals besproken in Hoofdstuk 3.1 zijn uitgevoerd op basis van de grondwaterstandskarakteristieken GHG en GLG. Voor het afleiden van deze karakteristieken kunnen verschillende (landelijke) bronnen worden gebruikt, zie bijlage D. Tabel 4.2 geeft een overzicht van de gemiddelde grondwaterstandskarakteristieken voor de verschillende pilotgebieden, waarbij de aangeleverde karakteristieken van het hoogheemraadschap Rijnland aangegeven is met HHR. In de tabel is te zien dat er een behoorlijke onzekerheid bestaat bij zowel de GHG en GLG, die al gauw meer dan 10 cm bedraagt. Ook in de ruimtelijke patronen verschillen de grondwaterstands-karakteristieken behoorlijk. Voor de pilotgebieden is dit weergegeven in bijlage D in Figuur D.4, tot en met Figuur D.6.

TABEL 4.2 VERSCHIL IN GEMIDDELDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN GHG EN GLG OP BASIS VAN VERSCHILLENDE BRONNEN [M-MV]

Bron	GHG	GLG	Dynamiek
<i>Haarlemmermeerpolder</i>			
HHR	0.43	1.27	0.84
LHM	0.51	1.28	0.77
BRO	0.82	1.30	0.48
KK	0.62	1.52	0.90
<i>Koegraspolder</i>			
LHM	0.40	1.17	0.77
KK	0.43	1.05	0.62
<i>Krimpenerwaard</i>			
LHM	0.18	0.73	0.55
BRO	0.11	0.61	0.50
KK	0.26	0.84	0.58

De impact van de verschillende grondwaterstandskarakteristieken op de berekende opbrengstderving en de specificatie daarvan is weergegeven in Tabel 4.3. Hierbij zijn de dervingpercentages afgerond op hele getallen.

Ondanks de relatief grote verschillen in grondwaterstandskarakteristieken voor bijvoorbeeld de Haarlemmermeerpolder blijft de totale gemiddelde opbrengstderving over het gehele pilotgebied min of meer vergelijkbaar. De grondwaterstandskarakteristieken van het HHR en het LHM hebben een iets hogere grondwaterstand in de winter hetgeen leidt tot iets meer natschade in de vorm van indirecte effecten en zuurstofstress.

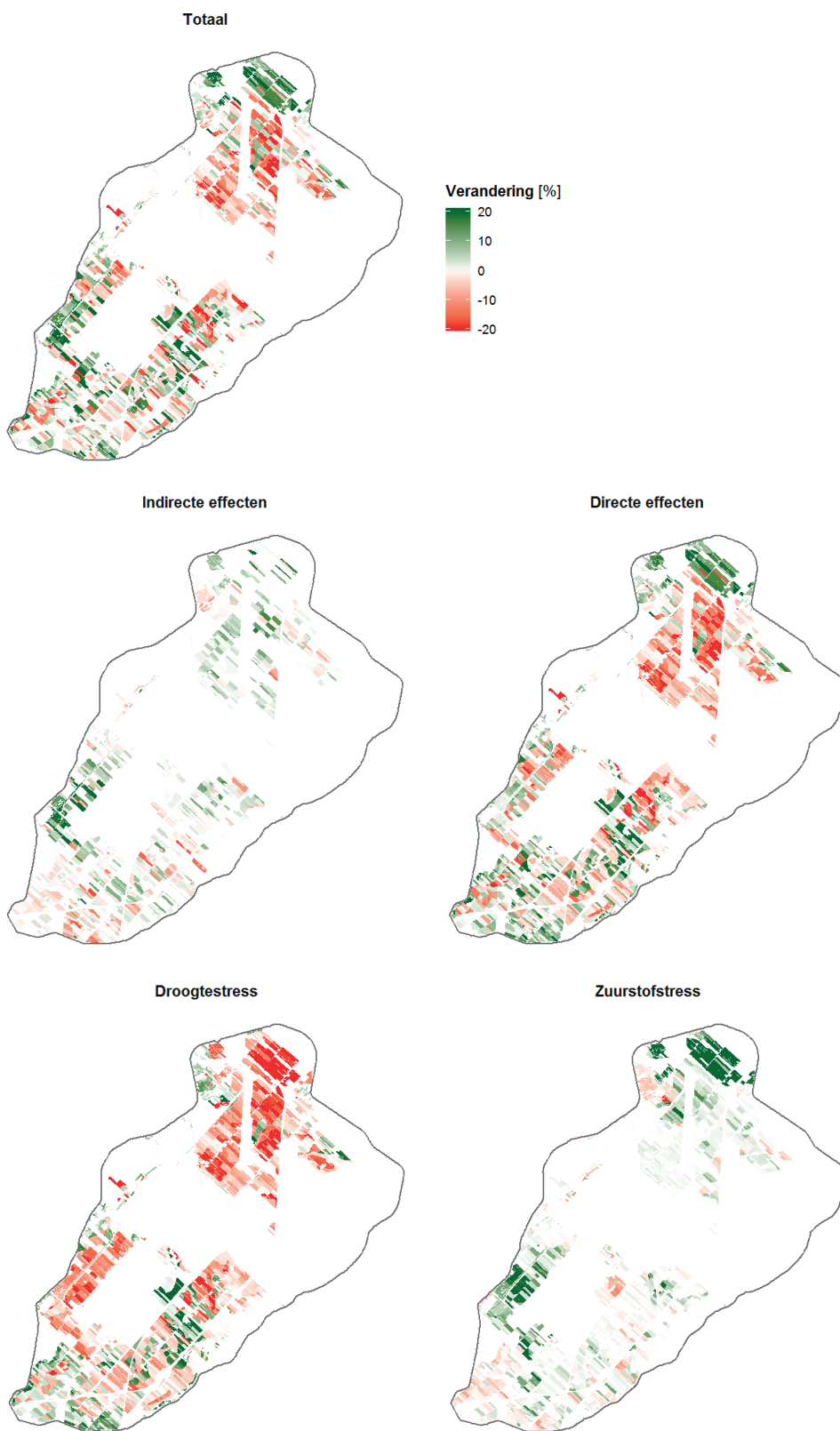
TABEL 4.3 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING INCLUSIEF UITSPLITSING NAAR VERSCHILLENDE SCHADECOMPONENTEN [%] VOOR VERSCHILLENDE BRONNEN VAN GRONDWATERSTANDSKARAKTERISTIEKEN

Bron	Totaal	Indirect	Droogte	Zuurstof
<i>Haarlemmermeer</i>				
HHR	23	4	13	7
LHM	20	3	13	4
BRO	22	2	17	3
KK	22	2	17	3
<i>Koegraspolder</i>				
LHM	10	7	2	1
KK	11	8	1	1
<i>Krimpenerwaard</i>				
LHM	33	11	9	13
BRO	34	12	8	15
KK	29	8	11	9

Het is belangrijk om hierbij te realiseren is dat we kijken naar een gemiddeld effect van het pilotgebied. Lokaal kan het verschil in opbrengstderiving tussen beide scenario's wel oplopen tot meer dan 20%. Ter illustratie is in Figuur 4.2 het effect van de verandering in grondwaterstandskarakteristieken op de opbrengstderiving ruimtelijk weergegeven (HHR - KK) waarbij de verandering in dervingpercentages zijn afgekapt op 20%. Ondanks dat de resultaten gemiddeld over een gebied beperkt zijn, onderstrepen de verschillen op perceelschaal het belang van de keuze voor correcte grondwaterstands-informatie. Om te beoordelen welke informatie correct is zal gebruik gemaakt moeten worden van metingen.

FIGUUR 4.2

ABSOLUUT VERSCHIL TUSSEN MET HHR OF KK BEREKENDE LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER, DUS ALS GEVOLG VAN HET GEBRUIK VAN EEN ANDERE BRON VAN GRONDWATERSTANDSKARAKTERISTIEKEN[%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERIVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS, DE GROENE KLEUR GEEFT AAN DAT HHR MEER DERIVING BEREKENT. DE VERANDERING IN DERIVINGPERCENTAGES ZIJN AFGEKAPT OP 20%



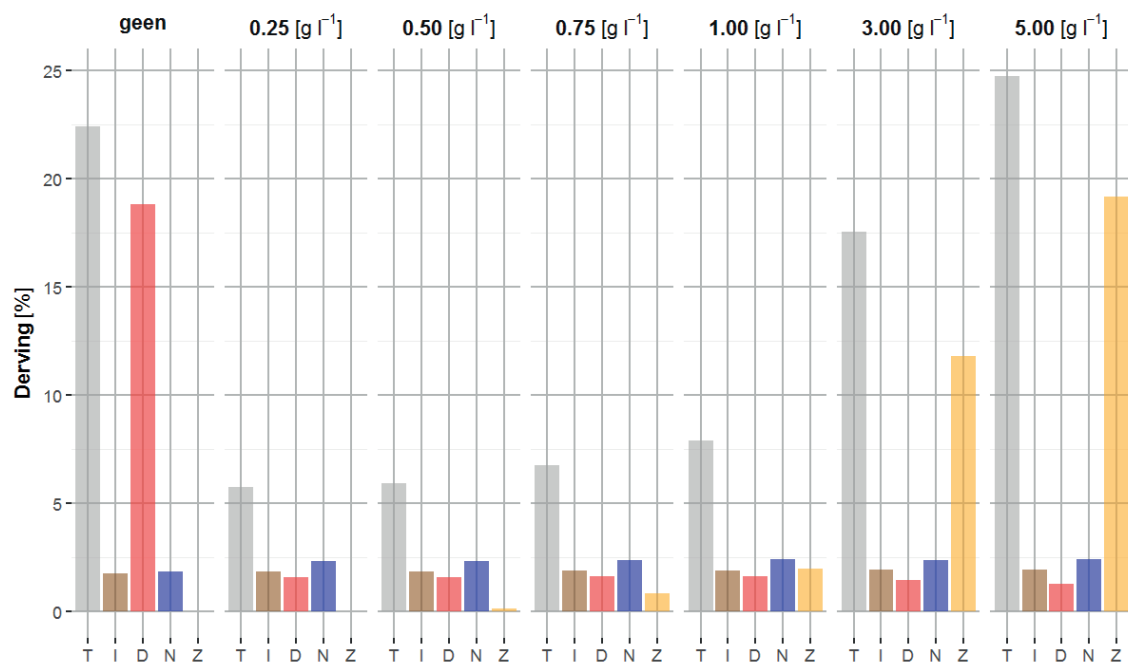
4.3 BEREGENEN MET ZOUT WATER

In de voorgaande analyses is nog geen rekening gehouden met zoutstress. Voor zoutstress beperkt Waterwijzer Landbouw zich tot schade door gebruik van beregeningswater met een verhoogde zoutconcentratie. Zout uit de ondergrond (kwel) wordt dus niet meegenomen. Metarelaties voor zoutstress zijn afgeleid voor een aantal zoutconcentraties in het beregeningswater: 0.25, 0.50, 0.75, 1.00, 3.00 en 5.00 g l⁻¹. Ten tijde van deze rapportage waren de metarelaties voor zoutstress maar voor een beperkt aantal gewassen beschikbaar. Daarom is er voor gekozen om te focussen op één gewas in een pilotgebied.

Het moment van beregenen is afhankelijk van de droogtestress die wordt ondervonden. Hoe meer droogtestress wordt ondervonden, hoe groter de beregeningsgift zal zijn. Als gevolg van meer beregening zal de zoutconcentratie in de wortelzone dan oplopen met mogelijk zoutstress tot gevolg.

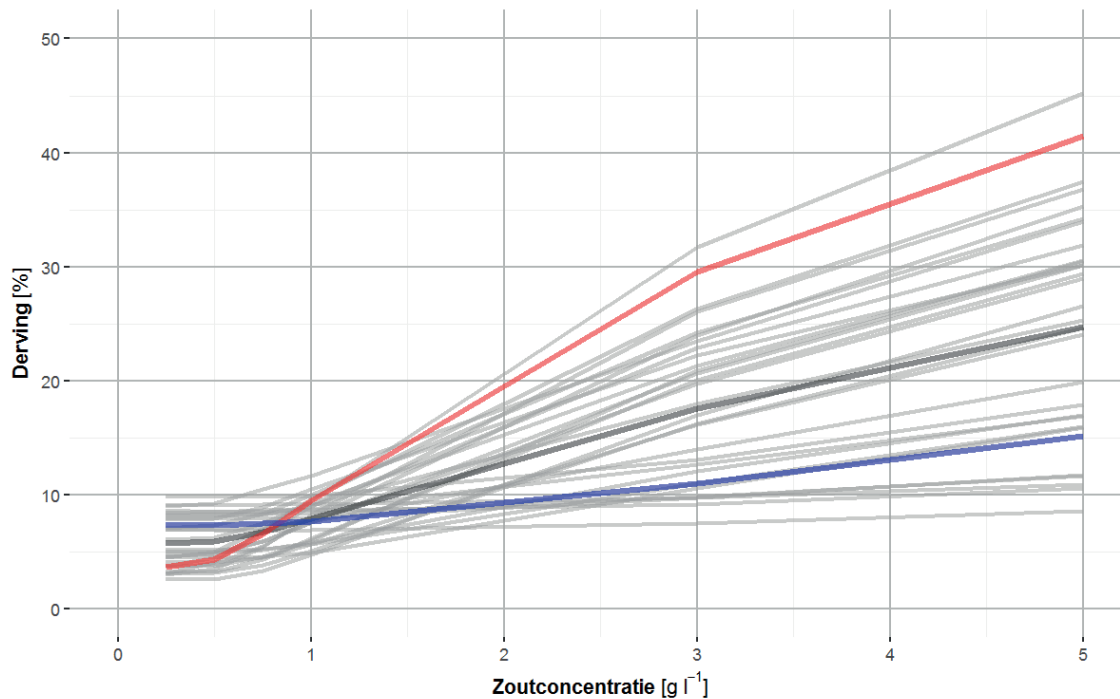
In het pilotgebied Haarlemmermeer zijn in eerste instantie berekeningen uitgevoerd voor het gewas consumptieaardappel bij oplopende zoutconcentraties in het beregeningswater, zie Figuur 4.3. Hierin is te zien dat bij beregenen met een zoutconcentratie van 5 g l⁻¹ de zoutstress zo hoog wordt dat deze niet meer opweegt tegen het verminderden van de droogtestress.

FIGUUR 4.3 LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING VOOR DE HAARLEMMERMEERPOLDER BIJ TOENEMENDE ZOUTCONCENTRATIE IN HET BEREGENINGSWATER VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN [%], MET T DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, I DE INDIRECTE EFFECTEN, D DE DROOGTESTRESS, N DE ZUURSTOFSTRESS EN Z DE ZOUTSTRESS



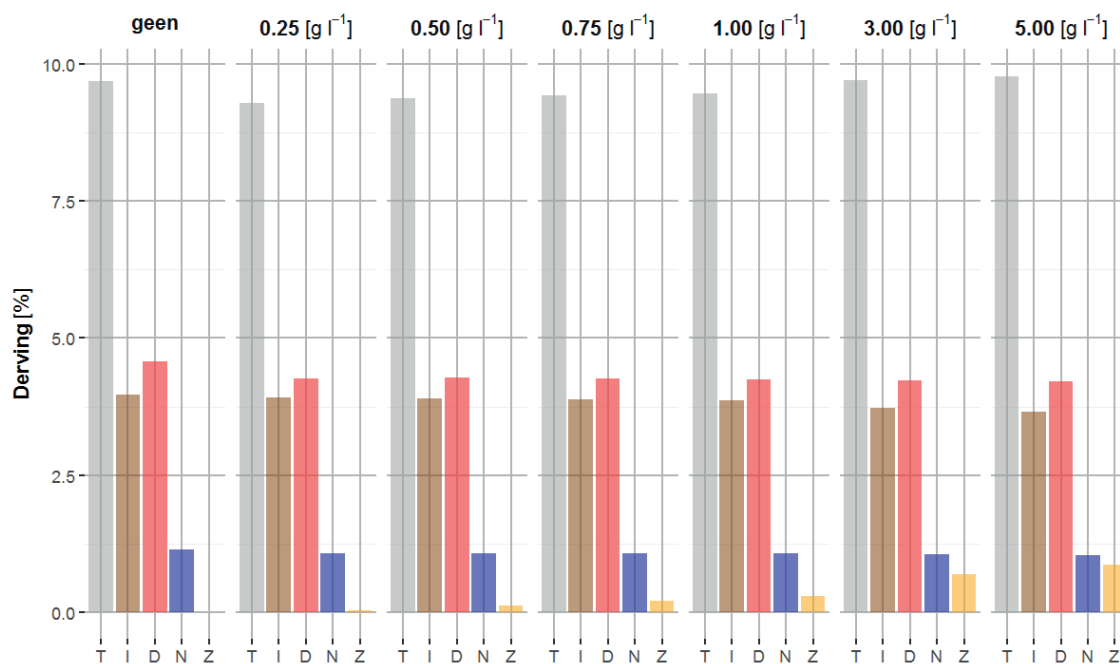
Doordat in een droog jaar de beregeningsgift hoger is dan in een nat jaar wordt er ook meer zoutstress ondervonden, dit is geïllustreerd in Figuur 4.4.

FIGUUR 4.4 GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING VOOR DE HAARLEMMEERPOLDER BIJ OPLOPENDE ZOUTCONCENTRATIE IN HET BEREGENINGSWATER VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN VOOR DE PERIODE 1981 – 2010 [%], MET IN HET DONKERGRIJS DE LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING EN IN ROOD EN BLAUW DE OPBRENGSTDERIVING VOOR RESPECTIEVELIJK EEN DROOG JAAR (2003) EN EEN NAT JAAR (1998)



Bij Koegraspolder is een vergelijkbare analyse uitgevoerd voor het gewas lelie, zie Figuur 4.5. Het gewas tulp is minder relevant omdat de oogst plaatsvindt voordat de zomer begint en beregening om droogtestress te bestrijden in de praktijk nauwelijks plaatsvindt.

FIGUUR 4.5 LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING VOOR DE KOEGRASPOLDER BIJ TOENEMENDE ZOUTCONCENTRATIE IN HET BEREGENINGSWATER VOOR LELIES [%], MET T DE TOTALE OPBRENGSTDERIVING, I DE INDIRECTE EFFECTEN, D DE DROOGTESTRESS, N DE ZUURSTOFSTRESS EN Z DE ZOUTSTRESS



Wat opvalt aan de resultaten in Figuur 45 is dat de droogtestress bij lelie nauwelijks afneemt. Hieruit kunnen we concluderen dat er ook nauwelijks sprake is van beregening, hetgeen ook terug is te zien aan de geringe zoutstress bij 5.0 g l^{-1} . Om een verklaring voor dit systeemgedrag te vinden dient gezocht te worden in de modelsimulaties die ten grondslag liggen aan de metarelaties. Daarbij gaat het vooral om hoe het beregeningsmoment wordt bepaald door het modelinstrumentarium. In het SWAP-WOFOST model wordt halverwege de wortelzone de drukhoogte bijgehouden en als op die plek een bepaalde drukhoogte overschreden wordt zal een beregeningsgift worden gesimuleerd. Voor kleigronden in de Haarlemmermeerpolder gebeurt dat ook. Een groot gradiëntverschil in de drukhoogte in de wortelzone kan een verklaring zijn waarom bij zandgronden bijna geen beregeningsgiften plaatsvinden volgens de modelberekeningen. In de bovenste helft van de wortelzone wordt dan droogtestress berekend en in de onderste helft van de wortelzone is de conditie nat genoeg om niet te beregenen. Op dit gebied is zodoende een verbetering van de modelberekeningen wenselijk (zie hoofdstuk 6).

5

ANALYSE VAN DE VOORSPELKRACHT VAN (ALTERNATIEVE) GRONDWATERSTANDSKARAKTERISTIEKEN

5.1 ALGEMEEN

In polders kan een ander grondwaterstandverloop in de tijd ontstaan dan in vrij afwaterende gebieden. De werking van GHG en GLG zoals toegepast in vrij afwaterende gebieden, zou in dat geval in theorie tot een verkeerde inschatting van gewasopbrengstreductie kunnen leiden. Het is belangrijk om grondwaterstandskarakteristieken te definiëren die in verschillende typen gebieden toepasbaar zijn, betrekking hebben op omstandigheden in het groeiseizoen, niet uitgaan van een 'standaard' verloop van de grondwaterstand, en eenvoudig uitlegbaar en afleidbaar zijn.

Voor deze verkennende studie zijn aanvullende berekeningen uitgevoerd met het SWAP-WOFOST model waarbij wordt gewerkt met zomer- en winterpeilen die kenmerkend zijn voor het betreffende studiegebied en hypothetische peilen die een andere verloop genereren. Uit deze berekeningen zijn verschillende grondwaterstandskarakteristieken bepaald. Volgens dezelfde procedure als gedaan is voor GHG en GLG, zijn binnen de methodiek van Waterwijzer Landbouw (uitgebreid beschreven in Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018)) metarelaties afgeleid tussen de verschillende grondwaterstandskarakteristieken en de gewasrespons. In deze procedure worden voor een specifieke BOFEK-eenheid, gewas en weerstation een n-aantal SWAP-WOFOST simulaties uitgevoerd, waarin op dagbasis grondwaterstanden en gewasopbrengsten worden berekend. De gesimuleerde grondwaterstanden worden vertaald naar grondwaterstandskarakteristieken. Deze worden gecorreleerd aan de met SWAP-WOFOST gesimuleerde gewasopbrengsten in de vorm van een metarelatie. Het verschil met de procedure die eerder is toegepast binnen Waterwijzer Landbouw, is dat voor de hydrologische randvoorwaarden voor de SWAP-WOFOST simulaties het oppervlaktewaterbeheer expliciet wordt beschouwd.

De voorspellende kracht van de verkregen metarelaties is uitgedrukt in statistische maten om de geschiktheid van verschillende grondwaterstandskarakteristieken als voorspeller van de opbrengstdepressie (zoals gesimuleerd met SWAP-WOFOST) binnen Waterwijzer Landbouw onderling te kunnen vergelijken. De correlaties tussen met metarelaties voorspelde opbrengstdepressie en met SWAP-WOFOST gesimuleerde opbrengstdepressie, en de 'voorspellende kracht' van de metarelaties (gegeven in de vorm van de determinatiecoëfficiënt R^2) voor de verschillende grondwaterstandskarakteristieken zijn in dit hoofdstuk steeds in grafieken weergegeven.

Er wordt voor deze analyse géén verband gelegd met opbrengstdepressies zoals die in werkelijkheid optreden; het betreft een theoretische exercitie die onderzoekt welke grondwaterstandskarakteristieken geschikt zijn en je het best kunt gebruiken om de met SWAP-WOFOST gesimuleerde opbrengstdepressies zo goed mogelijk te reproduceren.

5.2 METHODE

Er zijn simulaties met SWAP-WOFOST uitgevoerd met een modelopzet die in beginsel aansluit bij de situatie in de pilotgebieden Haarlemmermeerpolder, Koegraspolder en Krimpenerwaard voor de jaren 1981-2010. Er dient wel benadrukt te worden dat het hier gaat om een theoretische exercitie om de toepasbaarheid van verschillende grondwaterstandskarakteristieken te duiden. Hierbij dient een voldoende groot bereik aan situaties (en peilen) te worden doorerekend; dit kunnen situaties (en zogenaamde hypothetische peilen) zijn die in de huidige situatie niet/nauwelijks in een gebied voorkomen.

De opzet van de modellen is als volgt:

- Overheersende BOFEK eenheid van Haarlemmermeerpolder met consumptieaardappelen
- Overheersende BOFEK eenheid van Koegraspolder met tulpen
- Overheersende BOFEK eenheid van Krimpenerwaard met gras (maaieren)

De modelopzet is voor alle modelsimulaties per gebied gelijk, met uitzondering van de oppervlaktewaterpeilen en de stijghoogte in het diepere watervoerende pakket. Voor deze stijghoogte zijn drie verschillende waarden gebruikt: 100, 175 en 250 cm -mv. De stijghoogtes zijn willekeurig gekozen voor elke modelsimulatie. De kenmerken voor het oppervlaktewatersysteem (zoals drainageweerstand, infiltratieweerstand, slootafstand) zijn niet gevarieerd.

Uit de gesimuleerde grondwaterstanden zijn de volgende grondwaterstands-karakteristieken berekend:

- combinatie GHG en GLG;
- combinatie GHG, GVG en GLG;
- statistische momenten (gemiddelde, spreiding, scheefheid en gepiektheid);
- som van overschrijdingswaarden van 'kritische' grenswaarde tijdens het groeiseizoen (SOW);
- gemiddelde grondwaterstand tijdens de zomer (juni-augustus, GWLzomer);
- gemiddelde grondwaterstand tijdens het groeiseizoen (GWLseizoen).

Voor de som van de overschrijdingswaarde is een extra parameter nodig. Er wordt een 'kritische' grenswaarde bepaald voor de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen die wordt onder- of overschreden. Alles boven deze waarde telt als een 'teveel' aan water (gelinkt aan opbrengstreductie door te natte omstandigheden), alles onder deze waarde als tekort (gelinkt aan opbrengstreductie door te droge omstandigheden). Voor deze analyse wordt de som van de overschrijdingswaarden bepaald voor grenswaarden van 50, 100, 150 en 200 cm -mv. Daarbij moet gerealiseerd worden dat het gebruik van 'kritische' grenswaarden geen rekening houdt met verschillen in het gewas of worteldiepte en de bodemeigenschappen.

5.2.1 HAARLEMMERMEERPOLDER

Voor de simulaties in de Haarlemmermeerpolder zijn in totaal 300 verschillende combinaties van zomer- en winterpeilen gebruikt. Er zijn simulaties gedaan met hypothetische oppervlaktewaterpeilen rond de aangeleverde grondwaterstanden per peilvak. Voor variatie binnen de

peilen zijn 100 varianten berekend met een realistische +/- 20 cm ten opzichte van de berekende grondwaterstanden voor het zomer- en winterpeil. Daarnaast zijn 100 hypothetische peilen doorgerekend op verschillende dieptes variërend tussen 120 cm en 5 cm onder maaiveld met een maximaal verschil tussen zomer- en winterpeil van 40 cm, waarbij verschillende verlopen in peil meegenomen worden. Hiermee wordt bedoeld dat in sommige situaties het zomerpeil hoger is dan het winterpeil, in andere is het peil vrijwel constant en in sommige situaties is het winterpeil hoger dan het zomerpeil. Om een beter beeld te krijgen van de voorspellingskracht zijn ook 100 hypothetische peilen met extremere verschillen tussen zomer- en winterpeil doorgerekend.

De metarelaties zijn afgeleid per 100 model runs, maar ook voor alle 300 combinaties. Metarelaties worden per jaar bepaald op basis van de specifieke model runs (100 of 300 combinaties van peilen), hierdoor kunnen dichtheidsplots bepaald worden voor de R^2 .

Naast de modelruns met het meest voorkomende gewas, consumptieaardappel, zijn voor de Haarlemmermeerpolder ook relaties bepaald voor gras (maaieren) met de overheersende BOFEK eenheid op basis van de 300 peilen. Voor het testen van de grondwaterstandskarakteristieken in een extra droge situatie is het bodemtype veranderd naar een stuifzandgrond met als gewas consumptieaardappel. De resultaten van deze gevoeligheidsanalyses worden besproken in Bijlage H.

5.2.2 KOEGRASPOLDER

Voor de oppervlaktewaterpeilen in de Koegraspolder zijn als basis de GHG en GLG zoals bepaald uit de karteerbare kenmerken overgenomen. Vervolgens zijn 100 modelsimulaties gedaan voor een situatie met een hoger zomer- dan winterpeil. Daarna zijn de peilen omgedraaid, dus een hoger winter- dan zomerpeil, en zijn opnieuw 100 modelsimulaties gedaan. Vanwege de drainage die aanwezig is in het gebied, zijn de hogere peilen vastgezet op maximaal 70 cm -mv. Binnen de twee verschillende situaties gebeurt dat dus ofwel in de zomer ofwel in de winter.

5.2.3 KRIMPENERWAARD

Voor de Krimpenerwaard zijn metarelaties afgeleid uit 210 simulaties op basis van hypothetische peilen. De peilen voor deze simulaties zijn gebaseerd op de aangeleverde peilen voor 70 verschillende peilvakken in de Krimpenerwaard. Voor variatie binnen deze peilen zijn 3 situaties bepaald met +/- 20 cm voor elk peilvak. De hypothetische peilen variëren van 4 m onder maaiveld tot peilen aan het maaiveld.

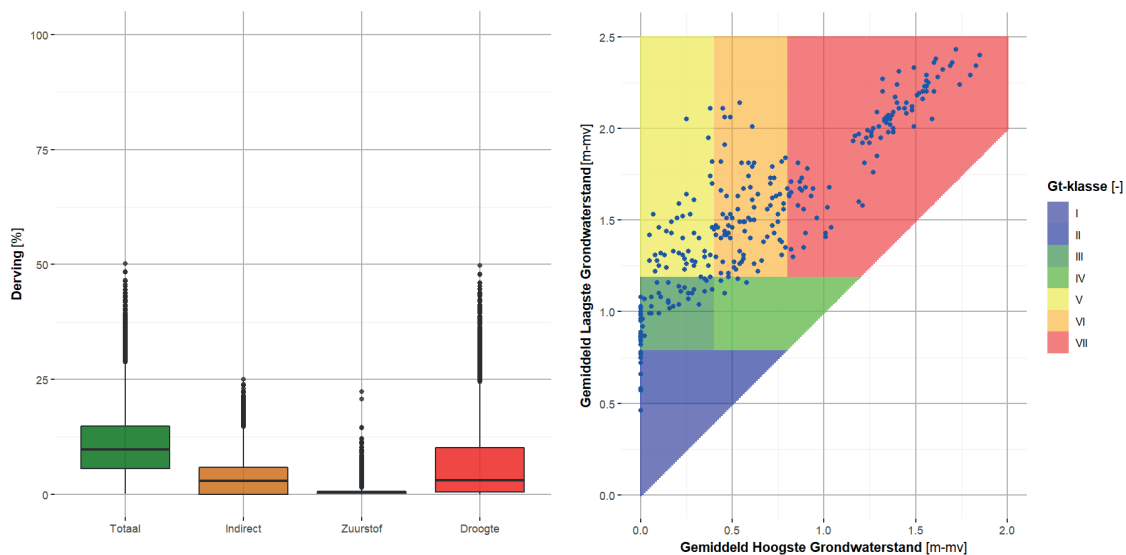
5.3 RESULTATEN

5.3.1 HAARLEMMERMEERPOLDER

Om de robuustheid van de metarelaties te testen zijn zowel voor de afzonderlijke 100 model simulaties (zoals besproken in de vorige paragraaf), als voor alle modelsimulaties samen (300 modelruns) met de verschillende peilen berekende schades en grondwaterstandskarakteristieken afgeleid (Figuur 5.1). De resultaten voor de afzonderlijke 100 modelsimulaties worden besproken in Bijlage H.

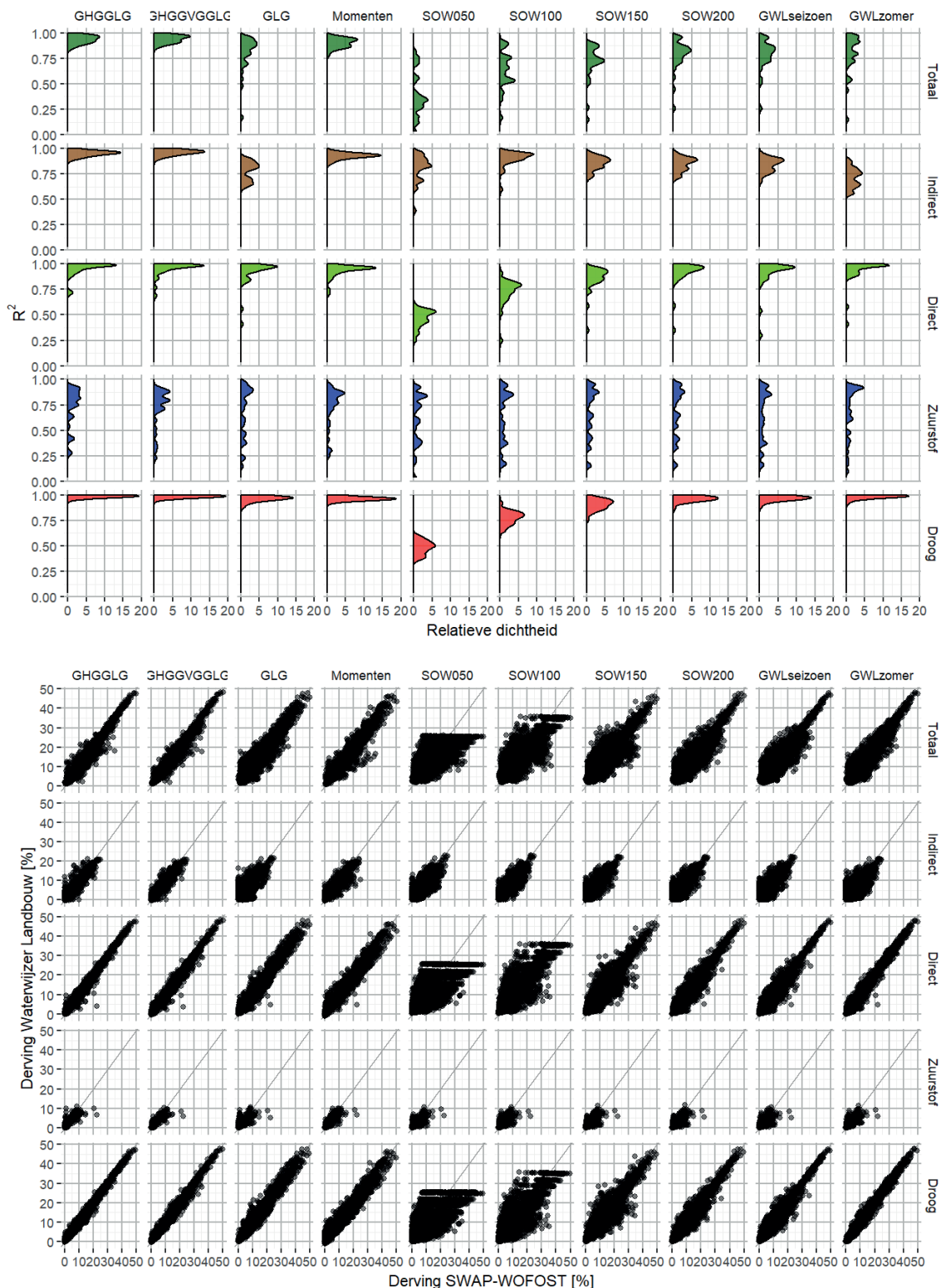
De combinatie van alle modelsimulaties samen leidt tot een grotere spreiding van de gesimuleerde GHG en GLG ten opzichte van de 100 runs (bijlage H). De meeste opbrengstderiving voor consumptieaardappelen wordt veroorzaakt door droogteschade en indirecte schade; schade door zuurstofstress gedurende het groeiseizoen komt relatief weinig voor.

FIGUUR 5.1 BEREKENDE OPBRENGSTDERIVING VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 300 SIMULATIES



Metarelaties tussen de verschillende grondwaterstandskarakteristieken en opbrengstderiving zijn afgeleid gebaseerd op de 300 simulaties. De voorspellende kracht voor deze metarelaties is weergegeven in Figuur 5.2. De totale schade en indirecte schade worden het best voorspeld door de GHG-GLG en GHG-GVG-GLG combinaties en de momenten; voor deze grondwaterkarakteristieken is de determinatiecoëfficiënt R^2 het hoogst cq. de met metarelatie voorspelde opbrengstderiving komt het best overeen met de met SWAP-WOFOST gesimuleerde opbrengstderiving. De metarelaties afgeleid voor alleen zuurstofstress hebben een minder goede voorspelkracht dan voor de overige schades. Ook voor zuurstofstress voorspellen de GHG-GLG en GHG-GVG-GLG combinaties het best. De relatief hoge schades door droogte kunnen door vrijwel alle karakteristieken zeer goed worden voorspeld, behalve door de SOW. Vanwege de hogere droogteschade dan schade door zuurstofstress kan ook de totale directe schade goed voorspeld worden met vrijwel alle karakteristieken. De GHG-GLG, GHG-GVG-GLG en momenten laten een vergelijkbare voorspelkracht zien over alle schades.

FIGUUR 5.2 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 300 RUNS VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES

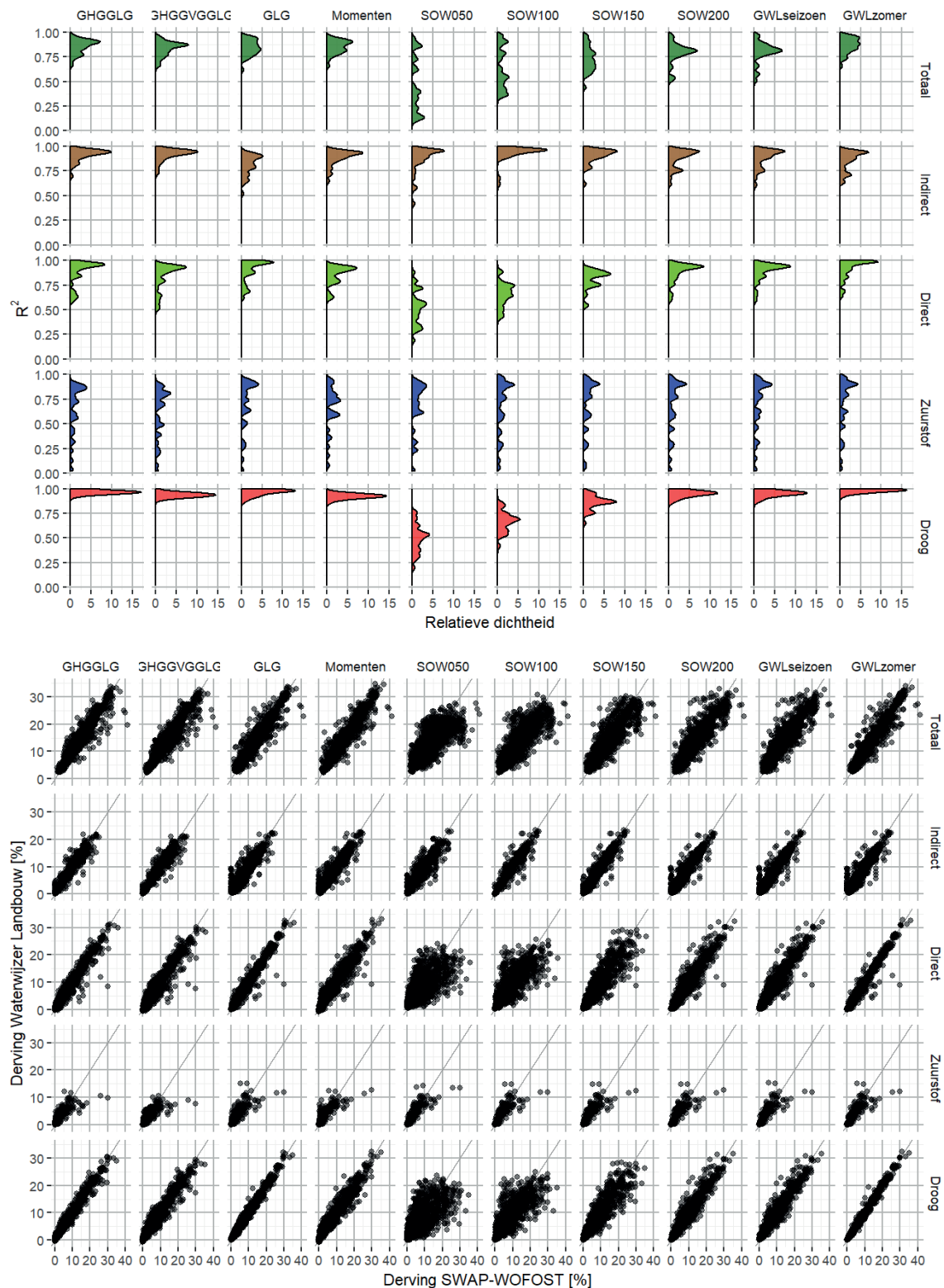


GEVOELIGHEID DRAINAGEWEERSTAND

Zoals eerder genoemd in de methode is voor alle modelsimulaties dezelfde modelopzet gebruikt voor het oppervlaktewatersysteem. Om de invloed van deze modelopzet op de keuze van een geschikte grondwaterkarakteristiek te verkennen zijn ook 100 modelsimulaties

gedaan met een drainageweerstand die willekeurig varieert tussen 100 en 1000 dagen. Deze drainageweerstand zijn gecombineerd met de peilen op basis van de berekende grondwaterstanden. Resultaten uit deze modelsimulaties zijn weergegeven in Figuur 5.3. De voorspelkracht van de metarelaties is vergelijkbaar met de metarelaties gebaseerd op de modelruns met één drainageweerstand.

FIGUUR 5.3 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 100 RUNS MET VERSCHILLENDE DRAINAGEWEEERSTANDEN VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES

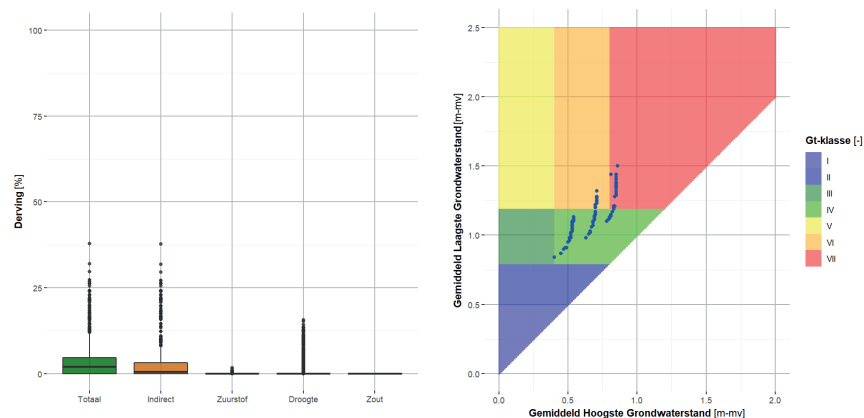


5.3.2 KOEGRASPOLDER

BEREKENDE GRONDWATERSTANDEN

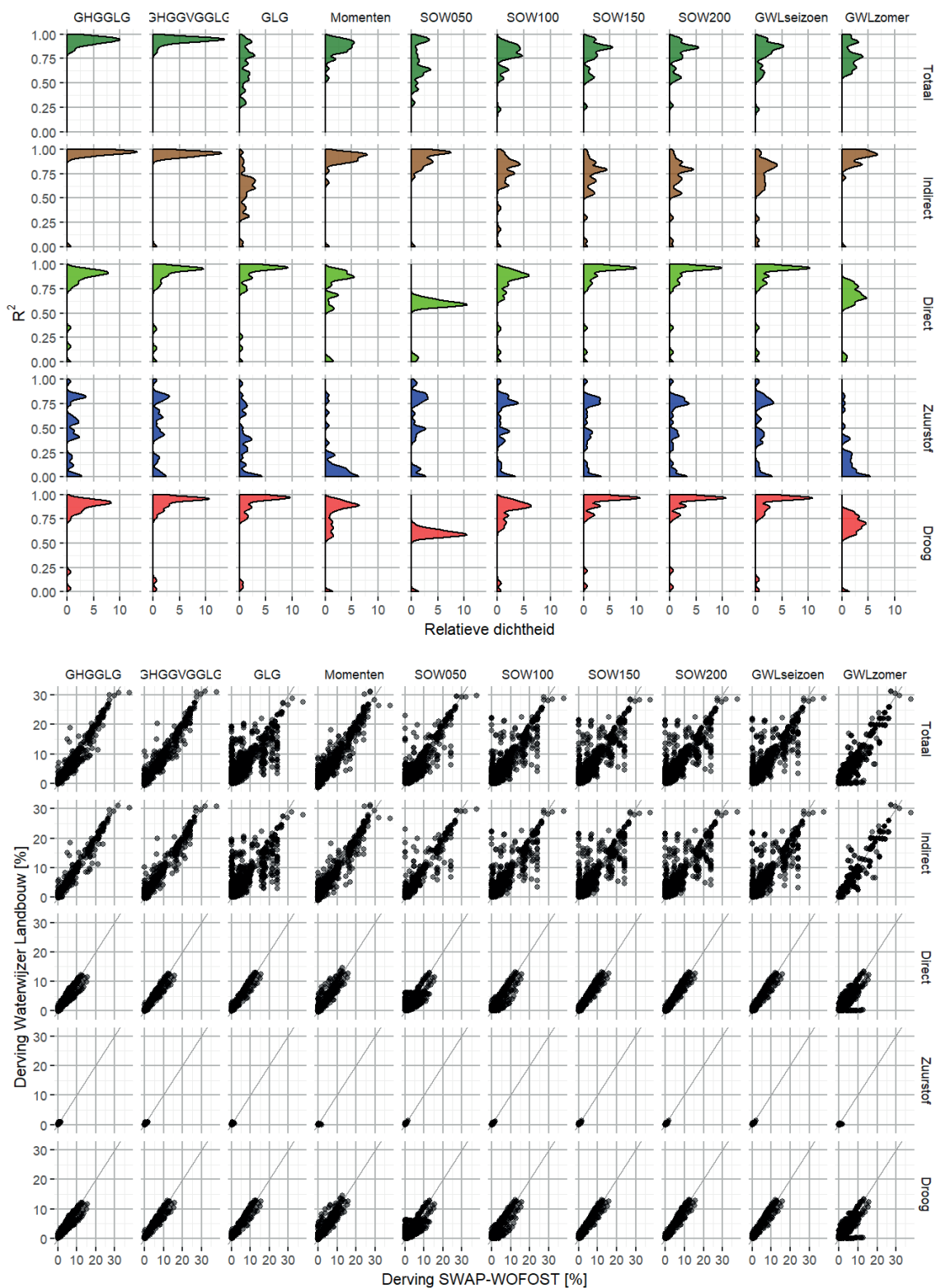
Voor de Koegraspolder zijn twee situaties (hoger zomer- dan winterpeil of andersom) met ieder 100 modelsimulaties berekend gebaseerd op de berekende GHG en GLG uit de karteerbare kenmerken. Voor de eerste situatie is het winterpeil gelijk aan de GLG waarden en het zomerpeil aan de GHG of maximaal 70 cm-mv. Het zomerpeil is hier dus hoger dan het winterpeil. De berekende opbrengstderiving uit deze simulaties is laag, de meeste deriving wordt veroorzaakt door indirecte schade (Figuur 5.4). De gesimuleerde GHG en GLG zijn weergegeven in Figuur 54. In deze grondwaterstanden is de invloed van de stijghoogte aangenomen als randvoorwaarde te zien in de drie te onderscheiden clusters van punten (Figuur 5.4 rechterpaneel): er zijn drie verschillende stijghoogtes gebruikt als randvoorwaarde, die resulteren in drie clusters van grondwaterstandskarakteristieken. In deze pilot is de invloed van de verschillende gebruikte stijghoogtes als onderrand duidelijker te zien, omdat er minder verschil tussen de GHG en GLG voorkomt in alle modelsimulaties door het vastleggen van de maximale grondwaterstand op 70 cm -mv.

FIGUUR 5.4 BEREKENDE OPBRENGSTDERIVING VOOR TULPEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 100 SIMULATIES



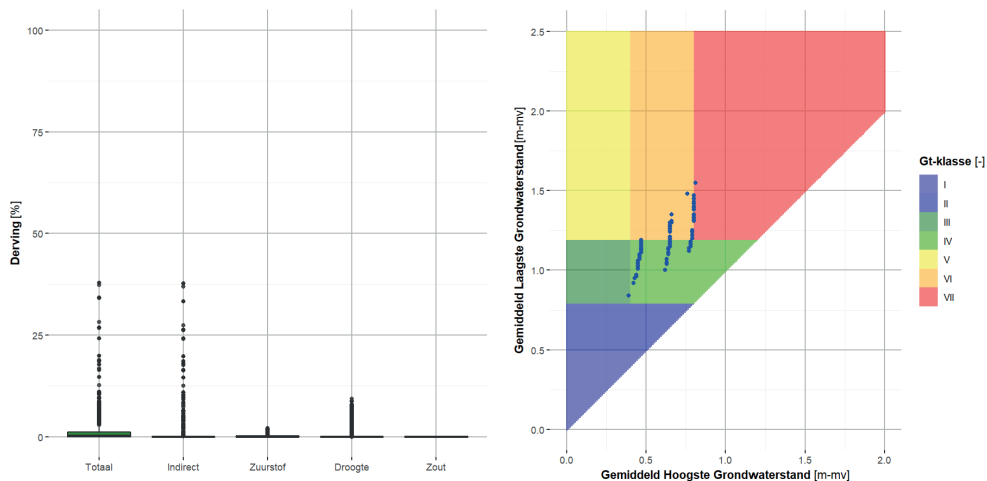
De voorspellende kracht van de metarelaties is het hoogst voor de GHG-GLG en GHG-GVG-GLG combinaties (Figuur 5.5). Voor schade door zuurstofstress is de voorspelkracht laag voor alle metarelaties, dit wordt waarschijnlijk veroorzaakt door de lage opbrengstderiving veroorzaakt door deze schade. De voorspelkracht van metarelaties gebaseerd op GLG, SOW waarden en GWLseizoen is lager voor vrijwel alle schades.

FIGUUR 5.5 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 100 RUNS MET VERSCHILLENDE PEILEN VOOR TULPEN, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES



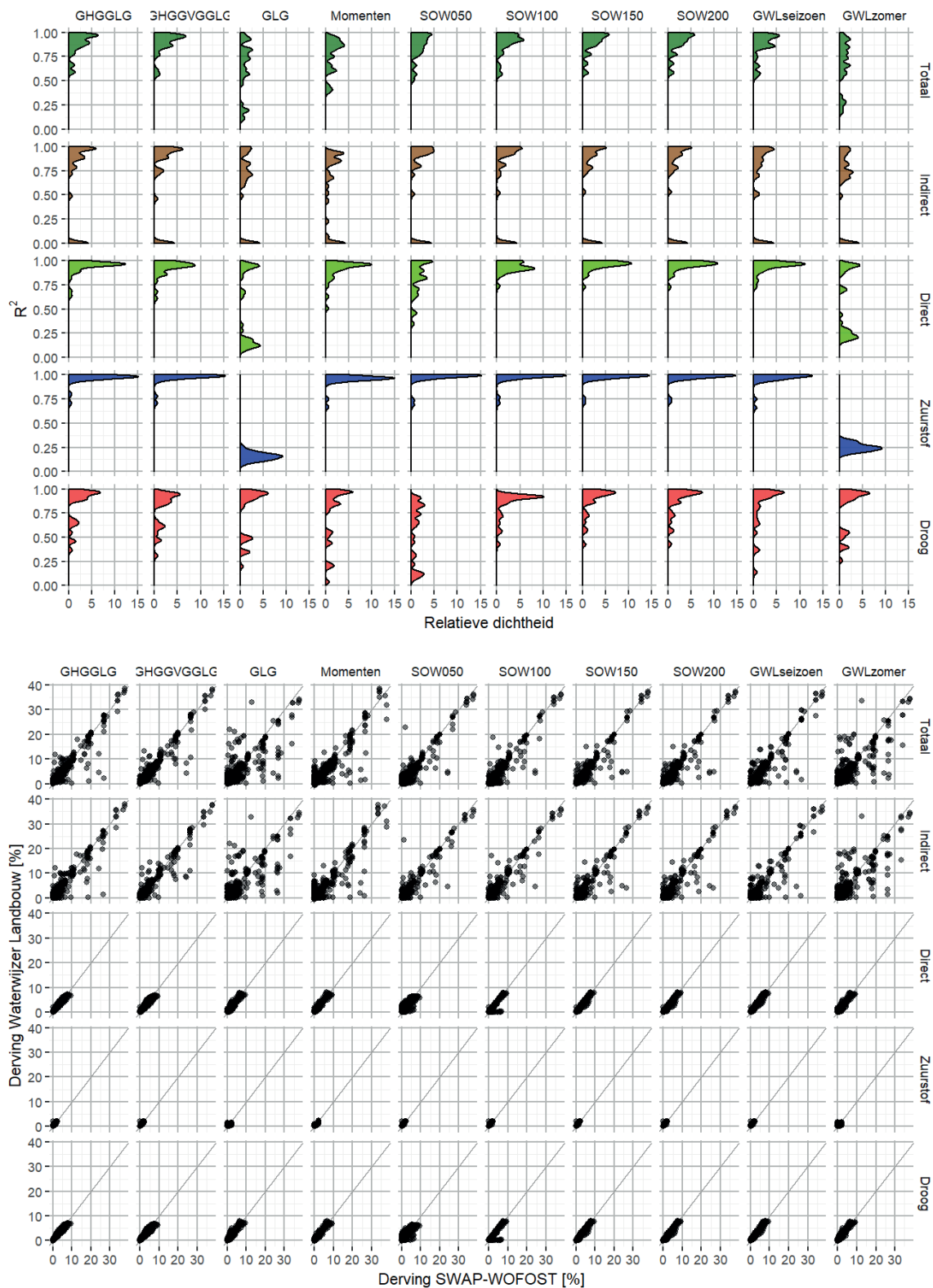
In de tweede situatie zijn de peilen opnieuw gebaseerd op de berekende GHG en GLG waarden, maar in deze situatie is het winterpeil hoger dan het zomerpeil (GHG of maximaal 70 cm-mv). In dit geval is de berekende opbrengstderiving erg laag, alleen de indirecte schade veroorzaakt in een aantal gevallen een deriving van meer dan 15% (Figuur 5.6). In de relatie tussen de GHG en GLG is weer duidelijk de invloed van de randvoorwaarde te zien (Figuur 5.6).

FIGUUR 5.6 BEREKENDE OPBRENGSTDERIVING VOOR TULPEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 100 SIMULATIES



In deze situatie hebben de metarelaties gebaseerd op de GLG-GHG en GLG-GVG-GHG combinaties de hoogste voorspelkracht (hoge R^2 en punten dicht op de 1:1 lijn) (Figuur 5.7), maar deze is wel minder hoog dan in de vorige situatie voor de verschillende schades. In de voorspelkracht voor schade door zuurstofstress is duidelijk de invloed van het groeiseizoen te zien. De metarelaties gebaseerd op GLG en GWLzomer hebben een lage voorspelkracht, omdat tulp een wintergewas is. De schade door zuurstofstress wordt ondanks de lage waarden in deze situatie wel goed voorspeld met de metarelaties van de andere grondwaterstandskarakteristieken.

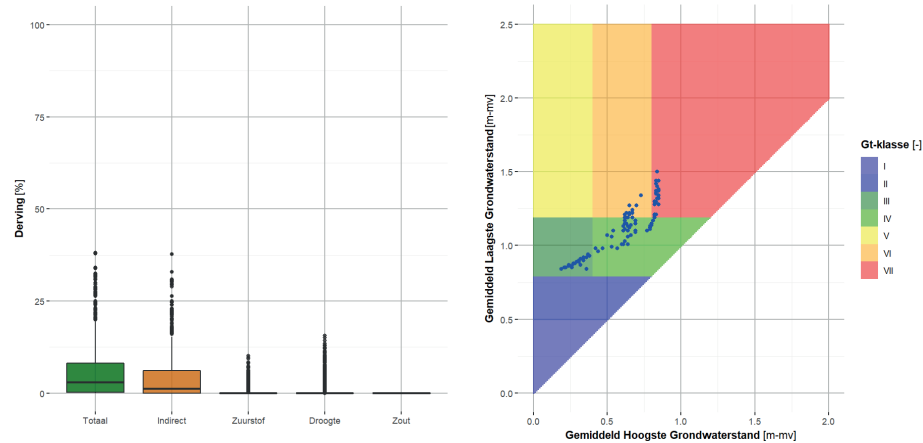
FIGUUR 5.7 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 100 RUNS MET VERSCHILLENDE PEILEN VOOR TULPEN, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES



GEVOELIGHEID DRAINAGEWEERSTAND

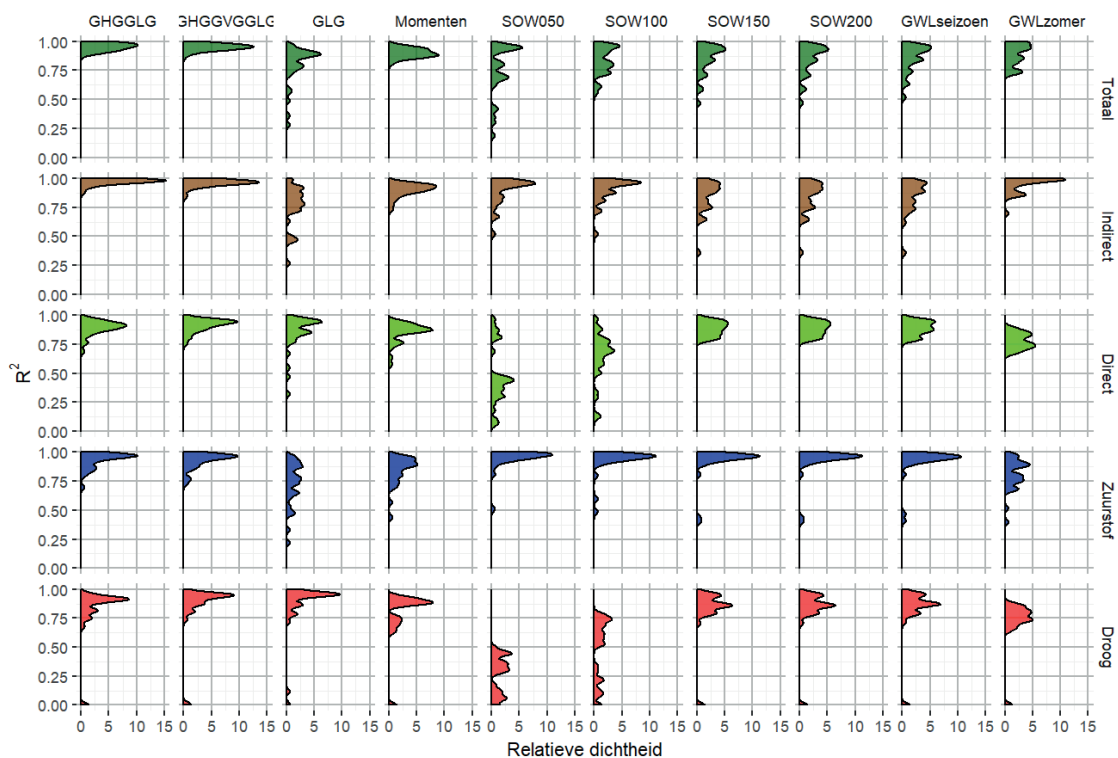
Voor de situatie met een hoger zomer- dan winterpeil zijn 100 modelsimulaties extra gedaan met een variërende drainageweerstand tussen de 100 en 1000 dagen. Hierdoor neemt de invloed van de stijghoogte aan de onderrand af (Figuur 58) en is er meer variatie zichtbaar in de berekende GHG en GLG. De berekende opbrengstderving neemt toe, maar blijft wel voornamelijk veroorzaakt worden door indirecte schade (Figuur 5.8).

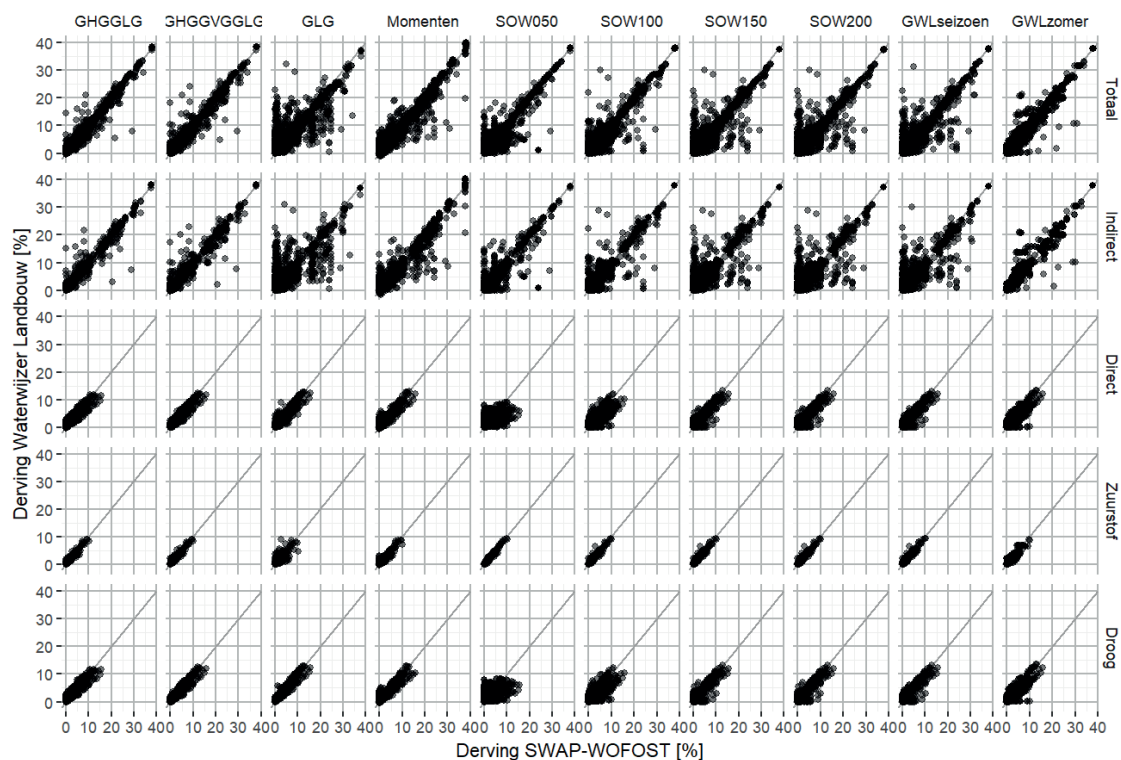
FIGUUR 5.8 BEREKENDE OPBRENGSTDERVING VOOR TULPEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 100 SIMULATIES



De voorspelkracht van de metarelaties is weergegeven in Figuur 5.9. Voor deze modelsimulaties geven opnieuw de metarelaties gebaseerd op de combinaties van GxGs de hoogste voorspelkracht. Met name de metarelaties gebaseerd op de GLG en SOW waarden resulteren in een lage voorspelkracht.

FIGUUR 5.9 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 100 RUNS MET VERSCHILLENDE DRAINAGEWEERSTANDEN VOOR TULPEN, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES

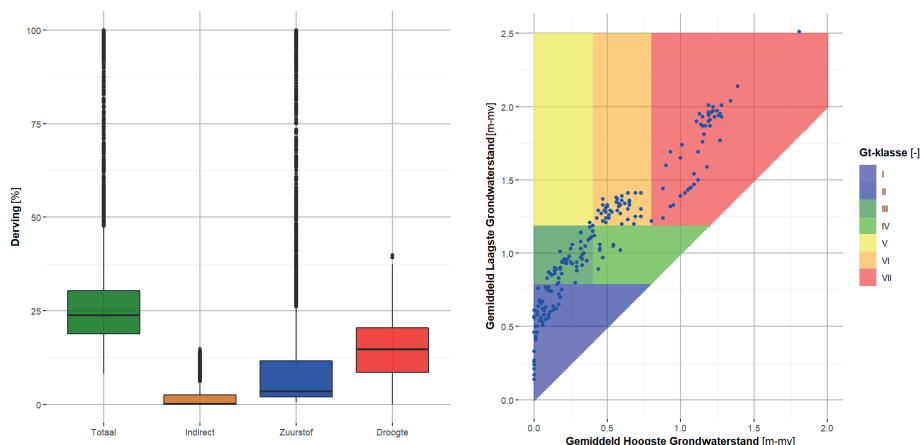




5.3.3 KRIMPENERWAARD

Voor de Krimpenerwaard zijn de metarelaties afgeleid uit de resultaten van alle 210 simulaties samen. De gemiddelde opbrengstderving door droogte is opnieuw het hoogst. Er zijn echter ook hoge uitschieters in de opbrengstderving veroorzaakt door zuurstofgebrek (Figuur 5.10). Indirecte schade komt relatief weinig voor in vergelijking met de andere polders. De grondwaterstanden uit de 210 simulaties laten situaties over alle grondwatertrappen zien.

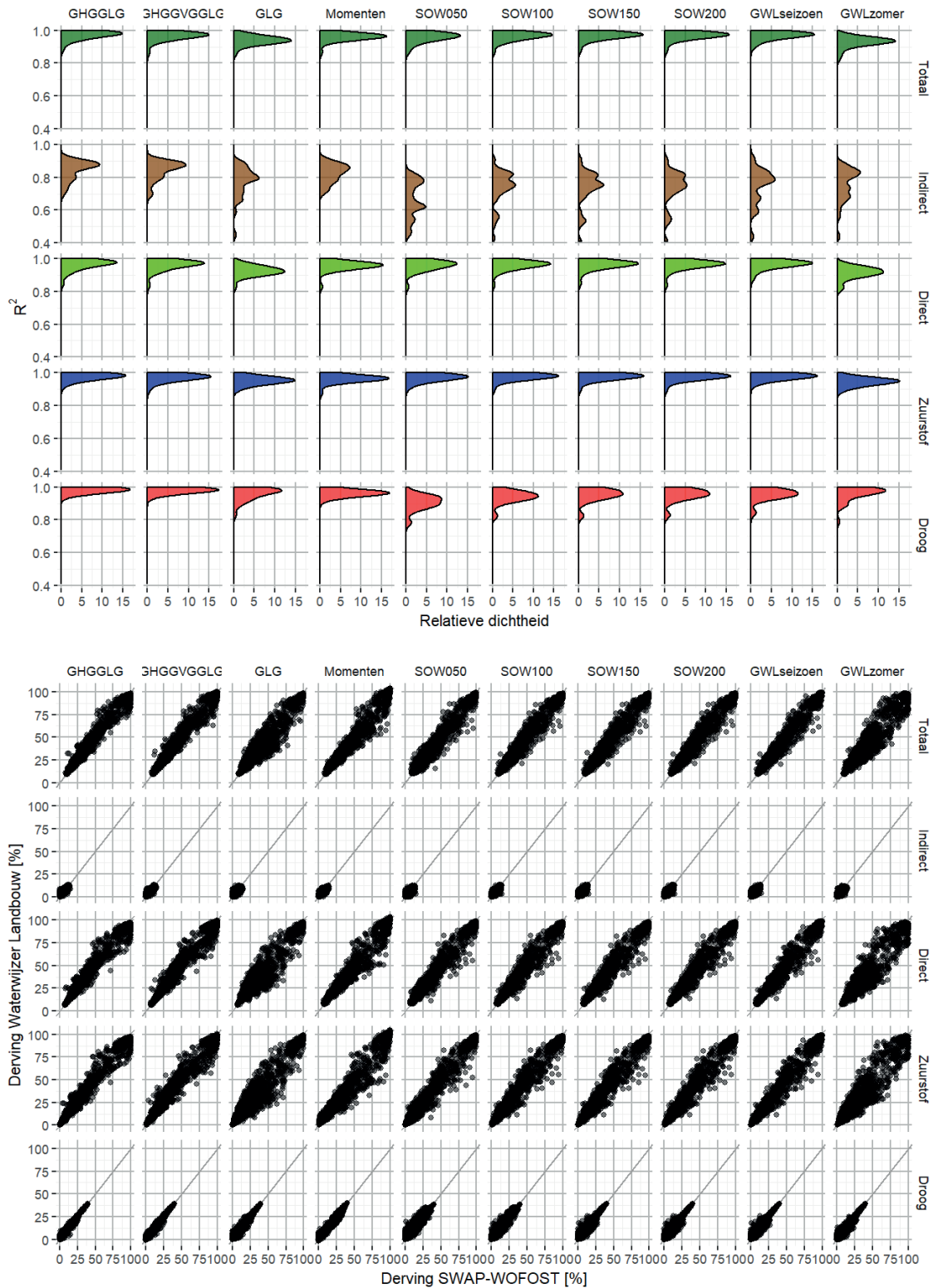
FIGUUR 5.10 BEREKENDE OPBRENGSTDerving VOOR GRAS DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 210 SIMULATIES



In de Krimpenerwaard hebben alle metarelaties gebaseerd op de verschillende grondwaterstatistieken een hoge voorspelkracht voor de totale schade, directe schade, schade door zuurstofgebrek en droogteschade (Figuur 5.11). Alleen de indirecte schade is moeilijker te voorspellen op basis van de metarelaties (in tegenstelling tot de andere polders wordt de Krimpenerwaard gedomineerd door graslanden). Voor grasland hangt de indirecte schade af van het maaimo-

ment, dit is in elke simulatie anders. Hierdoor kan de indirecte schade moeilijker voorspeld worden dan wanneer deze optreedt op een vast moment zoals aan het begin of einde van het groeiseizoen, bijvoorbeeld voor aardappel. De GHG-GLG, GHG-GVG-GLG en statistische momenten laten de grootste voorspellende kracht zien over alle schades.

FIGUUR 5.11 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR ALLE 210 RUNS VOOR GRAS, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERVING UIT DE SWAP SIMULATIES



5.4 DISCUSSIE

Uit de voorgaande paragrafen blijkt dat de SOW waarden niet geschikt zijn voor het afleiden van de metarelaties. De voorspelkracht van deze metarelaties is in nagenoeg alle situaties lager dan die van metarelaties gebaseerd op de andere grondwaterstandskarakteristieken. Daarnaast is ook het vaststellen van de juiste grens om de SOW waarde te bepalen een nadeel, omdat deze per bodemtype en gewas verschillend zal moeten zijn.

Uit de afgeleide metarelaties blijkt ook dat de GHG-GLG combinatie een hoge voorspelkracht heeft voor de meeste doorgerekende situaties, ook voor situaties met een afwijkend peilverloop. De combinatie GHG-GVG-GLG geeft extra informatie over het grondwaterverloop, waardoor de voorspelkracht in sommige gevallen toeneemt. De statistische momenten presteren in de meeste gevallen vergelijkbaar of iets minder dan de GHG-GLG combinatie. De GWLzomer geeft in veel gevallen in de Haarlemmermeer een metarelatie met een hogere voorspelkracht voor directe schade, zuurstofstress en droogteschade, maar een lage voorspelkracht voor de indirecte schade. Aangezien indirecte schade bij aardappels met name optreedt aan het begin of einde van het groeiseizoen is de lage voorspelkracht voor de GWLzomer niet verrassend. Als in een gebied weinig indirecte schade verwacht wordt, kan de GWLzomer wel een goede karakteristiek zijn voor het bepalen van de metarelaties afhankelijk van het groeiseizoen van het gewas. Voor de berekeningen voor tulp in de Koegraspolder kan de GWLzomer niet als grondwaterstandskarakteristiek gebruikt worden, omdat het groeiseizoen van tulpen in november begint en eindigt in juni.

Uit de modelsimulaties binnen deze verkennende studie komt niet naar voren dat een andere grondwaterstandskarakteristiek dan de GLG-GHG combinatie leidt tot een metarelatie met een veel hogere voorspelkracht, zelfs niet in situaties met een afwijkend peilverloop. Dit is enigszins onverwachts, aangezien de tijdsbepaling van de hoogste en laagste grondwaterstanden veel invloed heeft op de gewasopbrengst. Een mogelijke verklaring voor deze bevindingen kan het gebrek aan variatie in de gesimuleerde grondwaterstanden zijn. Binnen deze studie zijn alleen de oppervlaktewaterpeilen uitgebreid gevarieerd in de modelsimulaties. Dit betekent dat het systeem nog wel op dezelfde manier reageert op neerslag, omdat eigenschappen van het oppervlaktewatersysteem (bijv. slootafstanden) niet veranderen. De absolute grondwaterstanden veranderen hierdoor in de modelsimulaties wel, maar het verloop minder. Deze verklaring is beperkt getest door de drainageweerstand te variëren, maar een uitgebreidere vervolgstudie naar deze kenmerken is noodzakelijk. Een andere verklaring voor het beperkte verschil tussen de voorspellende kracht van de metarelaties is de fittingprocedure van de metarelaties zelf. Hiervoor is meer inzicht nodig in deze fittingprocedure in het algemeen en de gevoeligheid voor de gekozen grondwaterstandsverlopen specifiek; voor de analyse in dit hoofdstuk is immers de bestaande fittingprocedure gebruikt.

Op basis van deze verkenning kan nog geen definitieve uitspraak worden gedaan over de meest geschikte grondwaterstandskarakteristiek voor het bepalen van de opbrengstderiving via metarelaties. Het verkrijgen van een grotere variatie in grondwaterstandsverlopen voor het afleiden van metarelaties is reeds onderdeel van de verbeterwensen van Waterwijzer Landbouw. De hier gepresenteerde analyse kan daarbij worden toegepast om de meest geschikte grondwaterstandskarakteristieken te selecteren. Op basis van de huidige pilotstudies kunnen de SOW en GWLzomer daarbij buiten beschouwing gelaten worden.

6

PLAUSIBILITEIT EN VERBETERPUNTEN

6.1 TERUGKOPPELING PILOTSTUDIES

Voor de pilottoepassingen in de Haarlemmermeer, Koegraspolder en Krimpenerwaard zijn bijeenkomsten georganiseerd om een terugkoppeling op de toepassing van Waterwijzer Landbouw te krijgen, gericht op de plausibiliteit van de resultaten en de toepasbaarheid van de methode in gebiedsprocessen. In deze paragraaf beschrijven we de bevindingen van die bijeenkomsten.

Voor de Haarlemmermeer geldt dat in het verleden de oude methoden zoals HELP-tabellen niet zoveel zijn toegepast voor peilbesluiten. Dit hangt samen met de mogelijkheden die er zijn om de grondwaterstanden via het oppervlaktewaterpeil te beïnvloeden. Er zijn ook maar weinig peilbuizen in het gebied om grondwaterstanden te monitoren. Bovendien zijn veel percelen gedraineerd, wat mogelijk een grotere invloed heeft op de grondwaterstand dan het ingestelde oppervlaktewaterpeil (dat normaliter onder drainniveau zit). Echter, landbouwers verkennen in toenemende mate de mogelijkheden van subirrigatie uit het oppervlaktewater om droogteschade te voorkomen, hetgeen de toepassing van de module voor onderwaterdrainage binnen Waterwijzer Landbouw interessant maakt. Ook geeft dit aan dat er meer aandacht komt voor actieve beïnvloeding van de grondwaterstanden.

De gebruikte grondwaterstandskarakteristieken aangeleverd door het Hoogheemraadschap worden herkend. De natte hoek in het noordwesten van het studiegebied wordt ook wel 'rothoek' genoemd welke moeilijk begaanbaar is met zware landbouwvoertuigen. De GHG lijkt aan de lage kant, maar de GLG wordt wel herkend. De GHG en GLG afkomstig van het NHI en de hydrologische kenmerken worden niet herkend; bij het NHI lijkt het gewaspatroon zichtbaar te zijn en bij de hydrologische kenmerken zakt de grondwaterstand te diep uit.

De berekende gewasschades in de Haarlemmermeerpolder worden op een aantal plekken niet herkend; ter plaatse van hoge (zandige)gronden boven Hoofddorp wordt meer droogtestress verwacht en rondom Nieuw Vennep wordt juist minder droogtestress verwacht op de vochtige zware kleigronden. De zoutschade lijkt op het eerste oog te worden onderschat, maar in het modelinstrumentarium wordt geen rekening gehouden met zoute kwel dan wel andere vormen van zoutstress zoals bladverbranding of structuurbederf.

In de Haarlemmermeerpolder wordt niet veel berekend, met uitzondering van specifieke teelten, zoals bloemen. Echter, er lijkt wel een tendens naar meer berekening. Al met al is er in het verleden weinig aandacht geweest voor grondwaterstandsbeheer, maar neemt de actieve beïnvloeding ervan dus wel toe. In dat kader is er interesse in Waterwijzer Landbouw en de inzichten die het kan leveren voor het optimaliseren van het grondwaterregime.

In de Koegraspolder heeft men in 2009 de toepassing van de Waternoodsystematiek verkend, maar daar ook snel weer van afgezien vanwege het gebruik van grondwaterkarakteristieken

GHG en GLG als verklarende variabelen. Ook is in de praktijk sprake van zogenaamde ‘omgekeerde peilen’ die niet aansluiten bij deze grondwaterkarakteristieken waardoor toepassing van Waterlood niet zinvol is. Beschikbare kaartlagen van de GHG afkomstig van zowel het LHM als de Karteerbare Kenmerken worden niet herkend en als te nat beschouwd. In werkelijkheid is alles namelijk gedraineerd, met drains boven het oppervlaktewaterpeil, wat voor lagere hoogste grondwaterstanden zorgt. Berekening met zout water is relevant om mee te nemen. Er wordt aangegeven dat in de praktijk veel wordt berekend, soms meer dan kan worden aangevoerd, met name in het voorjaar. In korte tijd wordt meer gevraagd dan kan worden geleverd. Het uitgangspunt van HHNK is om niet extra water beschikbaar te gaan stellen. De verwachting is dat Waterwijzer Landbouw gebruikt kan worden in gebiedsprocessen om naar een meer optimaal watergebruik te komen.

Om Waterwijzer Landbouw toe te kunnen passen moet het wel geschikt gemaakt worden om met ‘omgekeerde peilen’ te werken; deze zijn nu nog niet opgenomen in Waterwijzer Landbouw. Dit dient daarom ingebouwd te worden. Dit geldt ook voor al dan niet gedraineerde percelen, met ‘afgetopte’ grondwaterstandsverlopen.

Voor de Krimpenerwaard geldt dat de gebruikte BRP-invoer niet het benodigde onderscheid maakt tussen beweide en gemaaid gras. In werkelijkheid lopen maaien en beweiden meer door elkaar heen dan in de pilotstudie is toegepast. Met gedetailleerde gebiedskennis kan de invoer verbeterd worden. Dit geldt ook voor de bodemschematisatie. Het algemene beeld wordt herkend, maar in werkelijkheid zijn er ook kleine kreekruigen die hoger in het landschap liggen en daardoor duidelijk droger zijn. Deze droge delen zijn niet zichtbaar in de analyse omdat dergelijke detailinformatie ook niet in BOFEK te vinden is; dit wordt echter niet gezien als een grote beperking van de methodiek. De gebruikte grondwaterstandskarakteristieken worden ten dele herkend; er is twijfel over de juistheid van de ruimtelijke patronen. De GHG en GLG uit de BRO worden niet herkend en de GLG uit het LHM is te nat. Ook kan men zich niet vinden in de met het LHM berekende effect van een grootschalige drinkwaterwinning uit het eerste watervoerende pakket in het zuidoosten van de Krimpenerwaard. Er zijn dus twijfels over de juistheid van de gebruikte grondwaterstandskarakteristieken. Er dient echter wel opgemerkt te worden dat het HHSK de grondwaterstanden in de praktijk nauwelijks monitort en gebruikt. De focus ligt op het beheer van oppervlaktewaterpeilen.

Voor de berekende gewasschades in de Krimpenerwaard geldt dat natschade overheerst. Desondanks hebben boeren toch een voorkeur voor een hoog peil om bodemdaling te voorkomen. Dit raakt ook aan de hoge schadepercentages die berekend worden en de manier waarop deze geïnterpreteerd moeten worden. De hoge schadepercentages in het noordwesten van de Krimpenerwaard vallen samen met hoge peilen in natuurgebieden. Hier wordt nog wel geboerd, maar zeer extensief. Voor de ‘buitenwereld’ is het moeilijk te begrijpen dat als de WWL-tool 30% schade aangeeft dit gezien moet worden als 30% minder opbrengst in vergelijking met optimale omstandigheden. Aangezien optimale omstandigheden voor gewasgroei in de praktijk niet voorkomen, staat dit ver van de realiteit van gebruikers. Daarom is het zinvoller om verschilkaarten als gevolg van een aanpassing in het peilbeheer te presenteren. Het is dus belangrijk om uit te gaan van de juiste referentie en die ligt nooit op de potentiële opbrengst.

Voor de Krimpenwaard is toepassing van WWL nieuw. In het verleden is de HELP-methodiek niet toegepast. De behoefte om effecten van maatregelen in detail weer te geven is beperkt. Desalniettemin kan het nuttig zijn om effecten van beleidsmatige keuzes te toetsen met

WWL; het zou beleidsmatige keuzes kunnen ondersteunen. Welk gewas is nog rendabel als het peil verhoogd wordt om bodemdaling te voorkomen? Om dit te toetsen zouden gewassen opgenomen moeten worden in de WWL-tabel die vochtminnender zijn dan gras.

Daarnaast wordt benoemd dat de dynamiek van boeren en beleidsmakers om bedrijfsmatige en beleidsmatige veranderingen door te voeren, de inzichten die verkregen worden met Waterwijzer Landbouw kunnen overrulen. Bodemdaling is in dit gebied het dominante probleem en dus zijn te droge/te natte condities voor de landbouw een minder belangrijk issue. De behoefte om landbouw überhaupt mogelijk te maken is groter dan een optimalisatie van het waterbeheer ten behoeve van de gewasopbrengsten. De toepassing van de WWL-tabel met onderwaterdrainage zou mogelijk een interessante toevoeging zijn voor de agrariërs in de Krimpenerwaard.

Al met al kan geconcludeerd worden dat het beheer in de pilotgebieden sterk gericht is op oppervlaktewaterpeilen en de effecten ervan op grondwaterstanden in percelen (vooralnog) beperkt aandacht heeft. De Waterwijzer Landbouw werkt echter wel met grondwaterstanden: opbrengstreducties worden berekend als nabewerking op vlakdekkende gegevens van grondwaterstandskarakteristieken. Vanuit de waterschappen is wel interesse in de inzichten die Waterwijzer Landbouw kan leveren voor het optimaliseren van het grondwaterregime. Uit de terugkoppeling in de gebieden mag wel geconcludeerd worden dat de gebruikte bronnen van grondwaterstands-informatie (invoergegevens) niet aansluiten bij de werkelijke situaties in de gebieden.

Voor de verdere ontwikkeling van WWL is nog wel aandacht nodig voor het fenomeen dat uit de in deze studie gepresenteerde verkenning van het gebruik van 'omgekeerde peilen' en een bijpassende grondwaterstandskarakteristiek om opbrengstreducties te duiden, niet blijkt dat het nodig is iets anders te gebruiken dan GHG en GLG. De vraag die daarbij ontstaat is of deze grondwaterkarakteristieken daadwerkelijk de beste voorspellers zijn, of dat de oorzaak ligt bij de 'fittingprocedure' van de metarelaties, of de keuze van de hydrologische randvoorwaarden. De verkenning naar een alternatief voor grondwaterkarakteristieken GHG en GLG heeft voornamelijk niet geleid tot een alternatieve karakteristiek om de timing van hoge en lage grondwaterstanden goed mee te pakken.

In Laag Nederland is de toepassing van een methode zoals Waterwijzer Landbouw om een relatie te leggen tussen hydrologie en landbouwkundige opbrengst nieuw in gebiedsprocessen. Er is wel interesse in de inzichten die Waterwijzer Landbouw kan leveren voor het optimaliseren van het grondwaterregime en de zoetwatervoorziening in de gebieden. Waterwijzer Landbouw heeft hiervoor duidelijk meerwaarde en kan de waterbeheerder ondersteunen voor het verkrijgen van inzichten in de effecten van maatregelen op ruimtelijke schaal, communiceren ervan binnen een gebiedsproces en voor inpassing van maatregelen in het beleid.

6.2 VERBETERPUNTEN VOOR WATERWIJZER LANDBOUW

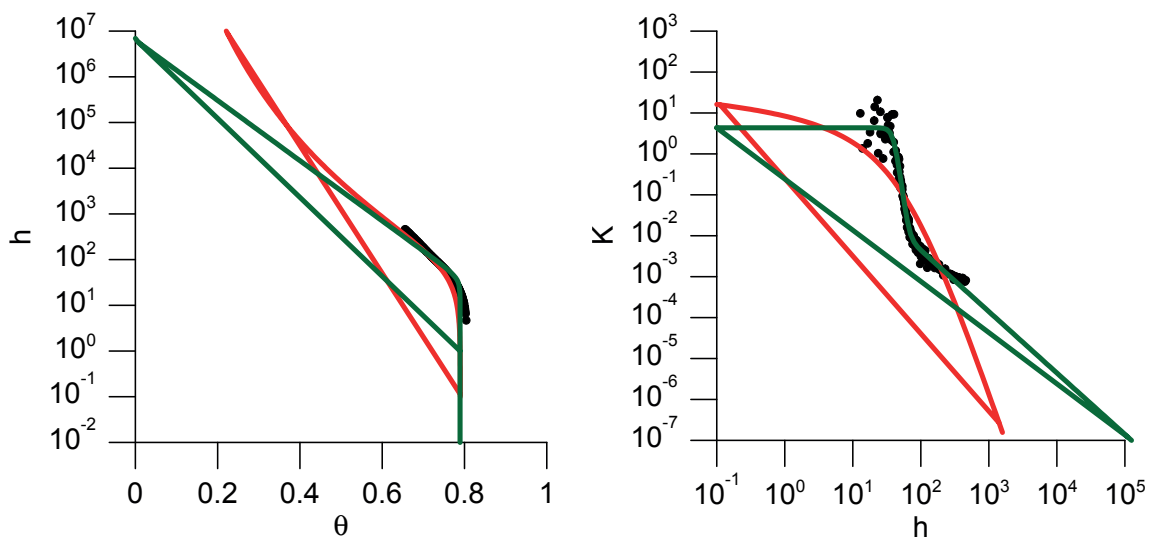
Uit de pilotstudies komen drie concrete verbeterpunten voor Waterwijzer Landbouw naar voren. Bij de pilotstudie Krimpenerwaard is veel droogtestress te zien bij veen op klei. Bij Koegraspolder is er juist sprake van weinig droogtestress op zandgronden. Daarnaast gaan berekeningen met zoutstress op zandgronden niet goed.

6.2.1 VEEL DROOGTESTRESS BIJ VEEN OP KLEI

Uit nadere analyse blijkt dat veel droogtestress bij veen op klei (BOFEK 404) te wijten is aan één bepaalde bouwsteen in het bodemprofiel: O13; zware klei. Als gevolg van deze bouwsteen wordt er nauwelijks capillaire nalevering gesimuleerd hetgeen leidt tot veel droogtestress.

Dat er nauwelijks capillaire nalevering wordt gesimuleerd heeft waarschijnlijk te maken met de beschrijving van de waterretentie- en doorlatendheidskarakteristiek. Hiervoor maakt het modelinstrumentarium gebruik van het Mualem – Van Genuchten concept (Genuchten et al., 1997; Wösten et al., 2001). Vooral bij zware kleigronden is dit concept niet in staat om het verloop van de lab-metingen in het droge traject goed te kunnen beschrijven, zie Figuur 6.1.

FIGUUR 6.1 VOORBEELD VAN WATERRETENTIE- (LINKS) EN DOORLATENDHEIDSKARAKTERISTIEK (RECHTS) VOOR ZWARE KLEI, MET IN HET ZWART DE LAB-METINGEN, IN HET ROOD DE BESCHRIJVING VOLGENS MUALEM - VAN GENUCHTEN EN IN HET GROEN DE BESCHRIJVING VOLGENS PETER - DURNER - IDEN CONCEPT



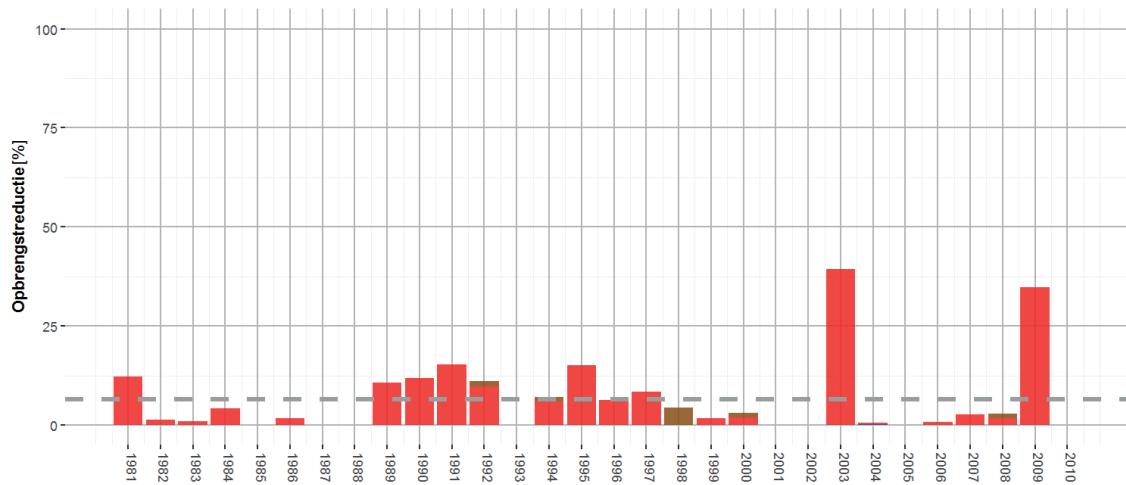
Het Peter – Durner – Iden (PDI; Peters, 2013; 2014; Iden et al., 2014) concept is hiertoe wel in staat. De eerste berekeningen met dit concept laten zien dat er meer capillaire nalevering wordt gesimuleerd. De aanpassingen in het modelinstrumentarium voor het goed toepassen van het PDI-concept verdienen nog wel de nodige aandacht voordat dit tot uiting kan komen in een nieuwe release van Waterwijzer Landbouw. Het is nog niet duidelijk op welke termijn dit opgelost zal zijn.

6.2.2 WEINIG DROOGTESTRESS BIJ ZANDGRONDEN

Leggen we de focus op droogtestress bij zandgronden in Laag Nederland dan laat Waterwijzer Landbouw daar relatief weinig derving zien. Ook hier kan een mogelijke oplossing gevonden worden in het aanpassen van de bodemfysische eigenschappen.

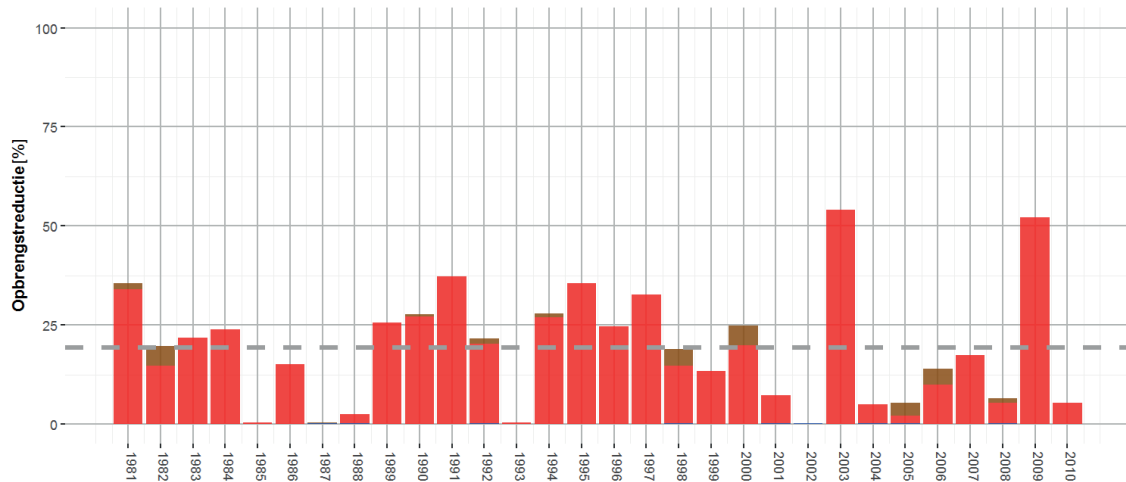
Aan de hand van een maatwerk toepassing met het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST kan dit geïllustreerd worden. Als uitgangspunt nemen we hiervoor een situatie in de Koegraspolder, namelijk Lelies op een matig fijn zandige (deels opgestoven) zandgrond met een GHG en GLG van respectievelijk 0.40 en 1.20 m-mv. De langjarig gemiddelde opbrengstderving komt uit op ongeveer 6% wat voornamelijk door droogtestress wordt veroorzaakt, zie Figuur 6.2.

FIGUUR 6.2 OPBRENGSTDERVING BIJ LELIES OP MATIG FIJN ZANDIGE (DEELS OPGESTOVEN) ZANDGRONDEN BIJ EEN GHG VAN 0.40 EN EEN GLG VAN 1.20 [M-MV], MET IN HET BRUIN DE INDIRECTE EFFECTEN, IN HET ROOD DE DROOGTESTRESS, IN HET BLAUW DE ZUURSTOFSTRESS EN IN HET ORANJE DE ZOUTSTRESS (WATERWIJZER LANDBOUW), DE GRIJZE STIPPELLIJN GEEFT DE LANGJARIGE GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING WEER



De voor Waterwijzer Landbouw gebruikte bodemprofielen worden hierbij beschreven met bouwstenen van de Staringreeks van voornamelijk de versie uit 1987 (Wösten et al., 1987; 2013). Wageningen Environmental Research (WENR) is in 2018 een intern project gestart om de Staringreeks te updaten. Hoewel de update pas eind 2019 zal verschijnen is het al wel mogelijk om te zien hoe de nieuwe versie van de Staringreeks 2018 zal uitpakken voor een vergelijkbare situatie, zie Figuur 6.3.

FIGUUR 6.3 OPBRENGSTDERVING BIJ LELIES OP MATIG FIJN ZANDIGE (DEELS OPGESTOVEN) ZANDGRONDEN BIJ EEN GHG VAN 0.40 EN EEN GLG VAN 1.20 [M-MV], MET IN HET BRUIN DE INDIRECTE EFFECTEN, IN HET ROOD DE DROOGTESTRESS, IN HET BLAUW DE ZUURSTOFSTRESS EN IN HET ORANJE DE ZOUTSTRESS (STARINGREEKS 2018), DE GRIJZE STIPPELLIJN GEEFT DE LANGJARIGE GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING WEER

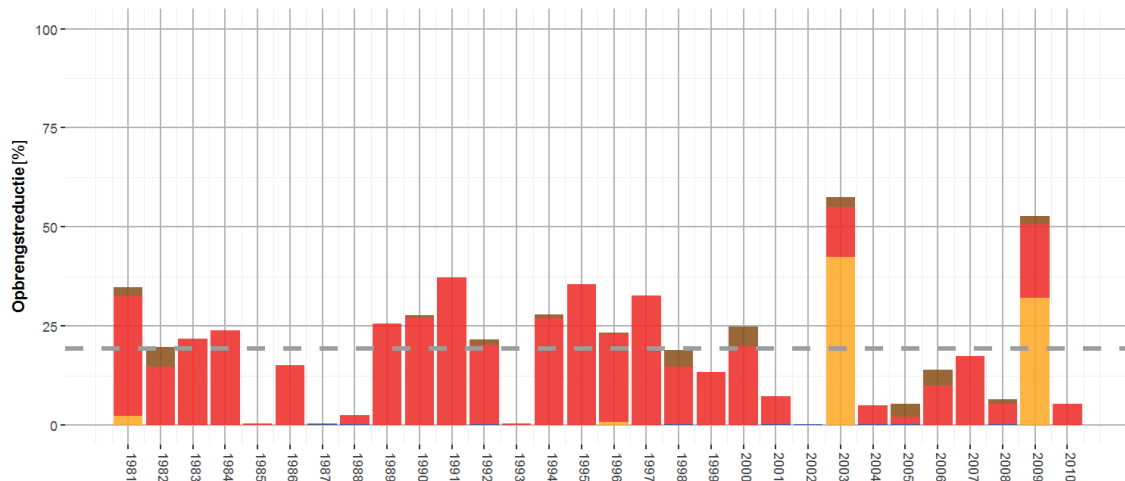


Als gevolg van de update van de Staringreeks zien we een aanzienlijke toename van de droogtestress. De langjarig gemiddelde opbrengstderiving komt uit op circa 20% en dit is veel meer in de lijn der verwachtingen. Verwerking van deze nieuwe invoergegevens in de WWL-tabel is voorzien. De huidige planning gaat uit van verbetering van de berekeningen voor zandgronden uiterlijk in 2020.

6.2.3 BEREGENING OP ZANDGRONDEN

Om de aansturing van beregening te analyseren hebben we weer een maatwerk toepassing uitgevoerd met als uitgangssituatie de berekening in Figuur 6.3 maar dan met beregening met een zoutconcentratie van 1 g l^{-1} . De resultaten hiervan zijn weergegeven in Figuur 6.4. In de droge weerjaren 2003 en 2009 wordt er in het model zoutstress ondervonden als gevolg van beregening. In de overige weerjaren wordt er niet beregend, ondanks de droogtestress.

FIGUUR 6.4 OPBRENGSTDERVING BIJ LELIES OP MATIG FIJN ZANDIGE (DEELS OPGESTOVEN) ZANDGRONDEN BIJ EEN GHG VAN 0.40 EN EEN GLG VAN 1.20 [M-MV] INCLUSIEF BEREGENING MET EEN ZOUTCONCENTRATIE VAN 1 g l^{-1} , MET IN HET BRUIN DE INDIRECTE EFFECTEN, IN HET ROOD DE DROOGTESTRESS, IN HET BLAUW DE ZUURSTOFSTRESS EN IN HET ORANJE DE ZOUTSTRESS (STARINGREKS 2018), DE GRIJZE STIPPELIJN GEEFT DE LANGJARIGE GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING WEER

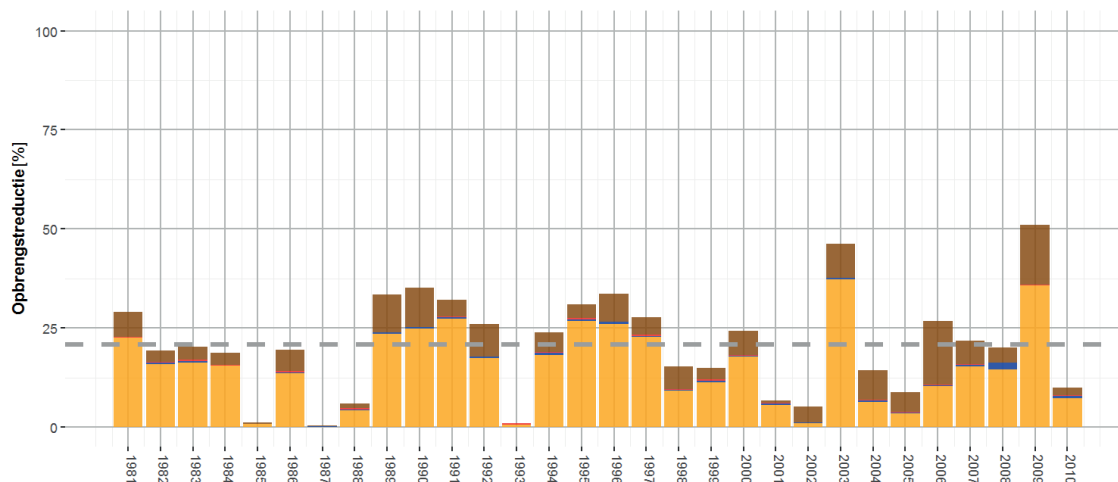


Het aansturen van beregening op alle situaties die voorkomen (combinatie bodemtype en gewas) blijkt behoorlijk lastig vanwege het drukhoogtecriterium wat nu wordt gehanteerd in Waterwijzer Landbouw. Er is kennis nodig van zowel de drukhoogte als van de diepte waarop deze moet worden ‘gemonitord’ in het model.

Een andere optie voor de aansturing van de beregening is op basis van de transpiratiereductie die wordt gesimuleerd. Dit heeft als voordeel dat er impliciet wordt gekeken naar de hydrologische condities in de gehele wortelzone. Er wordt dus direct gestuurd op wat het gewas aan droogtestress ondervindt. In Figuur 6.5 zijn de resultaten hiervan weergegeven waarbij tot een beregeningsgift wordt overgegaan bij een transpiratiereductie van 15% als gevolg van droogtestress. Er is duidelijk sprake van een behoorlijke zoutstress en er kan geconcludeerd worden dat beregening met een zoutconcentratie van 1 g l^{-1} niet uit kan.

Nader onderzoek zal moeten uitwijzen of deze wijze van aansturing voor alle situaties geschikt is. In het plan voor verbetering van Waterwijzer Landbouw wordt dit probleem geadresseerd in 2019 of 2020.

FIGUUR 6.5 OPBRENGSTDERIVING BIJ LELIES OP MATIG FIJN ZANDIGE (DEELS OPGESTOVEN) ZANDGRONDEN BIJ EEN GHG VAN 0.40 EN EEN GLG VAN 1.20 [M-MV] INCLUSIEF BEREGENING MET EEN ZOUTCONCENTRATIE VAN 1 G L⁻¹ OP BASIS VAN TRANSPIRATIEREDUCTIE, MET IN HET BRUIN DE INDIRECTE EFFECTEN, IN HET ROOD DE DROOGTESTRESS, IN HET BLAUW DE ZUURSTOFSTRESS EN IN HET ORANJE DE ZOUTSTRESS (STARINGREEKS 2018), DE GRIJZE STIPPELIJN GEEFT DE LANGJARIGE GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING WEER



7

CONCLUSIES

Aan de hand van pilotstudies is de bruikbaarheid en plausibiliteit van de Waterwijzer Landbouw tool getest. Op basis van de toepassingen zijn verbeteringen geïdentificeerd bij het toepassen van de WWL-tool dan wel de aansturing van het operationeel modelinstrumentarium SWAP-WOFOST.

Een belangrijke doelstelling voor de pilottoepassing van Waterwijzer Landbouw in Laag Nederland was de voorspellende kracht en de bruikbaarheid van Waterwijzer Landbouw in Laag Nederland inzichtelijk maken. De eerdere pilottoepassingen in Hoog Nederland betroffen alleen zandgronden met grasland en maïsteelt. De pilottoepassingen in dit rapport betreffen klei- en veengronden in polders van Laag Nederland met grasland, akkerbouw en bloembollenteelt.

Naast het berekende effect van droogte- en zuurstofstress (natschade) op gewasopbrengst, is ook het effect van zoutstress geanalyseerd. Voor het eerst is ook de apart ontwikkelde set metarelaties voor situatie met en zonder onderwaterdrainage getest op plausibiliteit. Hoewel daarmee de Waterwijzer Landbouw (WWL)-tool nog niet landsdekkend en voor alle gewasgroepen is toegepast is hiermee het systeem getoetst op plausibiliteit voor een grote variatie aan situaties.

Waterwijzer Landbouw is voor de pilotgebieden succesvol toegepast, gebruikmakend van een verscheidenheid aan beschikbare invoergegevens en besproken met gebiedsbeheerders. Bij AGV is de toepassing zonder problemen uitgevoerd door het waterschap zelf. Specifiek kan met betrekking tot de technische toepassing van Waterwijzer Landbouw in laag Nederland het volgende geconcludeerd worden:

- Waterwijzer Landbouw dient gevoed te worden met vlakdekkende informatie van grondwaterstandsverlopen. Uit deze studie blijkt dat verschillende bronnen van grondwaterstands-informatie voor laag Nederland een uiteenlopend beeld geven, welke (vanzelfsprekend) doorwerken in de uitkomsten van Waterwijzer Landbouw. Deze bronnen geven een grote spreiding in absolute waarden van grondwaterstanden die al gauw meer dan 10 cm bedraagt. Ook in de ruimtelijke patronen verschillen de grondwaterstands-karakteristieken behoorlijk. Het verschil in berekende opbrengstderving kan hierdoor lokaal oplopen tot meer dan 20%. Er zijn echter weinig grondwaterstandsmetingen beschikbaar om te toetsen welke bron het meest geschikt is.
- Voor de huidige toepassing van de WWL-tabel wordt aan de hand van de karakteristieken Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) via de metarelaties van Waterwijzer Landbouw een inschatting gemaakt van de opbrengstderving in relatie tot hydrologische omstandigheden. Uit de modelsimulaties binnen de uitgevoerde verkennende analyse komt niet naar voren dat een andere grondwaterstandskarakteristiek dan de GHG-GLG combinatie leidt tot een metarelative met een veel hogere voorspelkracht, zelfs niet in situaties met een afwijkend peilverloop. De GHG-GLG

combinatie lijkt dus bruikbaar, maar er is nadere analyse nodig om een definitieve uitspraak te doen of dit geldt voor alle grondwaterstandsverlopen. Wel draagt de verkenning bij aan de reeds voorziene activiteit binnen het verbeteren van Waterwijzer Landbouw om een grotere variatie in grondwaterstandsverlopen te verkrijgen en de geschikte grondwaterstandskarakteristieken te selecteren.

- De keuze van het weerstation kan lokaal tot aanzienlijke verschillen in de berekende gewasopbrengst(depressie) leiden. Het is dus van belang het weerstation te kiezen dat het beste bij het gebied past.
- Met Waterwijzer Landbouw kan inzichtelijk gemaakt worden wanneer toename van de zoutstress, door berekening met zout water, niet meer opweegt tegen de afname van de droogtestress. Geconcludeerd wordt dat bij de berekening van berekening er een dusdanig streng rekencriterium wordt gebruikt dat er in de modelberekeningen veel minder berekend wordt dan in de praktijk. Door een andere keuze te maken voor berekening in het SWAP-WOFOST model lijkt een veel plausibeler beregeningspatroon te worden berekend. De gewenste verbetering voor dit aspect is dus de keuze voor een andere optie bij de modelberekeningen. Er hoeft niks te veranderen aan het model of aan de invoergegevens.
- Voor kleigronden met de Staringreeks-bouwstenen O12 en O13 in de ondergrond wordt een onlogisch hoge droogtestress berekend. De methode die bodemfysische karakteristieken beschrijft in het model SWAP dat aan WWL ten grondslag ligt lijkt niet toereikend voor deze typen ondergrond. De gewenste verbetering betreft een aanpassing in het model SWAP. Dit soort aanpassing kan pas worden doorgevoerd in WWL als er voldoende zekerheid is dat de nieuwe methodiek werkt zoals bedoeld en ook de parametrisatie in orde is.
- Voor zwak lemige veldpodzolgronden valt op dat er weinig droogtestress is volgens de WWL-tabel, terwijl de praktijk uitwijst dat dit niet klopt. Door te rekenen met de verbeterde Staringreeks (versie 2018) ziet het er naar uit dat we tot veel plausibeler resultaten kunnen komen. De gewenste verbetering is hier dus niet een modelverbetering, maar slechts een verbetering van de invoergegevens.

Met de hierboven gegeven specifieke kritische inzichten voor de benodigde verbeteringen van Waterwijzer Landbouw dient rekening te worden gehouden bij toepassing voor laag Nederland. Ondanks dat kan in het algemeen geconcludeerd worden dat Waterwijzer Landbouw ook in laag Nederland inzicht geeft in de relatie tussen waterhuishoudkundige condities en gewasopbrengsten. Waterwijzer Landbouw kan toegepast worden voor de optimalisatie van de zoetwatervoorziening en waterverdeling in gebieden in relatie tot gewasopbrengstderiving, veroorzaakt door droogte-, nat-, of zoutschade. Waterwijzer Landbouw heeft hiervoor duidelijk meerwaarde en kan de waterbeheerder ondersteunen voor het verkrijgen van inzichten in de effecten van maatregelen op ruimtelijke schaal, communiceren ervan binnen een gebiedsproces en voor inpassing van maatregelen in het beleid.

LITERATUUR

Van Bakel, P. J. T., Huinink, J., Prak, H. & van der Bolt, F, 2005. *HELP-2005, Uitbreiding en actualisering van de HELP-tabellen ten behoeve van het Waterlood-instrumentarium*. STOWA, STOWA 2005-16.

Van Bakel, P. J. T., van der Waal, B. H. C., De Haan, M. H. A., Spruyt, J. & Evers, A. 2007. *HELP-2006: uitbreiding en actualisering van de HELP-2005 tabellen te behoeve van het waterlood-instrumentarium*. STOWA, STOWA 2007-13.

Van Bakel, P. J. T., Linderhof, V., Van 't Klooster, C. E., Veldhuizen, A. A., Goense, D., Mulder, H. M. & Massop, H. T. L. 2009. *Definitiestudie AGRICOM*. Alterra, Alterra-rapport 1934.

Boogaard, H.L., A.J.W. de Wit, J.A. te Roller & C.A. van Diepen, 2011. *User's guide for the WOFOST Control Center 1.8 and WOFOST 7.1.3 crop growth simulation model*. Wageningen. Beschikbaar via: <http://www.wofost.wur.nl>

Bouwmans, J. M. M, 1990, *Achtergrond en toepassing van de TCGB-tabel; Een methode voor het bepalen van de opbrengstdepressie van grasland op zandgrond als gevolg van een grondwaterstandsverlaging*. Technische Commissie Grondwater Beheer.

Dam, J.C. van, Groenendijk, P., Hendriks, R.F.A. & Kroes, J.G, 2008. *Advances of Modeling Water Flow in Variably Saturated Soils with SWAP*. Vadose Zone Journal, 7(2), 640–653.

Gaast, J. W. J. van der, Massop, H. T. L., Vroon, H. R. J. en Staritsky, I. G., 2007. *Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken*. H2O: tijdschrift voor watervoorziening en afvalwaterbehandeling. 40, 19, p. 65-68.

Genuchten, M. Th. Van, F. J. Leij and L. Wu, 1997. *Proceedings of the International Workshop on Characterization and Measurement of the Hydraulic Properties of Unsaturated Porous Media*. Riverside, California, 22-24 October 1997.

Heinen, M., Mulder, M., Walvoort, D.J.J., Bartholomeus, R., Stofberg, S.F., Hack-ten Broeke, M.J.D., 2017. *Praktijktoets Waterwijzer Landbouw in pilotgebieden de Raam en Vecht*. STOWA, Amersfoort, Rapport 2017-44.

Iden, S., and W. Durner, 2014. *Comment to "Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range" by A. Peters*. Water Resources Research 50: 7530–7534.

Knotters., M. J. van Bakel, R. Bartholomeus, M. Hack-ten Broeke, R. Hendriks, G. Holshof, I. Hoving, J. Kroes, M. Mulder & D. Walvoort. 2017. *Waterwijzer landbouw fase 3: naar een operationeel systeem voor gras en mais*. Rapport 2017-07, STOWA, Amersfoort.

Kroes, J.G., J.C. van Dam, R.P. Bartholomeus, P. Groenendijk, M. Heinen, R.F.A. Hendriks, H.M. Mulder, I. Supit & P.E.V. van Walsum, 2017. *SWAP version 4. Theory description and user manual*. Report 2780, Wageningen Environmental Research, Wageningen, the Netherlands.

Mulder, H.M. & A.A. Veldhuizen, 2017. *AGRICOM 2.05. Theorie en gebruikershandleiding*. Alterra-rapport 2576d.

Peters, A., 2013. *Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range*. Water Resources Research 49: 6765–6780.

Peters, A., 2014. *Reply to comment by S. Iden and W. Durner on Simple consistent models for water retention and hydraulic conductivity in the complete moisture range*. Water Resources Research 50: 7535–7539.

STOWA, 1999. *STOWA onderzoeksprogramma Waternood: STOWA*.

Werkgroep HELP-tabel, 2006. *De invloed van waterhuishouding op de landbouwkundige productie*. Rapport van de werkgroep HELP-tabel. Utrecht, Mededelingen Landinrichtingsdienst 176.

Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018. *Waterwijzer Landbouw instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie*. STOWA, Amersfoort (Stowa rapport; no. 2018-48).

Wösten, J. H. M., M. H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks*. STIBOKA (Rapport 1932), ICW (Rapport 18).

Wösten, J. H. M., G. J. Veerman, W. J. M. de Groot, J. Stolte, 2001. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks (vernieuwde uitgave 2001)*. Alterra, Wageningen. Rapport 153.

Wösten, H., F. De Vries, T. Hoogland, H. Massop, A. Veldhuizen, H. Vroon, J. Wesseling, J. Heijkers en A. Bolman, 2013. *BOFEK 2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*. Alterra, Wageningen. Rapport 2387.

BIJLAGE A

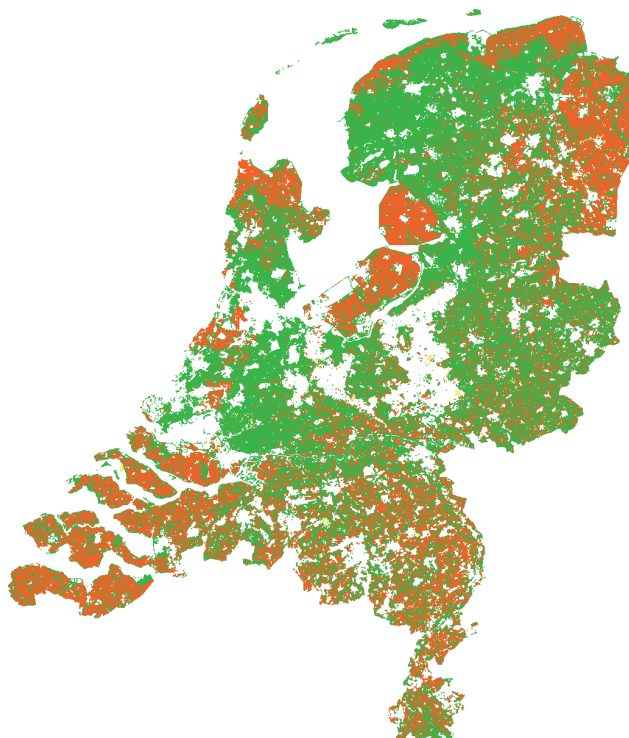
GEWAS

Als bron voor het toekennen van gewassen is de Basisregistratie Percelen 2017 (BRP)³ gebruikt, zie Figuur A.1. De BRP - Gewaspercelen bestaat uit de locatie van landbouwpercelen in Nederland met daaraan gekoppeld het geteelde gewas. Het bestand is een selectie van informatie uit de Basisregistratie Percelen (BRP) van Rijksdienst voor Ondernemend Nederland. De omgrenzingen van de landbouwpercelen zijn gebaseerd op de begrenzingsen uit het AAN-bestand (Agrarische Areal Nederland). De gebruiker van het perceel dient jaarlijks zijn actuele gewaspercelen in te tekenen en aan te geven welk gewas wordt geteeld op het betreffende perceel.

FIGUUR A.1 LANDBOUWKUNDIGE (HOOFD-)GEWASGROEPEN UIT BASISREGISTRATIE PERCELEN 2017 (BRP)

Gewas

- Bouwland
- Grasland
- Overige



Waterwijzer Landbouw maakt onderscheidt in 23 landgebruiksvormen. De BRP maakt onderscheidt in meer landgebruiksvormen, derhalve is een vertaaltabel nodig, zie Tabel A.1.

3 <https://www.pdok.nl/>

TABEL A.1

VERTALING VAN BASIS REGISTRATIE PERCELEN (BRP) NAAR GIDSGEWAS WATERWIJZER LANDBOUW

Basis Registratie Percelen (BRP)		Waterwijzer Landbouw
<i>Omschrijving</i>	<i>Code</i>	<i>Omschrijving</i>
gras (landbouw) ¹	1	gras (maaien)
gras (natuurlijk) ²	5	gras (beweiding)
snijmais en korrelmais ³	6	snijmais
wintertarwe (gerst, rogge triticale, spelt) ⁴	7	wintertarwe
zomergerst (tarwe, haver en overig) ⁵	8	zomergerst
consumptieaardappelen ⁶	9	consumptieaardappelen
zetmeelaardappelen ⁷	10	zetmeelaardappelen
pootaardappelen ⁸	11	pootaardappelen
suikerbieten (voederbieten en rode bieten) ⁹	12	suikerbieten
zaaiuien (poot-, zilver en sieruien) ¹⁰	13	zaaiuien
prei ¹¹	14	prei
sla (ijsberg-, andijvie, raapstelen, spinazie) ¹²	15	sla
bloemkool (zomerse koolvarianten) ¹³	16	bloemkool
spruitkool (winterse koolvarianten) ¹⁴	17	spruitkool
winterpeen (bos-, was-, pastinaak, knolselderij) ¹⁵	18	winterpeen
sperziebonen (tuin-, bruine-, erwten, peulen) ¹⁶	19	sperziebonen
tulp (hyacint, krokus, narcis, amaryllis) ¹⁷	20	tulp
lelie (dahlia, gladiool, iris, zantedeschia, overig) ¹⁸	21	lelie
appelbomen (vrucht-, peren, pruimen, kersen) ¹⁹	22	appelbomen
laanbomen (kerst-, walg-, haag, sierconiferen) ²⁰	23	laanbomen

¹ 265, 266, 333, 334, 370, 372, 383, 516, 1921, 3501, 3506, 3512, 3513, 3516, 3519, 3522, 3523, 3805 en 3807

² 331, 332 en 336

³ 259, 316, 317, 814 en 2032

⁴ 233, 235, 237, 314 en 382

⁵ 234, 236, 238, 381, 666, 670, 2652 en 3736

⁶ 2014

⁷ 2017 en 2025

⁸ 2015 en 2016

⁹ 256, 257, 2741 en 2742

¹⁰ 262, 263, 1010 t/m 1012 en 1931

¹¹ 2749, 2750, 2799 t/m 2802

¹² 2708, 2709, 2753, 2754, 2767 t/m 2774

¹³ 2719 t/m 2722, 2737 t/m 2740, 2745, 2746, 2759 t/m 2762, 2775, 2776, 2789, 2790, 2795 t/m 2798

¹⁴ 2715, 2716, 2777 en 2778

¹⁵ 1023, 1024, 1036, 2717, 2718, 2725, 2726, 2783 t/m 2786

¹⁶ 241, 242, 244, 308, 311, 853, 854, 2747, 2748, 2751, 2752, 2779 t/m 2782

¹⁷ 970, 971, 976, 977, 982, 983, 985, 986, 994, 995, 999, 1001, 1003, 1004, 1007, 1016 t/m 1017

¹⁸ 964, 965, 967, 968, 973, 974, 979, 980, 988, 989, 991, 992, 998, 1000, 1002, 1005 en 1006

¹⁹ 1077 t/m 1079, 1095 t/m 1098, 1870, 1872, 2328, 2628 en 2645

²⁰ 794 t/m 796, 1067, 1068, 1070 t/m 1072, 1074, 2626 en 2627

BIJLAGE B

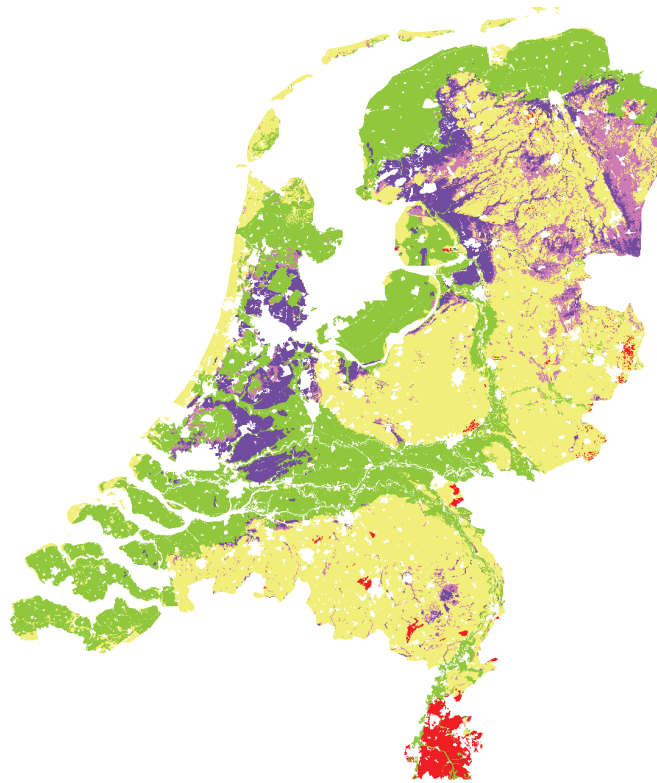
BODEM

Voor het toekennen van het bodemtype wordt de Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK2012; Wösten et al., 2013)⁴ gebruikt (Figuur B.1). BOFEK2012 is een GIS-bestand met daarin de ruimtelijke verdeling van bodemfysische eenheden. Dit zijn gebieden met overeenkomst in bodemopbouw en hydrologisch gedrag.

FIGUUR B.1

HOOFD-GRONDSOORTEN VOLGENS BOFEK 2012

BODEM	
	Veen
	Moerig
	Zand
	Klei
	Leem



4 <https://www.wur.nl/nl/show/Bodemfysische-Eenhedenkaart-BOFEK2012.htm>

BIJLAGE C

METEOSTATION

De meteorologische gegevens voor de referentieperiode (1981-2010) zijn afkomstig van het KNMI⁵. Het gaat hier om de globale straling, de minimum en maximum temperatuur, de minimum en maximum relatieve luchtvochtigheid, de windsnelheid, de neerslagsom, en de neerslagduur op dagbasis. Deze gegevens zijn verzameld voor vijf KNMI-hoofdstations; van noord naar zuid zijn dit: Eelde (station 280), De Kooy (station 235), De Bilt (station 260), Vlissingen (station 310) en Maastricht (station 380), Figuur C.1.

FIGUUR C.1 KNMI-HOOFDSTATIONS



We gebruiken alleen deze vijf hoofdstations omdat alleen voor deze vijf alle data voor 30 weerjaren uniform beschikbaar zijn. Hieronder volgt een korte samenvatting per station.

De Kooy: gemiddelde neerslagsom van 773 mm jaar⁻¹ en een gemiddelde temperatuursom van 3676 °C. Het weerjaar 2003 is een relatief droog met 510 mm neerslag en met 986 mm neerslag is 1998 het natste weerjaar. De weerjaren 1996 en 2007 zijn respectievelijk het koudste en warmste weerjaar met een temperatuursom van 3053 en 4100 °C (Figuur C.2).

De Bilt: gemiddelde neerslagsom van 834 mm jaar⁻¹ en een gemiddelde temperatuursom van 3712 °C. Het weerjaar 1996 is een relatief droog met 577 mm neerslag, in het natste weerjaar 1998 wordt er 1241 mm neerslag gemeten. De weerjaren 1985 en 2006 zijn respectievelijk het koudste en warmste weerjaar met een temperatuursom van 3136 en 4101 °C (Figuur C.3).

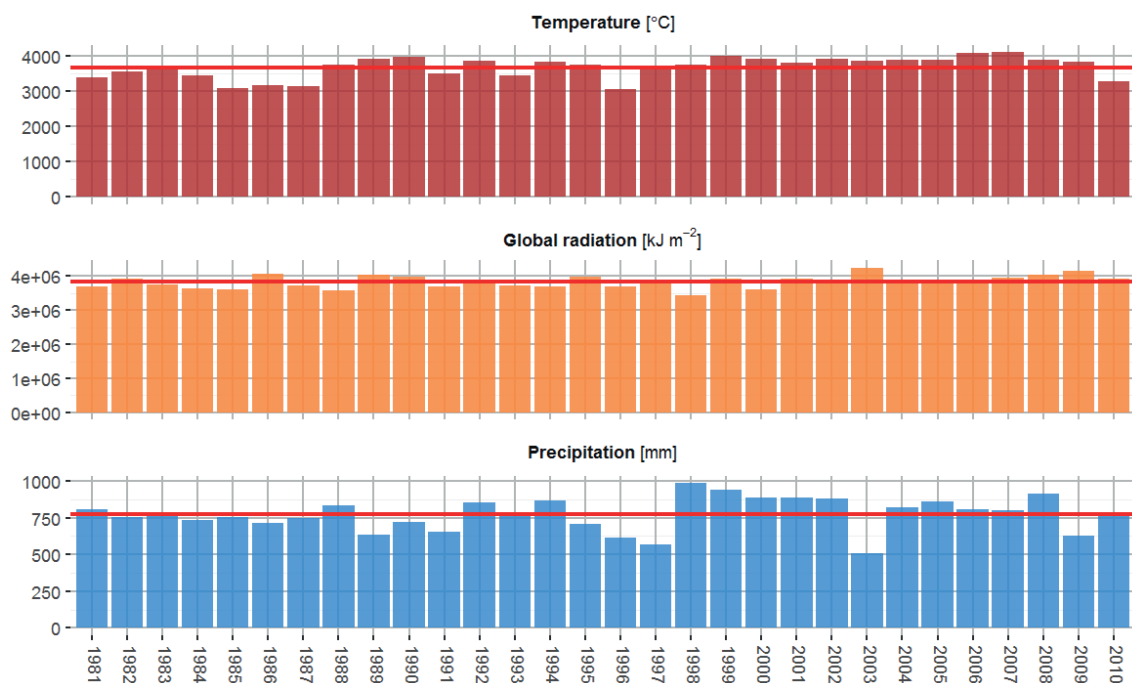
5 <https://www.knmi.nl/home>

Elde: gemiddelde neerslagsom van 814 mm jaar⁻¹ en een gemiddelde temperatuursom van 3427 °C. Het weerjaar 1996 is het droogste weerjaar met 543 mm neerslag, maar ook het koudste weerjaar met een temperatuursom van 2769 °C. Het natste weerjaar is 1998 (1093 mm) en het warmste weerjaar is 2007 (3872 °C), zie Figuur C.4.

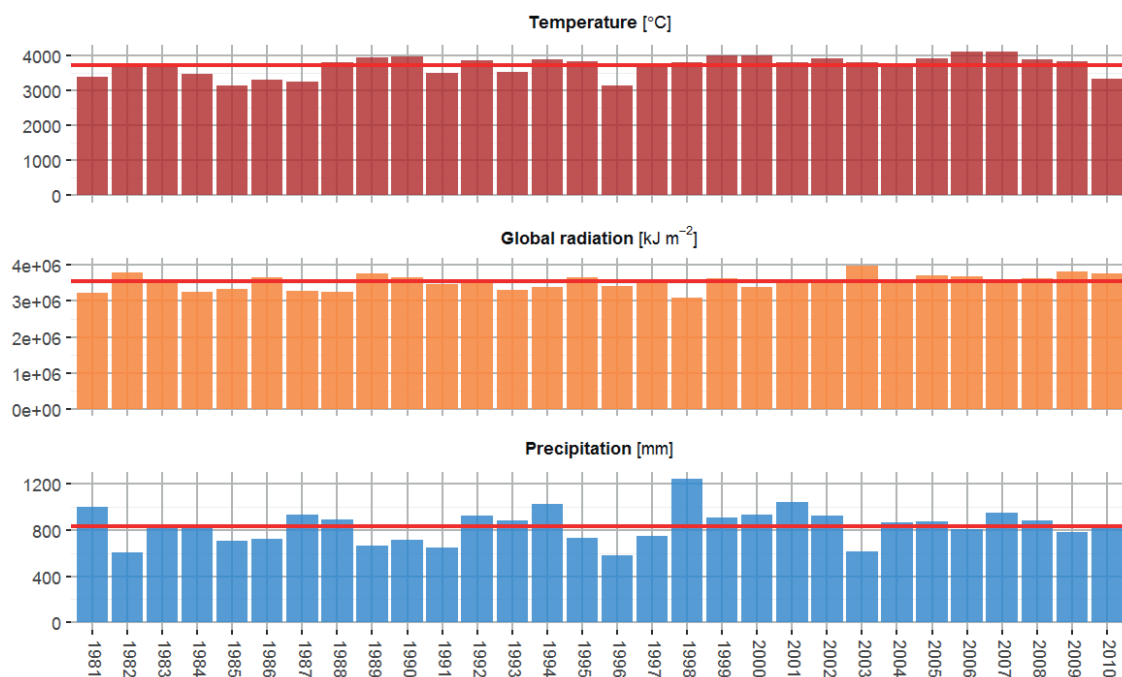
Vlissingen: gemiddelde neerslagsom van 744 mm jaar⁻¹ en een gemiddelde temperatuursom van 3948 °C. De weerjaren 1989 en 1998 zijn respectievelijk de droogste en natste weerjaren met 527 en 950 mm neerslag. 1985 is het koudste weerjaar met temperatuursom van 3303 °C en 2007 het warmste weerjaar met 4332 °C (Figuur C.5).

Maastricht: gemiddelde neerslagsom van 774 mm jaar⁻¹ en een gemiddelde temperatuursom van 3752 °C. De weerjaren 1985 en 2007 zijn respectievelijk het koudste en warmste weerjaren met een temperatuursom van 3129 en 4083 °C. Het droogste weerjaar is 1996 met 604 mm neerslag en het natste weerjaar is 2002 met 958 mm (Figuur C.6).

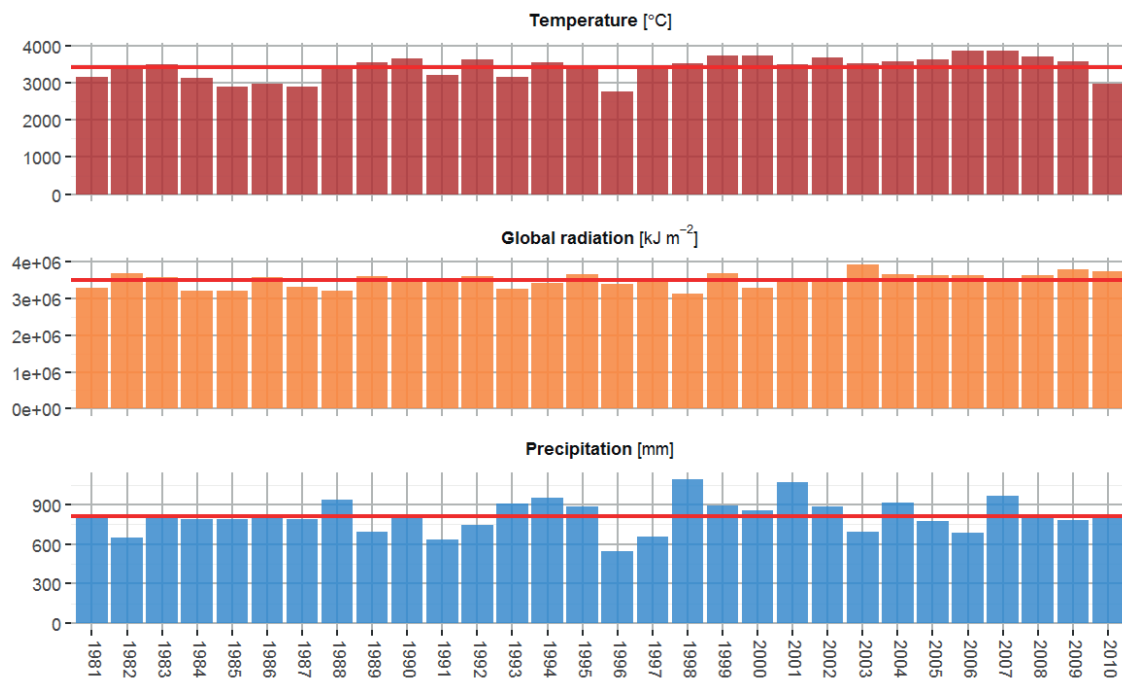
FIGUUR C.2 JAARLIJKE TEMPERATUURSOM (BOVEN), SOM VAN GLOBALE STRALING (MIDDEN) EN NEERSLAGSOM (ONDER) VOOR DE PERIODE 1981 TOT EN MET 2010 GEMETEN DOOR WEERSTATION 'DE KOOY'. DE RODE LIJN GEEFT HET GEMIDDELTE WEER



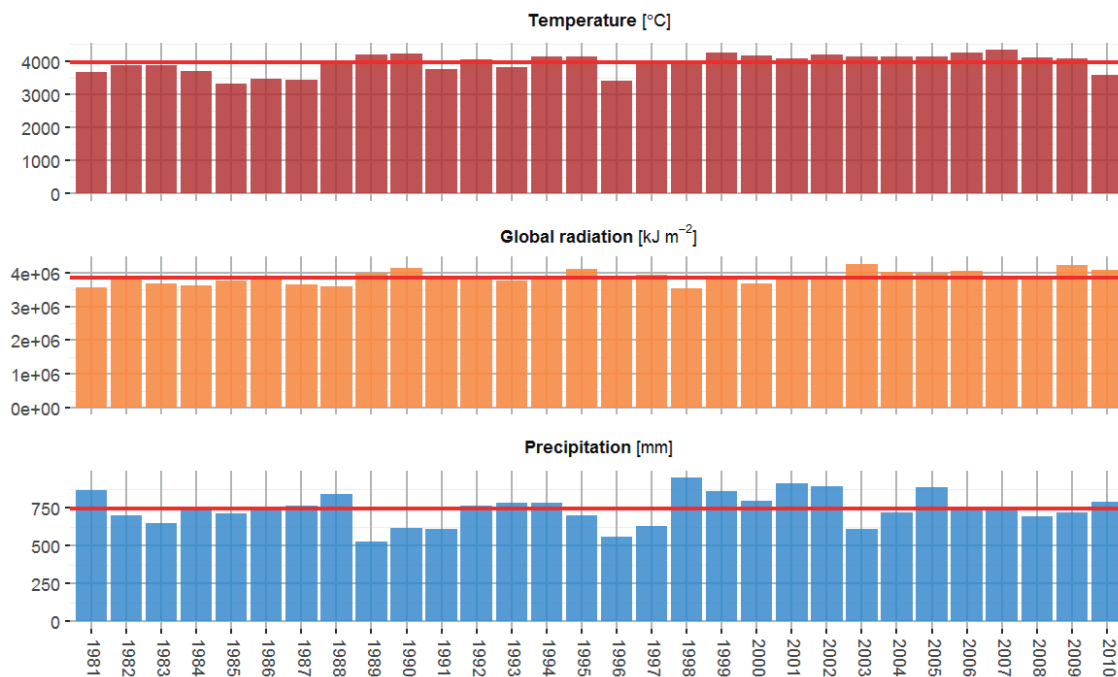
FIGUUR C.3 JAARLIJKSE TEMPERATUURSOM (BOVEN), SOM VAN GLOBALE STRALING (MIDDEN) EN NEERSLAGSOM (ONDER) VOOR DE PERIODE 1981 TOT EN MET 2010 GEMETEN DOOR WEERSTATION 'DE BILT'. DE RODE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER



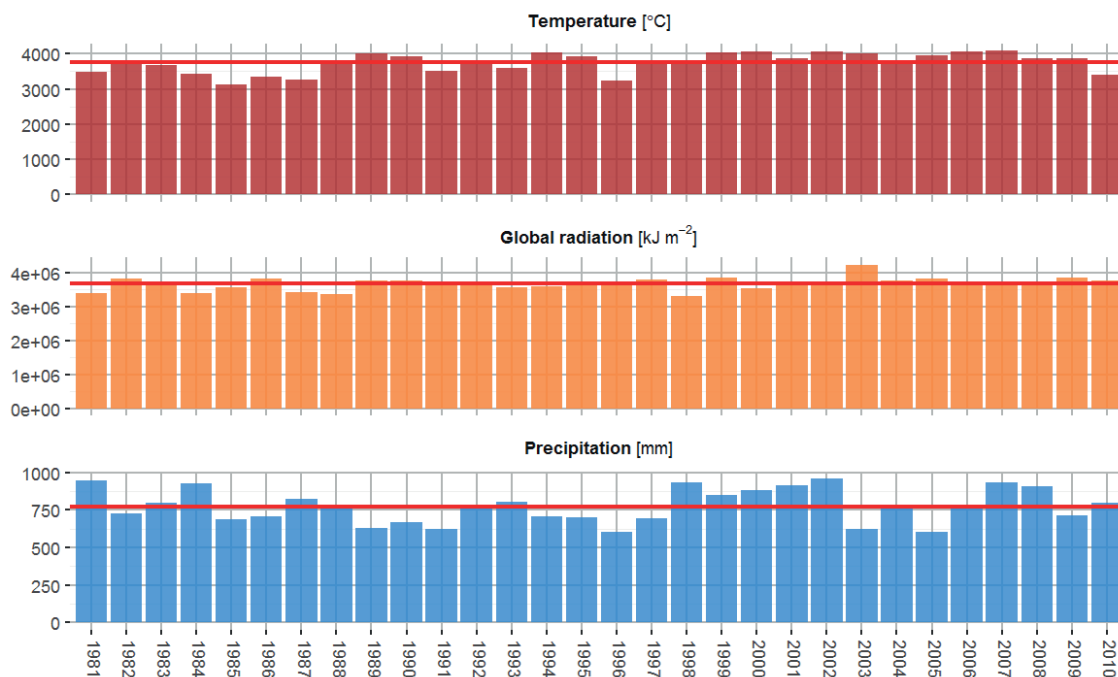
FIGUUR C.4 JAARLIJKSE TEMPERATUURSOM (BOVEN), SOM VAN GLOBALE STRALING (MIDDEN) EN NEERSLAGSOM (ONDER) VOOR DE PERIODE 1981 TOT EN MET 2010 GEMETEN DOOR WEERSTATION 'EELDE'. DE RODE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER



FIGUUR C.5 JAARLIJKSE TEMPERATUURSOM (BOVEN), SOM VAN GLOBALE STRALING (MIDDEN) EN NEERSLAGSOM (ONDER) VOOR DE PERIODE 1981 TOT EN MET 2010 GEMETEN DOOR WEERSTATION 'VLISSINGEN'. DE RODE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER



FIGUUR C.6 JAARLIJKSE TEMPERATUURSOM (BOVEN), SOM VAN GLOBALE STRALING (MIDDEN) EN NEERSLAGSOM (ONDER) VOOR DE PERIODE 1981 TOT EN MET 2010 GEMETEN DOOR WEERSTATION 'MAASTRICHT'. DE RODE LIJN GEEFT HET GEMIDDELDE WEER



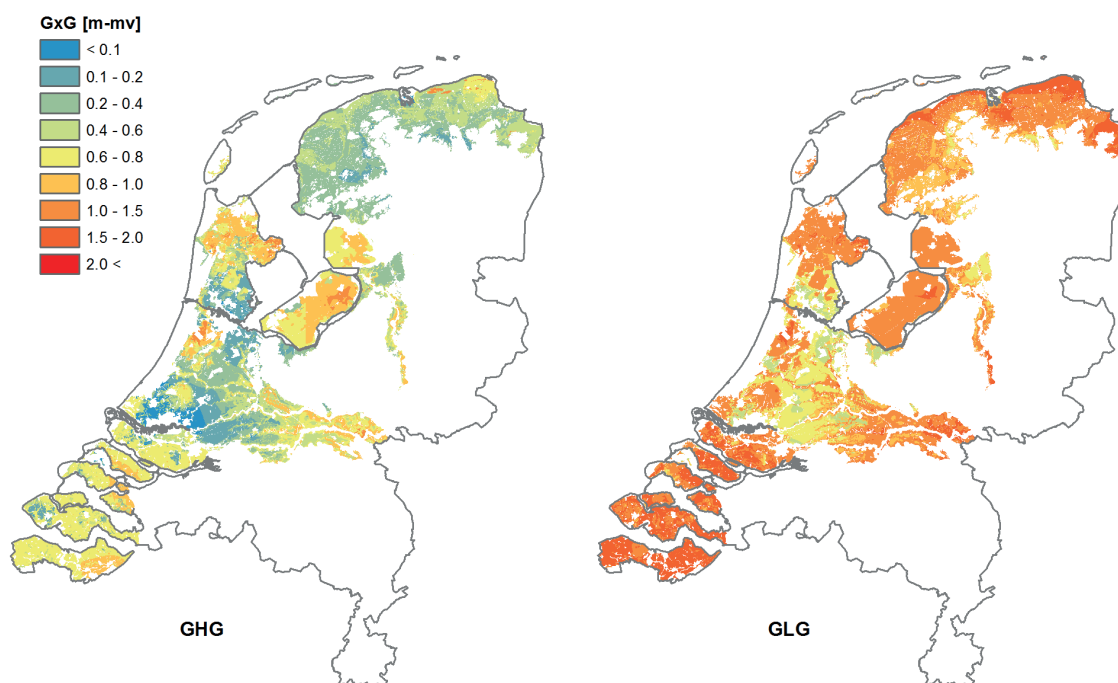
BIJLAGE D

GRONDWATERSTANDSINFORMATIE

Waterwijzer Landbouw werkt voornamelijk alleen met de Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand (GHG) en Gemiddeld Laagste Grondwaterstand (GLG) als grondwaterkarakteristiek om een inschatting te maken van de gewasrespons. Hiervoor kunnen verschillende bronnen worden gehanteerd:

- Basis Registratie Ondergrond (BRO)⁶;
- Landelijk Hydrologisch Model (LHM; NHI 3.4.0)⁷;
- Hydrologie op basis van karteerbare kenmerken (Gaast et al., 2007).

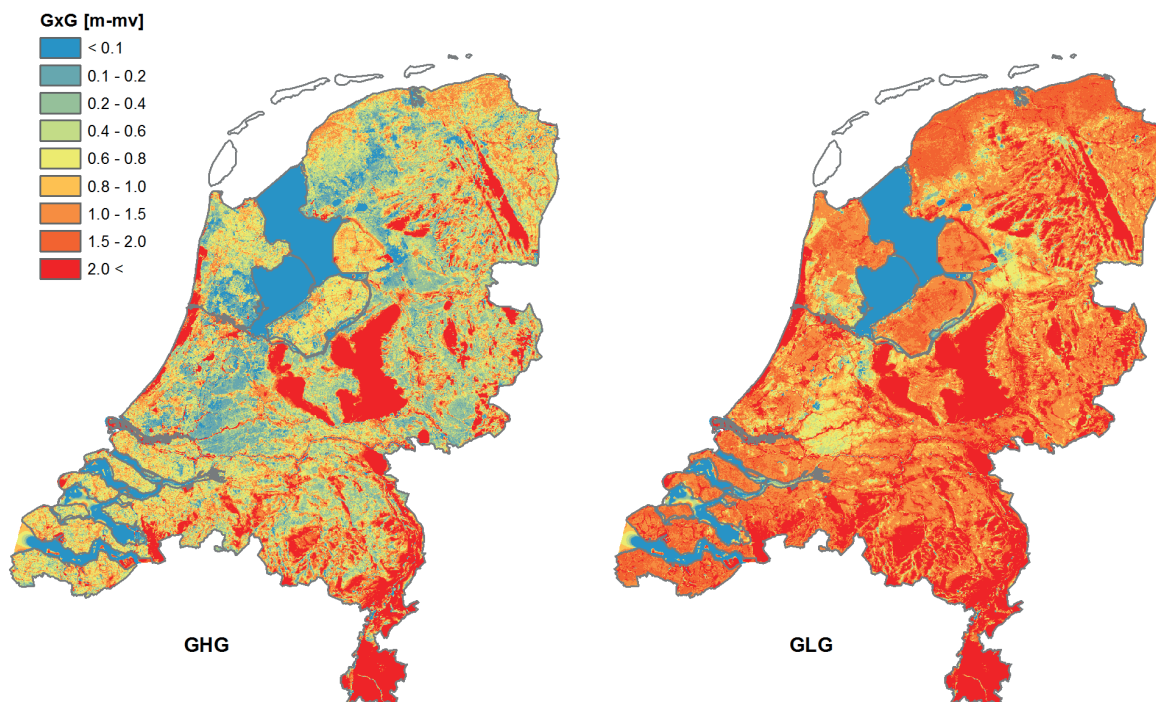
FIGUUR D.1 GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND (GHG) EN DE GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND (GLG) OP BASIS VAN INFORMATIE UIT BASIS REGISTRATIE ONDERGROND (BRO)



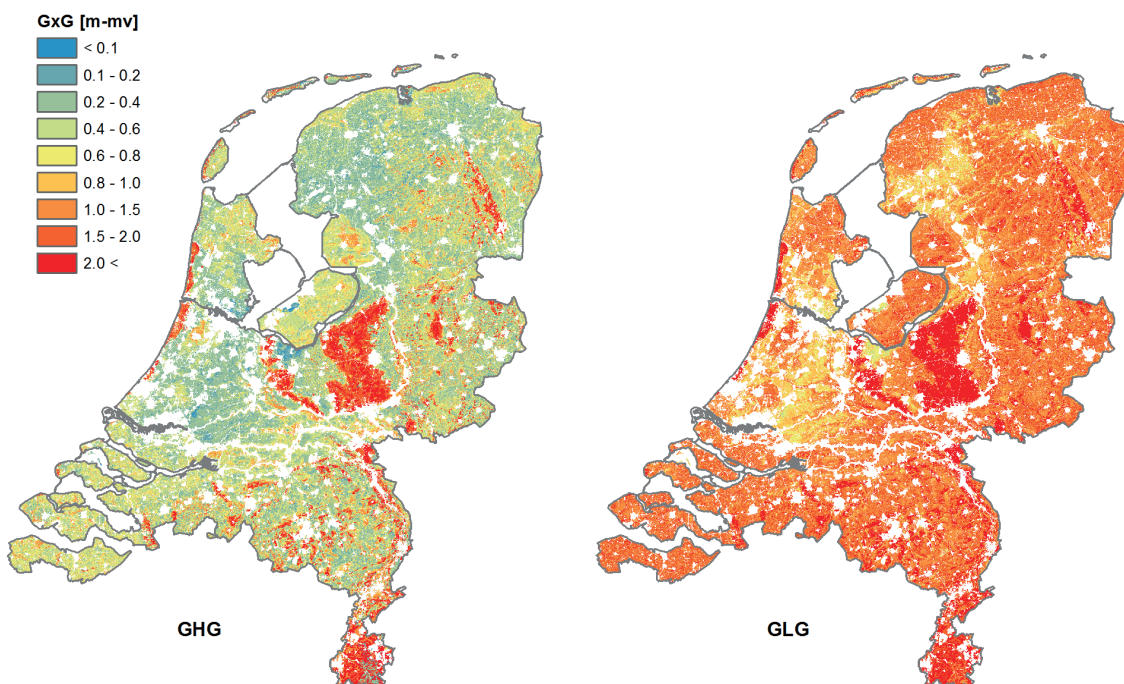
6 <https://www.basisregistratieondergrond.nl/>

7 <http://www.nhi.nu/>

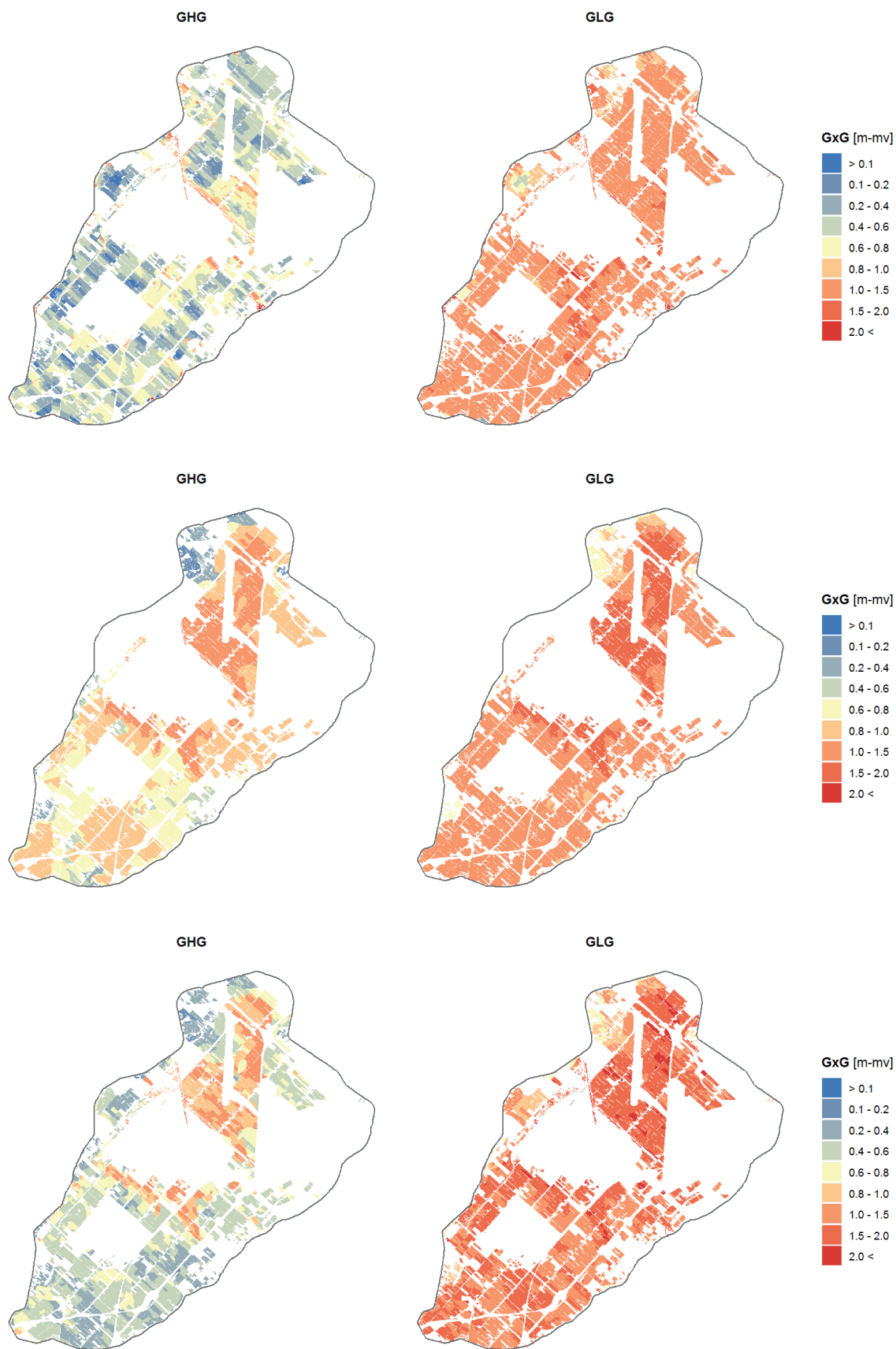
FIGUUR D.2 GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND (GHG) EN DE GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND (GLG) OP BASIS VAN SIMULATIE MET HET LHM VOOR DE PERIODE 1998 - 2006



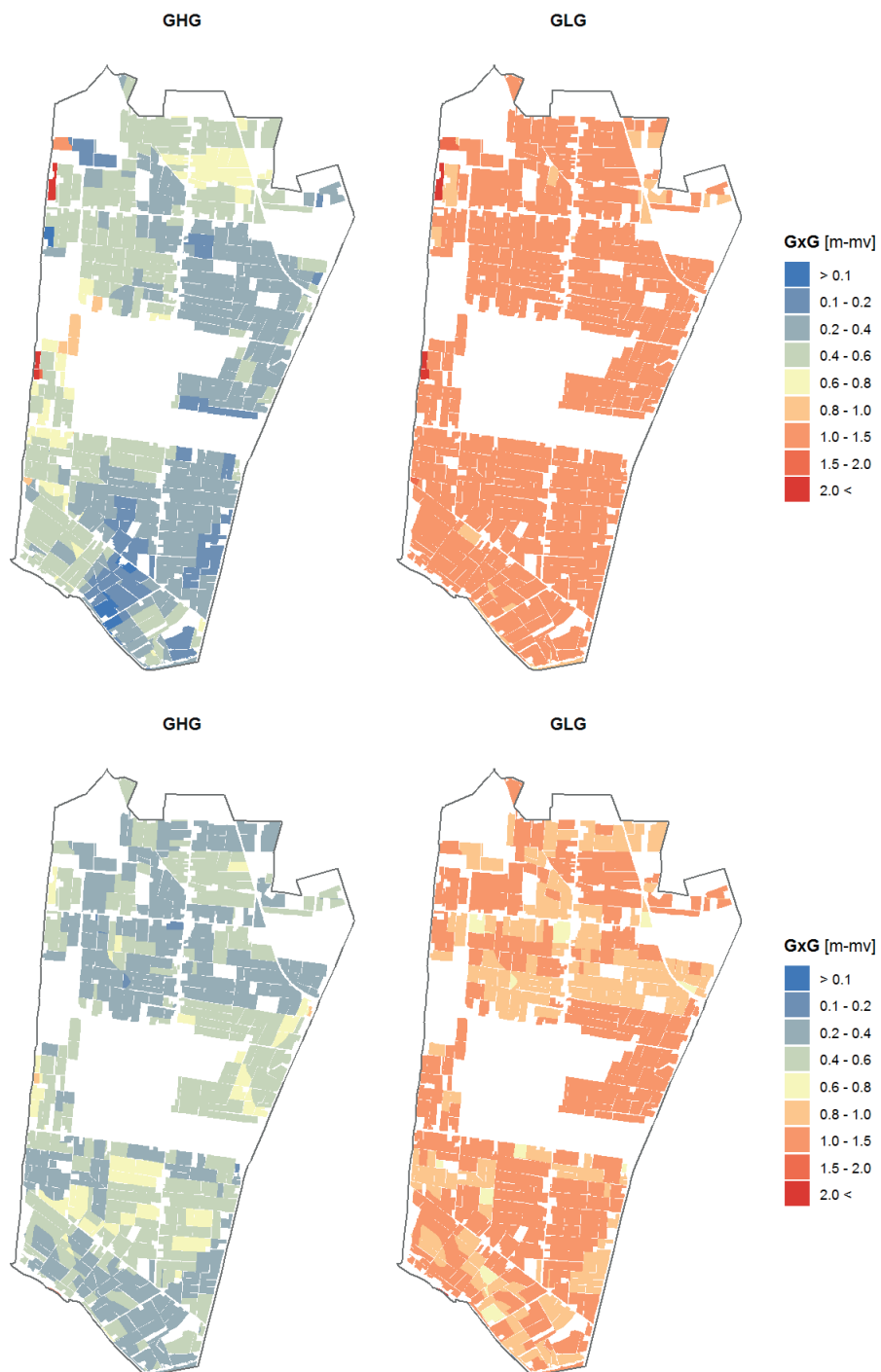
FIGUUR D.3 GEMIDDELD HOOGSTE GRONDWATERSTAND (GHG) EN DE GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND (GLG) OP BASIS VAN KARTEERBARE KENMERKEN



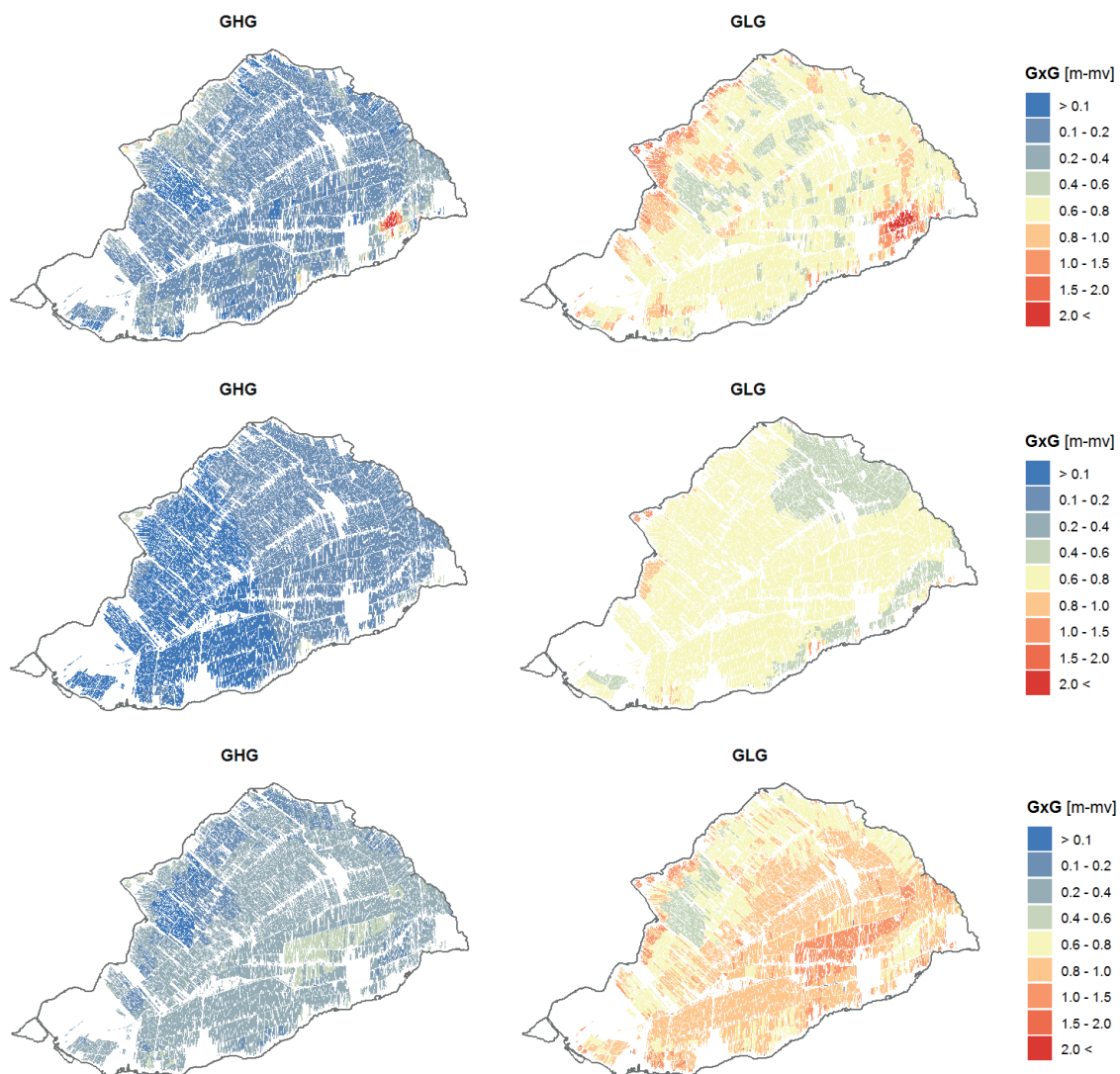
FIGUUR D.4 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN GHG EN GLG VOOR DE HAARLEMMERMEER OP BASIS VAN HET LHM (BOVEN), OP BASIS VAN DE BRO (MIDDEN) EN OP BASIS VAN DE KARTEERBARE KENMERKEN (ONDER)



FIGUUR D.5 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN GHG EN GLG VOOR DE KOEGRASPOLDER OP BASIS VAN HET LHM (BOVEN) EN OP BASIS VAN DE KARTEERBARE KENMERKEN (ONDER)



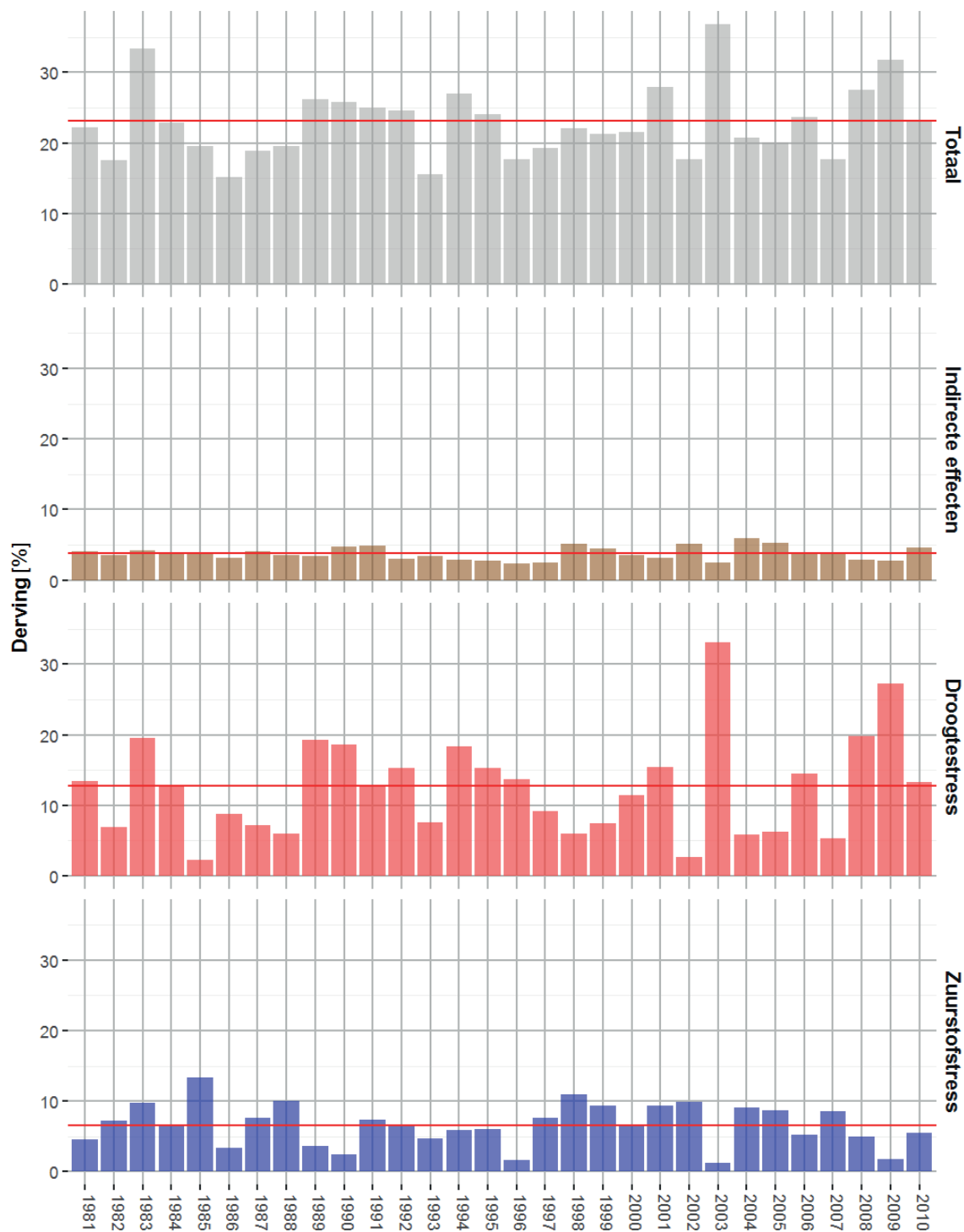
FIGUUR D.6 GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN GHG EN GLG VOOR DE KRIMPENERWAARD OP BASIS VAN HET LHM (BOVEN), OP BASIS VAN DE BRO (MIDDEN) EN OP BASIS VAN DE KARTEERBARE KENMERKEN (ONDER)



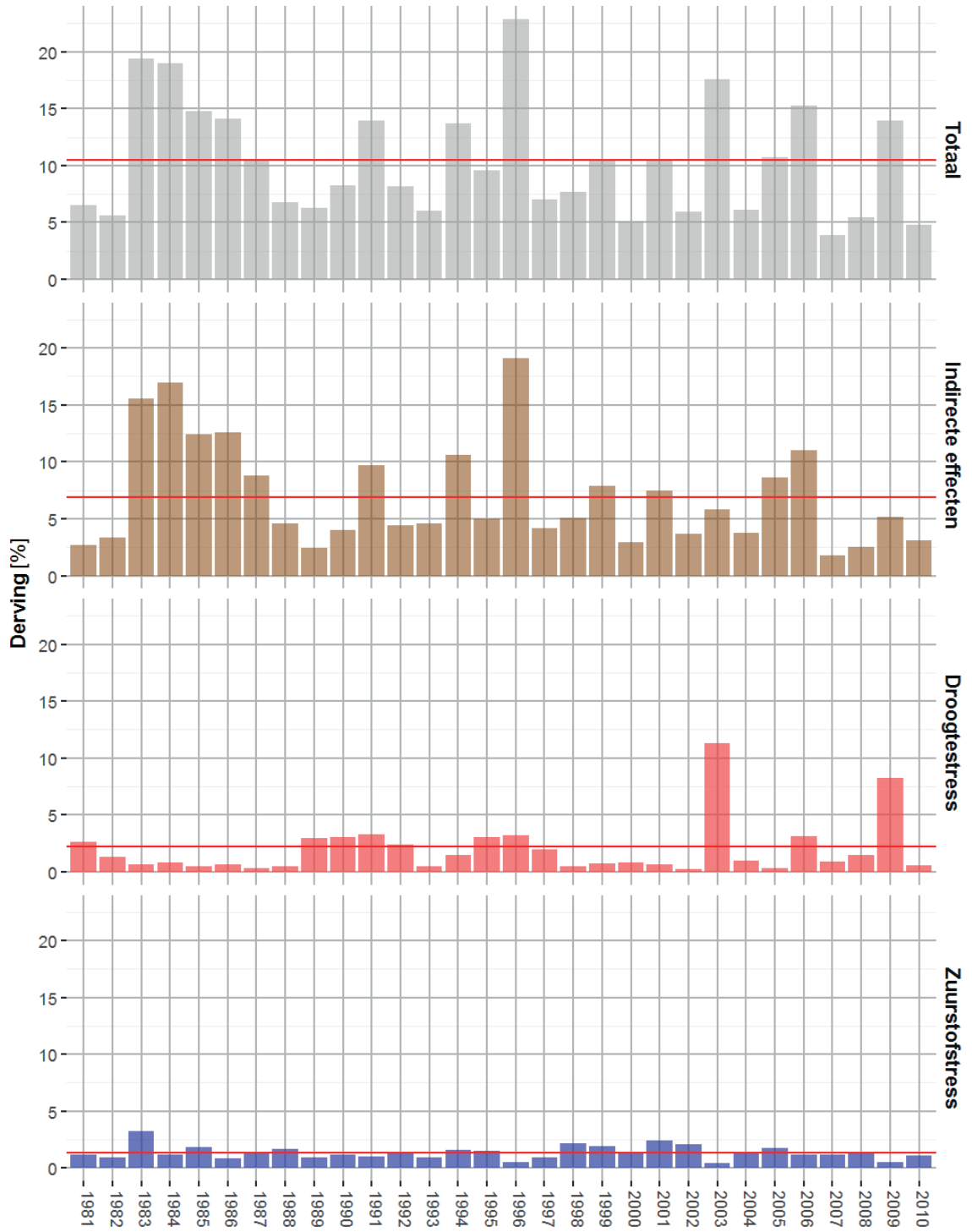
BIJLAGE E

OPBRENGSTDERVING VOOR AFZONDERLIJKE WEERJAREN

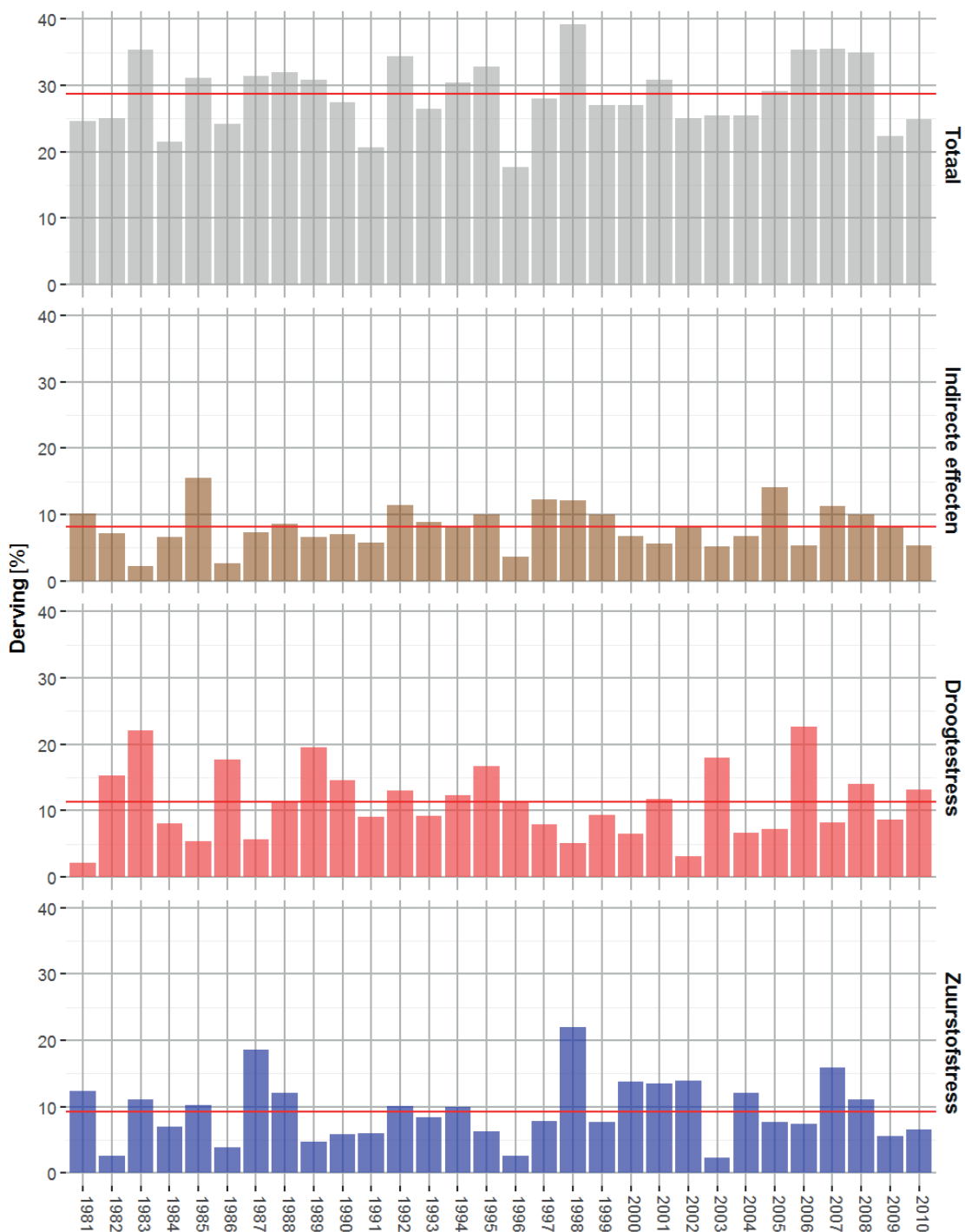
FIGUUR E.1 AREAAL GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING IN % VOOR AFZONDERLIJKE WEERJAREN IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER. DE RODE LIJN GEEFT HET LANGJARIG GEMIDDELTE OPBRENGSTDERVING AAN



FIGUUR E.2 AREAAL GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING IN % VOOR AFZONDERLIJKE WEERJAREN IN DE KOEGRASPOLDER. DE RODE LIJN GEEFT HET LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERIVING AAN



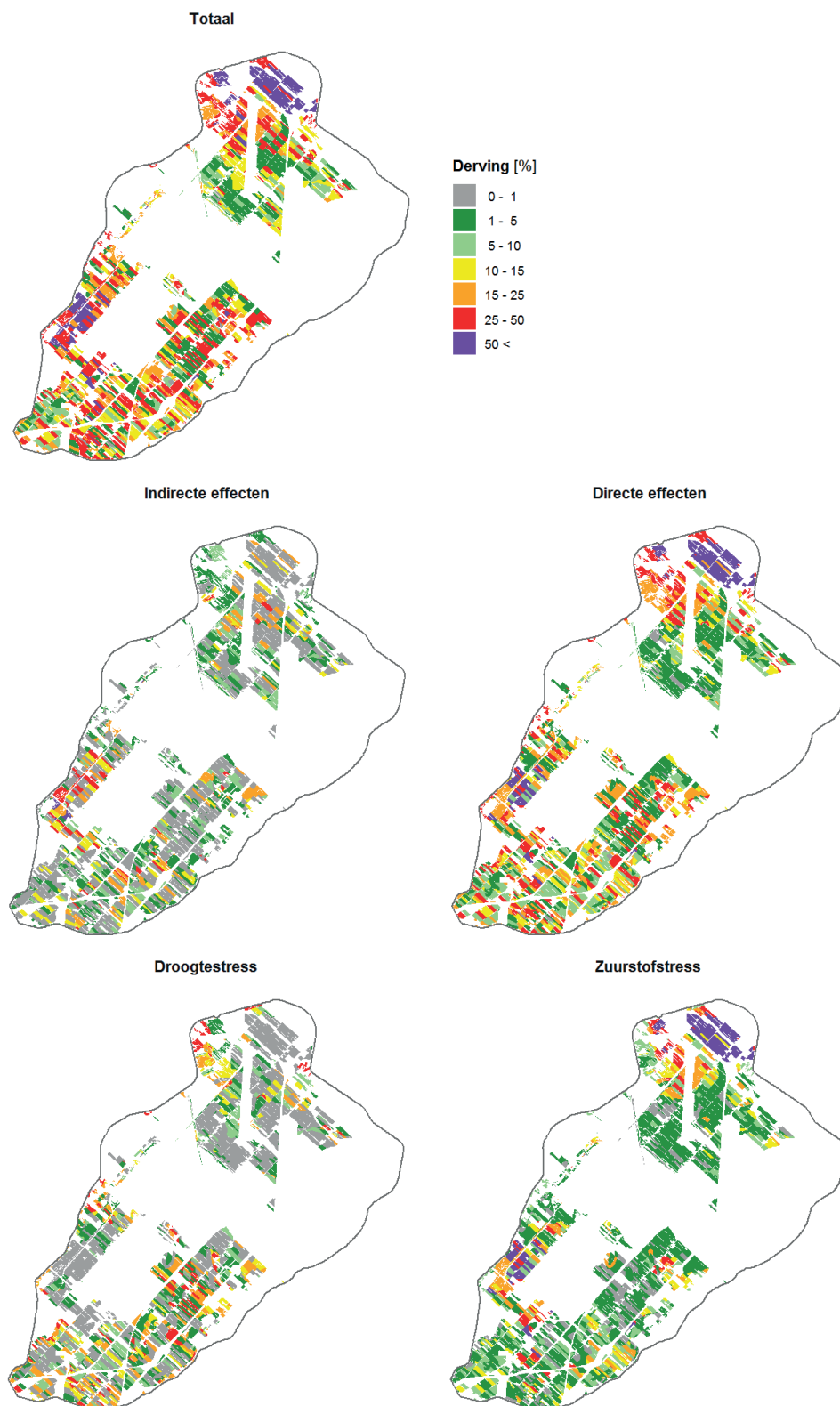
FIGUUR E.3 AREAAL GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING IN % VOOR AFZONDERLIJKE WEERJAREN IN DE KRIMPENERWAARD. DE RODE LIJN GEEFT HET LANGJARIG GEMIDDELDE OPBRENGSTDERVING AAN



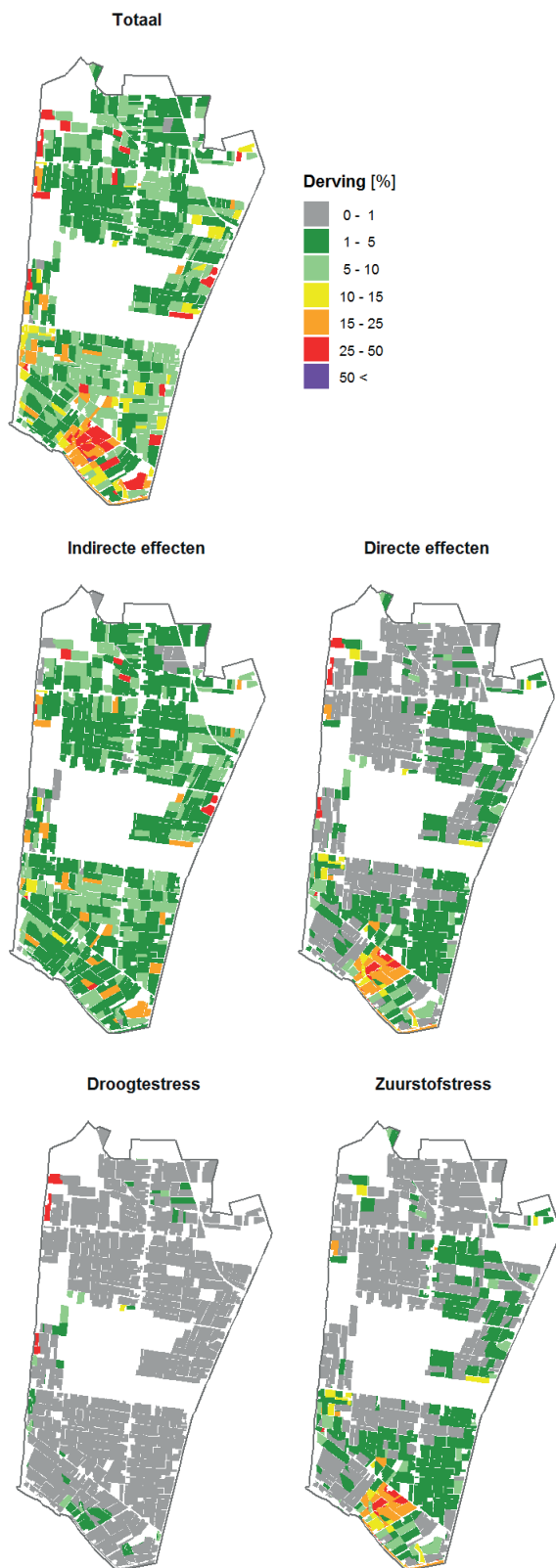
BIJLAGE F

OPBRENGSTDERVING IN 1998 (NAT JAAR)

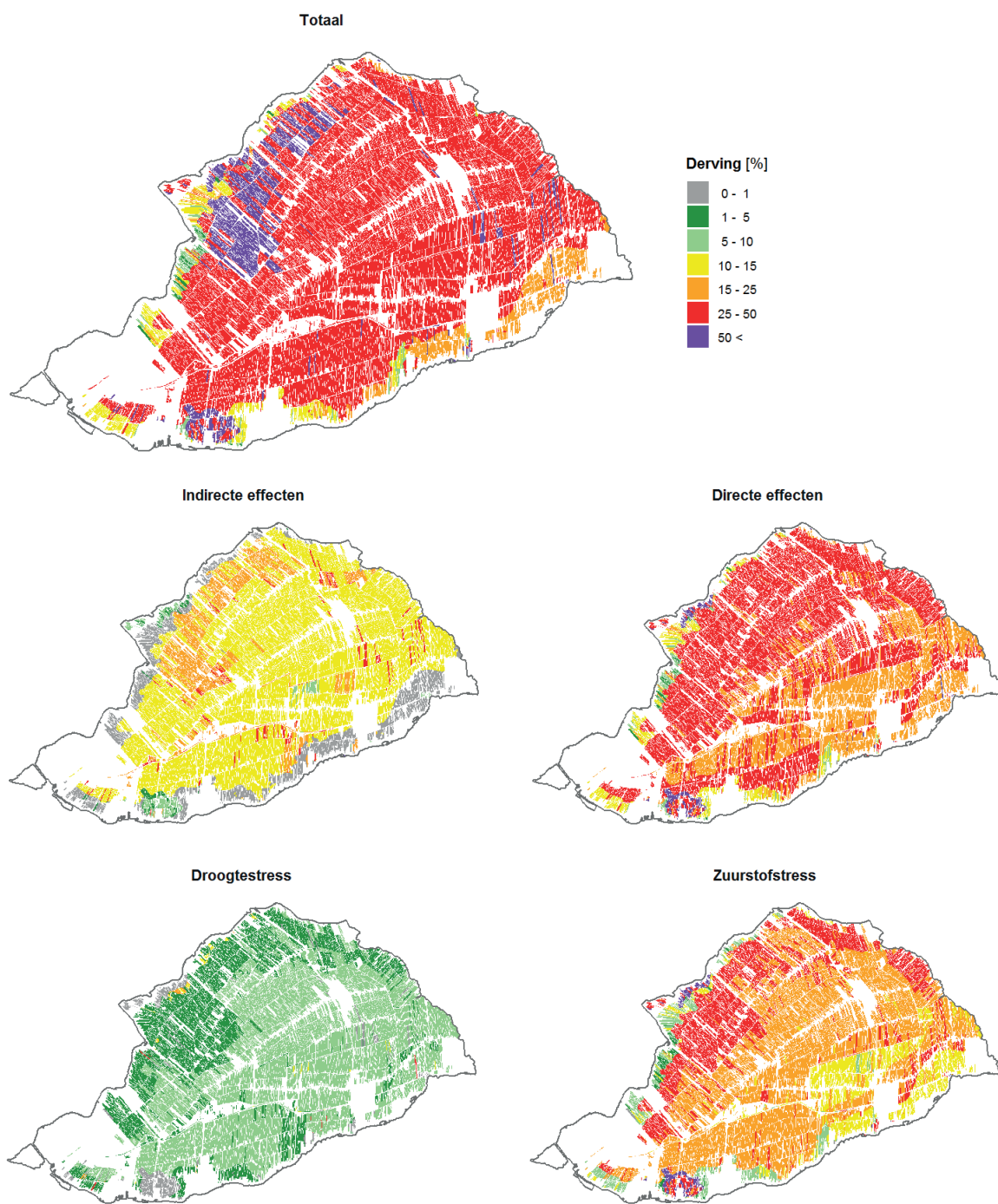
FIGUUR F.1 OPBRENGSTDERVING IN 1998 IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLOTSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLOTSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



FIGUUR F.2 OPBRENGSTDERVING IN 1998 IN DE KOEGRASPOLDER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLOITING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLOITING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



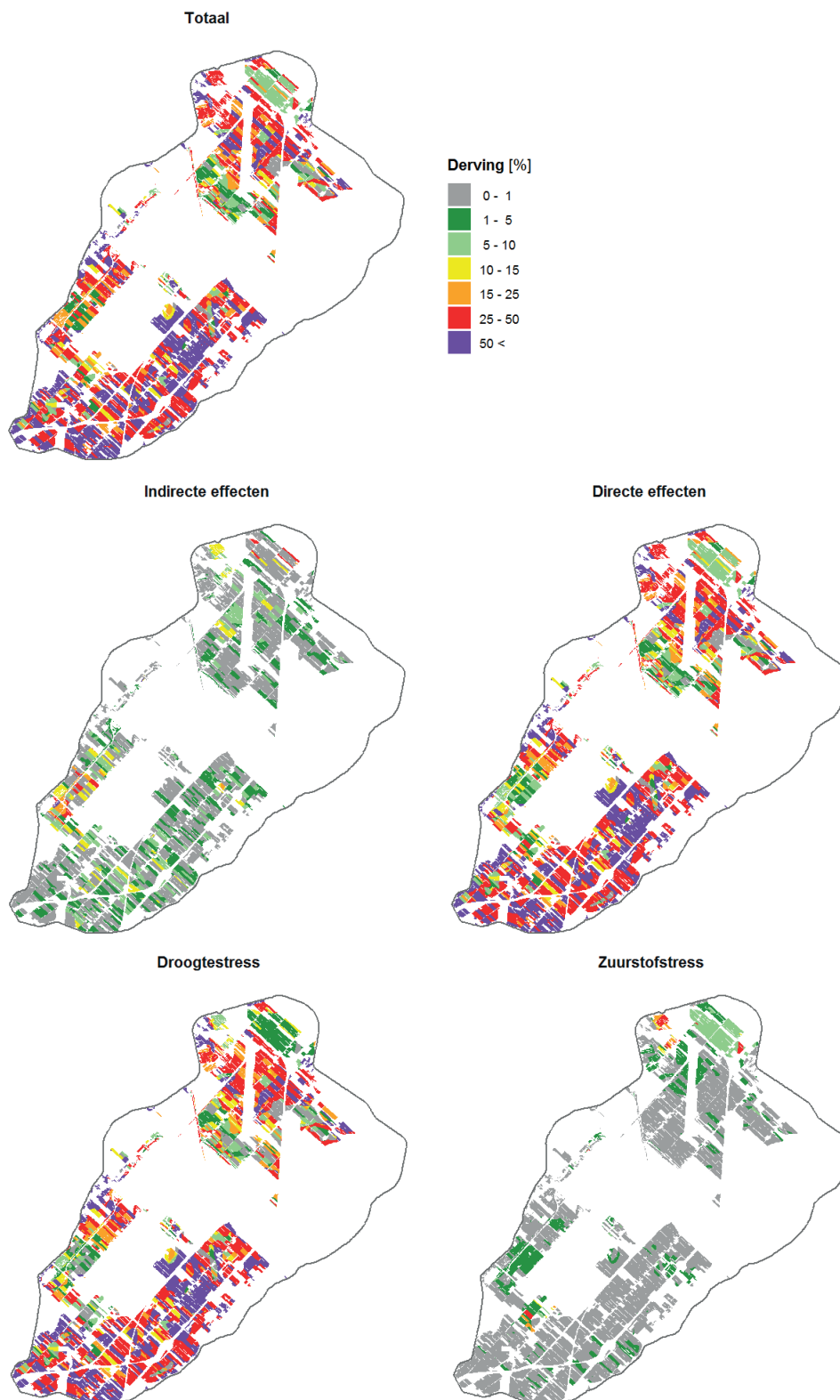
FIGUUR F.3 OPBRENGSTDERVING IN 1998 IN DE KRIMPENERWAARD [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



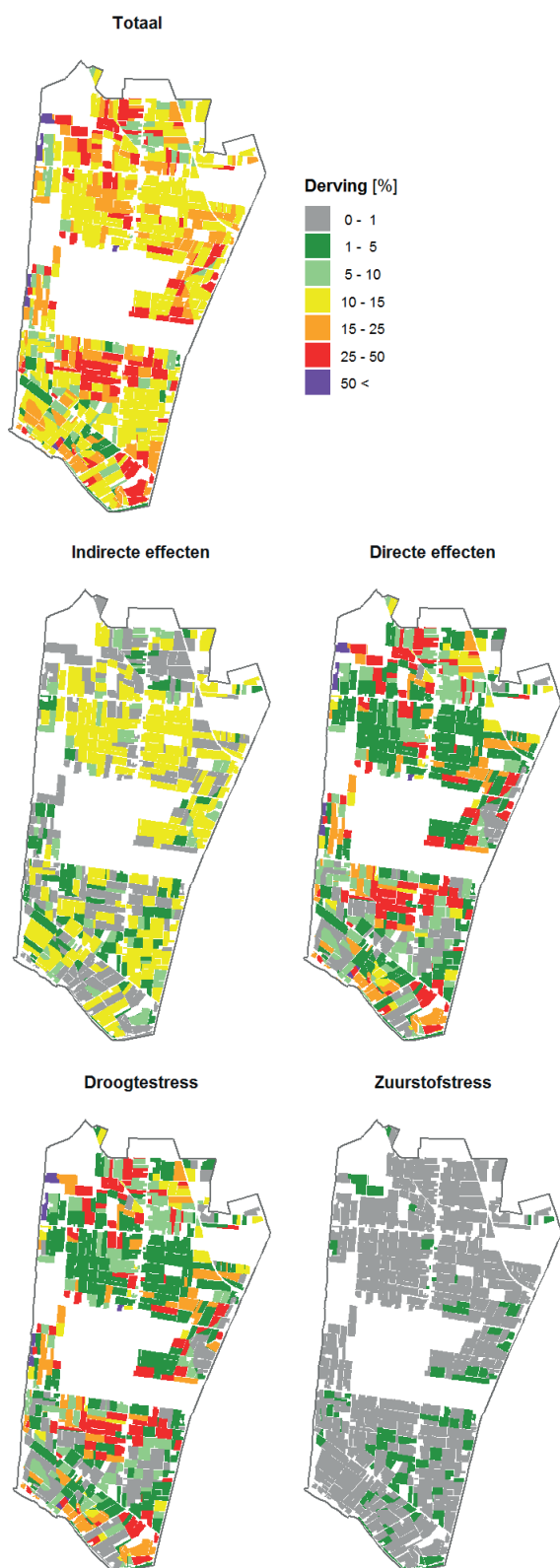
BIJLAGE G

OPBRENGSTDERVING IN 2003 (DROOG JAAR)

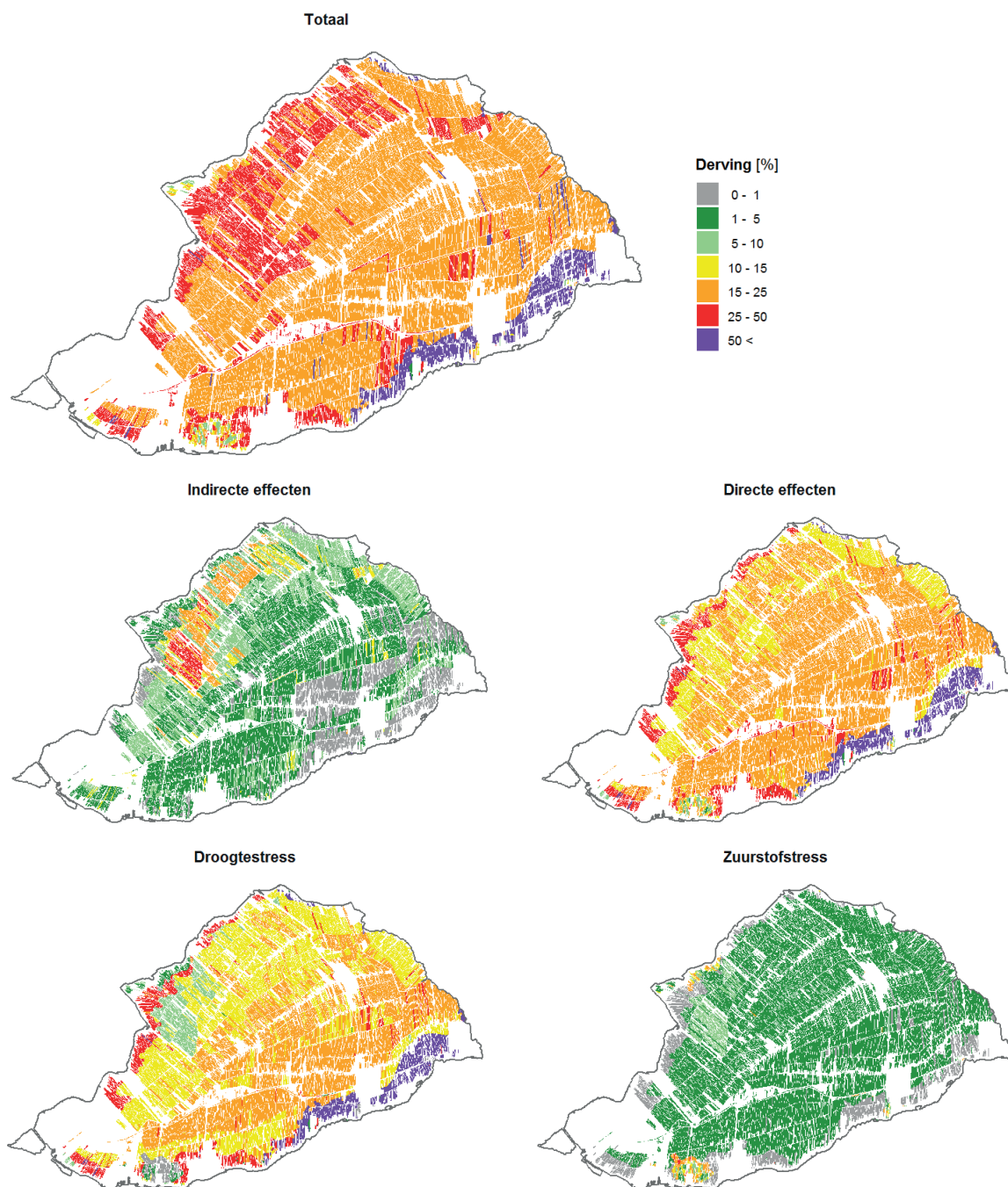
FIGUUR G.1 OPBRENGSTDERVING IN 2003 IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



FIGUUR G.2 OPBRENGSTDERVING IN 2003 IN DE KOEGRASPOLDER [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



FIGUUR G.3 OPBRENGSTDERVING IN 2003 IN DE KRIMPENERWAARD [%] MET BOVEN DE TOTALE OPBRENGSTDERVING, MIDDEN UITSPLITSING NAAR INDIRECTE EN DIRECTE EFFECTEN EN ONDER UITSPLITSING NAAR DROOGTESTRESS EN ZUURSTOFSTRESS



BIJLAGE H

GEVOELIGHEIDSANALYSE

VOORSPELKRACHT METARELATIES

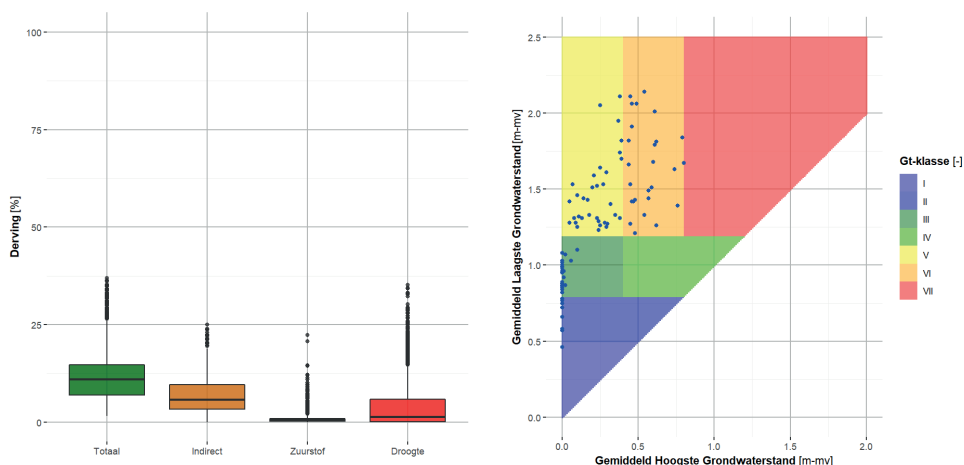
HAARLEMMERMEERPOLDER

Oppervlaktewaterpeilen uit berekende grondwaterstanden

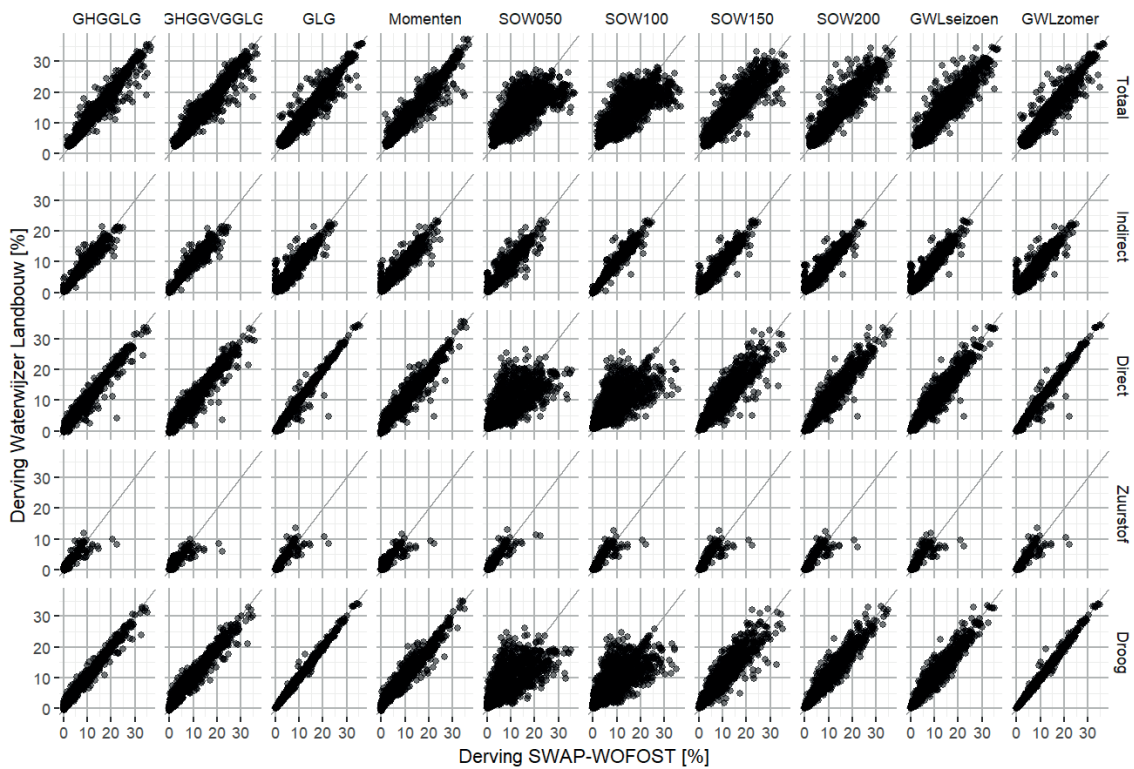
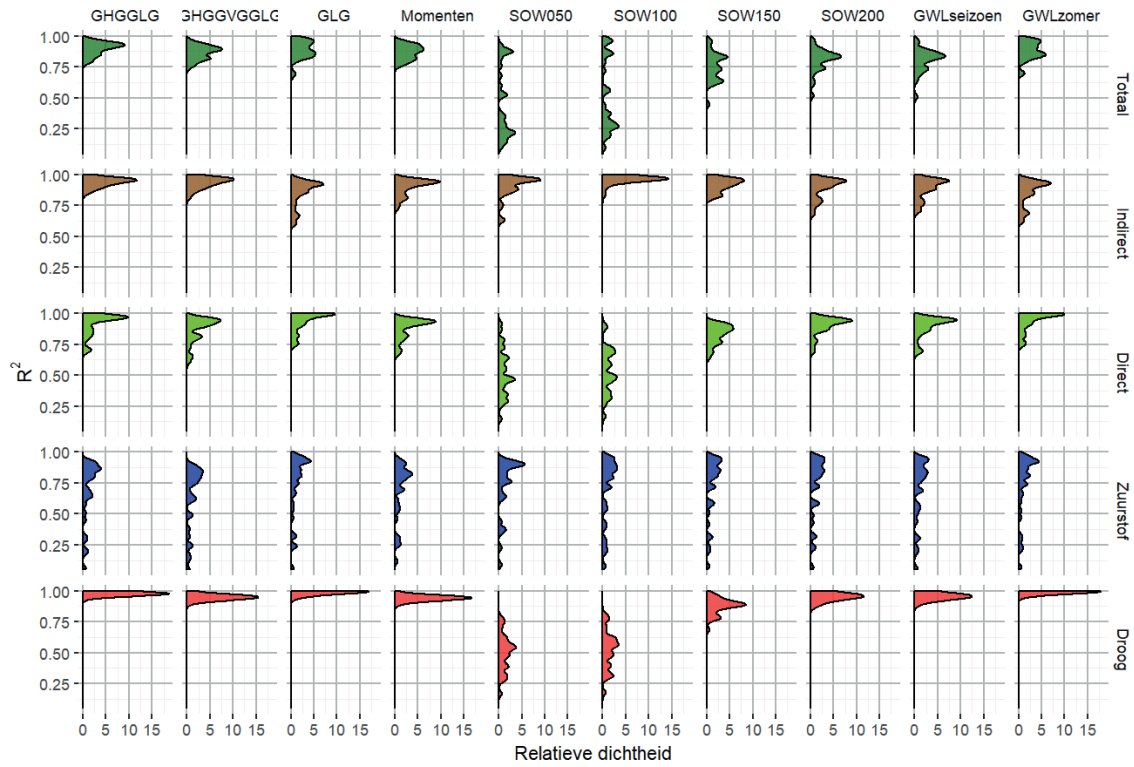
De oppervlaktewaterpeilen voor deze simulaties zijn gebaseerd op de berekende GHG en GLG waarden in het gebied. Voor het zomerpeil is de GLG aangenomen, voor het winterpeil de GHG. Uit de modelsimulaties zijn schades berekend en grondwaterkarakteristieken afgeleid (Figuur H.1). De meeste opbrengstderiving voor consumptieaardappelen wordt veroorzaakt door indirecte schade, daarna volgt droogteschade. Schade door te natte condities komt relatief weinig voor. De gesimuleerde GxGs leiden tot een spreiding in grondwatertrappen over het gebied van trap I tot VI, met uitzondering van trap IV.

De voorspellende kracht van de metarelaties gebaseerd op deze 100 simulaties is weergegeven voor de verschillende schades met de determinatiecoëfficiënt R^2 en de relatie tussen deriving uit de metarelaties en deriving rechtstreeks uit de simulaties (Figuur H.2). De totale schade wordt door alle grondwaterkarakteristieken goed voorspeld, behalve door de SOW en GWLseizoen. De indirecte schade wordt het best voorspeld door de GHG-GLG en GHG-GVG-GLG combinaties en SOW100. De metarelaties afgeleid voor alleen zuurstofstress hebben een minder goede voorspelkracht dan voor de overige schades. Dit kan deels veroorzaakt worden door de relatief lage opbrengstderiving door zuurstofstress (Figuur H1); er valt dus ook maar weinig 'te verklaren'. Alle karakteristieken geven een vergelijkbaar beeld voor de zuurstofstress. De relatief hoge schades door droogte kunnen door vrijwel alle karakteristieken zeer goed worden voorspeld, behalve de SOW. De GLG en GWLzomer laten de minste spreiding zien voor de droogteschade. Voor het totaalbeeld van alle schades laten de GHG-GLG, GHG-GVG-GLG en momenten een vergelijkbare voorspelkracht zien.

FIGUUR H.1 BEREKENDE OPBRENGSTDERIVING VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 100 SIMULATIES MET PEILEN GEBASEERD OP DE BEREKENDE GRONDWATERSTANDEN



FIGUUR H.2 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 100 RUNS MET OPPERVLAKTEWATERPEILEN GEBASEERD OP BEREKENDE GRONDWATERSTANDEN VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN, ONDER: RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES

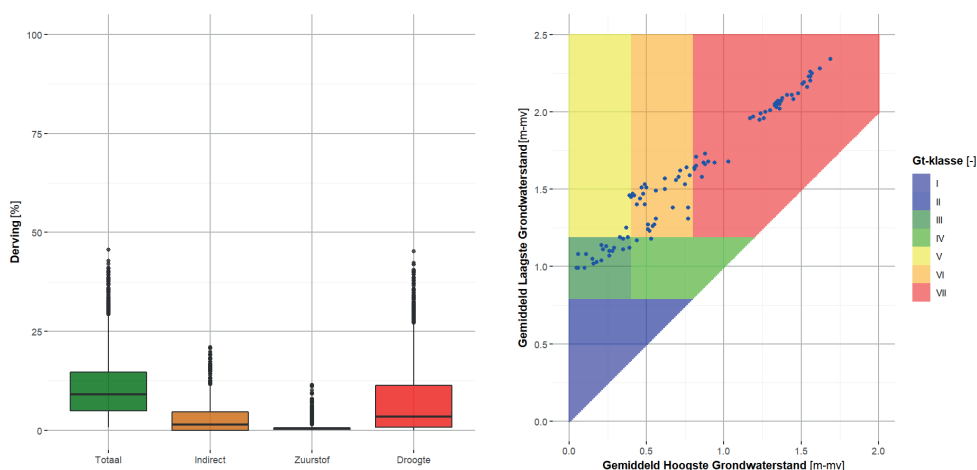


Hypothetische peilen

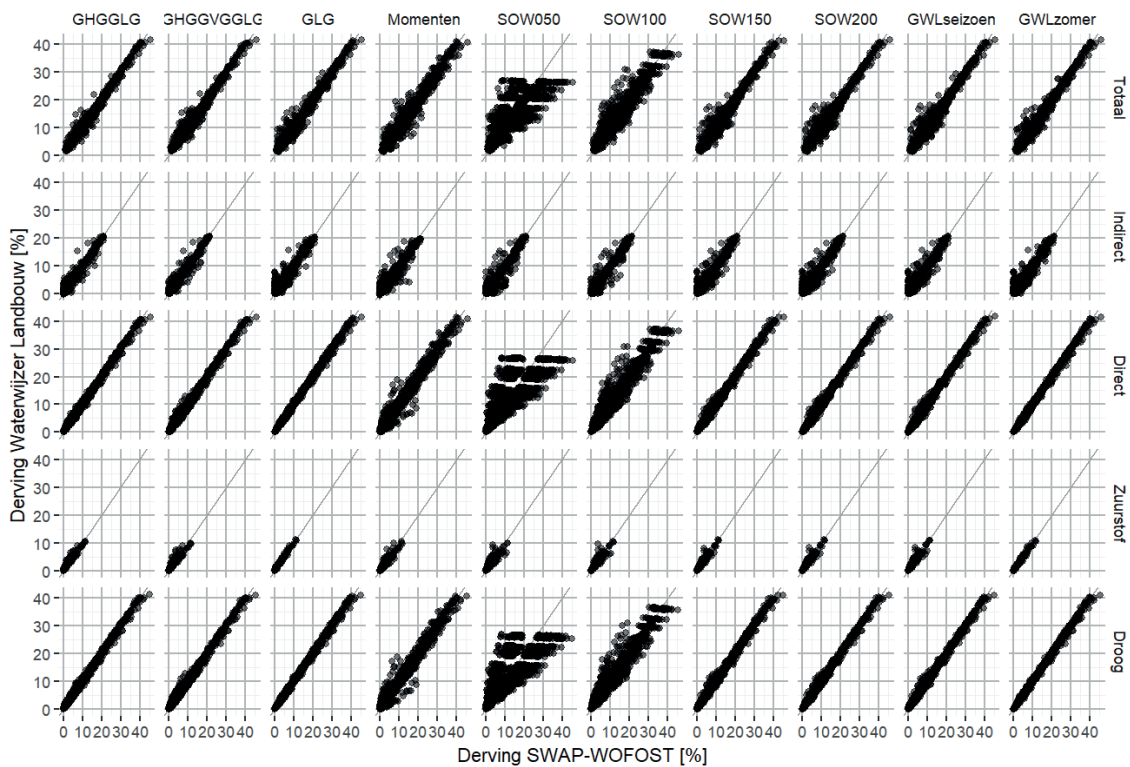
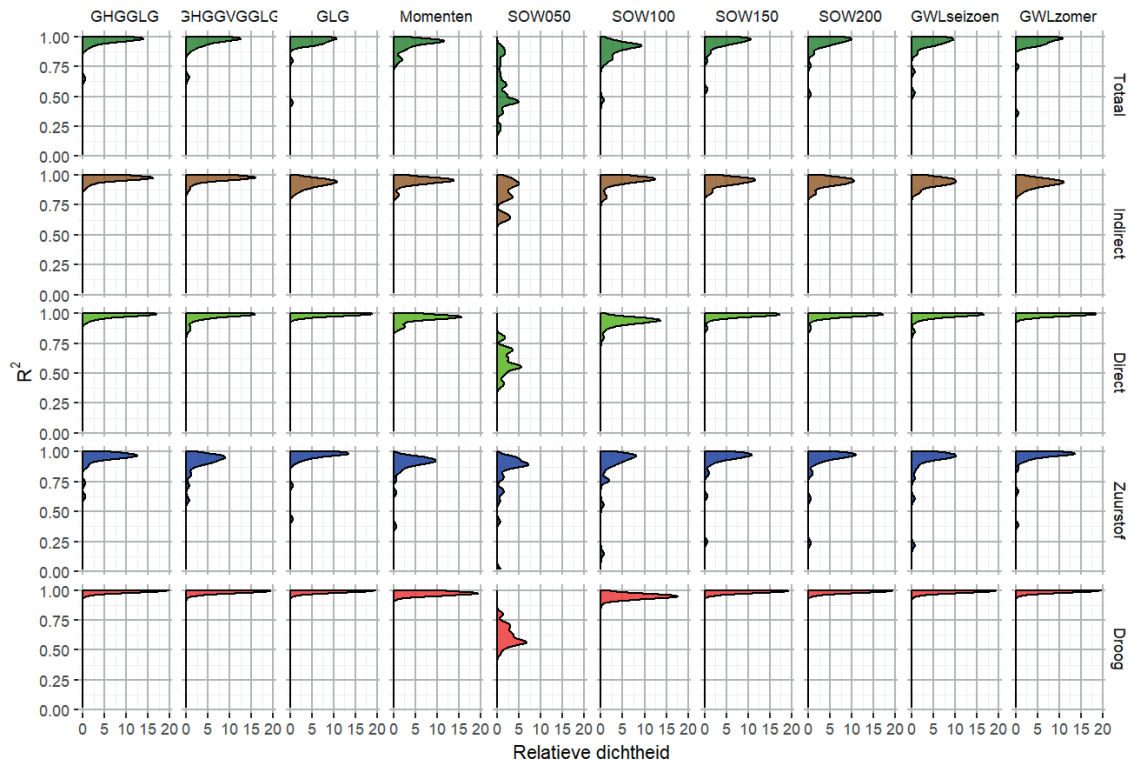
In deze simulaties zijn de 100 hypothetische peilen doorgerekend op verschillende dieptes variërend tussen 120 cm en 5 cm onder maaiveld met een maximaal verschil tussen zomer- en winterpeil van 40 cm, waarbij verschillende verlopen in peil zijn meegenomen. Uit deze simulaties zijn opnieuw de opbrengstderiving, grondwatertrappen en voorspellende kracht van de metarelaties bepaald (Figuur H.3 en Figuur H.4).

De hypothetische peilen zorgen voor drogere condities vergeleken met de vorige simulaties. Droogteschade zorgt in dit geval voor de meeste opbrengstderiving en de grondwatertrappen zijn hoger (van III tot VII). Vrijwel alle grondwaterkarakteristieken laten voor deze simulaties een goede voorspelkracht zien, met uitzondering van SOW50. Ondanks de lage opbrengstderiving door zuurstofstress laten de metarelaties in deze situatie wel een goede voorspelkracht zien. De relaties tussen de deriving uit Waterwijzer Landbouw en deriving uit SWAP laten een grotere spreiding zien voor de momenten, SOW50 en SOW100 ten opzichte van de andere grondwaterkarakteristieken.

FIGUUR H.3 BEREKENDE OPBRENGSTDERIVING VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 100 SIMULATIES MET HYPOTHETISCHE PEILEN



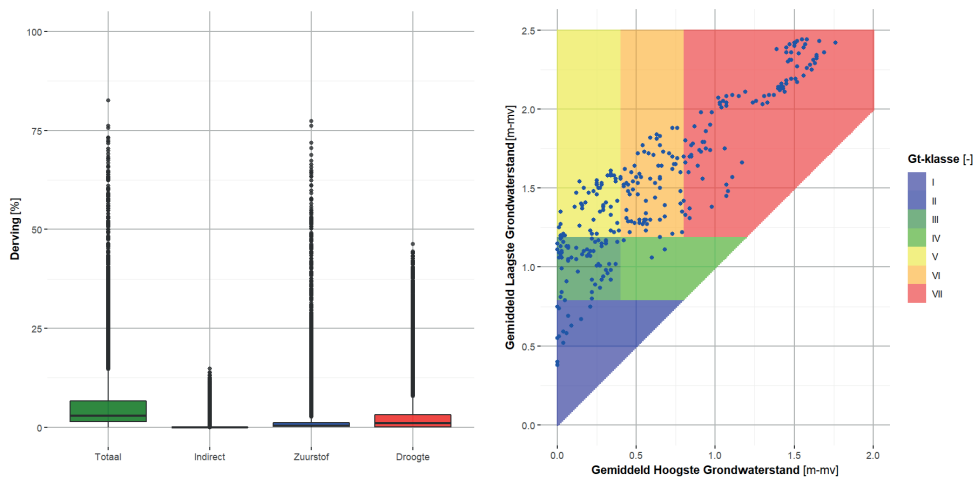
FIGUUR H.4 BOVEN: DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR 100 RUNS MET HYPOTHETISCHE OPPERVLAKTEWATERPEILEN VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN, ONDER:) RELATIE TUSSEN GESIMULEERDE DERIVING OP BASIS VAN DE METARELATIES EN DE GESIMULEERDE DERIVING UIT DE SWAP SIMULATIES



Gevoeligheid gewas

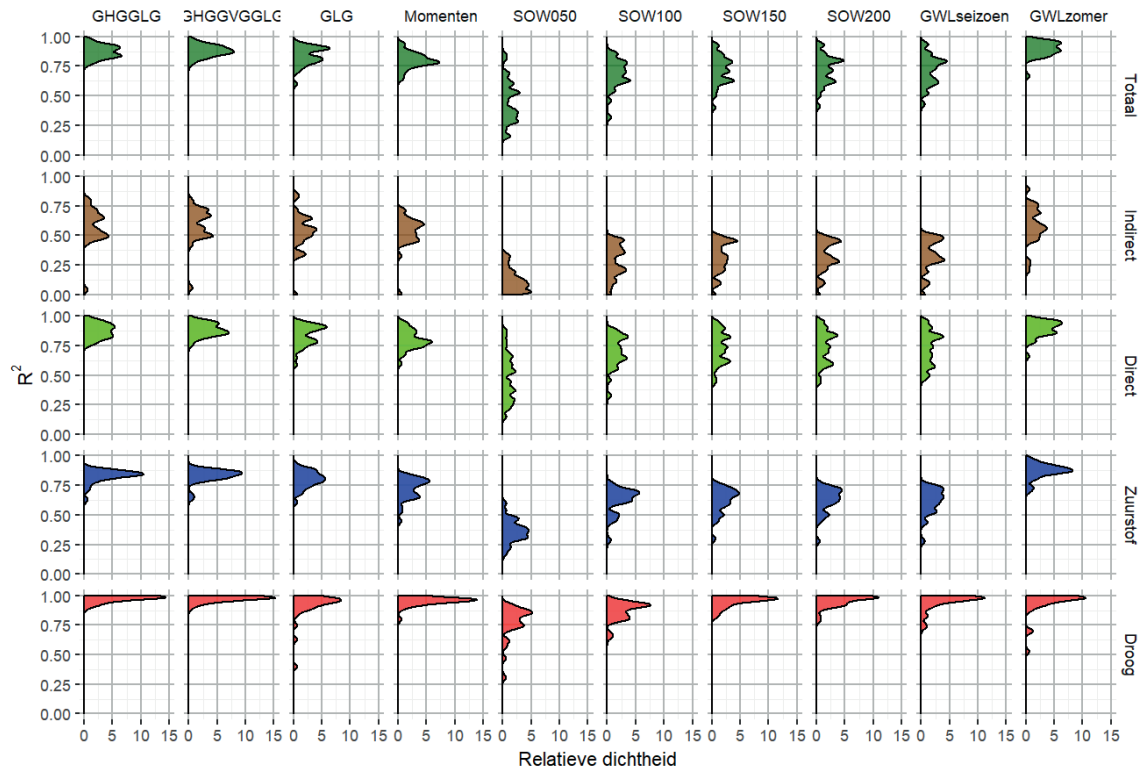
Naast de modelsimulaties voor consumptieaardappelen zijn de grondwaterstanden en schades voor gras bepaald met dezelfde modelopzet (Figuur H.5). De totale opbrengstderving voor gras is lager dan voor consumptieaardappelen. De verschillende modelsimulaties geven een grote spreiding van de grondwaterstanden weer.

FIGUUR H.5 BEREKENDE OPBRENGSTDerving VOOR GRAS DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 300 SIMULATIES



De metarelaties zijn opnieuw afgeleid voor de schade aan het gewas, ditmaal gras (Figuur H.6). Met uitzondering van de SOW en GWLseizoenen geven de metarelaties een goed beeld van de totale schade. Voor alleen de indirecte schade hebben deze karakteristieken ook de minste voorspelkracht, maar alle grondwaterkarakteristieken presteren hiervoor minder goed. De schade veroorzaakt door te natte condities kan voor gras beter voorspeld worden dan voor de consumptieaardappelen. In beide gevallen is de opbrengstderving laag, maar hogere waarden voor de derving komen voor gras vaker voor dan voor aardappelen. Ook voor zuurstofstress hebben de SOW en GWLseizoenen de minste voorspelkracht. Gras heeft een langer groeiseizoen dan consumptieaardappelen, daardoor is de voorspelkracht van metarelaties voor GWLseizoenen lager. Timing van een bepaalde grondwaterstand wordt daarom minder goed vertegenwoordigd in de gemiddelde grondwaterstand over het groeiseizoen. Voor droogteschade hebben alle karakteristieken een hoge voorspelkracht, behalve enkele SOW waarden.

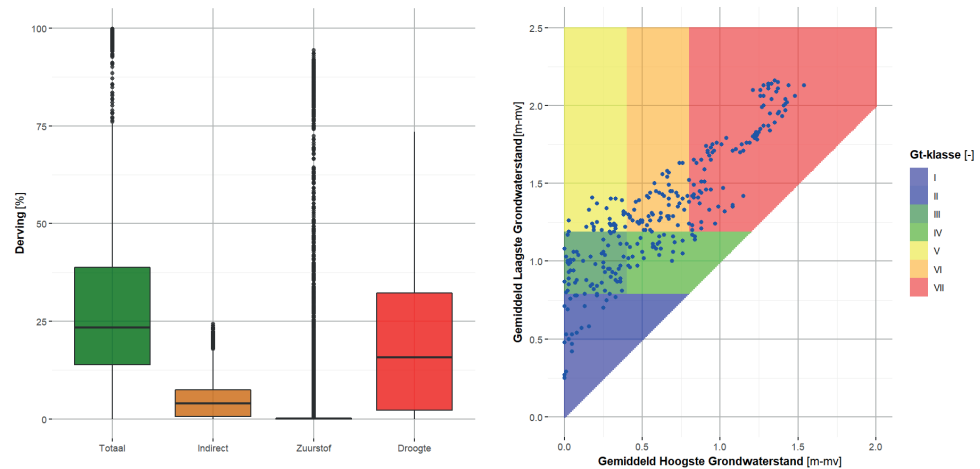
FIGUUR H.6 DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR ALLE 300 RUNS VOOR GRAS



Gevoeligheid bodemkarakteristieken

Om de metarelaties te testen in een situatie met een hogere opbrengstderiving is de bodem gewijzigd naar een stuifzandgrond. Dit is niet bedoeld als realistische situatie, maar om een beter beeld te krijgen van de toepasbaarheid van de verschillende grondwaterkarakteristieken. Zoals verwacht neemt de totale schade en droogteschade voor consumptieaardappelen toe (Figuur H.7). Ook de schade door zuurstofgebrek neemt toe ten opzichte van de simulaties met de overheersende BOFEK eenheid.

FIGUUR H.7 BEREKENDE OPBRENGSTDERIVING VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN DOOR INDIRECTE SCHADE, ZUURSTOFSTRESS EN DROOGTESCHADE (LINKS) EN DE VARIATIE IN GLG EN GHG (RECHTS) OVER DE 300 SIMULATIES MET STUIFZAND



De voorspelkracht van de metarelaties voor de stuifzandbodem geeft een vergelijkbaar beeld als de vorige modelsimulaties (Figuur H.8). De totale schade wordt minder goed voorspeld met de SOW waarden en indirecte schade het best door GHG-GLG, GHG-GVG-GLG en momenten. Voor de directe schade daarentegen heeft de GWLzomer de hoogste voorspelkracht. De opbrengstderving door zuurstofstress is nog steeds relatief laag, maar toch hebben de metarelaties in deze situatie een hogere voorspelkracht dan voor het andere bodemtype. Met name de GWLzomer presteert goed voor de zuurstofstress. Droogteschade kan goed voorspeld worden met alle karakteristieken, behalve de SOW waarden.

FIGUUR H.8 DETERMINATIECOËFFICIËNT R^2 VOOR DE METARELATIES GEBASEERD OP DE VERSCHILLENDE GRONDWATERKARAKTERISTIEKEN VOOR ALLE 300 RUNS VOOR CONSUMPTIEAARDAPPELEN MET STUIFZAND

