

# Bruikbaarheid bestaande grofstoffelijke scenario's

Inzichten en leerpunten op basis van bevindingen KLIMAP  
werkgroep casus Noordelijke IJsselvallei

Werkgroep Noordelijke IJssel

Auteurs: Dimmie Hendriks, Ilja America, Esther Brakkée, Marjolein van  
Huijgevoort, Janine de Wit, Femke Schasfoort

20-04-2022



## Contents

1	Inleiding.....	4	4	Resultaten Autonome Deltascenario's.....	15
1.1	Stap 2 KLIMAP Routekaart.....	4	4.1	Bruikbaarheid aanpak .....	15
1.2	Scenario denken.....	5	4.2	Effect op het watersysteem .....	15
1.3	Doel .....	5	4.4	Analyse toekomstige landbouw .....	20
1.4	Aanpak: analyse bestaande scenario's .....	5	5	Resultaten Maatregelscenario's .....	22
2	Autonome veranderingen Deltascenario's .....	7	5.1	Project Droogte Zandgronden .....	22
2.1	Klimaatverandering KNMI'14.....	7	5.1.1	Verschilkaarten grondwater.....	22
2.1.1	Veranderingen meteorologie.....	7	5.1.2	Waterstromenanalyse.....	26
2.1.2	Verandering Rijnafvoer .....	8	5.1.3	Waterwijzer Landbouw .....	29
2.1.3	Watertekort .....	8	5.2	Regioscan .....	37
2.2	Sociaaleconomische veranderingen .....	8	5.2.1	Sterke punten.....	37
2.3	Doorvertaling naar watersysteem .....	9	5.2.2	Verbeterpunten.....	37
2.4	Analyse bruikbaarheid Deltascenario's.....	10	5.2.3	Algemene bevindingen.....	37
2.5	Analyse toekomstige landbouw.....	10	5.3	DPZW MKBA.....	38
3	Maatregelscenario's.....	11	5.3.1	Resultaat Zandgronden .....	38
3.1	Project Droogte Zandgronden .....	11	5.3.2	Casus Noordelijke IJsselvallei .....	40
3.2	Regioscan .....	13	5.3.3	Bruikbaarheid op gebiedsniveau.....	40
3.2.1	KLIMAP Werksessie Regioscan.....	13	6	Conclusies en leerpunten.....	42
3.2.2	Analyse waterschap Vallei en Veluwe .....	13	6.1	Deltascenario's.....	42
3.2.3	Vergelijking Regioscan-LHM met Regioscan-AZURE .....	13	6.1.1	Sociaaleconomische veranderingen.....	42
3.3	DPZW maatregelscenario's MKBA .....	14	6.1.2	Klimaatverandering.....	42
3.4	Effecten op landbouw in beeld met WWL.....	14	6.2	Klimaatverandering - impact op landbouw en veeteelt .....	42

6.3	Maatregelscenario's Project Droogte Zandgronden - impact op watersysteem en landbouw.....	43	BIJLAGE B - Verschillen Regioscan en Waterwijzer Landbouw .....	63
6.4	Maatregelen Regioscan - impact op watersysteem en landbouw 43		BIJLAGE C - Resultaten Project Droogte Zandgronden Noordelijke IJsselvallei .....	65
6.5	Maatregelscenario's DPZW – brede kosten baten analyse .....	44	BIJLAGE D - Waterbudget-diagrammen voor kwel- en infiltratiegebieden .....	73
6.6	Inzichten grofmazige tools op gebiedsniveau.....	44		
6.6.1	Landelijk Hydrologisch Model .....	44		
6.6.2	Sankey-diagrammen (waterstromen).....	44		
6.6.3	Waterwijzer Landbouw .....	45		
7	Referenties.....	47		
	BIJLAGE A QUICKSCAN LANDBOUW .....	48		
	Werkwijze .....	48		
	Toekomstverkenning mogelijke knelpunten landbouw .....	48		
	Watervraag van gewassen .....	53		
	Inventarisatie ontwikkeling van het landgebruik.....	53		
	Resultaten toekomstverkenning.....	54		
	Verandering in gewasopbrengst .....	54		
	Verandering in opbrengstderving .....	55		
	Ontwikkelingen in de landbouw .....	56		
	Landgebruik.....	57		
	Veehouderij.....	58		
	Conclusie .....	61		
	Literatuur .....	62		

# 1 Inleiding

## 1.1 Stap 2 KLIMAP Routekaart

In KLIMAP is een routekaart ontwikkeld om structuur te geven aan de verschillende stappen in het proces om te komen tot ontwikkelpaden voor een gebied (Figuur 1.1). De tweede stap in de routekaart is het ontwikkelen van scenario's voor een gebied en in beeld te brengen van de daarmee samenhangende kansen, onzekerheden en kantelpunten (knelpunten/risico's). De derde stap behelst het inventariseren van maatregelen die bijdragen aan een klimaatadaptieve toekomst van het gebied.

Een van de doelen van KLIMAP is het onderzoeken van de bruikbaarheid van de bestaande, grofmazige informatie wat betreft scenario's op het gebied van autonome ontwikkelingen (klimaat en sociaaleconomisch) en maatregelen.

Dit document beschrijft de analyse naar de bruikbaarheid van een aantal bestaande scenario studies, waaronder de KNMI'14 scenario's, Deltaprogramma Zoetwater en de analyses uit het project Droogte Zandgronden, om te komen tot gebiedsspecifieke scenario's, maatregelstrategieën en ontwikkelpaden voor de Noordelijke IJsselvallei.



Figuur 1.1 KLIMAP routekaart

## 1.2 Scenario denken

Een scenario is een vaak vereenvoudigde omschrijving van hoe de toekomst zich mogelijk kan ontwikkelen gebaseerd op een samenhangende en intern consistente set van aannames over drijvende krachten en belangrijke relaties. Scenario's kunnen worden gezien als beelden van mogelijke toekomsten, er is dus altijd meer dan één scenario (KvK rapport, 2021). Onderscheid kan worden gemaakt tussen autonome scenario's en beleidsscenario's (ofwel "normatieve scenario's").

De autonome scenario's bestaan uit verhaallijnen, tijdlijnen en kaartbeelden met een beschrijving van de plausibele bandbreedte in (externe) ontwikkelingen binnen het gebied wanneer geen nieuw beleid wordt geïntroduceerd. Beleidsscenario's (of maatregelscenario's) zijn daarentegen een combinatie van aanpassingen (oplossingsstrategieën) in het systeem waarop gestuurd wordt. Bij deze normatieve beleidsscenario's worden aannames gedaan over beleidskeuzes in de loop van de tijd en de ontwikkelingen van het probleem of systeem onder invloed daarvan.

Door een beleidsscenario en autonoom scenario te combineren kan de effectiviteit van beleid worden getest in een mogelijke toekomst. Wanneer beleidsscenario's in de verschillende toekomsten effectief zijn dan kan worden gesproken over -naar alle waarschijnlijkheid- robuust beleid. Voor een overzicht van begrippen en definities zoals die binnen KLIMAP worden gehanteerd (zie [KLIMAP begrippenkader Scenariodenken Adaptatiepaden 20210608.docx \(sharepoint.com\)](#)).

---

<sup>1</sup>[https://media.deltares.nl/deltascenarios/Deltascenarios\\_actualisering2017\\_hoofdrapport.pdf](https://media.deltares.nl/deltascenarios/Deltascenarios_actualisering2017_hoofdrapport.pdf)

## 1.3 Doel

Het doel van deze studie is het onderzoeken van de bruikbaarheid van de bestaande, grofmazige informatie wat betreft scenario's op het gebied van autonome ontwikkelingen (klimaat en socioeconomisch) en maatregelen.

Meer specifiek is nagegaan wat de bruikbaarheid is van een aantal bestaande scenario studies, waaronder de KNMI'14 scenario's, Deltaprogramma Zoetwater en de analyses uit het project Droogte Zandgronden, om te komen tot gebiedsspecifieke scenario's, maatregelstrategieën en ontwikkelpaden voor de Noordelijke IJsselvallei.

## 1.4 Aanpak: analyse bestaande scenario's

Tijdens de grofmazige iteratieslag van stap 2 van de routekaart is voor de Noordelijke IJsselvallei geïntroduceerd welke autonome toekomstscenario's en beleidsscenario's beschikbaar waren. Op het moment dat deze inventarisatie werd uitgevoerd (begin 2021) waren volgende scenario studies beschikbaar:

- Deltascenario's (combinatie van KNMI '14 klimaat-scenario's en sociaaleconomische veranderingen)<sup>1</sup>.
- Regioscan voor het verkennen van maatregelscenario's in de agrarische sector geïntroduceerd.
- Maatregelscenario's zoals opgesteld in het onderzoeksproject zandgronden.

Voor deze drie grofmazige scenarioanalyses is binnen de KLIMAP casus Noordelijke IJsselvallei geanalyseerd wat de bruikbaarheid en toepasbaarheid is op gebiedsniveau.

In de loop van 2021 zijn de volgende relevante gebiedspecifiek toekomstscenario's ontwikkeld:

- Beleidsstrategie Blauwe Omgevingsvisie (BOVI)<sup>2</sup> en Blauwe Omgevingsprogramma (BOP)
- Regionale Energie Strategie Cleantech Regio<sup>3</sup>

De beleidsstrategie BOVI/BOP bestaat uit een visie met een aantal voorstellen voor maatregelen op lokaal en gebiedsniveau voor de IJsselvallei. Binnen het KLIMAP project wordt beleidsscenario verder uitgewerkt binnen de gebiedspecifieke scenario's. De Regionale Energie Strategie van de Cleantech Regio heeft de focus op de energievoorziening van het gebied. De informatie in deze strategie wordt meegenomen bij het uitwerken van gebiedspecifiek scenario's voor de Noordelijke IJsselvallei.

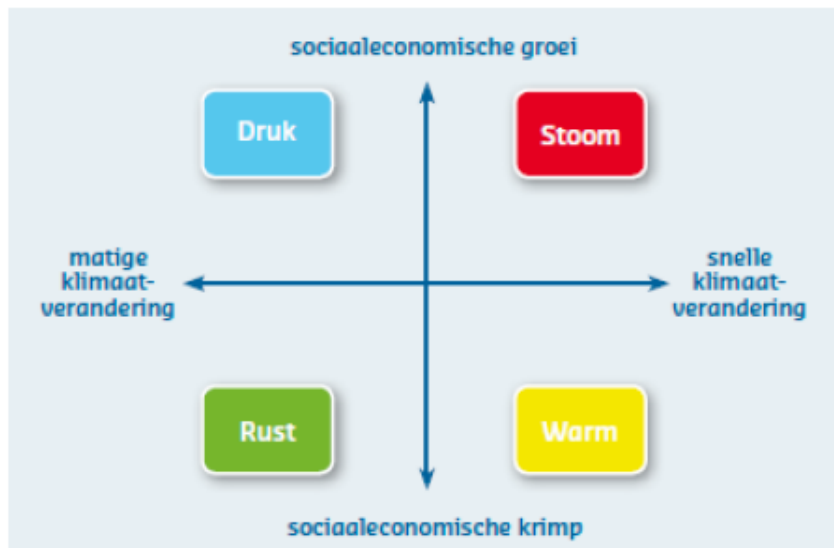
---

<sup>2</sup> <https://bovi2050.nl/gebied/oost-veluwe-en-ijsselvallei/>

<sup>3</sup> <https://cleantechregio.nl/res/>

## 2 Autonome veranderingen Deltascenario's

Binnen het Deltaprogramma Zoetwater zijn Deltascenario's uitgewerkt waarmee de bandbreedte van toekomstige ontwikkelingen voor heel Nederland kan worden onderzocht (Wolters et al., 2018<sup>4</sup>; Mens et al., 2020). Zowel klimaatverandering als sociaaleconomische veranderingen zijn meegenomen in de Deltascenario's (**Error! Reference source not found.**). De Deltascenario's geven gezamenlijk een samenhangend beeld van klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen, de onzekerheden daarin, en de implicaties daarvan voor het waterbeheer. Het zichtjaar is 2050, met een doorkijk naar het einde van de eeuw.



Figuur 2.1 Schematische weergave Deltascenario's (Wolters et al., 2018)

De Deltascenario's kunnen behulpzaam zijn bij het identificeren en selecteren van kansrijke strategieën om de klimaatverandering het hoofd

te bieden en bij het combineren van deze strategieën tot voorkeursstrategieën. Ook zijn ze nuttig in de analyse en toetsing van de voorkeursstrategieën, bijvoorbeeld door middel van een kosten-batenanalyse (MKBA). Dit doen ze door inzicht in de problematiek te bevorderen, en door de afstemming en communicatie te ondersteunen. Dit draagt bij aan het verwerven van draagvlak.

Binnen het Deltaprogramma zijn een viertal scenario's doorgerekend voor een 100-jarige reeks. Figuur 4.1 geeft een schematische weergave van de 4 scenario's, gebaseerd op de onzekerheidsassen 'klimaatverandering' en 'sociaaleconomische ontwikkeling'. De KNMI'14 scenario's G<sub>L</sub> (Druk en Rust) en W<sub>H</sub> (Warm en Stoom) zijn gebruikt als randvoorwaarden voor klimaatverandering (Tabel 4.1, zie paragraaf 2.1). Daarnaast zijn binnen het Deltaprogramma een aantal hoofdpunten meegenomen aangaande sociaaleconomische veranderingen, mede gebaseerd op de WLO-scenario's (2.2).

### 2.1 Klimaatverandering KNMI'14

Door klimaatverandering zullen er veranderingen plaatsvinden in neerslag, verdamping en temperatuur. De KNMI'14 scenario's maken onderscheid tussen een gematigde klimaatverandering (G-scenario's) en een warme variant (W-scenario's) op basis van de wereldwijde temperatuurstijging. Daarnaast is ook de verandering van het luchtstromingspatroon van belang. Hier wordt een lage (L-scenario's) en een hoge (H-scenario's) verandering onderscheiden. De hoge scenario's hebben een nattere winter en een drogere zomer dan de lage scenario's.

#### 2.1.1 Veranderingen meteorologie

Neerslag, temperatuur zullen in de toekomst veranderen. Tabel 2.1 geeft een overzicht van deze veranderingen zoals berekent voor de 4 KNMI'14

<sup>4</sup> [Deltascenarios actualisering2017 hoofdrapport.pdf \(deltares.nl\)](#)

klimaatscenario's voor de zomer- en wintersituatie voor zichtjaar 2050. Vooral in het W<sub>H</sub>-scenario (en in mindere mate in de andere scenario's) wordt de variabiliteit in neerslag en verdamping groter.

Tabel 2.1 Verandering neerslag, potentiële verdamping, gemiddelde temperatuur bij de KNMI'14 scenario's GL, GH, WL en WH (op basis van KNMI, 2015), ten opzichte van de referentieperiode, voor het zichtjaar 2050) (bron: Mens et al., 2019).

		G <sub>L</sub>	G <sub>H</sub>	W <sub>L</sub>	W <sub>H</sub>
<b>Winter</b>	Neerslag	+3.0%	+8.0%	+8.0%	+17.0%
	Gemiddelde temperatuur	+1.1	+1.6	+2.1	+2.7
<b>Zomer</b>	Gemiddelde neerslag	+1.2%	-8.0%	+1.4%	-13.0%
	Potentiële verdamping	+4.0%	+7.0%	+4.0%	+11.0%
	Gemiddelde temperatuur (graden Celsius)	+1.0	+1.4	+1.7	+2.3

### 2.1.2 Verandering Rijnafvoer

Men verwacht dat door klimaatverandering ook de afvoer van de Rijn zal veranderen. KNMI heeft ten behoeve van lage Rijnafvoeren een droger scenario afgeleid: W<sub>H</sub>-dry, waarbij veranderingen in sociaaleconomische factoren niet zijn meegenomen. De afvoerregimes van de Rijn veranderen naar verwachting als volgt (Klijn et al., 2015):

- Door de klimaatverandering verandert de jaargemiddelde Rijnafvoer niet heel sterk, maar worden de verschillen tussen zomer en winter wel duidelijk pregnanter, vooral in het W<sub>H</sub>-dry-scenario in 2085;
- De maandgemiddelde laagwaterafvoeren in de nazomer bij Lobith veranderen met -20% (W<sub>H</sub>-dry) tot +10% (GL); en in 2085 van -30% (W<sub>H</sub>, dry) tot 0% (GL).

### 2.1.3 Watertekort

In veel gebieden treedt watertekort op zodra er tegelijkertijd sprake is van een neerslagtekort en een afvoertekort. Neerslagtekort is een maat voor

meteorologische droogte en wordt berekend als het maximum van het cumulatieve verschil tussen neerslag en verdamping over het zomerhalfjaar. Afvoertekort is een maat voor langdurig lage rivierafvoeren en wordt standaard berekend als het volumetekort van de Rijnafvoer bij Lobith onder een grenswaarde van 1800 m<sup>3</sup>/s. KNMI voorspelt dat met sterke klimaatverandering omstandigheden vergelijkbaar met het droge jaar 2003 en het zeer droge jaar 1976 vaker gaan optreden. Het neerslagtekort (bij een herhalingsijd van 10 jaar) neemt in het meest extreme scenario toe van 224 naar 290 mm. Ter vergelijking: het landelijk gemiddelde (maximale) neerslagtekort van het jaar 2018 bedroeg 310 mm (KNMI, 2018). De duur van Rijnafvoeren lager dan 900 m<sup>3</sup>/s bij Lobith neemt in het meest extreme scenario toe van 1 maand naar bijna 3 maanden. Ter vergelijking: in 2018 waren de Rijnafvoeren gedurende 75 dagen onder deze drempelwaarde.

## 2.2 Sociaaleconomische veranderingen

De sociaaleconomische veranderingen in de Deltascenario's zijn gebaseerd op de sociaaleconomische Welvaart- en Leefomgevings(WLO)-scenario's van het CPB en het PBL. De hoofdpunten en ontwikkelingen binnen de verschillende scenario's worden getoond in Tabel 2.2. Ook veranderingsfactoren voor de watervraag van de drinkwater- en industriesector (Wolters et al., 2018; zie Tabel 2.3).

Tabel 2.2 Kentallen van de sociaaleconomische ontwikkelingen in de geactualiseerde Deltascenario's (Wolters et al., 2018)

SOCIAAL-ECONOMIE		REP 17	DRUK	STOOM	RUST	WARM	Partijs
scenario			WLO-H	WLO-H	WLO-L	WLO-L	WLO-H
aantal inwoners	miljoen	17	19	19	16	16	19
omvang BBP	miljard €	600	1320	1320	940	940	1320
economische groei	%/j		2	2	1	1	2
stedelijk gebied	% opp	18	20	21	18	18	20
natuur en recreatie	% opp	23	26	25	24	24	27
landbouw	% opp	60	54	54	58	57	53



Tabel 2.3 Veranderingsfactoren voor drinkwateronttrekkingen en onttrekkingen ten behoeve van de industrie uit oppervlaktewater en grondwater te opzicht van Ref2017 (Wolters et al., 2018)

Scenario	Verandering drinkwater-onttrekkingen	Verandering industriële onttrekkingen
Ref2017	0%	-
Rust 2050	-10%	-40%
Druk 2050	+10%	-30%
Druk Parijs 2050	+10%	-30%
Warm 2050	0%	-10%
Stoom 2050	+35%	+15%

De veranderings-factoren in de sociaaleconomische scenario's zijn generiek voor heel Nederland toegepast; regionale sociaaleconomische verschillen niet hierin dus zijn meegenomen.

### 2.3 Doorvertaling naar watersysteem

Binnen het Deltaprogramma Zoetwater zijn Deltascenario's uitgewerkt waarmee de bandbreedte van toekomstige ontwikkelingen voor heel Nederland kan worden onderzocht (Hunink et al., 2018). Zowel klimaatverandering als sociaaleconomische veranderingen zijn meegenomen in de Deltascenario's. In Hunink et al. (2018) wordt uitgebreid beschreven welke aanpassingen zijn gedaan aan de modelinvoer van het landelijk hydrologisch model. Hieronder is een korte samenvatting op hoofdpunten gegeven.

Om de effecten van klimaatverandering goed mee te nemen zijn er veranderingen nodig in een aantal onderdelen van de invoer voor het hydrologisch model:

- Neerslag en verdamping
- Zeespiegelstijging

- Buitenwaterstanden LSM
- Rivierafvoeren
- Afvoeren van kleine rijrivieren
- Interne verzilting
- Externe verzilting
- Peilen hoofdwatersysteem
- Gewasgroei (door hogere CO<sub>2</sub>-concentraties kunnen planten een andere gewasontwikkeling doormaken).

De sociaaleconomische veranderingen hebben betrekking op de volgende modelinvoer:

- Landgebruikskaart en verhardingskaart
- Bodemdaling, waterpeil natte natuur en onderwaterdrainage
- Grondwateronttrekkingen ten behoeve van drinkwater
- Grondwateronttrekkingen ten behoeve van industrie
- Potentieel beregend areaal
- Doorspoeling polders
- Doorspoeling boezem en hoofdwatersysteem

Met het Nationaal Water Model (NWM), waarvan het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) een onderdeel is, zijn berekeningen uitgevoerd voor de modelperiode 1911-2011, voor de referentie (Ref2017) en voor de 4 Deltascenario's (zichtjaren 2050 en 2085). Deze berekeningen zijn bekend onder de naam 'Basisprognoses 2018'. Hoe de Deltascenario's zijn vertaald

naar modelinvoer voor het NWM is beschreven in Hunink *et al.* (2018). Deze datasets zijn vrij te verkrijgen op helpdeskwater van de Rijksoverheid<sup>5</sup>.

## 2.4 Analyse bruikbaarheid Deltascenario's

Binnen de case Noordelijke IJsselvallei is onderzocht wat de bruikbaarheid is van de landelijke Deltascenario's op gebiedsschaal. Deze analyse had als **doel** om inzichtelijk te maken wat de bruikbaarheid is van de landelijke autonome Deltascenario's en de doorvertaling naar effecten op het watersysteem op basis van LHM. Hiervoor zijn twee analyses uitgevoerd.

### Aanpak Deltascenario's

In dit kader is met de KLIMAP werkgroep Noordelijke IJsselvallei tijdens twee werksessies de aanpak en doorvertaling naar het watersysteem zoals toegepast voor de Deltascenario's doorgesproken. Dit leidde tot een overzicht van wel en niet bruikbare elementen, en een aantal leerpunten. Deze informatie is vervolgens gebruikt bij het opzetten van gebiedspecifieke autonome scenario's.

### Effect watersysteem

Er is een analyse uitgevoerd van de effecten van de toekomstige veranderingen op het watersysteem op basis van het LHM-berekeningen. Hierbij is de verandering van de gemiddeld hoogste en laagste grondwaterstand (HG3 en LG3), verandering van de kwel-/infiltratieflux en verandering van de drainageflux. De analyses zijn gedaan voor het relatief droge jaar 2003, dat vertaald is naar de verschillende toekomstscenario's en vergeleken is met de referentiesituatie in 2003. Bij het uitvoeren van de analyses is op verschillende aspecten gelet:

<sup>5</sup> <https://www.helpdeskwater.nl/onderwerpen/applicaties-modellen/applicaties-per/watermanagement/watermanagement/nationaal-water-model/basisprognoses/basisprognoses-2018-zoetwater/uitvoer-bp-2018-zw/>

- Wat zijn de effecten op het watersysteem op dit grofmazige niveau? En wat kunnen we hiervan leren voor gebiedspecifieke analyses?
- Zijn de resultaten van de LHM berekeningen herkenbaar voor de gebiedskenners? Wat klopt wel / niet?

NB: Een analyse van de waterstromen/waterbalans bleek niet mogelijk. Voor het uitvoeren van een dergelijke waterbalansanalyse is informatie over de boven- en ondergrondse waterstromen (fluxen) nodig. Deze informatie is niet opgeslagen bij het uitvoeren van de berekeningen met het Nationaal Water Model).

## 2.5 Analyse toekomstige landbouw

Er is een grofmazige analyse uitgevoerd naar het landgebruik en de consequenties van de veranderende weersomstandigheden in de Noordelijk IJsselvallei. De studie dient als een quickscan om een beeld te krijgen van de te verwachte knelpunten voor bepaalde gewassen die worden geproduceerd wanneer weersomstandigheden veranderen, de huidige vormen van landbouw en de ontwikkeling die het heeft doorgemaakt.

Mogelijke knelpunten in de toekomst voor de landbouw als gevolg van verandering in meteorologische condities zijn verkent voor de huidige gewassen die in het gebied geproduceerd worden. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van Waterwijzer Landbouw<sup>6</sup> (WWL; Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018).

Aanpak en deelresultaten zijn in detail beschreven in BIJLAGE A.

<sup>6</sup> <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/index.html>

## 3 Maatregelscenario's

### 3.1 Project Droogte Zandgronden

In het project Droogte Zandgronden Nederland is onderzoek gedaan naar de droogte op de zandgronden, waaronder onderzoek naar mogelijkheden om in te toekomst droogteschade aan landbouw, natuur en het watersysteem te beperken (van den Eertwegh et al., 2021).

Binnen de casus Noordelijke IJsselvallei hebben we een analyse gedaan van de bruikbaarheid van de resultaten van deze landelijke studie voor toepassing op gebiedsniveau.

Er zijn in deze studie een aantal richtinggevende maatregelen ("ingrepen") doorgerekend met het LHM, waarmee inzicht wordt verkregen in de gevoeligheid van het watersysteem voor deze ingrepen. Voor deze gevoeligheidsanalyse zijn de ingrepen op een extreme manier doorgevoerd. De maatregelen zijn daarmee hypothetisch en in de eerste plaats bedoeld om de gevoeligheid van het systeem in beeld te brengen. Voor alle richtinggevende maatregelen geldt dat de haalbaarheid qua locaties, de mate van uitvoering, maar ook qua maatschappelijk draagvlak en wettelijke kaders, nader moet worden onderzocht en dat daarbij ook evenwichtige combinaties van maatregelen kunnen worden overwogen.

#### Conclusies Project Droogte Zandgronden

Voor het hele zandgebied laten de resultaten van het project Droogte Zandgronden Nederland zien dat alleen structurele maatregelen in het watersysteem, tot en met de haarvaten van het systeem, voldoende zijn om de effecten van een meteorologische droogte, veroorzaakt door weinig neerslag samen met een hoge verdampingsvraag, op het grondwatersysteem en watervoerendheid van beken te beperken.

Reductie van grondwateronttrekkingen is mogelijk wel een zinvolle ad-hoc-ingreep, want die is direct van invloed op de grondwaterstand en op

kwelstromen. Juridisch, technisch en sociaaleconomisch is deze maatregel echter niet eenvoudig op te leggen; zo iets vergt voorbereidingstijd. Het is in ieder geval van groot belang meer grip te krijgen op de hoeveelheid water die wordt onttrokken uit grond- en oppervlaktewater tijdens perioden van droogte. Zonder feitelijke kennis over dit waterverbruik is het immers lastig beleid en beheer voeren. Door registraties van onttrekkingen van tevoren en toezicht op onttrekkingen tijdens droog weer te verbeteren én door structureel meer flexibel in ruimte en tijd te zijn om te kunnen variëren in locaties en hoeveelheden, kan beter met droogte omgegaan worden.

#### Analyses Noordelijke IJsselvallei

Om de bruikbaarheid van de landelijke analyses die gedaan zijn in de droogtestudie te toetsen voor op gebiedsniveau, zoals de Noordelijke IJsselvallei, zijn een drietal aanvullende analyses uitgevoerd:

- Analyse van de resultaten van de verschillende maatregelscenario's voor het gebied van de Noordelijke IJsselvallei;
- Analyse van het effect van combinatiescenario M9 op de waterstromen met Sankey-diagrammen;
- Analyse van op de effecten op landbouw van maatregelscenario (M9) met WWL verder te onderzoeken.

De resultaten van deze analyses worden in paragraaf 5.1 beschreven.

## KLIMAP Toekomstverkenningen Methodes

Tabel 3.1 Beschrijving van de verschillende richtinggevendende maatregelen die met het LHM zijn doorgerekend. (bron: <https://edepot.wur.nl/555352>)

Symbol	Beschrijving		Opmerking
M1	Reductie van drinkwaterwinningen – 50%	Minder eruit	
M1x	Reductie van drinkwaterwinningen – 100%	Minder eruit	
M2	Reductie van beregenen uit grondwater - 50%	Minder eruit	
M2x	Reductie van beregenen uit grondwater - 100%	Minder eruit	
M3	Peilverhoging + 30 cm primair en secundair ontwatering (veelal leggerwaterlopen)	Vasthouden	Deze scenario's worden verder niet besproken omdat door het schaalniveau van het model de bijdrage van de afzonderlijke ontwateringstypen niet goed te maken is.
M4	Verhoging + 30 cm ontwateringsbasis tertiair systeem (veelal het haarvatensysteem)	Vasthouden	
M5	Combinatie van M3 + M4	Vasthouden	Dit scenario is optimistischer dan M5min wat betreft de beschikbaarheid van water in de zomer voor handhaving peil.
M5min	Combinatie van M3 + M4, minimale variant	Vasthouden	In vergelijking met M5 is minder water beschikbaar voor handhaving peil in de zomer en de effectiviteit daarmee iets minder groot.
M6	Ondergrondse zoetwaterberging, infiltratie van 100 mm gedurende het winter halfjaar voor gebieden met een GHG dieper dan 2,5 m-mv.	Meer erin	
M7	Omvorming van naaldbos naar heide.	Meer erin	
M8	Afkoppeling regenwater bebouwd gebied, bevorderen infiltratie, 100 mm/jaar.	Meer erin	
M9	Samengesteld scenario, combinatie van M1, M2, M5, M6, M7, M8.	Combinatie	
B1	Geen beregening uit grondwater (M2x) in bufferzone van 500 m rondom natte natuur.	Minder eruit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Overall is een bufferzone van 500 m rondom natte natuur toegepast.</li> <li>• De effectiviteit van een bufferzone verschilt per gebied afhankelijk van de geohydrologie. De effectieve grootte kan dus groter of kleiner zijn dan de toegepaste 500 m.</li> <li>• De grootte van bufferzones zou het best op basis van de spreidingslengte per type gebied kunnen worden afgeleid.</li> </ul>
B2	Verhoging van peil en ontwateringsbasis met 30 cm van gehele ontwateringsysteem (primair, secundair, tertiair) (M5) in bufferzone van 500 m rondom natte natuur.	Vasthouden	
B3	Geen grondwateronttrekkingen voor drinkwater (M1x) in bufferzone van 500 m rondom natte natuur.	Minder eruit	

### 3.2 Regioscan

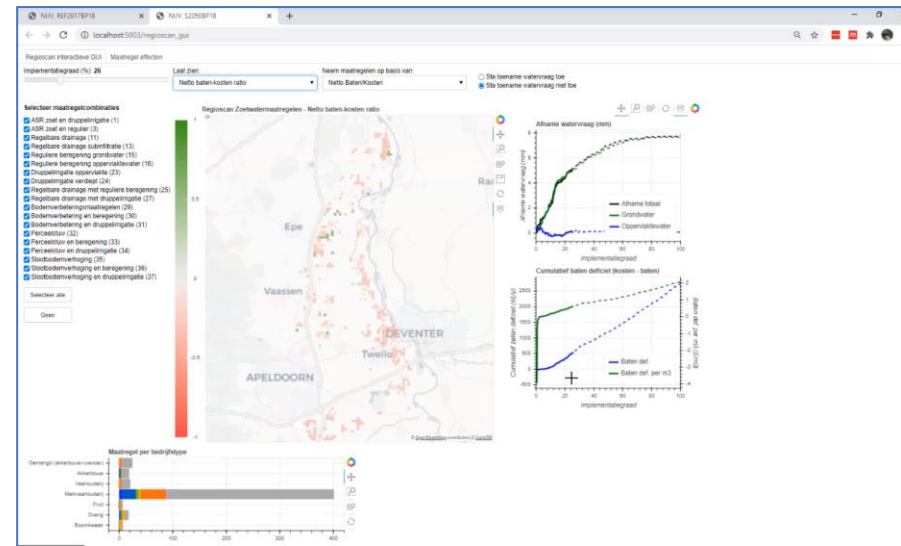
Het instrument ‘Regioscan Zoetwatermaatregelen’ is ontwikkeld om de bijdrage van lokale maatregelen in beeld te brengen ten behoeve van de regionale zoetwatertekorten (Delsman et al., 2020). De effectiviteit van de maatregelen wordt bepaald aan de mate van droogte- en zoutschade vermindering waardoor opbrengstderving vermindert. In de N. IJsselvallei is zoutschade niet aan de orde.

Droogteschade worden berekend door AGRICOM 2.07 (Mulder & Velduizen, 2017) en is afhankelijk van het gewas type en de groeistadium waarin het verkeert. De schade ten gevolge van de droogte is afhankelijk te stellen van de verhouding tussen actuele en potentiële verdamping (Eact/Epot). De waarde van Eact/Epot bepaald de schadefractie ten gevolge van droogte samen met het type gewas en de schadecoëfficiënten voor droogteschade. Hiermee is de bepaling van de droogteschade gewas- en seizoen afhankelijk.

Meer informatie over Regioscan is te vinden in Bijlage B “Verschillen Regioscan en WWL”.

#### 3.2.1 KLIMAP Werksessie Regioscan

Op vrijdag 5 maart 2021 was er een 2-delige online werksessie over het gebruik van Regioscan, gegeven door Joost Delsman (Deltares). In het eerste deel werd Regioscan in het algemeen toegelicht. In het tweede deel werd ingezoomd op de Noordelijke IJsselvallei om de inzetbaarheid van het instrument te testen. Bij deze sessie waren aanwezig; waterschap Vallei & Veluwe, provincie Gelderland, KWR en Deltares. Ter voorbereiding aan de werksessie zijn 2 Regioscan omgevingen gemaakt; één met het huidige klimaat (REF) en één met een toekomstig klimaat (WH50) en sociaaleconomisch verwachte veranderingen (STOOM), naar de Deltascenario’s (zie Hoofdstuk 2). LHM 3.4 lag hier aan ten grondslag



Figuur 3.1 Voorbeeld berekening in Regioscan

#### 3.2.2 Analyse waterschap Vallei en Veluwe

Na de werksessie zijn er door waterschap Vallei & Veluwe nog interne analyses verricht op het studiegebied van de Noordelijke IJsselvallei. Wegens persoonlijke omstandigheden zijn deze resultaten echter niet vastgelegd en gedeeld.

#### 3.2.3 Vergelijking Regioscan-LHM met Regioscan-AZURE

Daarnaast is gekeken naar eerder uitgevoerde analyses voor de regio Twello (iets ten zuiden van het studiegebied) waar vergelijkingen tussen LHM 3.4 en AZURE zijn gemaakt (Delsman et al., 2020).

Uit de resultaten blijkt dat de beschouwde maatregel-effectrelaties in de Regioscan redelijk goed presteren om een inschatting te maken van het hydrologisch effect van maatregelen over een groter gebied en gemiddeld

over een langere periode. Resultaten zitten in dezelfde orde-grootte als de hydrologische effecten berekend met het hydrologisch model AZURE. De met de Regioscan berekende maatregel-effecten zijn niet bedoeld voor analyse van individuele modelcellen of jaren.

De berekende hydrologie in de uitgangssituatie lijkt tussen AZURE en het LHM voor dit studiegebied ook vergelijkbaar, afgaande op de berekende GLG en GVG. De resultaten zijn voor LHM door het resolutieverschil wel uitgemiddeld, er komen minder uitschieters aan beide kanten voor. Patronen in de berekende verdampingsreductie wijken wel af tussen beide modellen. Door hydrologen van Waterschap Vallei en Veluwe werd de beperkte berekende verdampingsreductie in een groot deel van het gebied niet herkend, in 2018 traden er droogteproblemen op. Dit speelt voor zowel AZURE als LHM.

De verschillende (resolutie van de) hydrologische uitgangssituatie tussen AZURE en Regioscan-AZURE enerzijds en Regioscan-LHM anderzijds komt tot uitdrukking in de resultaten. Voor de beschouwde maatregelen in het beschouwde gebied treedt door de grotere spreiding in LHM een groter gemiddeld relatief effect op (de toename van de spreiding zit met name in de grotere relatieve effecten). Ook absoluut is dit het geval, het gemiddelde absolute effect is voor Regioscan-LHM voor alle maatregelen wat hoger dan Regioscan-AZURE en AZURE

### 3.3 DPZW maatregelscenario's MKBA

Binnen het Deltaprogramma Zoetwater is een MKBA uitgevoerd voor een voorkeurspakket aan maatregelen door Stratelligence in opdracht van Deltaprogramma Zoetwater. De MKBA betreft een landelijk analyse, welke is opgedeeld in zoetwaterregio's (Stratelligence, 2021).

Alle maatregelen in de MKBA zijn beoordeeld op (maximaal) hydrologisch effect, kosten en baten. Deze beoordeling is grotendeels gebaseerd

informatie aangeleverd door de zoetwaterregio's. Voor een aantal wateraanbod maatregelen, zoals het vergroten van inlaat Hoogland, zijn additionele gegevens gebruikt uit het NHI of de Quicksan Zoetwater.

Voor de zandgronden (Hoge Zandgronden Zuid, Hoge Zandgronden Oost-Nederland en Zandgronden IJsselmeergebied) is onbekend hoe het voorkeurspakket er precies uit zal zien, doordat gewerkt wordt met een programma dat via een gebiedsproces nader zal worden ingevuld. Daardoor is geen kosten-batensaldo van het voorkeurspakket bepaald.

De analyse heeft zich daarom toegespitst op de vraag welke maatregelen kansrijk zijn voor een positief kosten-batensaldo. Deltares heeft daarvoor een modelvertaling van een pakket voor 2050 gemaakt. De potentiële effecten van dit pakket op de grondwaterstanden en de landbouw-opbrengsten zijn gebruikt in de beoordeling. Ook zijn deze resultaten gebruikt om te bepalen of de effecten van de maatregelen voldoende zijn om het investeringsbudget voor DP-fase 2 te rechtvaardigen. Ten slotte is bekeken of het investeringsbudget per hectare voldoende ruimte biedt voor de bekostiging van de aangedragen maatregelen.

### 3.4 Effecten op landbouw in beeld met WWL

Waterwijzer Landbouw (WWL) is ontwikkeld voor het bepalen van effecten van veranderingen in hydrologische condities op gewasopbrengsten. Dit effect wordt ingeschat voor indirecte en directe effecten, waarbij directe effecten opgesplitst zijn in droogte-, zuurstof- en/of zoutstress. De WWL geeft een inschatting van de opbrengstderving door deze effecten. De analyses voor de IJsselvallei zijn gedaan met de tool WWL-regionaal. Binnen deze tool wordt het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST (Van Dam et al., 2008; Kroes et al., 2017; Boogaard et al., 2011) gedraaid voor de lokale situatie. Uit de modelresultaten wordt vervolgens de opbrengstderving bepaald.

Meer informatie over Waterwijzer Landbouw is te vinden in Bijlage B “Verschillen Regioscan en WWL”.

## 4 Resultaten Autonome Deltascenario's

### 4.1 Bruikbaarheid aanpak

De veranderings-factoren in de sociaaleconomische scenario's zijn generiek voor heel Nederland toegepast; regionale sociaaleconomische verschillen niet hierin dus zijn meegenomen. Toch kunnen een aantal conclusies en leerpunten worden genoemd op basis van de uitgevoerde analyse van de Deltascenario's op gebiedsniveau:

- Autonome scenario's waarin klimaatverandering en sociaaleconomische veranderingen worden gecombineerd geven een goed **uitgangspunt voor het analyseren toekomstige (onzekerheden in) veranderingen in het watersysteem** en het de bandbreedte waarin naar maatregelen en oplossingen moet worden gezocht.
- Autonome scenario's moeten voor dit doel bestaan uit een **combinatie van een klimaatverandering en een sociaaleconomische** verandering;
- Voor het in beeld brengen van de bandbreedte van de toekomstige onzekerheden dienen **minimaal twee autonome toekomstscenario's** te worden opgesteld;
- De toekomstscenario's beschrijven **plausibele uitersten** van mogelijke toekomstige situaties in het gebied;
- Een **vertaalslag naar de lokale situatie** is nodig om de bestaande scenario's toepasbaar te maken voor een analyse van de toekomstige veranderingen in de Noordelijke IJsselvallei;
- Veranderingen zoals de **energietransitie en landbouwtransitie** (stikstofcrisis) zijn (nog) niet meegenomen in de huidige Deltascenario's. Deze aspecten moeten worden toegevoegd om een compleet beeld te krijgen van de sociaaleconomische veranderingen;
- De aanpak zoals toegepast voor de vertaling **van generieke scenario's via verhaallijnen naar kaartbeelden en doorvertaling naar het**

**bodem- en watersysteem** kan op eenzelfde manier worden toegepast op gebiedsniveau;

- Bestaande blauwe omgevingsvisies of andere regionale of lokale **beleidsscenario's** zijn niet geschikt als autonoom scenario, maar kunnen de basis vormen van de gebiedspecifieke **normatieve scenario's**.

### 4.2 Effect op het watersysteem

Voor de 4 Deltascenario's zijn de effecten in de Noordelijke IJsselvallei zichtbaar in

Tabel 4.1, Figuur 4.1, Figuur 4.2 en Figuur 4.3. De analyses zijn gedaan voor het relatief droge jaar 2003, dat vertaald is naar de verschillende toekomstscenario's en vergeleken is met de referentie-situatie in 2003.

In de Deltares scenario waarin het WH klimaatscenario is opgenomen zijn de effecten op het watersysteem relatief groot, met een stijging van de grondwaterstand tijdens de winterperiode en een daling van de grondwaterstand tijdens de zomerperiode. Uitzondering hierop zijn de “kwelvensters” langs de VElwuerand waar de grondwaterstand lijkt te stijgen. In deze scenario's treedt een verlaging van de kwel- en infiltratieflux op in het gebied. Zichtbaar is, is dat het verdrogende effect op het grondwater in het scenario STOOM, waarin ook sociaaleconomische groei optreedt iets groter is dan in het scenario WARM (sociaaleconomische KRIMP). In de scenario's RUST en DRUK zijn de veranderingen beperkt; hier is vooral langs de IJssel en langs de Veluwurand (zogenaamde kwelvensters) wat verandering op in grondwaterstanden en kwel- en infiltratiefluxen.

Tijdens de werksessies zijn deze resultaten besproken met gebiedskenners. In grote lijnen zien zij de gemodelleerde veranderingen als plausibel. Voor

gebruik op gebiedsniveau zijn de resultaten volgens hen echter niet geschikt. Belangrijke redenen daarvoor zijn:

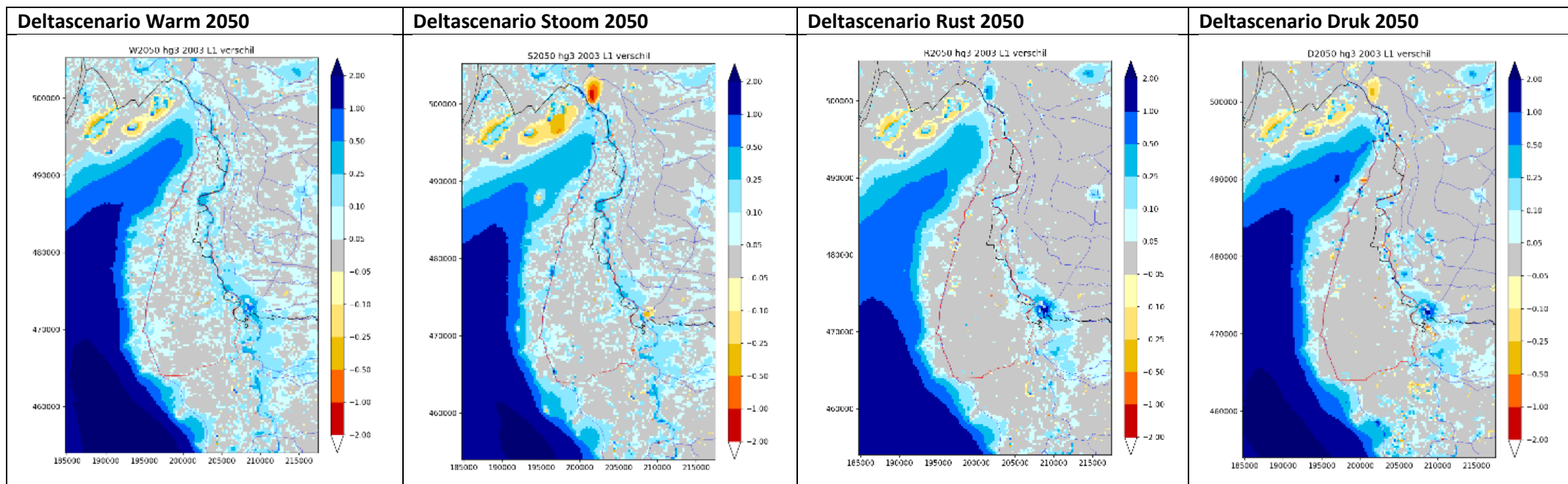
- Vanuit het waterschap werd aangegeven dat de ruimtelijke resolutie van de resultaten te grofmazig is om toekomstig beleid op te kunnen ontwikkelen. Zo zijn lokale hoogteverschillen en verschillen tussen natte en droge gebieden met LHM niet goed zichtbaar, terwijl deze belangrijk zijn voor het landgebebruik, de inrichting en het waterbeheer.
- Vanuit de provincie werd aangegeven dat de vernatting in en rond de kwelventers mogelijk niet correct is. Waarschijnlijk wordt dit

veroorzaakt door fouten in de modellering van de Veluwe, waardoor de grondwateraanvulling in dit gebied – en daardoor de kwel langs de flanken van de Veluwe – wordt overschat. Aangezien deze “kwelvensters” belangrijke habitats zijn voor natte natuur en een bron zijn van schoon water voor stroomafwaarts gelegen waterlopen is het voor de provincie belangrijk om de effecten van toekomstige veranderingen op deze gebieden goed in beeld te hebben.

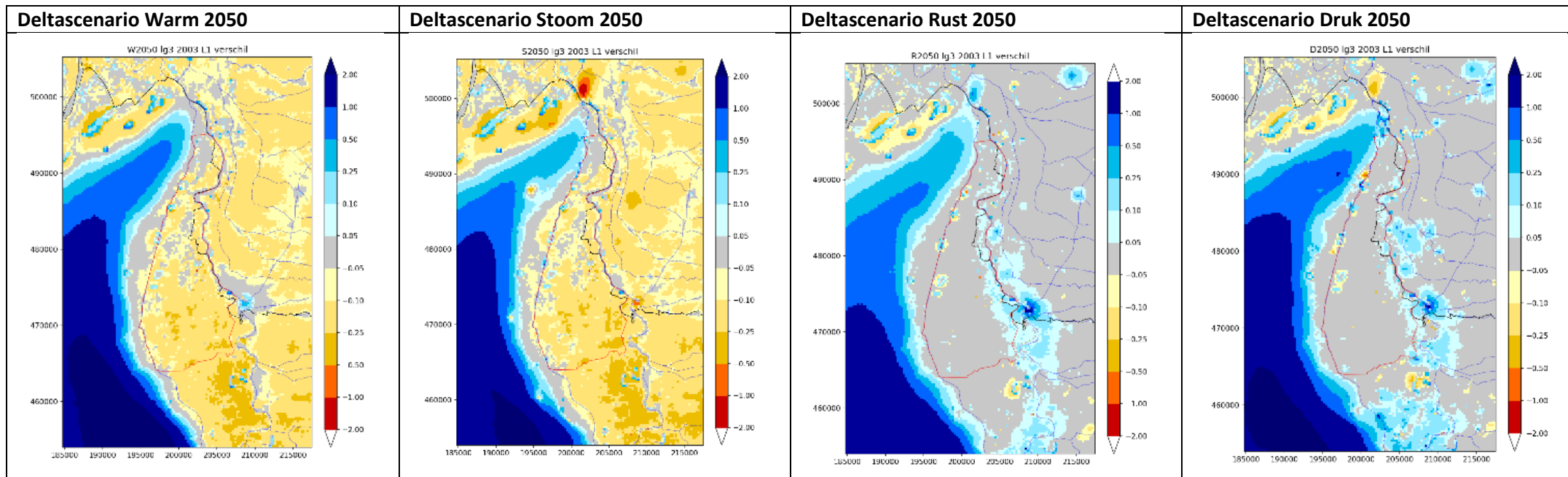
Tabel 4.1 Effecten van toekomstveranderingen Deltascenario's op het grondwatersysteem in de Noordelijke IJsselvallei

Deltascenario's	Grondwaterstand: LG3, HG3 (LHM)	Kwel-/infiltratieflux (LHM)
<b>WARM</b> Snelle klimaatverandering; Sociaaleconomische krimp	<u>Winter</u> : Vernatting van enkele centimeters langs de IJssel en rond Apeldoorn (10cm-25cm). <u>Zomer</u> : Terwolde Hoog: Verdroging van 10cm tot 25cm, met soms een uitschieter naar 50cm. Terwolde Laag: Verdroging van 0cm tot 25cm.	Terwolde Hoog: Over het algemeen een verlaging van de kwel- en infiltratieflux (0.5-0.25mm/d), met hier en daar een verhoging tot 0.50 mm/d. Terwolde Laag: Over het algemeen een verlaging van de kwel- en infiltratieflux (0.5-0.25mm/d), met uitschieters in de kwelgebieden tot meer dan 2mm/d
<b>STOOM</b> Snelle klimaatverandering; Sociaaleconomische groei	<u>Winter</u> : Vernatting van enkele centimeters langs de IJssel en rond Apeldoorn (10cm-25cm). <u>Zomer</u> : Terwolde Hoog: Verdroging van 10cm tot 25cm, met soms een uitschieter naar 50cm. Terwolde Laag: Verdroging van 0cm tot 25 cm.	Terwolde Hoog: Over het algemeen een verlaging van de kwel- en infiltratieflux (0.5-0.25mm/d), met hier en daar een verhoging tot 0.25mm/d. Terwolde Laag: Over het algemeen een verlaging van de kwel- en infiltratieflux (0.5-0.25mm/d), met uitschieters in de kwelgebieden tot meer dan 2mm/d.
<b>RUST</b> Matige klimaatverandering; Sociaaleconomische krimp	<u>Winter en Zomer</u> : Vernatting langs IJssel van 0cm tot 5cm en rond kwelgebieden in het Westen van 5cm tot 50cm.	Verlaging van de kwel- en infiltratieflux langs de IJssel van 0mm/d tot 0.5mm/d. Toename van de kwel- en infiltratieflux in kwelgebieden van meer dan 2mm/d.
<b>DRUK</b> Matige klimaatverandering; Sociaaleconomische groei	<u>Winter en Zomer</u> : Vernatting langs IJssel van 5cm tot 10cm en rond kwelgebieden in het Westen van 5cm tot 25cm.	Verlaging van de kwel- en infiltratieflux langs de IJssel van 0mm tot 0.5mm/d. Toename van de kwel- en infiltratieflux in kwelgebieden van meer dan 2mm/d.

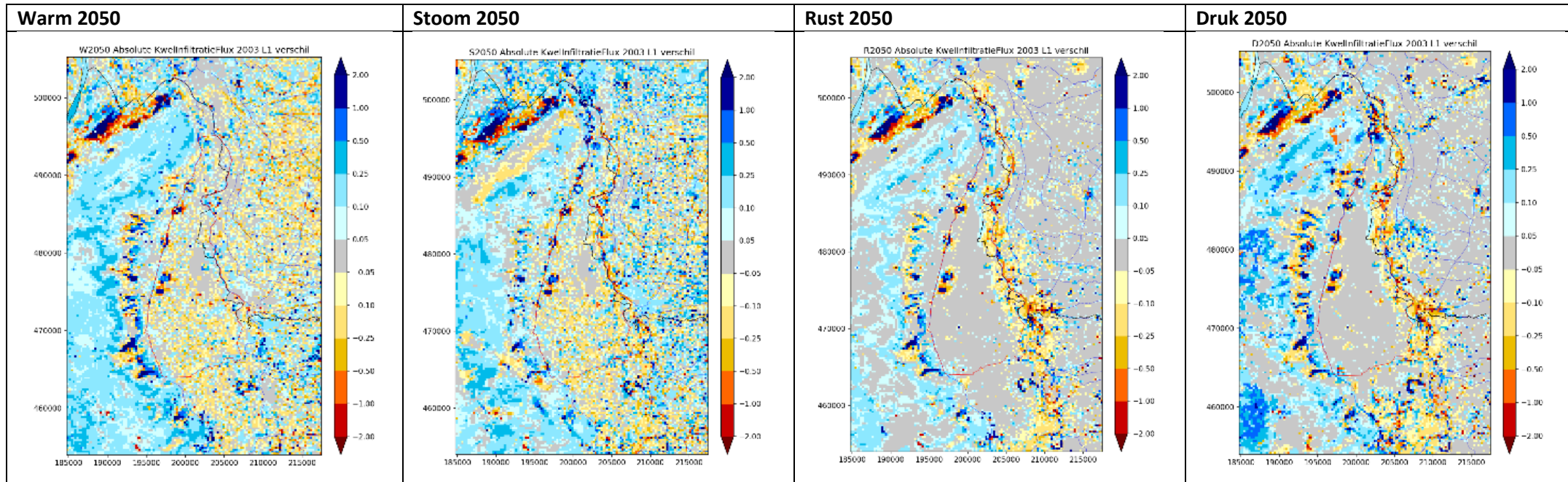




Figuur 4.1 Ruimtelijke verandering in gemiddelde hoogste grondwaterstand (HG3) in m voor de verschillende Deltascenario's voor het relatief droge jaar 2003. Blauwe kleuren geven een stijging in grondwaterstanden weer en gele kleuren een daling in grondwaterstanden.



Figuur 4.2 Ruimtelijke verandering in gemiddelde laagste grondwaterstand (LG3) in m voor de verschillende Deltascenario's voor het relatief droge jaar 2003. Blauwe kleuren geven een stijging in grondwaterstanden weer en gele kleuren een daling in grondwaterstanden.



Figuur 4.3 Ruimtelijke verandering in kwel-/infiltratieflux in m voor de verschillende Deltascenario's voor het relatief droge jaar 2003 (blauwe kleuren: toename infiltratie of afname kwel; rode kleuren: toename kwel of afname infiltratie).

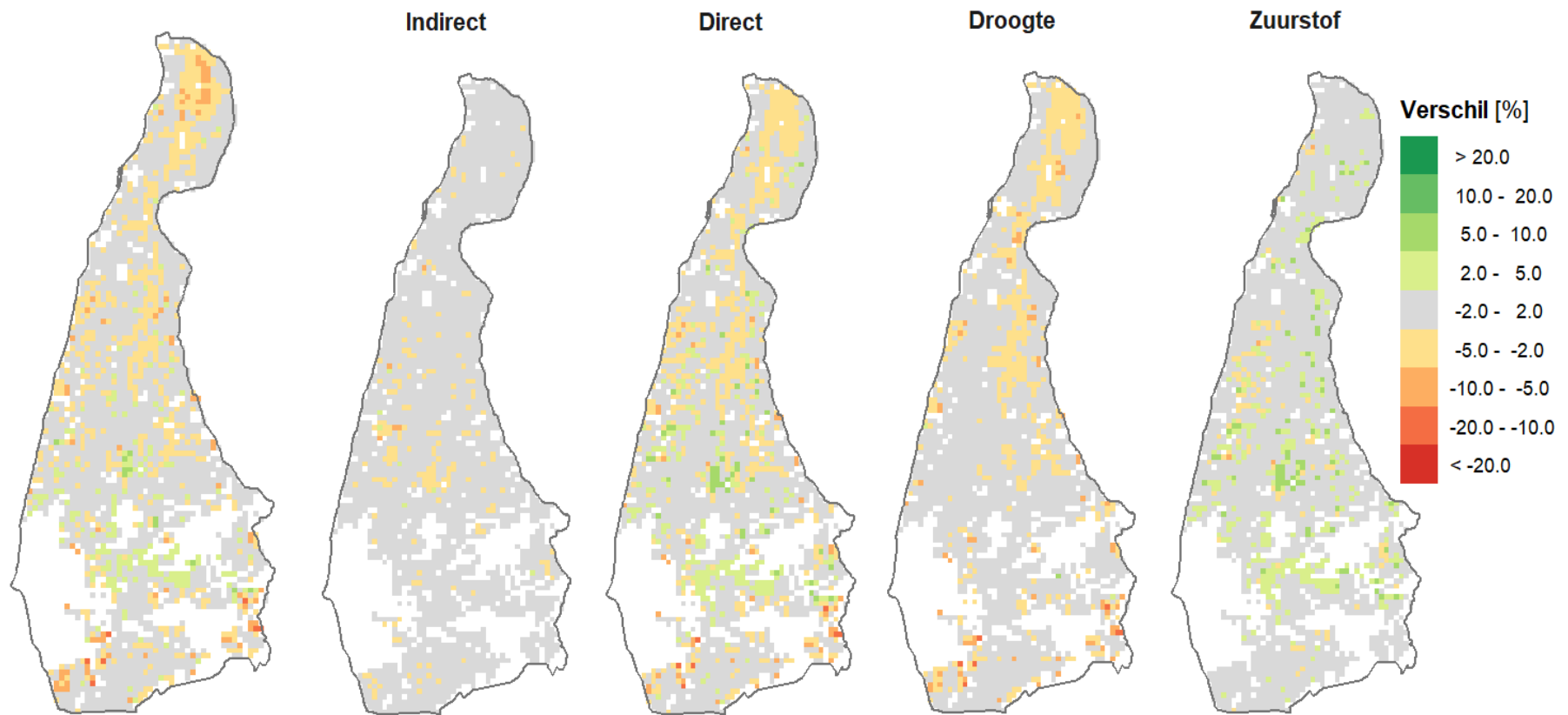
#### 4.4 Analyse toekomstige landbouw

Het landbouwareaal is in 10 jaar gelijk gebleven. Op basis van de laatste 10 jaar kan worden geconcludeerd dat het gebied de Noordelijke IJsselvallei met name wordt gedomineerd door graasdierbedrijven. Het areaal voor de productie van voedergewassen en het aandeel graasdierbedrijven is vanaf 2017 sterk afgenomen, wat met name een effect is geweest van de derogatie. Graasdierbedrijven zijn in omvang wel toegenomen en intensiever geworden. Mogelijk dat door een verhoging van de grondprijzen en managementkosten veehouderij bedrijven genoodzaakt waren om aan schaalvergroting te doen. Hierdoor neemt de druk op het landbouwareaal toe. Voor de intensieve veehouderij is dit niet het geval.

De productie van voedergewassen lijken in geringe mate te worden beïnvloed als gevolg van klimaatsverandering. Het is daarmee de verwachting dat klimaatsverandering niet direct tot knelpunten zal leiden voor de veehouderij. De productie van aardappelen en overige akkerbouwgewassen laten wel meer opbrengstderving zien als gevolg van klimaatverandering, voornamelijk als gevolg van een toename van droogteschade (*Figuur 4.4*). Daarnaast moet nog opgemerkt worden dat bij de analyse uitgevoerd met WWL geen rekening is gehouden met verandering in landgebruik, beregeningslocaties en de hydrologische omstandigheden als gevolg van klimaatsverandering.

In de laatste 10 jaar is in het gebied van de Noordelijke IJsselvallei een toename te zien in het areaal aardappelen en overige landbouwgewassen. Ook de gewasopbrengst is lichtelijk gestegen. Op basis van de landelijke gegevens uit het LHM zal daarmee naar verwachting ook het berekend areaal toenemen in het gebied. Op basis van deze ontwikkelingen zal naar verwachting ook de watervraag toenemen, in met name droge perioden. Nader onderzoek zal nodig zijn om dit verder te onderzoeken.

Een volledige beschrijving van de analyse en resultaten is te vinden in BIJLAGE A (Quicksan Landbouw).



Figuur 4.4 Verandering in gemiddelde opbrengstderiving (%) voor het Noordelijke IJsselvallei als gevolg van klimaatsverandering (scenario Wh 2050; links) uitgesplitst naar indirecte en directe effecten (midden) en aandeel droogte- en zuurstofstress (rechts); rood geeft aan de klimaatsverandering negatief uitpakt.

## 5 Resultaten Maatregelscenario's

### 5.1 Project Droogte Zandgronden

#### 5.1.1 Verschilkaarten grondwater

Voor de ingrepen die zijn doorgerekend in het project Droogte Zandgronden is geanalyseerd wat de effecten op het watersysteem zijn voor de Noordelijke IJsselvallei.

Figuur 5.1 geeft hiervan een overzicht. In Bijlage C zijn alle verschilkaarten op basis van de modelberekeningen weergegeven. De verschilkaarten van de effecten van ingreep M9 (een combinatie van de verschillende ingrepen) zijn hieronder weergegeven (Figuur 5.1).

Uit de verschilkaarten van de berekende effecten op het watersysteem komt helder naar voren dat ingreep M3 (stuwpeil leggerwaterlopen +30cm peilverhoging - primaire en secundaire waterlopen) het grootste effect heeft op het watersysteem in de Noordelijke IJsselvallei:

- De freatische grondwaterstand tigt zowel in winter en zomer (stijging van 5 cm tot 35 cm). Er wordt daardoor meer water vastgehouden in de bodem en de ondergrond. De kans op wateroverlast tijdens piekbuien kan hierdoor wel worden vergroot als gevolg van een afname van de bergingsruimte voor neerslag in de bodem.
- Er is een gemengd patroon met toe- en afnames zichtbaar van de zomerkwel. In de kwelgebieden aan de west kant van het gebied ("kwelvensters") neemt de zomerkwel over het algemeen toe (toename van 0.5mm/d tot 1 mm/d).
- In de hele Noordelijke IJsselvallei is een afname van de zomerafvoer zichtbaar van meer dan 2 mm/d, vanwege de grotere waterbergend vermogen van het oppervlaktewatersysteem.

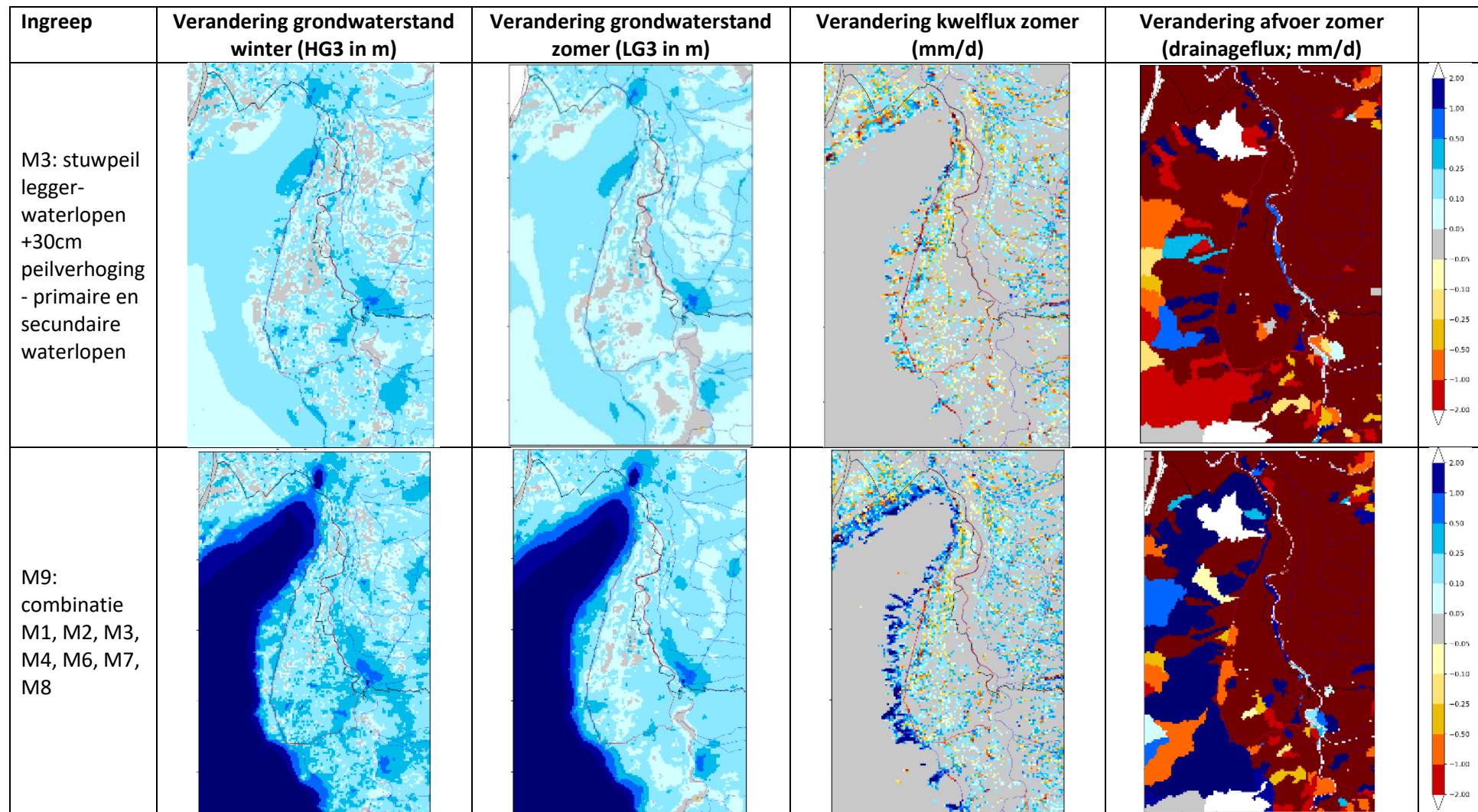
De andere maatregelen hebben een kleiner of meer lokaal effect op het watersysteem van de Noordelijke IJsselvallei, zoals bijvoorbeeld het

onttrekken van grondwater voor drinkwater of beregening. In het laatste geval kan ook de beperkte informatie over beregening van invloed zijn. Waarschijnlijk is de mate van onttrekking voor beregening tijdens droge jaren (veel) groter dan momenteel bekend. Het effect van het stopzetten/verminderen van beregening is dus mogelijk groter dan nu berekend.

Sommige maatregelen hebben vooral een effect op het watersysteem van de Veluwe en de Veluweflank, bijvoorbeeld het verminderen van grondwateronttrekkingen en het omzetten van naaldbos naar heide. De veranderingen in dit bovenstroomse gebied kunnen doorwerken op de Noordelijke IJsselvallei via een toename van de afvoer van beeksystemen of een toename van de kwel vanuit de Veluwe naar de IJsselvallei.

## KLIMAP Toekomstverkenningen Methodes

*Figuur 5.1 Berekende effect op het watersysteem van ingrepen M3 (stuwpeil leggerwaterlopen +30cm peilverhoging - primaire en secundaire waterlopen) en M9 (combinatie M1, M2, M3, M4, M6, M7, M8): verandering grondwaterstand in de winter (HG3), verandering van de grondwaterstand in de zomer (LG3), verandering van de kwelflux in de zomer en verandering van de afvoer (drainageflux) in de zomer. Blauwe kleuren duiden op een vernatting (stijging grondwaterstand, toename kwel, toename afvoer) en gele/rode kleuren op verdroging (daling grondwaterstand, afname kwel, afname afvoer).*



KLIMAP Toekomstverkenningen Methodes

Tabel 5.1 Overzicht effectiviteit maatregelen voor de Noordelijke IJsselvallei

Maatregel (incl. korte toelichting)	Effecten Noordelijke IJsselvallei		
	Grondwaterstand (LHM)	Zomer kwelfluxen (LHM)	Zomer afvoerfluxen (LHM)
<b>M1: onttrekking grondwater voor drinkwater</b> M1 → 50%stoppen / M1x → 100% stoppen	Nagenoeg geen effect op freatische gw-stand in N. IJsselvallei. Wanneer er geen water meer onttrokken wordt is er een stijging van 5cm tot 10cm zichtbaar rondom Twello.	Aan de rand met de Veluwe is er een toename van de zomerkwel (1 mm/d tot 2 mm/d). Wanneer er geen water meer onttrokken wordt is er een toename van 0.05mm/d tot 0.1 mm/d zichtbaar rondom Twello.	Toename van zomerafvoer in Terwolde Laag, met name het oosten.
<b>M2: onttrekking grondwater voor beregening</b> M2 → 50%stoppen / M2x → 100% stoppen	Nagenoeg geen effect op freatische gw-stand in N. IJsselvallei. Wanneer er geen water meer onttrokken wordt is er een stijging van 5cm tot 10cm in het oosten van Terwolde Hoog.	Aan de rand met de Veluwe is er een lichte toename van de zomerkwel (0mm/d tot 1 mm/d). In Terwolde Hoog neemt de zomerkwel in sommige gebieden toe tot 0.25 mm/d. Wanneer er geen water meer onttrokken wordt kan dit tot 0.5 mm/d oplopen.	In heel de N. IJsselvallei is een toename van de zomerafvoer zichtbaar. De hoogste fluxen zijn zichtbaar langs het afvoerkanaal en de IJssel (1 tot 2 mm/d).
<b>M3: stuwpeil leggerwaterlopen</b> +30cm peilverhoging primair en secundaire waterlopen	Significant effect op freatische gw-stand in winter en zomer (5 cm tot 35 cm). Kans op wateroverlast kan hierdoor wel hoger worden.	Er is een gemengd patroon met toe- en afnames zichtbaar van de zomerkwel. In de kwelgebieden neemt de zomerkwel over het algemeen toe tussen de 0.5mm/d en 1 mm/d.	In heel de N. IJsselvallei is een afname van de zomerafvoer zichtbaar van meer dan 2 mm/d.
<b>M4: drainageniveau tertiair systeem</b> +30cm ophogen drainagebasis tertiair systeem	Drainageniveau 30cm ophogen heeft in winter en voorjaar effect op freatische gw-stand (5cm tot 10cm), niet in zomer	Nagenoeg geen effect op de zomerkwel. Alleen rond de kwelgebieden zijn wat kleine veranderingen zichtbaar in de orde van 0.05 mmd	In heel de N. IJsselvallei is een toename van de zomerafvoer zichtbaar. In Terwolde Laag is dit meer dan 2 mm/d.
<b>M5: combi M3 en M4</b>	Zie M3	Zie M3	In heel de N. IJsselvallei is een afname van de zomerafvoer zichtbaar, vaak meer dan 2 mm/d.
<b>M6: ondergrondse zoetwaterberging</b> Toegepast in alle gebieden met GHG > 2.5 m, gedurende 6	Nagenoeg geen effect op freatische gw-stand in N. IJsselvallei.	Nagenoeg geen effect op de zomerkwel. Aan de rand met de Veluwe is er een toename van de zomerkwel (1 mm/d tot 2 mm/d).	Toename van de zomerafvoer aan de rand met de Veluwe het zuiden van Terwolde Hoog tussen de 0.25 en 1 mm/d.



KLIMAP Toekomstverkenningen Methodes

wintermaanden 100 mm extra voeding grondwater			
<b>M7: naaldbos naar heide (overall)</b>	Nagenoeg geen effect op freatische gw-stand in N. IJsselvallei.	Nagenoeg geen effect op de zomerkwel. Aan de rand met de Veluwe is er een toename van de zomerkwel (1 mm/d tot 2 mm/d).	Toename van de zomerafvoer aan de rand met de Veluwe en Terwolde Hoog tussen de 0.25 en 0.5 mm/d. Rond Apeldoorn is een toename van meer dan 2 mm/d zichtbaar.
<b>M8: afkoppeling regenwater bebouwd gebied, bevorderen infiltratie</b> Deze maatregelen leiden tot ongeveer 100 mm extra voeding grondwater	Lichte stijging (10cm) in de stedelijke gebieden Apeldoorn en Twello	Nagenoeg geen effect op de zomerkwel. Aan de rand met de Veluwe is er een toename van de zomerkwel (0 mm/d tot 1 mm/d).	Toename van de zomerafvoer aan de rand met de Veluwe en Terwolde Hoog rond de 0.25 mm/d. Rond Apeldoorn is een toename van meer dan 2 mm/d zichtbaar.
<b>M9: combi van M1, M2, M3, M4, M6, M7, M8</b>	Significant effect door met name M3	Significant effect door met name M3	In heel de N. IJsselvallei is een afname van de zomerafvoer zichtbaar, vaak meer dan 2 mm/d.
<b>B1:</b> M2x in bufferzone van 500m rondom natte natuur	Nagenoeg geen effect op freatische gw-stand in N. IJsselvallei.	In Terwolde Hoog zijn een aantal gebieden waar de zomerkwel tot 0.25 mm/d kan toenemen.	Een lichte toename in het westen van Terwolde Hoog tot 0.25 mm/d. In de kwelgebieden kan de afvoer toenemen tot 2 mm/d in Terwolde Laag.
<b>B2:</b> M5 in bufferzone van 500m rondom natte natuur	Stijging tussen 10cm en 25 cm in kwelgebieden en sommige gebieden in Terwolde Hoog. In de winter kan er lokaal een stijging van 50cm ontstaan.	Er is een afname van de zomerkwel in kwelgebieden tot 1 mm/d, maar een toename in het gebied hier rondom heen (0.25mm/d). In Terwolde Hoog is een gemengd patroon met toe- en afnames zichtbaar van de zomerkwel.	Een afname van meer dan 2 mm/d aan de westkant van de N. IJsselvallei. Een toename tussen de 0.05 en 0.5 mm/d aan de oostkant van de N. IJsselvallei.
<b>B3:</b> M1x in bufferzone van 500m rondom natte natuur	Nagenoeg geen effect op freatische gw-stand in N. IJsselvallei.	Nagenoeg geen effect op de zomerkwel.	In Terwolde Laag is er een toename van de zomerafvoer tussen de 0.05 en 0.25 mm/d.

### 5.1.2 Waterstromenanalyse

Figuur 5.2 en Figuur 5.3 geven een overzicht van de waterstromen in de IJsselvallei in zomer 2018, in de referentiesituatie (Figuur 5.2) en met alle maatregelen uit scenario M9 (Figuur 5.3) (hogere peilen, actief infiltreren, bosvorming). In Bijlage D zijn de waterbalansen voor de kwel- en infiltratie-deelgebieden apart weergegeven.

Voor de natuurgebieden geldt dat de gemiddelde netto kwelstroom, de verdamping en de afvoer zijn verlaagd onder het maatregelscenario. Deze ontwikkelingen liggen vooral bij de kwel-natuurgebieden. In de infiltratie-natuurgebieden is juist sprake van een toegenomen aanvoer en verdamping, terwijl de infiltratie gelijk is gebleven. Hier lijken de condities dus natter geworden in de zomerperiode. In de kwel-natuurgebieden is behalve een afname in kwel een duidelijke afname in verdamping te zien, terwijl de drainage-afvoer juist is verhoogd. Deze ontwikkelingen kunnen te wijten zijn aan de omvorming van naaldbos naar heide en verlaagde hydrologische gradiënten in het systeem: mogelijk worden de natuurgebieden meer beïnvloed door het hydrologisch gradiënt richting de Veluwe dan de landbouwgebieden. Ook vormen de kwel-natuurgebieden maar een relatief klein oppervlak in het gebied, waardoor veranderingen in het systeem procentueel snel sterk doorwerken.

In het landbouwgebied neemt de verdamping iets toe onder het maatregelscenario (+3%). Dit hangt samen met een sterke toename van de gemiddelde netto kwelstroom (+33%; toename kwel in kwelgebieden en afname infiltratie in infiltratiegebieden) en een sterk verhoogde aanvoer vanuit de oppervlaktewateren (+44%). De vraag naar beregening is hierdoor afgenomen: de beregening uit grondwater is volgens het scenario gehalveerd, maar toch is de beregening uit oppervlaktewater ook verlaagd (-10%). Hier tegenover staat een verhoogde vraag naar inlaatwater om de peilen hoog te houden. Hoeveel water er precies wordt ingelaten in dit scenario is niet bekend: de watervraag vanuit peilbeheer en beregening ligt

nog onder de hoeveelheid die in 2018 daadwerkelijk is ingelaten, maar het is niet duidelijk hoeveel water daar bovenop nog nodig is voor doorspoeling en verliezen bij gemaal Veluwe. De extra watervraag ligt vooral in de lagere (kwel)gebieden, waar de wateraanvoer veel sterker toeneemt dan in de infiltratiegebieden. In de infiltratiegebieden blijft echter de vraag naar grondwaterberegening relatief groot, terwijl deze in de kwelgebieden met driekwart afneemt.

In bebouwd gebied leiden de maatregelen tot een vrij sterke verhoging in verdamping ten opzichte van natuur en landbouw (+10%), mogelijk door de verhoogde peilen of de actieve infiltratie in de stad. De verdamping neemt zowel in de kwelgebieden als in de infiltratiegebieden toe. In de infiltratiegebieden neemt echter de infiltratie iets toe, terwijl de kwel in kwel-stadsgebieden groter wordt. Dit lijkt erop te wijzen dat in de hogere gebieden de extra infiltratie de meeste invloed. In het referentiescenario is zelfs in deze droge zomer sprake van een afvoer van regenwater naar de RWZI; als deze stroom in het maatregelscenario wordt opgevangen en geïnfiltreerd levert dit ook in de zomer extra infiltratie in de stad op.

Wat drinkwater betreft is al in het referentiescenario sprake van een grote externe aanvoer naar het gebied. Dit komt vooral doordat er binnen de afbakening van het studiegebied maar één winning ligt, terwijl net over de grens juiste enkele grotere winningen liggen (bijv. Apeldoorn). Belangrijk is wel dat door de halvering van de drinkwaterwinning de afhankelijkheid van aangevoerd drinkwater nog groter wordt, wanneer er geen sterke waterbesparing of alternatieve bronnen mogelijk zijn. De wateronttrekkingen door de industrie worden niet door de onderzochte maatregelen beïnvloed.

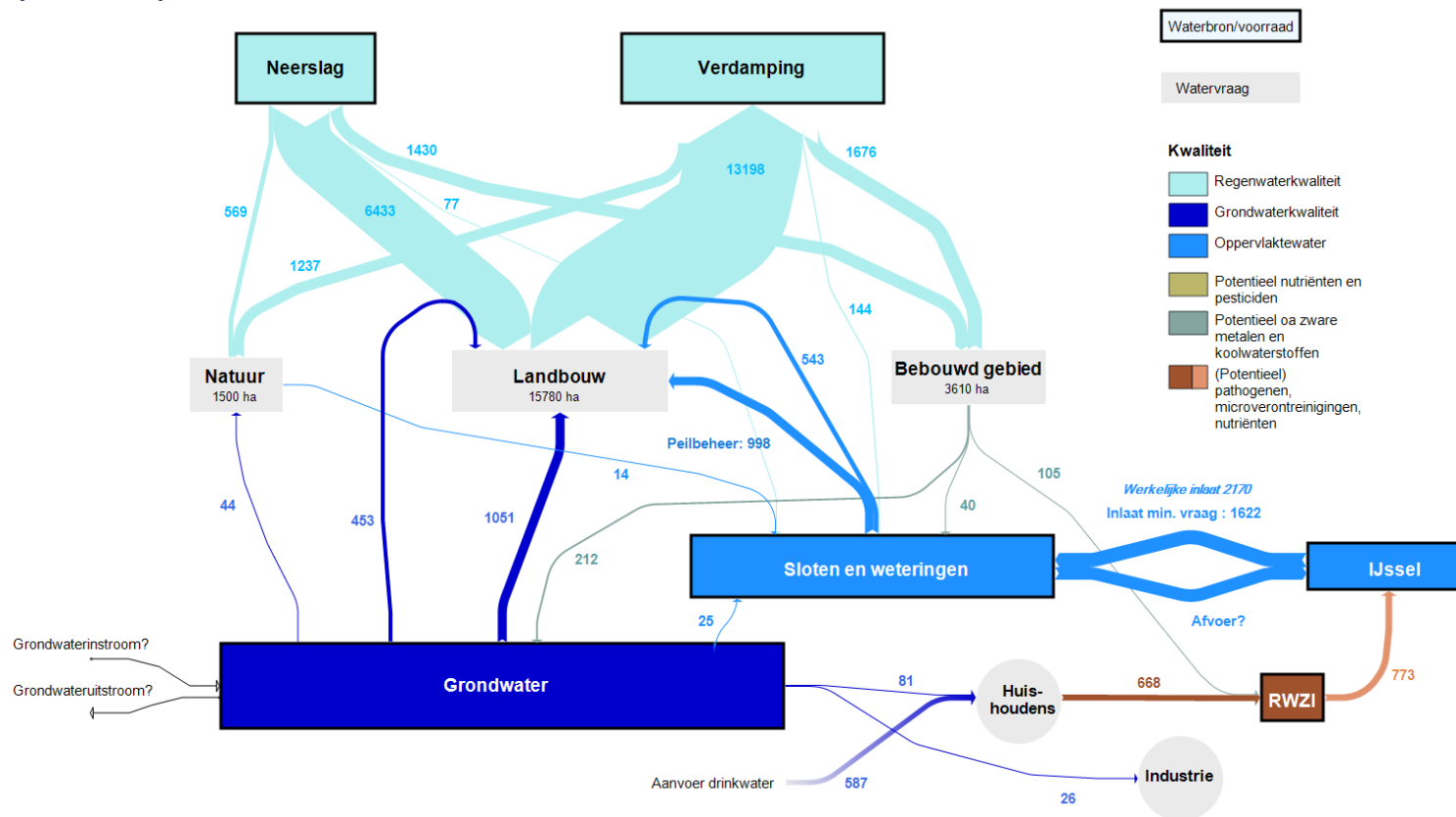
Samenvattend laten de waterstroomanalyses zien dat landbouw- en bebouwde gebieden lijken te profiteren van de verschillende maatregelen,

maar dat de gevolgen voor met name kwel-natuurgebieden niet direct positief lijken. Daarbij neemt ook de afhankelijkheid van extern oppervlaktewater en –drinkwater sterk toe. De balans van het grondwater

(laag 2 en dieper) wordt netto iets negatiever: de grondwatervoorraad profiteert van de lagere onttrekkingen, maar verliest ook een grotere hoeveelheid water aan kwel.

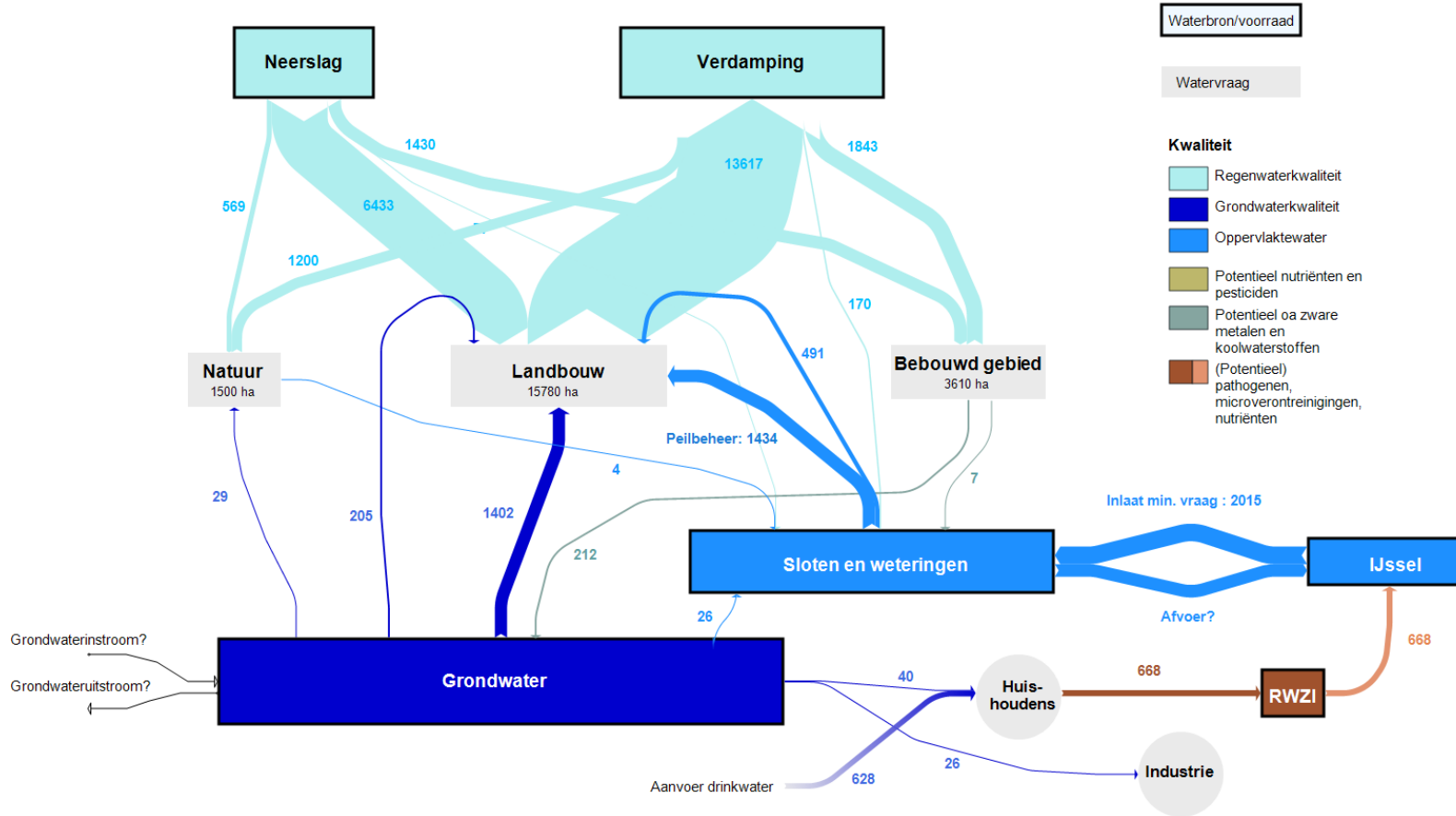
**IJsselvallei waterbudget**  
**Scenario REF - Zomer 2018**

[1000 m<sup>3</sup>/maand]



Figuur 5.2 Waterbudget voor de IJsselvallei over juni-augustus 2018 in het referentiescenario (geen ingrepen).

**IJsselvallei waterbudget**  
**Scenario M9 - Zomer 2018**  
 [1000 m3/maand]



Figuur 5.3 Waterbudget voor de IJsselvallei over juni-augustus 2018 onder scenario M9 (combinatie van maatregelen)

### 5.1.3 Waterwijzer Landbouw

De Waterwijzer Landbouw is toegepast op de berekende grondwaterstanden in van den Eertwegh et al. (2021), voor de referentie simulatie en de maatregel M9 (Tabel 5.1). De gemiddelde potentiële opbrengst, de gemiddelde totale opbrengstderving, opbrengstderving door zuurstof-stress en opbrengstderving door droogtestress berekend over de hele periode (2013-2019), en de potentiële opbrengst en derving in een nat (2017), droog (2018) en gemiddeld (2014) jaar, zijn hieronder beschreven. We gaan hier minder in op de absolute resultaten, maar voornamelijk op de gevonden verschillen tussen de referentie- en maatregelsituatie.

Voor de verschil figuren geldt: als het opbrengstdervingverschil door stress negatief is, betekent dit dat de desbetreffende stress in de referentiesituatie *lager* was dan met de maatregel. Omgekeerd: als het opbrengstdervingverschil door stress positieve getallen heeft, is de desbetreffende stress in de referentiesituatie *hoger* dan met de maatregel.

#### Hele periode 2013-2019

Om te kunnen begrijpen welke verschillen, als gevolg van een maatregel, optreden is de uitgangssituatie van het gebied belangrijk. De WWL berekent allereerst de potentiële opbrengst over een periode (Figuur 5.4A). Vervolgens wordt de totale opbrengstderving procentueel berekend (Figuur 5.4B). De opbrengstderving wordt veroorzaakt door zuurstofstress (Figuur 5.4C) en droogstress (Figuur 5.4D). Opvallend in het gebied is dat de potentiële opbrengst vrij heterogeen verdeeld is (groene gebieden), met enkele uitschieters in potentiële opbrengst (oranje/ roze gebieden) (Figuur 5.4A). Vooral het noordelijke en middelste deel van het gebied laten opbrengstderving zien, maar de meeste derving is te zien in een klein gebied in het zuidoosten (Figuur 5.4B). Er treedt zowel droogte- als zuurstofstress op, maar droogtestress leidt tot een hoger opbrengst-

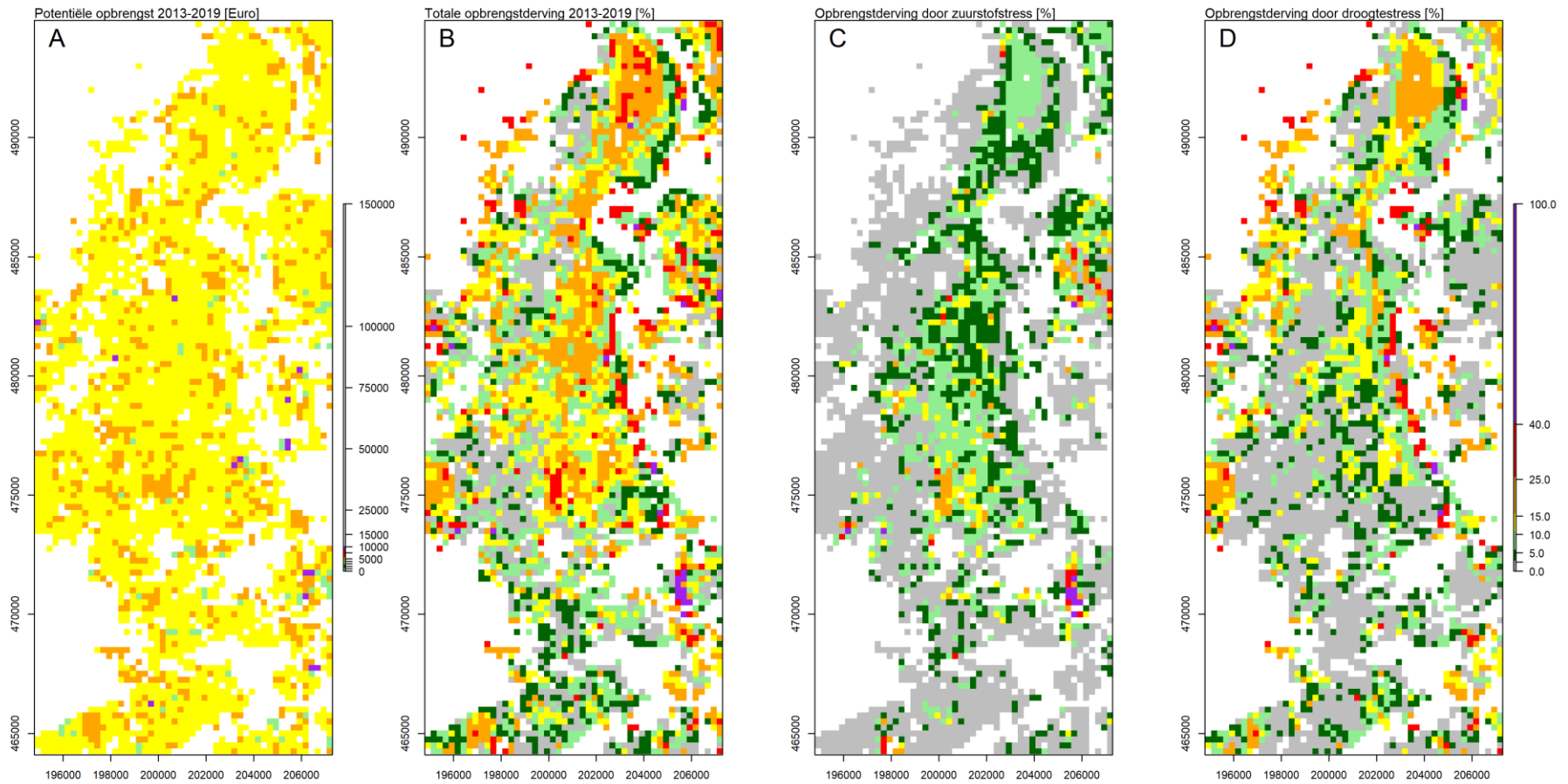
derving (Figuur 5.4D), behalve in een klein gebied in het zuidoosten waar veel zuurstofstress optreedt (Figuur 5.4C).

#### Gemiddeld jaar 2014

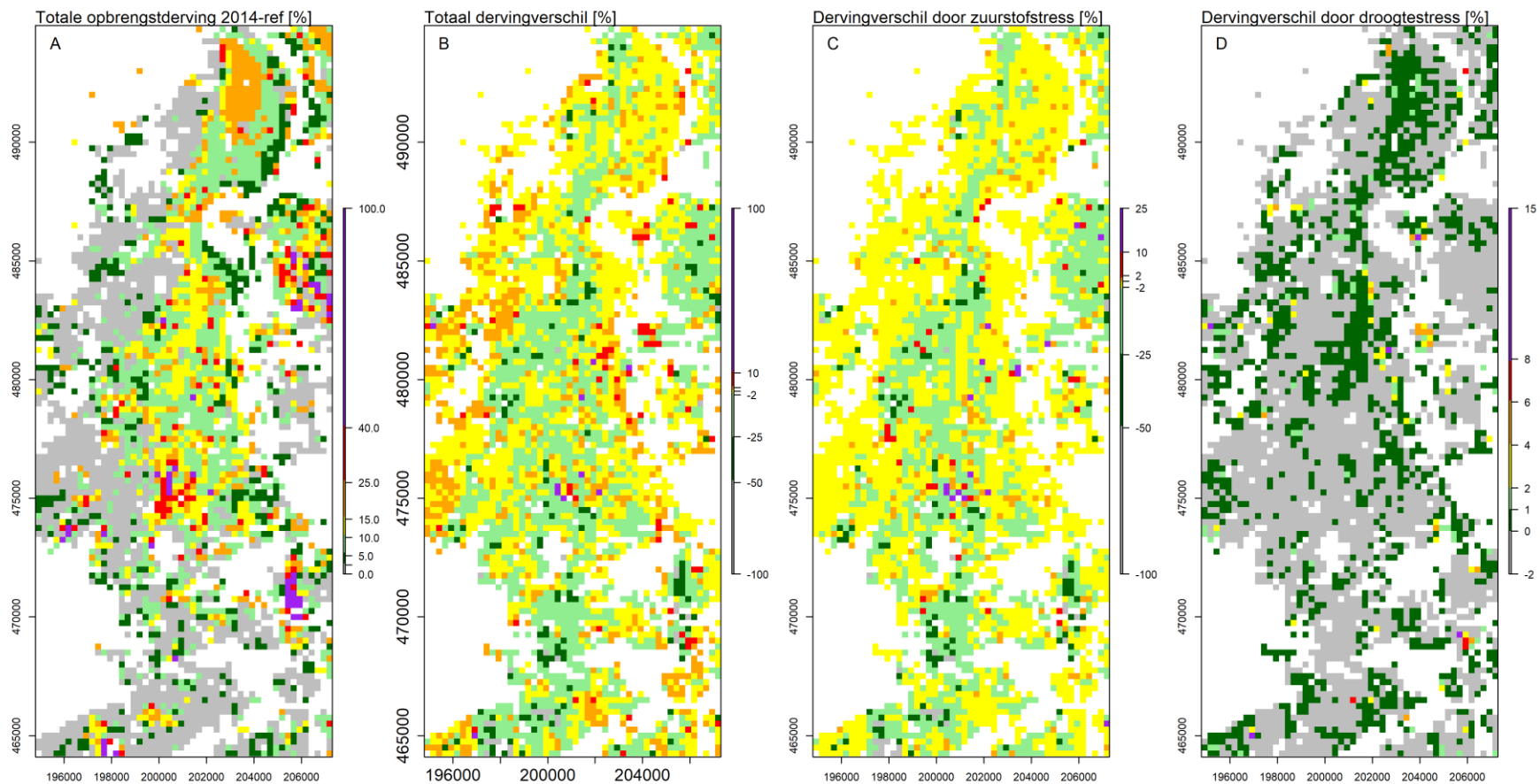
In het gemiddelde jaar, 2014, is er minder opbrengstderving te zien dan gemiddeld over de hele periode (Figuur 5.4B, Figuur 5.5A). Het opbrengstverschil door zuurstofstress en droogtestress, tussen de referentie en de maatregel, wordt weergegeven in respectievelijk Figuur 5.5C en Figuur 5.5D. Het opbrengstverschil door zuurstofstress heeft een grote range. Het gebied kan in 4 delen worden ingedeeld. In het zuidelijk deel van het gebied zijn uitschieters tussen de -50 en -100 % berekend, in het midden is een range van -2 % tot -25 % berekend, zowel westelijk, oostelijk en noordelijk is het verschil  $\pm$  -2% tot 0%. Her en der, maar met name in het midden van het gebied zijn uitschieters tussen de 2 % en 25 % berekend (Figuur 1-3B). Het verschil in droogtestress is minder groot. In het grootste gedeelte van het gebied is het verschil tussen de -2 % en 0 %. Met name in het midden en noorden is een verschil van 0 % tot +1 % berekend. In enkele cellen zijn uitschieters naar 15 % berekend (Figuur 5.5D). Opvallend is nog het stukje rechts onderin (zuidoost) waar zowel meer droogtestress als meer zuurstofstress is berekend.

*In een gemiddeld jaar zijn de opbrengstdervingverschillen door zuurstofstress over het algemeen negatief. Dit betekent dat er in gemiddelde jaren meer opbrengstderving door zuurstofstress voorkomt in het gebied, als de maatregel M9 is toegepast. Opbrengstderving door droogtestress is zowel negatief als positief. Dit betekent dat het sterk locatie afhankelijk is of er meer (negatieve waarden) of minder (positieve waarden) opbrengstderving door droogtestress in het gebied voorkomt, als maatregel M9 is toegepast.*

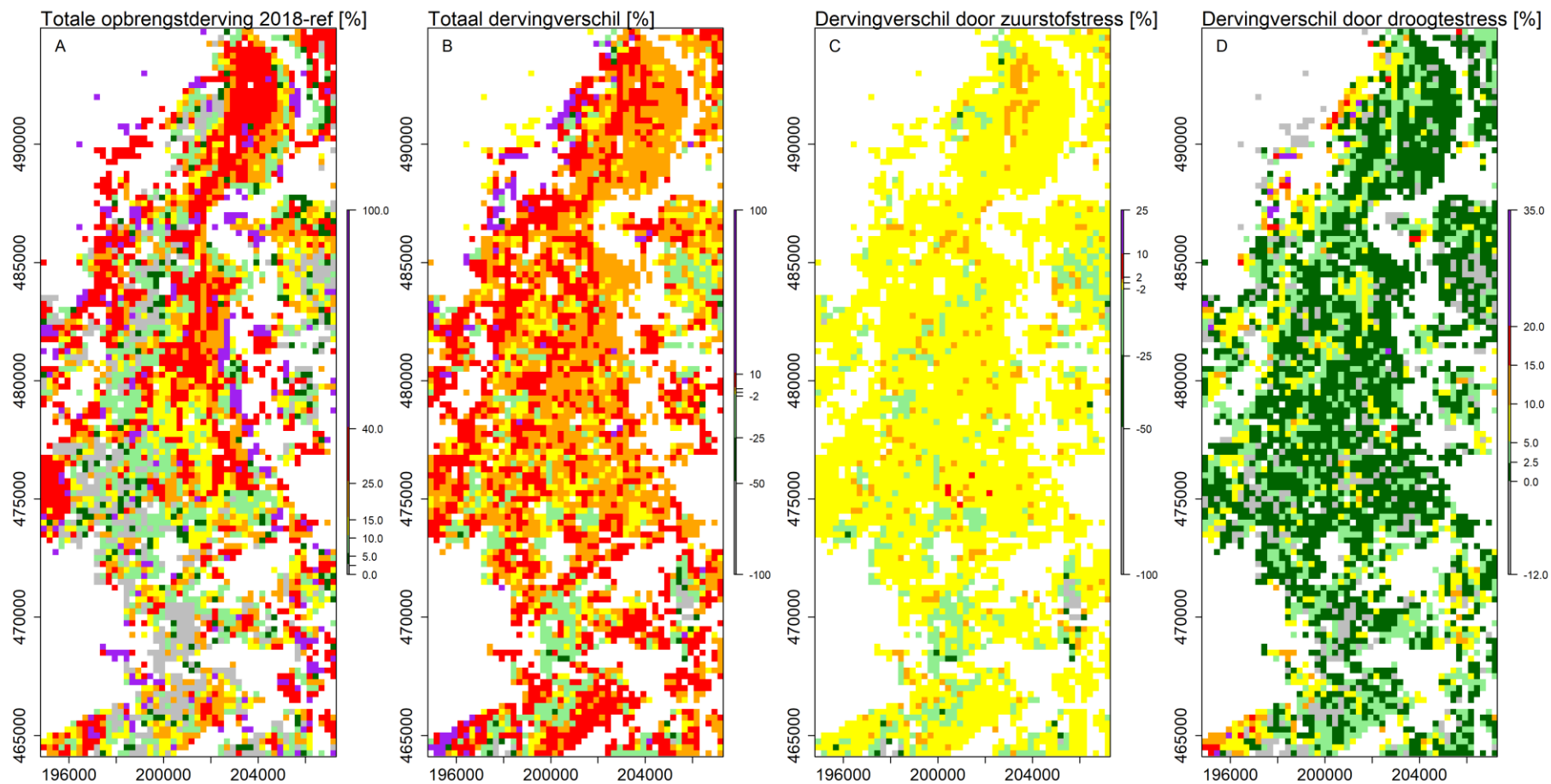
## KLIMAP Toekomstverkenningen Methoden



Figuur 5.4 Gemiddelde potentiële opbrengst (euro), totale opbrengstderving (%), derving door droogtestress (%) en derving door zuurstofstress (%) over de periode 2013-2019

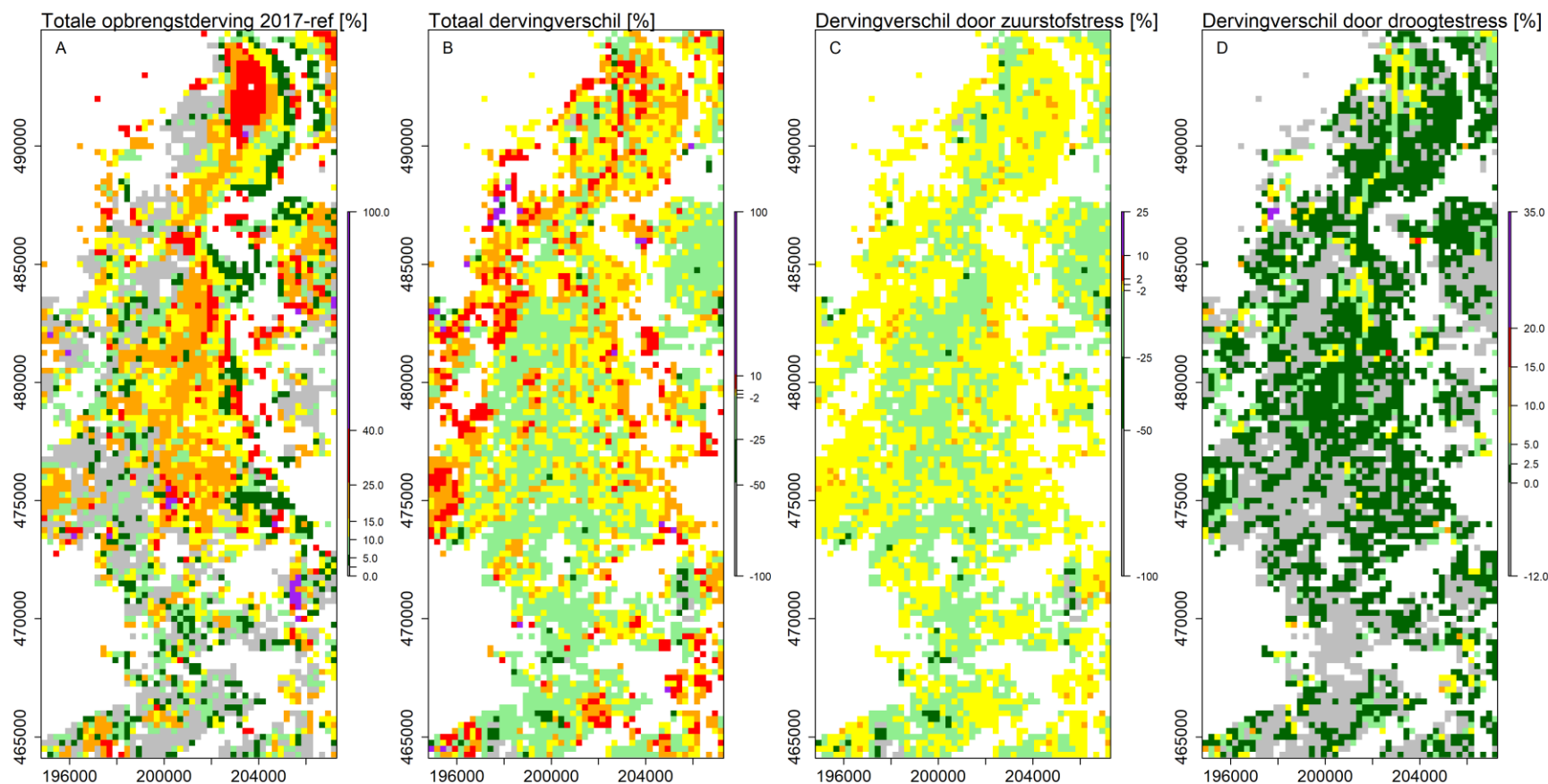


Figuur 5.5 Totale opbrengstderiving in de referentiesituatie (%), het totale (droogte- en zuurstofstress) verschil in opbrengstderiving (referentie – maatregel) (%), het verschil in opbrengstderiving (referentie – maatregel) door zuurstofstress (%), het verschil in opbrengstderiving (referentie – maatregel) door droogtestress (%) in 2014. Let op, de legendaverdeling verschilt per figuur.



Figuur 5.6 Totale opbrengstderving in de referentiesituatie (%), het totale (droogte- en zuurstofstress) verschil in opbrengstderving (referentie – maatregel) (%), het verschil in opbrengstderving (referentie – maatregel) door zuurstofstress (%), het verschil in opbrengstderving (referentie – maatregel) door droogtestress (%) in 2018. Let op, de legendaverdeling verschilt per figuur.





Figuur 5.7 Totale opbrengstderving in de referentiesituatie (%), het totale (droogte- en zuurstofstress) verschil in opbrengstderving (referentie – maatregel) (%), het verschil in opbrengstderving (referentie – maatregel) door zuurstofstress (%), het verschil in opbrengstderving (referentie – maatregel) door droogtestress (%) in 2017. Let op, de legendaverdeling verschilt per figuur.

### Droog jaar 2018

De gevolgen van het droge jaar 2018 leiden tot een hogere opbrengstderving dan gemiddeld (Figuur 5.6A). Een groot deel van de IJsselvallei laat een opbrengstderving zien tussen de 25-40%. Ook

uitschieters tussen de 40-100 % zijn zichtbaar, met name rondom de IJssel (de witte slinger rechts naast het midden). In het westen van het gebied, wat hoger gelegen is, is minder opbrengstderving (Figuur 5.6A). Op opbrengstdervingverschil als gevolg van zuurstof is laag, tussen de -2 en +2

% (Figuur 5.6C). Een minder groot deel heeft een opbrengstdervingverschil tussen de -2 en -25 %. Zuidoostelijk is een gebied met een opmerkelijk dervingverschil van -50 tot -100%. Als laatste is ook een opbrengstdervingverschil door droogtestress berekend (Figuur 5.6D). Het merendeel van het gebied laat een verschil van 0 tot 5% zien. Daarnaast zijn er uitschieters omhoog (> 5%), maar ook omlaag (< 0 %).

*In een droog jaar zijn de opbrengstdervingverschillen door zuurstofstress laag, negatief. Dit betekent dat er in drogere jaren meer opbrengstderving door zuurstofstress voorkomt in het gebied, als de maatregel M9 is toegepast. Opbrengstderving door droogtestress is voornamelijk positief. Dit betekent dat er minder opbrengstderving door droogtestress in het gebied voorkomt, als maatregel M9 is toegepast.*

#### **Nat jaar 2017**

In het natte jaar 2017 is voor een groot deel van de IJsselvallei een opbrengstderving berekend tussen de 15-40% (Figuur 5.7A). Er treedt over een groter oppervlakte derving op dan gemiddeld over de periode en hogere waarden dan 40 % komen vaker voor (Figuur 5.7A en Figuur 5.7C). Het opbrengstdervingverschil door zuurstofstress is grotendeels tussen de 0 en -2 %, en tussen -2 en -25 %. Enkele cellen schieten juist positief (0-2%) uit, of juist negatief (-25 en -100 %). Het dervingverschil door droogtestress is grotendeels tussen de 0 en 2.5 %. Vervolgens tussen 0 en -12 %. Een aantal cellen, links bovenin, laat uitschieters van derving verschil door droogtestress > 10 % zien (Figuur 5.7B en Figuur 5.7D). Een klein gedeelte van de cellen heeft een opbrengstdervingverschil > 2.5 %.

*In een nat jaar zijn de opbrengstdervingverschillen door zuurstofstress logischerwijs hoger dan de verschillen door droogtestress. De opbrengstdervingverschillen door zuurstofstress zijn voornamelijk negatief. Dit betekent dat er in nattere jaren meer opbrengstderving door zuurstofstress voorkomt in het gebied, als de maatregel M9 is toegepast.*

*Opbrengstderving door droogtestress vermindert in het oosten, maar in het westen niet.*

#### **Samenvatting voor de twee deelgebieden**

Error! Reference source not found. toont een samenvatting van de resultaten van de effecten van maatregelpakket M9 op landbouw op het aggregatieniveau van de twee deelgebieden van de Noordelijke IJsselvallei (Terwolde Hoog en Terwolde Laag). Procentuele opbrengstderving in de referentie situatie is het hoogst in een droog jaar, gevolgd door opbrengstderving in een nat jaar en als laatste volgt een gemiddeld jaar. Opgemerkt moet worden de variatie in procentuele opbrengstderving, aangegeven in percentielen (Error! Reference source not found.). Uit de resultaten (Error! Reference source not found.) blijkt dat zuurstofstress toeneemt en droogtestress afneemt bij het toepassen van maatregel M9 t.o.v. de referentiesituatie. Dit is een logisch gevolg, gezien het gebied door het toepassen van de maatregel M9 over het algemeen natter wordt. Opgemerkt moet worden dat er bekend is dat er te natte condities in de WWL kunnen worden berekend. In de Werksessie op 5 maart 2021 met gebiedsbeheerders kwam dit ter sprake over een relatief nat stuk in Hoog Terwolde. De gebiedsbeheerders herkenden dit natte gebied niet in de referentiesituatie. Door het toepassen van de maatregel wordt dit gebied nog natter berekend, waardoor er meer opbrengstderving kan worden berekend dan in werkelijkheid voorkomt. Droogtestress neemt door het toepassen van de maatregel juist af, doordat het gebied natter wordt.



KLIMAP Toekomstverkenningen Methoden

Tabel 5.2 Samenvatting van de effecten van maatregelpakket M9 op landbouw voor Terwolde Hoog en Terwolde Laag (opbrengstderving of toename opbrengst). Negatief getal betekent meer opbrengstderving met maatregel M9 t.o.v. de referentiesituatie. Een positief getal betekent meer opbrengstderving in de referentiesituatie t.o.v. situatie met de maatregel M9.

			Terwolde hoog			Terwolde laag		
			Gemiddeld (%)	5de percentiel (%)	95de percentiel (%)	Gemiddeld (%)	5de percentiel (%)	95de percentiel (%)
Opbrengstderving in referentiesituatie	Gemiddeld jaar (2014)	Totaal	6	0	24	9	0	24
	Droog jaar (2018)	Totaal	15	0	44	19	0	41
	Nat jaar (2017)	Totaal	8	0	23	12	0	28
Verschil opbrengstderving (referentie - M9)	Gemiddeld jaar (2014)	Totaal	-8	-40	0	-3	-15	1
		Zuurstofstress	-7	-39	0	-3	-13	0
		Droogtestress	0	0	1	0	0	1
	Droog jaar (2018)	Totaal	-1	-13	6	1	-2	5
		Zuurstofstress	-3	-13	0	-1	-3	0
		Droogtestress	3	0	8	2	0	7
	Nat jaar (2017)	Totaal	-7	-27	3	-2	-11	3
		Zuurstofstress	-6	-27	0	-3	-10	0
		Droogtestress	1	0	4	1	0	5

## 5.2 Regioscan

De workshop en de aanvullende analyses van het waterschap heeft inzicht gegeven in de bruikbaarheid van de Regioscan Zoetwater. Daarnaast kwamen een aantal sterke punten van de Regioscan naar voren, maar ook een aantal verbeterpunten.

### 5.2.1 Sterke punten

- Regioscan is zeer geschikt om in een eerste fase te kijken welke maatregelen effectief kunnen zijn in een gebied.
- Voor toekomst scenario's kan nu al gebruik worden gemaakt van DPZW scenario Stoom.
- Met het oog op subsidiëren zag het waterschap extra potentie in deze tool om snel te kunnen analyseren of een maatregel in een bepaald gebied goed zou kunnen werken.

### 5.2.2 Verbeterpunten

- Analyses met de Regioscan vereisen voorbereiding en begeleiding door een expert. Het is voor een waterbeheerder nog lastig om zelfstandig met de Regioscan te werken. De redenen hiervan zijn:
  - o Regioscan moet "geparametriseerd" worden met data uit een regionaal of landelijk geohydrologisch model (zoals LHM of AZURE).
  - o De veelheid aan opties en achtergrondinformatie maakt het lastig de (on)mogelijkheden van Regioscan snel te overzien.
- Het is niet mogelijk om de effecten van landgebruiksveranderingen of een maatregel gericht op "gewas-verandering" in beeld te brengen met de Regioscan. Hiervoor moet eerst het hydrologisch model opnieuw gedraaid worden met een veranderend landgebruik, waarna het in Regioscan meegenomen kan worden.

- Nieuwe vormen van landbouw, zoals kringlooplandbouw en natuur inclusieve landbouw, zijn niet opgenomen in de Regioscan.

Droogteschade is nu gebaseerd op verdampingreductie (Tpot-Tact) en wordt d.m.v. AGRICOM\* vertaald naar een opbrengstderving. De wens vanuit DPZW is om WWL hiervoor te gaan gebruiken. Wanneer/Of dit gebeurt is niet bekend.

### 5.2.3 Algemene bevindingen

Het gebruik van Regioscan Zoetwater is soms lastig te interpreteren wanneer hier geen toelichting op is gegeven. Hierdoor is het aan te raden om het 'eerste' gebruik van Regioscan Zoetwater te laten begeleiden door een expert. Alles staat goed beschreven in een rapportage maar dit werd niet als heel bruikbaar ervaren door waterschap Vallei & Veluwe. Zij raden aan om extra informatie in de tool aan te brengen zodat gebruikers de informatie gelijk ter handen hebben. Zo kan men op 1 pagina vinden waar men naar aan het kijken is en hoe de onderliggende kaart tot stand is gekomen.

De nauwkeurigheid van de Regioscan Zoetwater is sterk afhankelijk van de invoer die gebruikt wordt. Niet alleen de schaalgrootte van het hydrologische model is van belang, maar ook de bronbestanden zoals drainage- of slootbodemoogtes. Wanneer deze bestanden zijn verouderd kan de betrouwbaarheid van de tool in het geding komen doordat het een andere hydrologische situatie schetst die niet wordt herkend door omgevingsmanagers.

## 5.3 DPZW MKBA

### 5.3.1 Resultaat Zandgronden

Voor de Hoge Zandgronden Zuid lijkt een pakket met een positief kostenbatensaldo mogelijk (Tabel 5.3). De modelvertaling van een voorkeurspakket laat per hectare voldoende potentie zien, zowel bij de gematigde als de meer extreme klimaatscenario's. Het vermeden droogterisico per hectare ligt hoger dan de kosten per hectare van een groot deel van de maatregelen. Tegelijkertijd lijken de voorgestelde maatregelen niet in staat om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen. Het budget dat de regio verwacht nodig te hebben voor DP-fase 2 past bij de ambitie om over 20% van het areaal maatregelen te implementeren. Er zijn verschillende maatregelen die voor het beschikbare budget per hectare kunnen worden uitgevoerd.

Voor de Hoge Zandgronden Oost-Nederland (Tabel 5.4) en de zandgronden in het IJsselmeergebied (Tabel 5.5) blijkt dat de potentiële risicoreductie voor landbouw aanzienlijk is, maar dat de baten onvoldoende zijn om de investering te rechtvaardigen in een gematigd scenario als alleen naar de zoetwatereffecten wordt gekeken. De analyse van een modelvertaling laat bij een grootschalige uitrol, per hectare onvoldoende positieve effecten zien. Er is slechts een maatregel beschikbaar (flexibel peilbeheer) die in de Referentie en gematigde scenario's per hectare lagere kosten heeft dan het berekende effect per hectare. Het effect per hectare is lager dan in de Hoge Zandgronden Zuid, doordat het droogterisico kleiner is en er minder hoogwaardige gewassen worden geteeld. Voor de extremere klimaatscenario's zijn er meer maatregelen die voldoen. Vooralsnog is echter niet duidelijk of een dergelijk scenario ook gaat optreden. Bij een gelijke weging van de scenario's en als alleen wordt gekeken naar de vermeden zoetwatertekorten zijn na de komende DP-fase in 2028 de effecten per hectare voldoende om de kosten van de vier meest kosteneffectieve maatregelen te rechtvaardigen. Deze maatregelen zijn echter niet in staat

om onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur te voorkomen.

Geen rekening is echter gehouden met natschade en het feit dat de opbrengst per hectare niet overal even hoog is. Natschade zal de opbrengst kunnen verlagen en de uitrol van gerichte maatregelen over een kleiner gebied met een hoger droogterisico zal de opbrengst per hectare naar verwachting hoger doen uitvallen. Gedeeltelijke uitrol in de komende DP-fase kan dan een positief welvaartssaldo opleveren. Over het effect van gedeeltelijke uitrol en van natschade is echter geen informatie beschikbaar. Ook kan het verstandig zijn eerder te beginnen met uitvoering vanwege de lange doorlooptijd van gebiedsprocessen en de lange reactietijd van het grondwatersysteem. Uitvoering van de modelvertaling van het pakket kan onherstelbare droogteschade aan de grondwaterafhankelijke natuur niet voorkomen. Ook dit vraagt om gerichtere investeringen.

Naast kosteneffectiviteit is ook het kostenbaten saldo van maatregelen berekend. Wanneer beschikbaar zijn hier resultaten van de effectmodule landbouw, scheepvaart en drinkwater voor gebruikt. Wanneer hiervoor geen gegevens beschikbaar waren is het hydrologisch effect van de maatregel (in kuubs water) vermenigvuldigd met de waarde van water. De gemiddelde baten van een maatregel worden afgetrokken van de jaarlijkse kosten. Wanneer het saldo positief is worden de maatregelen definitief beoordeeld als kansrijk.

De MKBA bevat veel informatie en data over een groot aantal zoetwatermaatregelen. De betrouwbaarheid van de data is echter voor een groot deel afhankelijk van de betrouwbaarheid van de inschattingen van de kosten en effectiviteit van de maatregelen door de regio's. In de MKBA zoetwater is gewerkt met nationale modellen, waarmee de

## KLIMAP Toekomstverkenningen Methodes

regionale effecten van (kleinschalige) maatregelen niet goed zijn in te schatten.

Dit betekent dat de resultaten uit de MKBA gebruikt kunnen worden om een idee te krijgen van een orde-grootte aan kosten, effecten en baten van maatregelen. Ze zijn naar verwachting echter niet representatief de specifieke kosten en effecten van maatregelen in de KLIMAP regio's. De resultaten van de MKBA zijn toegevoegd aan de maatregel menukaart.

Tabel 5.3 Hoge Zandgronden Zuid: Maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo.

ID	Code	Naam	Rendabel op basis van benchmark	Eendoordeel
127	1.1	flexibel peilbeheer	Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> , per hectare in de Referentie en Stoom een neutraal of positief saldo en de additionele kwalitatieve effecten hebben een positief of neutraal saldo.	Positief
131	1.4a	sloten dempen		
132	1.4b	sloten verondiepen of afdammen		
133	1.4c	greppels afsluitbaar maken		
134	1.4d	duikers verhogen		
137	1.4g	beperken oppervlakkige afstroming		
142	2.1	verbeteren bodemstructuur		
128	1.2	beekherstel	a) Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar per hectare niet in Referentie en wel in Stoom. Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0. b) Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0, rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> en 2 <sup>e</sup> benchmark per hectare is niet representatief c) maatregel is randvoorwaarde [RW] voor kansrijke maatregelen	Kansrijk
129	1.3a	regelbare drainage		
138	1.5a	afkoppelen verhard oppervlak		
146	2.4	bedrijfsgerichte stimuleringspl. [RW]		
147	2.5	besparen drinkwater		
149	2.6b	hergebruik proceswater		
150	2.6c	hergebruik RWZI-effluent		
151	3.1	functie veranderen in water [RW]	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
152	3.2	naaldbos omzetten		
130	1.3b	onderwaterdrainage	Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
135	1.4e	plaatsen stuwen detailwaterlopen		
136	1.4f	aanleg infiltratiegreppel	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> . Kosten-batensaldo incl. kwalitatieve effecten < 0	Niet kansrijk / negatief
143	2.2a	druppelirrigatie		
144	2.2b	subirrigatie		
145	2.3	water opvangen in bassins		
148	2.6a	hergebruik regenwater		
139	1.5b	groenblauwe structuren	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> . Saldo kwalitatieve effecten is positief. Benchmark is niet representatief.	niet te bepalen
140	1.5c	waterpartijen omvormen tot wadi's		
141	1.5d	ontsteden publiek verhard oppv.		

Tabel 5.4 Hoge Zandgronden Oost: Maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo.

ID	Code	Naam	Rendabel op basis van benchmark	Eendoordeel
153	1.1	flexibel peilbeheer	Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> , per hectare in de Referentie en Stoom een neutraal of positief saldo en de additionele kwalitatieve effecten hebben een positief of neutraal saldo.	Positief
157	1.4a	sloten dempen	a) Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar per hectare niet in Referentie en wel in Stoom. Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0. b) Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0, rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> en 2 <sup>e</sup> benchmark per hectare is niet representatief c) maatregel is randvoorwaarde [RW] voor kansrijke maatregelen	Kansrijk
158	1.4b	sloten verondiepen of afdammen		
159	1.4c	greppels afsluitbaar maken		
160	1.4d	duikers verhogen		
164	1.5a	afkoppelen verhard oppervlak		
168	2.1	verbeteren bodemstructuur		
172	2.4	bedrijfsgerichte stimuleringspl. [RW]		
173	2.5	besparen drinkwater		
175	2.6b	hergebruik proceswater		
176	2.6c	hergebruik RWZI-effluent	Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
177	3.1	functie veranderen in water [RW]		
154	1.2	beekherstel		
155	1.3a	regelbare drainage		
156	1.3b	onderwaterdrainage	naaldbos omzetten (op termijn)	Twijfel
178	3.2	naaldbos omzetten (op termijn)		
161	1.4e	plaatsen stuwen detailwaterlopen	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> . Kosten-batensaldo incl. kwalitatieve effecten < 0	Niet kansrijk / negatief
169	2.2a	druppelirrigatie		
170	2.2b	subirrigatie		
171	2.3	water opvangen in bassins		
174	2.6a	hergebruik regenwater		
165	1.5b	groenblauwe structuren	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> . Saldo kwalitatieve effecten is positief. Benchmark is niet representatief.	niet te bepalen
166	1.5c	waterpartijen omvormen tot wadi's		
167	1.5d	ontsteden publiek verhard oppv.		

Tabel 5.5 Zandgronden IJsselmeergebied: Maatregelen die passen in een voorkeurspakket met een positief kosten-batensaldo.

ID	Naam	Rendabel op basis van benchmark	Eindoordeel
48	flexibel peilbeheer	Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> , per hectare in de Referentie en Stoom een neutraal of positief saldo en de additionele kwalitatieve effecten hebben een positief of neutraal saldo.	Positief
52 53 54 55 59 63 67 68 70 71 72 74 75 76 77	sloten dempen sloten verondiepen of afdammen greppels afsluitbaar maken duikers verhogen afkoppelen verhard oppervlak verbeteren bodemstructuur bedrijfsgerichte stimuleringspl. [RW] besparen drinkwater hergebruik proceswater hergebruik RWZI-effluent functie veranderen voor water [RW] Inrichting Beekdal Linde Beekherstel Hunze Inrichting Beekdal Koningsdiep Beekherstel Drentsche Aa	a) Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar per hectare niet in Referentie en wel in Stoom. Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0. b) Saldo kwalitatieve effecten is ≥ 0, rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> en 2 <sup>e</sup> benchmark per hectare is niet representatief c) maatregel is randvoorwaarde [RW] voor kansrijke maatregelen	Kansrijk
49 50 51 73	beekherstel regelbare drainage onderwaterdrainage naaldbos omzetten	Rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> maar niet per hectare. Saldo kwalitatieve effecten kan mogelijk benchmark per hectare compenseren, maar misschien ook niet.	Twijfel
56 64 65 66 69	plaatsen stuwen detailwaterlopen druppelirrigatie subirrigatie water opvangen in bassins hergebruik regenwater	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> . Kosten-batensaldo incl. kwalitatieve effecten < 0	Niet kansrijk / negatief
60 61 62	groenblauwe structuren waterpartijen omvormen tot wadi's ontsteden publiek verhard oppv.	Niet rendabel op basis van benchmark per m <sup>3</sup> . Saldo kwalitatieve effecten is positief. Benchmark is niet representatief.	niet te bepalen

### 5.3.2 Casus Noordelijke IJsselvallei

De Noordelijke IJsselvallei valt onder zoetwaterregio 16: IJssel-Vechtgebied. Het zuidelijke deel van de Noordelijke IJsselvallei ligt iets hoger in het landschap en bestaat voornamelijk uit fijn zand, bekeerdgronden met lokaal klei. Het noordelijke deel ligt iets lager in het

landschap en bestaat voornamelijk uit kleigronden met fijn zand langs IJssel. Daarnaast kan in het noordelijke deel water aangevoerd worden via de IJssel. Het zuidelijke komt hierdoor meer overeen met de eigenschappen van zandgronden in het IJsselmeergebied (Tabel 5.6). De beoordeelde maatregelen M42.5 'Optimaliseren waterbeschikbaarheid: druppelirrigatie', M44 'Verbeteren bodemstructuur kleigronden' en M87 'Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen' zouden nog een optie kunnen zijn voor het noordelijke deel (Tabel 5.6).

Tabel 5.6 Beoordeelde maatregelen lage delen IJsselmeer

ID	Naam	Jaarlijkse kosten (M€)	Max. hydrologie (Mm <sup>3</sup> )	Ratio (€/m <sup>3</sup> )	Benchmark <sup>123</sup> referentie (€/m <sup>3</sup> )	Uitkomst analyse
42.5	Optimaliseren waterbeschikbaarheid: druppelirrigatie	€ 0,05	0,2	0,23	€ 0,89	Vooralsnog negatief
44	Verbeteren bodemstructuur kleigronden	€ 0,77	2,2	0,35	€ 0,89	Twijfelgeval
87	Vergroten aanvoercapaciteit van kanalen en gemalen	€ 0,57	30,2	0,02	€ 0,89	Positief (geen VP)

### 5.3.3 Bruikbaarheid op gebiedsniveau

Alle maatregelen in de MKBA zijn beoordeeld op (maximaal) hydrologisch effect, kosten en baten. Deze beoordeling is grotendeels gebaseerd informatie aangeleverd door de zoetwaterregio's. Voor een aantal wateraanbod maatregelen, zoals het vergroten van inlaat Hoogland, zijn additionele gegevens gebruikt uit het NHI of de Quicksan Zoetwater. In de MKBA is als eerste stap de kosteneffectiviteit van de maatregelen vergeleken met de waarde van een kuub water voor landbouw en drinkwater. Een maatregel wordt als kansrijk beoordeeld wanneer de kosten voor een additionele kuub water lager zijn dan de gemiddelde waarde van een kuub water.



Voor de hoge zandgronden is gebruik gemaakt van de regioscan zoetwater om individuele maatregelen te vergelijken met de gemiddelde baten per hectare van een pakket maatregelen. Wanneer de kosten van een individuele maatregel lager zijn dan de gemiddelde baten per hectare wordt de maatregel als kansrijk beoordeeld.

Naast kosteneffectiviteit is ook het kostenbaten saldo van maatregelen berekend. Wanneer beschikbaar zijn hier resultaten van de effectmodule landbouw, scheepvaart en drinkwater voor gebruikt. Wanneer hiervoor geen gegevens beschikbaar waren is het hydrologisch effect van de maatregel (in kuubs water) vermenigvuldigd met de waarde van water. De gemiddelde baten van een maatregel worden afgetrokken van de jaarlijkse kosten. Wanneer het saldo positief is worden de maatregelen definitief beoordeeld als kansrijk.

De MKBA bevat veel informatie en data over een groot aantal zoetwatermaatregelen. De betrouwbaarheid van de data is echter voor een groot deel afhankelijk van de betrouwbaarheid van de inschattingen van de kosten en effectiviteit van de maatregelen door de regio's. In de MKBA zoetwater is gewerkt met nationale modellen, waarmee de regionale effecten van (kleinschalige) maatregelen niet goed zijn in te schatten.

Dit betekent dat de resultaten uit de MKBA gebruikt kunnen worden om een idee te krijgen van een ordegrootte aan kosten, effecten en baten van maatregelen. Ze zijn naar verwachting echter niet representatief de specifieke kosten en effecten van maatregelen in de KLIMAP regio's. De resultaten van de MKBA zijn toegevoegd aan de maatregel menukaart.

## 6 Conclusies en leerpunten

Dit document beschrijft de analyse naar de bruikbaarheid van een aantal bestaande grofmazige scenariostudies op gebiedsniveau voor de Noordelijke IJsselvallei. Hierbij is nagegaan of en, zo ja, op welke manier deze de informatie uit deze studies kan worden meegenomen bij de ontwikkeling van gebiedsspecifieke scenario's, maatregelstrategieën en ontwikkelpaden.

De belangrijkste bevindingen en leerpunten zijn hieronder samengevat.

### 6.1 Deltascenario's

De Deltascenario's brengen de bandbreedte van autonome ontwikkelingen (klimaat en sociaaleconomisch) op het watersysteem in beeld.

#### 6.1.1 Sociaaleconomische veranderingen

Een belangrijke kanttekening voor een interpretatie op gebiedsniveau is dat veranderingsfactoren in de **sociaaleconomische scenario's generiek voor heel Nederland toegepast**. Regionale sociaaleconomische verschillen in bijvoorbeeld bevolkingsgroei en drinkwatervraag zijn niet meegenomen. Daarnaast zijn belangrijke **opgaven rond landbouwtransitie en energie-transitie niet meegenomen in de Deltascenario's**, waardoor de sociaal-economische veranderingen en veranderingen in landgebruik in het gebied waarschijnlijk worden onderschat. Binnen de werkgroep van de N. IJsselvallei is daarom besloten dat de Deltascenario's niet bruikbaar zijn voor de regionale aanpak binnen KLIMAP. De **aanpak om te komen tot het kwantificeren van sociaaleconomische verandering** op het landgebruik en

de doorvertaling naar de effecten op het watersysteem, zoals toegepast in het Deltaprogramma **is wel bruikbaar op gebiedsniveau**.

#### 6.1.2 Klimaatverandering

De klimaatverandering die is meegenomen in de Deltascenario's is gebaseerd op de KNMI'14 scenario's. De effecten hiervan op het watersysteem zijn binnen het DPZW berekend met het LHM. Deze resultaten geven een eerste beeld van de toename aan variabiliteit als gevolg van klimaatverandering die door de gebiedskenners als plausibel wordt beoordeeld. Wel worden kanttekeningen geplaatst bij de effecten op de Veluwe en het gebrek aan ruimtelijk detail wanneer wordt gerekend met LHM. Dit is volgens gebiedskenners te grof om op gebiedsniveau maatregelen te plannen. Meer hierover in paragraaf 0.

Voor een verdere verfijning van de effecten op het watersysteem gewenst zijn de **klimaatreeksen die ook zijn gebruikt binnen DPZW beschikbaar** via KNMI (<https://github.com/bessembi/knmitransformerReeksen>)<sup>7</sup>.

### 6.2 Klimaatverandering - impact op landbouw en veeteelt

Een eerste, grofmazige analyse van de veranderingen van klimaatverandering (verandering neerslag en verdamping; geen doorvertaling naar hydrologische systeem) op de landbouw laat zien dat deze veranderingen **niet direct tot knelpunten zal leiden voor de veehouderij (geen afname voedergewassen)**. De **opbrengstderving van akkerbouwgewassen neemt wel toe als gevolg van klimaatverandering**, voornamelijk als gevolg van een toename van droogteschade. In een

<sup>7</sup> Een deel van de data (*Tmin, Tmax, Q, RH, EV24*) kon worden gedownload via <https://github.com/bessembi/knmitransformerReeksen>, voor dagelijkse

gegevens van 14 meteorologische stations-. Via de interpolatie methode 'nearest neighbour' zijn de bijbehorende grids gemaakt.

**gebiedsspecifieke vervolganalyse** is belangrijk dat ook rekening te worden gehouden met **verandering van landgebruik, berekening en de hydrologische omstandigheden** als gevolg van klimaatverandering.

### 6.3 Maatregelscenario's Project Droogte Zandgronden - impact op watersysteem en landbouw

In dit project zijn vernattingsmaatregelen om negatieve effecten van verdroging en droogte tegen te gaan in beeld gebracht. Voor het gebied van de Noordelijke IJsselvallei komt duidelijk naar voren dat de **maatregelen waarbij het stuwpeil van de leggerwaterlopen wordt verhoogd het grootste effect hebben op het grondwatersysteem** (grondwaterstanden en kwel). Andere maatregelen hebben een kleiner of meer lokaal effect op het watersysteem van de Noordelijke IJsselvallei, zoals bijvoorbeeld het onttrekken van grondwater voor drinkwater of berekening. De waterstroomanalyses laten zien dat landbouw- en bebouwde gebieden lijken te profiteren van de verschillende maatregelen, maar dat de **gevolgen voor met name kwel-natuurgebieden niet direct positief** lijken. Daarbij neemt ook de **afhankelijkheid van extern oppervlak-tewater en -drinkwater sterk toe**.

Met een **analyse op gebiedsniveau** kan worden nagegaan of het mogelijk is maatregelen te nemen die niet zorgen voor een toename van de afhankelijkheid van externe waterbronnen en waarvan de effecten ten goede komen aan de relevante functies.

De analyse met de WWL ondersteunt het beeld dat de bovengenoemde maatregelen zorgen voor een verlaging van de droogteschade in het gebied. Dit is vooral voordelig in droge jaren. De resultaten laten echter ook zien dat er toename van natschade (zuurstofstress) zal optreden in nattere jaren als gevolg van de vernattingsmaatregelen. **Of de netto opbrengstderiving positief of negatief uitpakt varieert door het gebied.** De

oostelijke en westelijk rand van het gebied lijkt de toename van zuurstofstress groter dan de afname van de droogtestress. In de meer centraal gelegen delen van het gebied lijken de maatregelen een positief netto effect te hebben. Op welke manier de vernattingsmaatregelen in de toekomst effect hebben op de landbouwopbrengst kan worden geanalyseerd door ook klimaatverandering en landgebruiksveranderingen mee te nemen in de analyse.

### 6.4 Maatregelen Regioscan - impact op watersysteem en landbouw

Regioscan is zeer geschikt om in een eerste fase te kijken welke maatregelen effectief kunnen zijn in een gebied voor agrariërs en het (lokale) waterbeheer. bijvoorbeeld snel worden geanalyseerd.

Wel is modeluitvoer van het LHM of een regionaal geohydrologisch model nodig als basis. Voor toekomstscenario's kan nu al gebruik worden gemaakt van DPZW scenario Stoom. De nauwkeurigheid van de Regioscan Zoetwater is sterk afhankelijk van de invoer die gebruikt wordt. Niet alleen de schaalgrootte van het hydrologische model is van belang, maar ook de bronbestanden zoals drainage- of slootbodemoogtes. Wanneer deze bestanden zijn verouderd kan de betrouwbaarheid van de tool in het geding komen doordat het een andere hydrologische situatie schetst die niet wordt herkend door omgevingsmanagers

Mede hierdoor, en door de veelheid aan opties en 'onzichtbare' achterliggende relaties, vergen analyses met dan ook voorbereiding en begeleiding door een expert. Het is voor een waterbeheerder nog lastig om zelfstandig met de Regioscan te werken.

Het is niet mogelijk om de effecten van landgebruiksveranderingen of een maatregel gericht op "gewas-verandering" in beeld te brengen met de Regioscan. Hiervoor moet eerst het hydrologisch model opnieuw

gedraaid worden met een veranderend landgebruik, waarna het in Regioscan meegenomen kan worden. Ook Nieuwe vormen van landbouw, zoals kringlooplandbouw en natuur inclusieve landbouw, zijn niet opgenomen in de Regioscan.

## 6.5 Maatregelscenario's DPZW – brede kosten baten analyse

De MKBA uitgevoerd in het kader van de maatregelscenario's bevat veel informatie en data over een groot aantal zoetwatermaatregelen. De betrouwbaarheid van de data is echter voor een groot deel afhankelijk van de betrouwbaarheid van de inschattingen van de kosten en effectiviteit van de maatregelen door de zoetwaterregio's. In de MKBA zoetwater is gewerkt met nationale modellen, waarmee de regionale effecten van (kleinschalige) maatregelen niet goed zijn in te schatten.

Dit betekent dat de resultaten uit de MKBA gebruikt kunnen worden om een idee te krijgen van een ordegrootte aan kosten, effecten en baten van maatregelen. Ze zijn naar verwachting echter niet representatief de specifieke kosten en effecten van maatregelen in de KLIMAP regio's. De resultaten van de MKBA zijn toegevoegd aan de maatregel menukaart.

## 6.6 Inzichten grofmazige tools op gebiedsniveau

### 6.6.1 Landelijk Hydrologisch Model

Binnen de casus Noordelijke IJsselvallei wordt van verschillende modelinstrumenten en tools gebruik gemaakt: Landelijk Hydrologisch Model (ruimtelijke resolutie: 250x250m), regionaal geohydrologische model AZURE (25x25m) en de effectmodule Waterwijzer Landbouw (op basis van resultaten LHM en/of AZURE). Daarnaast wordt gebruik gemaakt van Sankey-diagrammen om de waterstromen zoals berekend met het LHM en AZURE te visualiseren (waterbalans).

Uit **vergelijkende analyse tussen het LHM en AZURE** met gebiedsexperts zijn de volgende punten naar voren gekomen:

- Hydrologische patronen voor de Noordelijke IJsselvallei komen grotendeels overeen.
- In het regionale model AZURE komen gebieden waar extremen groter zijn (nat of droog) meer naar voren. Deze extremere gebieden werken vaak als referentiepunt voor mensen die een gebied goed kennen. In het LHM komen deze gebieden minder tot uiting (door de grotere celgrootte middelen de extreme waardes uit). Hierdoor kan het landelijke model minder betrouwbaar worden geacht.
- De inzet van een regionaal hydrologisch model betekent niet automatisch dat de hydrologische situatie overeenkomt met de werkelijkheid. Hiervoor is regionale informatieverzameling en kalibratie noodzakelijk.

### 6.6.2 Sankey-diagrammen (waterstromen)

**Inzichten** die uit deze grofstoffelijke Sankey-diagrammen zijn gekomen zijn:

- Een samenvattend overzicht van het watersysteem van de IJsselvallei, wat nuttig bleek om een gezamenlijk beeld te krijgen van het watersysteem én de ontbrekende kennis. Zo bleek weinig kennis beschikbaar te zijn over de rol van regionale grondwaterstromen in het gebied.
- Inzicht in wat de belangrijkste waterbronnen, -gebruikers en –verliesposten zijn en hoe afhankelijk verschillende functies zijn van bepaalde bronnen. Zo blijkt kwel een relatief belangrijke waterbron te zijn voor natuur en landbouw, met name in droge zomers, en dat drainage en verdamping de grootste verliesposten vormen, maar ook RWZI-effluent zeker in de zomer een belangrijk aandeel vormt.

- Een eerste blik op mogelijke knelpunten in de watervoorziening en – kwaliteit. Zo laten de diagrammen zien dat in droge zomers de kwel naar natuurgebieden mogelijk afneemt, een hoge beregeningsbehoefte bestaat en dat zowel beregening als de watervoerendheid van wateren afhankelijk zijn van inlaat uit de IJssel. Sloten en weteringen zijn op jaarbasis sterk afhankelijk van landbouwdrainage, wat problemen op kan leveren in de waterkwaliteit.
- Een eerste blik op mogelijke oplossingen. De globale wateroverschotten en –tekorten in verschillende seizoenen suggereren bijvoorbeeld dat hergebruik van RWZI-water een optie zou kunnen zijn, net als het versterken van de infiltratie in bebouwd gebied.

De gebiedspecifieke elementen van de IJsselvallei, zoals kwel, inlaat en de lokale verhoudingen in landgebruik, komen in deze analyse dus redelijk naar voren. Ook geven de diagrammen een eerste beeld van belangrijke ontbrekende kennis en van knelpunten en maatregelen die in verdere stappen onderzocht kunnen worden. Verschillen binnen het gebied worden echter niet duidelijk, bijvoorbeeld het verschil tussen Terwolde-Hoog en -Laag. Wanneer specifiek naar knelpunten en toepassing van bepaalde maatregelen wordt gekeken is het waarschijnlijk nodig om op kleinere schaal de waterbalansen in beeld te brengen. Om de knelpunten in de toekomst inzichtelijk te maken, zouden de diagrammen gemaakt moeten worden met toekomstscenario's van klimaat, inrichting en watergebruik. Omdat de Sankey-diagrammen alleen de totale waterstromen weergeven, heeft het gebruik van AZURE mogelijk weinig meerwaarde ten opzichte van het LHM.

Algemene kanttekeningen bij de Sankey-diagram-methode zijn:

- De diagrammen zijn altijd een versimpeling waarin soms niet alle onderdelen van een watersysteem goed gerepresenteerd kunnen worden. Er moet een afweging worden gemaakt tussen gebruik van simpele schattingen of uitgebreidere data, waarbij de gebruikte aannames en databronnen duidelijk te communiceren moeten blijven.
- Het gebruik van een consistente, liefst langere referentieperiode is nodig voor een betrouwbaar beeld van de situatie. Hiervoor is niet altijd voldoende data beschikbaar.

Voor het uitvoeren van een waterbalansanalyse is het belangrijk dat gegevens over de bodem- en ondergrondse waterstromen/fluxen beschikbaar zijn. Dit betekent dat deze modelresultaten bewaard moeten blijven bij het uitvoeren van berekeningen. In het geval van de LHM berekeningen voor de doorvertaling van de Deltascenario's naar het watersysteem is dit niet gebeurd. Een waterbalansanalyse van de Deltascenario's is daardoor momenteel niet mogelijk.

### 6.6.3 Waterwijzer Landbouw

Op basis van de analyses met Waterwijzer landbouw zijn de sterke en zwakke punten van de tool in het gebruik op gebiedsniveau op een rijtje gezet:

Sterke punten WWL:

- Gewasgroei/-ontwikkeling op gedetailleerd niveau gemodelleerd
- Verschil in opbrengst door zuurstof-, droogte- en zoutschade wordt apart gegeven
- Snel inzicht in verschillen tussen jaren en effect van klimaat
- Meerdere toepassingen mogelijk van simpel (WWL tabel) naar maatwerk (WWL regionaal)
- Snel inzicht in ruimtelijke verschillen in een gebied (WWL regionaal)

Zwakke punten WWL:

- Voor het doorrekenen van effecten altijd eerst een hydrologisch model nodig om de juiste grondwaterstanden te hebben
  - Het is nog niet mogelijk om nieuwe vormen van landbouw en mogelijke toekomstige gewassen mee te nemen.
- In de WWL zijn geen grenswaarden opgenomen wat betreft houdbaarheid van bepaalde gewassen of vormen van landbouw onder veranderende omstandigheden.

## 7 Referenties

- Delsman, J., te Winkel, T., van Loon, A., Bartholomeus, R., de Wit, J., Massop, H., Reinhard, S. and Buijs, S., (2020). Regioscan Zoetwatermaatregelen fase 2: hoofdrapport (No. 2020-32A). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).
- Hunink, J., J. Deisman, G. Prinsen, L. Bos - Burgering, N. Mulder, M. Visser (2018) Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model. Deltares rapport 11202240-009-ZWS. Utrecht, oktober 2018.
- Mens, M.J.P., J. Hunink, J. Delsman, J. Pouwels, . Schasfoort (2019) Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II: Voorlopige rapportage. Deltares rapport 11203734-003, Delft.
- Mulder, H. M., & Veldhuizen, A. A. (2017). Agricom 2.07 - Theorie en gebruikershandleiding. Alterra-rapport 2576e.
- Pronk, G. J., T. C. G. W. van Dooren, S. F. Stofberg and R. P. Bartholomeus (2020). Waterhergebruik en de zoetwatervoorziening (Managementsamenvatting en dataoverzicht op dia's). Nieuwegein, KWR: 19
- Stratelligence, 2021, Economische analyse Zoetwater, Eindrapportage
- van den Eertwegh, G., de Louw, P., Witte, F., van Huijgevoort, M., Bartholomeus, R., van Deijl, D., van Dam, J., Hunink, J., America, I., Pouwels, J., Hoefsloot, P. & de Wit, J. (2021). Eindrapport project 'Droogte Zandgronden Nederland' (Fase 3): Droogte in zandgebieden van

Zuid-, Midden- en Oost-Nederland: het verhaal - analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen. KnowH2O.

van den Eertwegh G., de Louw P., Witte J.-P., van Huijgevoort M., Bartholomeus R., van Deijl D., van Dam J., Hunink J., America I., Pouwels J., Hoefsloot P., de Wit J. (2021) Eindrapport project 'Droogte Zandgronden Nederland' (Fase 3): Droogte in zandgebieden van Zuid-, Midden- en Oost-Nederland: het verhaal - analyse van droogte 2018 en 2019 en bevindingen, KnowH2O, Berg en Dal. pp. 179.

## BIJLAGE A QUICKSCAN LANDBOUW

Deze quickscan is uitgevoerd door Charlotte Verburg van WLR.

### Werkwijze

In deze studie wordt nader ingegaan op het landgebruik en de consequenties van de veranderende weersomstandigheden in de Noordelijk IJsselvallei. De studie dient als een quickscan om een beeld te krijgen van de te verwachte knelpunten voor bepaalde gewassen die worden geproduceerd wanneer weersomstandigheden veranderen, de huidige vormen van landbouw en de ontwikkeling die het heeft doorgemaakt.

In dit hoofdstuk zal eerste een beschrijving van de methode worden gegeven en vervolgens worden de resultaten van de analyse besproken. Het hoofdstuk wordt afgesloten met een korte conclusie.

### Toekomstverkenning mogelijke knelpunten landbouw

Mogelijke knelpunten in de toekomst voor de landbouw als gevolg van verandering in meteorologische condities zijn verkent voor de huidige gewassen die in het gebied geproduceerd worden. Voor deze analyse is gebruik gemaakt van Waterwijzer Landbouw<sup>8</sup> (WWL; Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018).

Met behulp van de WWL-tabel (WWL-metarelaties 3.0.0) wordt een inschatting gemaakt van de relatieve gewasopbrengst voor de huidige klimaatperiode (1991-2020) en voor het klimaatscenario Wh (2036-2065). De referentie waaraan de relatieve gewasopbrengst is gerelateerd betreft

---

<sup>8</sup> <https://waterwijzerlandbouw.wur.nl/index.html>

<sup>9</sup> <https://nhi.nu>

de potentiële gewasopbrengst welke alleen door meteorologische omstandigheden wordt bepaald. Ongunstige hydrologische omstandigheden kunnen vervolgens zorgen voor een derving van de gewasopbrengst. Hierbij maakt WWL onderscheid in ongunstige omstandigheden die invloed hebben op de duur van het groeiseizoen (indirecte effecten; onvoldoende draagkracht en te lage temperatuur) en op ongunstige omstandigheden die invloed hebben op de gewasontwikkeling gedurende het groeiseizoen (directe effecten; te droge of te natte omstandigheden).

Voor het toepassen van WWL is informatie nodig over landgebruik, beregeningslocaties, bodemtype, grondwaterverloop en meteorologie. Deze informatie wordt voor deze studie ontleend aan het LHM<sup>9</sup> (versie 4.1.0). Hieronder zal kort ingegaan worden op de bovengenoemde invoergegevens voor het bepalen van de relatieve gewasopbrengst. In eerste instantie wordt de uitgangssituatie beschreven van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) en daar waar nodig wordt een toelichting gegeven hoe de invoergegevens worden gebruikt in WWL.

### Landgebruik

Het agrarisch landgebruik in de Noordelijke IJsselvallei bestaat hoofdzakelijk uit gras<sup>10</sup> (77 %) en mais (18 %). Daarnaast zijn er nog enkele percelen met granen (2 %) en overige landbouwgewassen (3 %) bestaande uit onder meer bieten, aardappelen, bollen, boomteelt, boomgaard, fruitkwekerijen en overige.

Voor een beperkt aantal gewassen zijn de gewasparameters bekend die nodig zijn voor de modelberekeningen. LHM werkt daarom met gidsgewassen: een gewas dat representatief wordt geacht voor een

<sup>10</sup> In de quickscan wordt geen onderscheid gemaakt tussen natuurlijk en agrarisch grasland.



grotere groep gewassen (zie Tabel A1). Zo wordt de categorie overige landbouw bijvoorbeeld gesimuleerd met het gidsgewas aardappel.

Tabel A0.1: Vertaling landgebruiksvormen

LHM	Gidsgewas
Gras	Gras (maaieren) <sup>1</sup>
Mais	Snijmais <sup>1</sup>
Aardappelen	Consumptieaardappelen <sup>1</sup>
Bieten	Suikerbieten <sup>1</sup>
Granen	Zomergerst <sup>1</sup>
Overige landbouw	Aardappelen <sup>1</sup>
Bollen	Bollen
Boomteelt	Boomteelt
Boomgaard	Boomgaard
Fruïtkwekerijen	Aardappelen <sup>1</sup>

<sup>1</sup> gesimuleerd met WOFOST

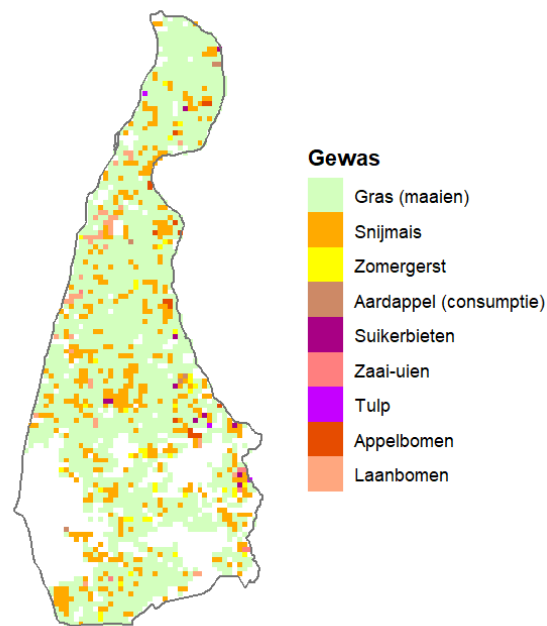
Een groot deel van de landbouwkundige gewassen kan worden gesimuleerd met het dynamische gewasgroeimodel WOFOST (WOOrld FOod Studies; Boogaard et al., 2011). Uitzondering hierop zijn bollen, boomteelt en boomgaard. Deze gewassen worden gesimuleerd met een statische gewasgroeimodule. Dat houdt in dat de gewasontwikkeling wordt opgelegd en, in tegenstelling tot dynamische gewasgroei, niet wordt beïnvloed door ongunstige omstandigheden zoals bijvoorbeeld droogtestress.

Voor het toepassen van de WWL moeten de gewassen zoals die in LHM zijn gebruikt worden 'vertaald'. Voor de meeste landgebruiksvormen betreft het een voor de hand liggende vertaling, zie Tabel A2. Een uitzondering

hierop is de categorie overige landbouwgewassen. Voor deze categorie wordt de relatieve gewasopbrengst bepaald met zaai-uien. In Figuur is het agrarische landgebruik weergegeven na de vertaling.

Tabel A2: Vertaling landgebruik (WWL)

LHM	WWL
Gras	Gras (maaieren)
Mais	Snijmais
Aardappelen	Consumptieaardappelen
Bieten	Suikerbieten
Granen	Zomergerst
Overige landbouw	Zaai-uien
Bollen	Tulp
Boomteelt	Laanbomen
Boomgaard	Appelbomen
Fruïtkwekerijen	Appelbomen



*Figuur A1: Agrarisch landgebruik in de Noordelijke IJsselvallei (bron: LHM 4.1.0; na vertaling in WWL-gewascode)*

### **Bodemtype**

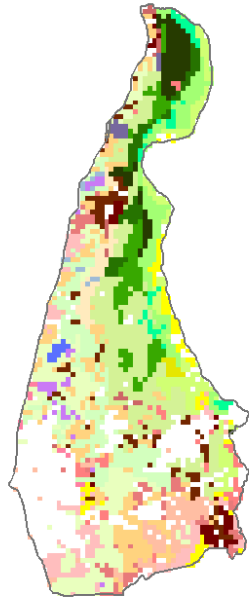
LHM maakt gebruik van bodemeenheden welke gebaseerd zijn op de [Bodemkaart van Nederland](#)<sup>11</sup> (2020; schaal 1:50.000). Zodoende kan er gebruik worden gemaakt van 368 unieke bodemprofielsschetsen met beschrijvingen van het bodemprofiel tot 1.2 m-mv (De Vries, 1999). De bodemprofielen zijn opgebouwd uit bodemhorizonten. Per bodemhorizont

zijn bodemfysische bouwstenen van de Staringreeks (Heinen et al., 2020) beschikbaar.

De in de WWL-tabel gebruikte WWL-metarelaties zijn afgeleid voor clusters van de bovengenoemde bodemeenheden: Bodemfysische Eenhedenkaart (BOFEK 2020; Heinen et al., 2021). Op basis van acht fysische kengetallen zijn de 368 bodemprofielen geclusterd waarbij bodemprofielen in hetzelfde cluster vergelijkbare fysische eigenschappen bezitten. BOFEK 2020 onderscheidt 79 bodemclusters. Per bodemcluster wordt het naar areaal gewogen dominante bodemprofiel gebruikt voor het afleiden van WWL-metarelaties.

In de Noordelijke IJsselvallei komen 28 verschillende BOFEK-eenheden voor bestaande uit voornamelijk zandgronden (57 %) en kleigronden (40 %), zie **Error! Reference source not found.** A2. De overige gronden bestaan uit veengronden en moerige gronden.

<sup>11</sup> <https://basisregistratieondergrond.nl/inhoud-bro/registratieobjecten/modellen/bodemkaart-sgm>



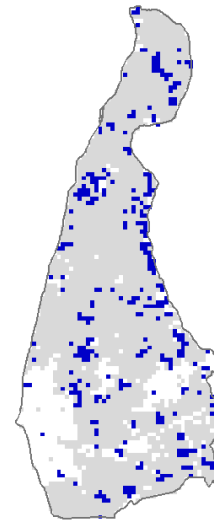
**Bodem**

- aVz: Madeveengronden op zand
- kVz: Waardveengronden op zand
- hVz: Koopveengronden op zand
- kWz: Moerige eerdgronden; op zand
- vWp: Moerige podzolgronden; moerige bovengrond
- pZg23: Beekeerdgronden; lemig fijn zand
- Hn23: Veldpodzolgronden; lemig fijn zand
- zEZ23: Hoge zwarte enkeerdgronden; lemig fijn zand
- Hn30: Veldpodzolgronden; grof zand
- cHn21: Laarpodzolgronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- Zn21: Vlakvaaggronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- zEZ21: Hoge zwarte enkeerdgronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- Hn21: Veldpodzolgronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- Hn21: Veldpodzolgronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- pZg23: Beekeerdgronden; lemig fijn zand
- pZg30: Beekeerdgronden; grof zand
- Zd21: Duinvaaggronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- pZg23: Beekeerdgronden; lemig fijn zand
- Hn21: Veldpodzolgronden; leemarm/zwak lemig fijn zand
- Rn15A: Kalkhoudende poldervaaggronden; lichte zavel
- Rn47C: Kalkloze poldervaaggronden; zware klei
- Rn47C: Kalkloze poldervaaggronden; zware klei
- Rv01C: Kalkloze directvaaggronden
- Rn95A: Kalkhoudende poldervaaggronden; zware zavel/lichte klei
- Mn25A: Kalkrijke poldervaaggronden; zware zavel
- Mn15A: Kalkrijke poldervaaggronden; lichte zavel
- Rd90C: Kalkloze oolvaaggronden; zware zavel/lichte klei
- Mn22A: Kalkrijke poldervaaggronden; zware zavel

*Figuur A2: Bodemtype in de Noordelijke IJsselvallei (bron: LHM 4.1.0; na vertaling in BOFEK2020)*

*Beregeningslocaties*

In de Noordelijke IJsselvallei worden op een aantal locaties berekening toegepast, zie Figuur A3. Bij het toepassen van WWL wordt enige mate van droogtestress toegestaan voordat wordt overgegaan tot berekening. Indien de transpiratiereductie over een dag meer dan 15% is, wordt er een beregeningsgift gesimuleerd van 20 mm. Na een beregeningsgift wordt er gedurende een periode van 7 dagen geen volgende berekening toegestaan.

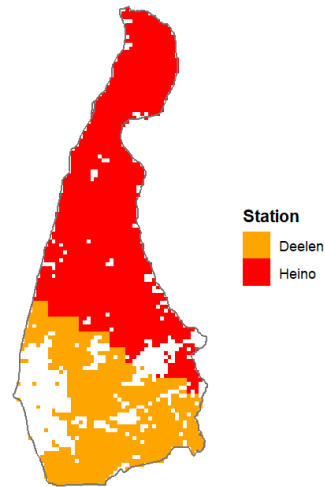


*Figuur A3: Beregeningslocaties in de Noordelijke IJsselvallei (bron: LHM 4.1.0)*

*Meteorologie*

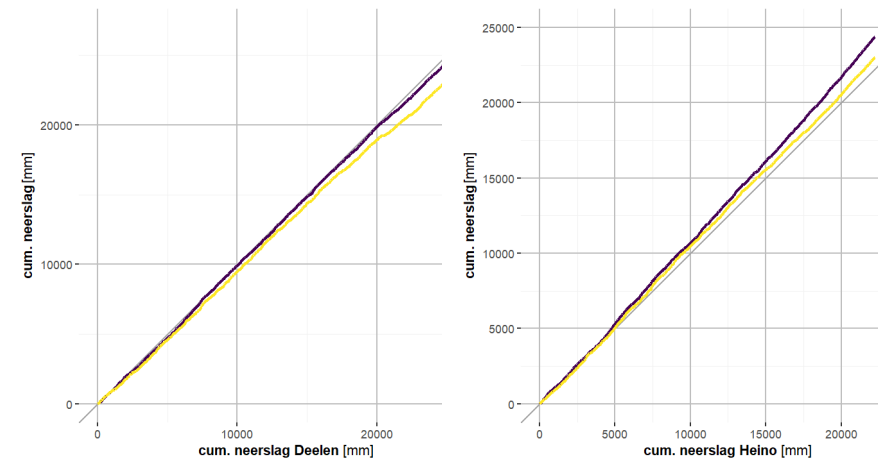
De in het LHM gebruikte meteorologische condities (straling, temperatuur, luchtvochtigheid, wind en neerslag) voor de Noordelijke IJsselvallei zijn

afkomstig van het weerstation Deelen en Heino, zie Figuur A4. De toewijzing gebeurt aan de van Thiessen-polygonen. Dat wil zeggen dat aan elke locatie in het modelgebied de meteorologische condities worden toegekend van het dichtstbijzijnde weerstation.



Figuur A4: Toewijzing weerstation in de Noordelijke IJsselvallei (bron: LHM 4.1.0)

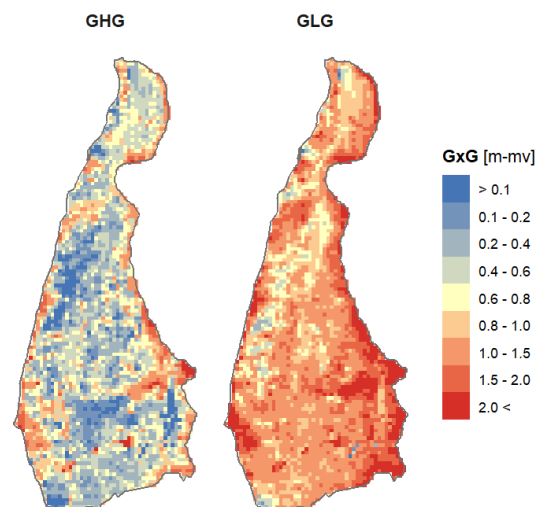
Bij het toepassen van de WWL-tabel kan gekozen worden uit vijf verschillende weerstations: De Kooy, De Bilt, Eelde, Vlissingen en Maastricht. De Bilt en Eelde zijn voor de hand liggende keuzes voor de Noordelijke IJsselvallei. In deze studie wordt voor de toewijzing van het weerstation gekeken naar de cumulatieve neerslag over de periode 1991 - 2020. Op basis hiervan worden de meteorologische condities van De Bilt gebruikt voor Deelen en de condities van Eelde voor Heino, zie **Error! Reference source not found.**



Figuur A5: Vergelijking cumulatieve neerslag van weerstation Deelen (links) en Heino (rechts) met het weerstation van De Bilt (paars) en Eelde (geel)

### Grondwaterstandskarakteristieken

Met LHM 4.1.0 is een simulatie uitgevoerd voor de periode 2011 tot en met 2018. Voor deze periode zijn de grondwaterstandskarakteristieken GHG (gemiddeld hoogste grondwaterstand) en GLG (gemiddeld laagste grondwaterstand) afgeleid, zie Figuur A6 In deze figuur is duidelijk te zien dat er sprake is van relatief natte omstandigheden. Circa 37% van het areaal met agrarisch landgebruik heeft een grondwatertrap van I, II of III. Een grondwatertrap van VII komt voor in 17% van het areaal.



Figuur A6: Toewijzing weerstation in de Noordelijke IJsselvallei (bron: LHM 4.1.0)

#### Watervraag van gewassen

Met behulp van de WWL-tabel kan informatie over de potentiële gewasproductie en opbrengstderving worden opgevraagd. Informatie over het watergebruik is echter niet opvraagbaar met deze tool. Ter indicatie kan deze informatie wel worden ontleend aan het LHM 4.1.0 evenals het beregend areaal, zie Tabel A3. De watervraag betreft in dit geval de potentiële transpiratie inclusief de interceptieverdamping.

Tabel A3: Gemiddelde watervraag (mm) bepaald over de periode 2011 – 2018 en het beregend areaal (%) van verschillende gewassen (bron: LHM 4.1.0)

Gewas	Watervraag (mm)	Beregend areaal (%)
Gras	380	15
Mais	337	7
Aardappelen	327	27
Bieten	328	5
Granen	262	0
Overige landbouw	332	44
Bollen	196	84
Boomteelt	343	99
Boomgaard	493	87
Fruitkwekerijen	330	100

#### Inventarisatie ontwikkeling van het landgebruik

Voor de inventarisatie van het landgebruik van de landbouw in het gebied de Noordelijke IJsselvallei is zowel het huidige grondgebruik als de ontwikkeling van de laatste 10 jaar meegenomen.

Gegevens over landbouwbedrijven en de ontwikkelingen daarvan in het gebied zijn verzameld via het bestand van het Geografisch Informatiesysteem Agrarische Bedrijven (GIAB). In GIAB worden gegevens van landbouwbedrijven in Nederland gekoppeld aan locatie van de hoofdvestiging van het landbouwbedrijf. De informatie in GIAB is samengesteld op basis van jaarlijkse landbouwtelling van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS) en de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). Belangrijke variabelen zijn: het bedrijfstype, de bedrijfsomvang (in een economische maat), arealen per gewas, aantallen per diergroep, gegevens over bedrijfshoofd, aantal arbeidskrachten en

opvolgingsituatie. Bestaande informatie afkomstig uit de BRP en de GIAB database is specifiek gebruikt voor de regio de Noordelijke IJsselvallei.

Op basis van de data worden analyses gedaan over de huidige landgebruik, bedrijfsomvang, dieraantallen en de gewasproductie en de veranderingen verschuivingen die de laatste 10 jaar hebben plaatsgevonden. Gewassen die worden geproduceerd in het gebied zijn gebaseerd op LHM.

## Resultaten toekomstverkenning

### Verandering in gewasopbrengst

Verandering in meteorologische omstandigheden werkt door in de gesimuleerde gewasontwikkeling (indien gerekend wordt met een dynamische gewasmodule zoals WOFOST)<sup>12</sup>. Naast verandering in straling, temperatuur en luchtvochtigheid speelt ook verandering in het CO<sub>2</sub> gehalte een belangrijke rol. In WOFOST wordt berekend hoeveel licht en CO<sub>2</sub> wordt onderschept en potentieel wordt omgezet door fotosynthese. Een verhoogde CO<sub>2</sub> concentratie heeft daarmee invloed op de gewasontwikkeling, zie Tabel A4. In de tabel is te zien dat de gewasopbrengst met 5 tot 20 % toeneemt (waarbij voor de huidige klimaatperiode een gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie wordt aangehouden van 361 ppm en voor de klimaatperiode 2036 – 2065 (scenario Wh; RCP 4.5) een gemiddelde CO<sub>2</sub> concentratie van 499 ppm).

*Tabel A4: Potentiële gewasopbrengst in biomassa per landgebruikstype bepaald met de WWL-metarelaties 3.0.0 voor verschillende perioden.*

Landgebruik	Eenheid	1991 - 2020	2036 – 2065
Gras (maaaien)	kg <sub>ds</sub> ha <sup>-1</sup>	15758	18816
Snijmais	kg <sub>ds</sub> ha <sup>-1</sup>	19440	20934
Consumptieaardappelen	kg <sub>ds</sub> ha <sup>-1</sup>	13201	13952
Suikerbieten	kg <sub>ds</sub> ha <sup>-1</sup>	15810	18956
Zomergerst	kg <sub>ds</sub> ha <sup>-1</sup>	7235	7843
Zaai-uien <sup>1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	55700	55700
Tulp <sup>1</sup>	stuks ha <sup>-1</sup>	303748	303748
Laanbomen <sup>1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	10	10
Appelbomen <sup>1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	33628	33628

<sup>1</sup> gesimuleerd met behulp van statische gewasmodule

<sup>12</sup> Kenmerken van de scenario's zijn terug te vinden bij <https://knmi.sitearchief.nl/?subsite=klimaatscenarios#archive>

## Verandering in opbrengstderving

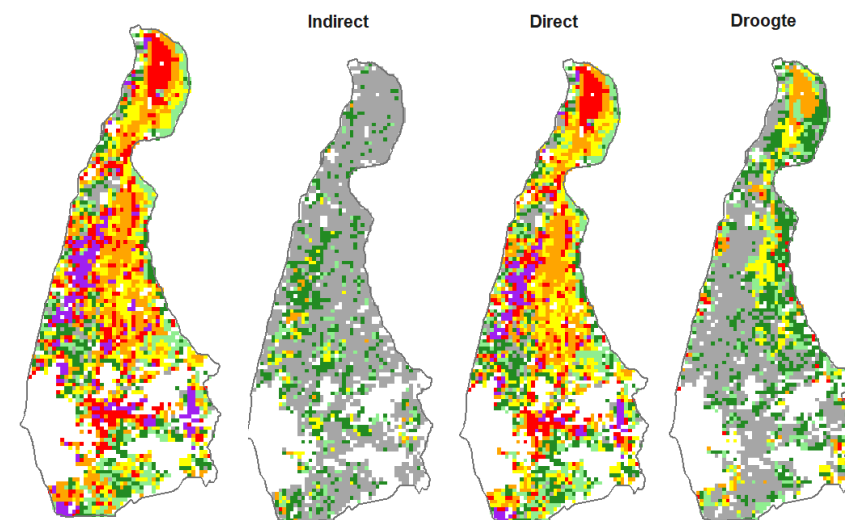
### Huidige klimaatperiode van 1991 tot 2020

In eerste instantie focust deze analyse zich op de gewasopbrengstderving van de huidige klimaatperiode. De opbrengstderving bepaald over de periode 1991 – 2020 is weergegeven in Figuur A7. De totale opbrengstderving komt op veel plaatsen in de Noordelijke IJsselvallei boven de 15 % uit. Bij een opbrengstderving in aandeel indirecte en directe effecten dan is te zien dat de meeste derving wordt veroorzaakt door de directe effecten (te droge of te natte omstandigheden). Bij zeer natte omstandigheden spelen indirecte effecten (onvoldoende draagkracht en te lage temperatuur) ook een rol. De opbrengstderving gedurende het groeiseizoen (directe effecten) wordt met name veroorzaakt door het ondervinden van zuurstofstress, ook dit gaat gepaard met natte tot zeer natte omstandigheden. In het noorden van de Noordelijke IJsselvallei is een combinatie van zowel droogte- als zuurstofstress te zien. Dit wordt veroorzaakt door de aanwezigheid van bodemeenheden met zware tot zeer zware klei in het bodemprofiel. Bij deze bodemeenheden is bekend dat de opbrengstderving wordt overschat (Mulder et al., 2021).

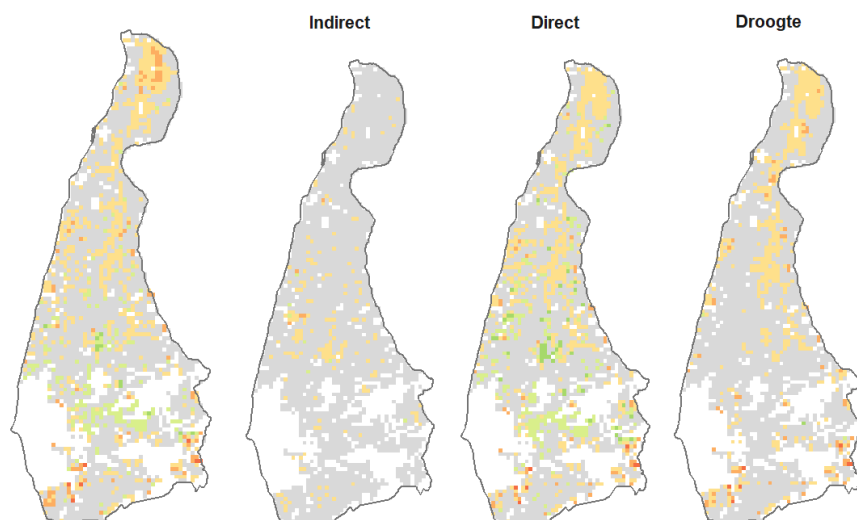
### Wh-klimaatscenario van 2036 tot 2065

Om het effect van de klimaatsverandering inzichtelijk te maken is ook de gemiddelde opbrengstderving bepaald over de periode 2036 – 2065 met het Wh-klimaatscenario. De verandering ten opzichte van de huidige situatie is weergegeven in Figuur A8. Hierbij is geen rekening gehouden met verandering in landgebruik, beregeningslocaties en de hydrologische omstandigheden.

Als gevolg van een verhoogde watervraag door klimaatverandering is er een toename te zien in de ondervonden droogtestress. Dit wordt deels gecompenseerd door een afname in de zuurstofstress. Daar waar sprake is van zeer natte omstandigheden is een licht toename te zien van de indirecte effecten en zuurstofstress, waarschijnlijk als gevolg van intensievere neerslag.



Figuur A7: Gemiddelde opbrengstderving (%) voor het noordelijke IJsselvallei over de periode 1991 – 2020 (links) uitgesplitst naar indirecte en directe effecten (midden) en aandeel droogte- en zuurstofstress (rechts) bepaald met de WWL-metarelaties 3.0.0.



*Figuur A8: Verandering in gemiddelde opbrengstderving (%) voor het Noordelijke IJsselvallei als gevolg van klimaatsverandering (scenario Wh 2050; links) uitgesplitst naar indirecte en directe effecten (midden) en aandeel droogte- en zuurstofstress (rechts); rood geeft aan de klimaatsverandering negatief uitpakt.*

In Tabel A5 is een overzicht gemaakt hoe de totale opbrengstderving in de Noordelijke IJsselvallei verandert als gevolg van de klimaatverandering per gewas. Voor vrijwel alle gewassen is er sprake van een toename in opbrengstderving. Consumptieaardappelen en zaai-uien lijken zo op het eerste oog het sterkst te reageren op de klimaatsverandering. Deze gewassen komen echter zeer weinig voor in de Noordelijke IJsselvallei en hebben dus betrekking op slechts enkele locaties.

*Tabel A5: Totale opbrengstderving per gewas bepaald met de WWL-metarelaties 3.0.0 voor verschillende klimaatperioden*

Gewas	1991 - 2020	2036 – 2065
Gras (maaaien)	17.9	18.6
Snijmais	22.9	23.7
Consumptieaardappelen	19.2	22.6
n		
Suikerbieten	17.5	17.4
Zomergerst	21.8	22.5
Zaai-uien	14.7	22.3
Tulp	4.6	3.9
Laanbomen	8.7	10.4
Appelbomen	12.7	14.8

### Ontwikkelingen in de landbouw

Nederland heeft de laatste jaren te maken gehad met extreme weersomstandigheden, zo ook in de Noordelijke IJsselvallei. Terwijl 2017 nog gekenmerkt werd als een nat jaar werd 2018 juist omschreven als een jaar met een extreem droge zomer (KNMI). Ook 2019 was erg droog. Extreme weersomstandigheden zijn een uitdaging voor boeren om voldoende opbrengsten genereren (Nieuwe Oogst, 21 Januari 2020). Tegelijkertijd zijn in het gebied agrarische grondprijzen sterk toegenomen, met name tussen 2012 en 2017. Na 2017 zwakt de toename van de grondprijzen af (Agrimatie). Resultaten uit het vorige hoofdstuk tonen aan dat het agrarisch landgebruik gedomineerd wordt door grasland en dat de opbrengsten minimaal effect blijken te hebben door klimaatverandering. Opbrengsten van aardappelen en uien, daarentegen, reageren wel op klimaatverandering.

In dit hoofdstuk is met behulp van bestaande data gekeken hoe het landgebruik zich in de laatste 10 jaar heeft ontwikkeld voor de landbouw.



Centraal staat de omvang van bedrijven, verschuivingen tussen type landgebruik en de ontwikkelingen van de opbrengsten van gewassen en dieraantallen. Vervolgens is ook de ontwikkeling van de veehouderij voor dezelfde jaren geanalyseerd.

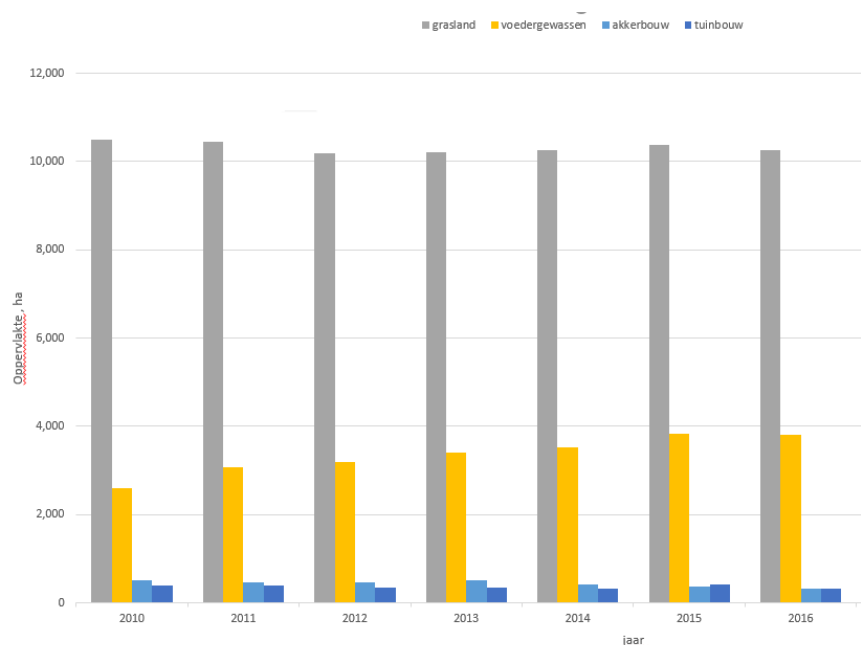
#### Landgebruik

Het totale landbouw areaal in 2018 bedraagt 13573 ha, wat voornamelijk bestaat uit grasland en voedergewassen (zie Tabel A6; links). In Figuur A9 is te zien dat het aandeel voedergewassen is gedaald ten opzichte van 2010. Hoewel het areaal van voedergewassen de eerste jaren vanaf 2010 leek toe toenemen, is er een sterke daling te zien vanaf 2017 als gevolg van de verandering van de voorwaarden voor derogatie voor het gebruik van dierlijke mest. De derogatie schrijft vanaf 2017 voor dat 80% van het areaal uit grasland moet bestaan, daarvoor was dat 70%. Deze ontwikkeling was zowel bij de graasdieren te zien, alsook de intensieve veehouderij, die een relatief klein aandeel heeft in het gebruik van het areaal voor de productie van voedergewassen. Graslanden en tuinbouwgronden zijn over het algemeen gelijk gebleven, het areaal voor akkerbouw wisselde per jaar.

Op basis van deze gegevens kan worden aangenomen dat de meeste landbouwgronden worden ingezet voor de melkveehouderij. Dat de melkveehouderij de landbouw domineert is ook terug te zien in het aantal bedrijven per bedrijfstype (zie Tabel A6 rechts), gevolgd door de intensieve veehouderij en vervolgens de akkerbouw.

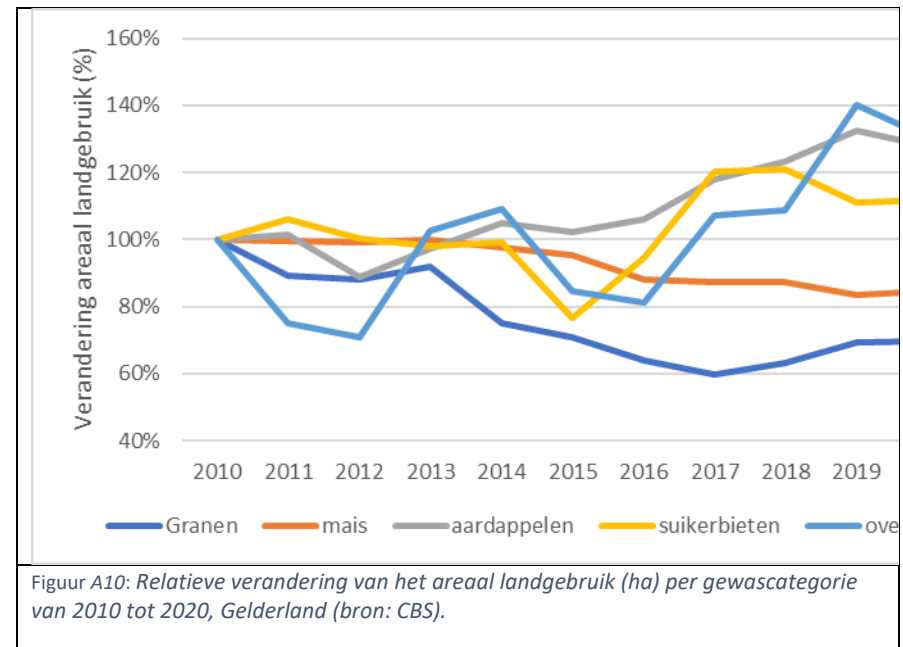
Tabel A6: Areaal landbouwgebied per gewastype (links) en aantal bedrijven per bedrijfstype (rechts) in Gelderland in 2018, CBS.

Areaal	Totaal (ha)	Bedrijfstype	Totaal (aant)
Blijvend grasland	8623	Akkerbouw	38
Tijdelijk grasland	1306	Tuinbouw	23
Natuurlijk grasland	309	Blijvende teelten	6
Voedergewassen	2500	Graasdier	325
Akkerbouw	408	Intensieve veehouderij,	48
Tuinbouw open grond	400	Gewascombinaties	3
Areaal totaal (ha)	13573	Veeteeltcombinaties	7
		Gewas-veeteelt combinaties	3
		Totaal	453



Figuur A9: Verdeling landgebruik (ha) per type door de landbouw (bron CBS).

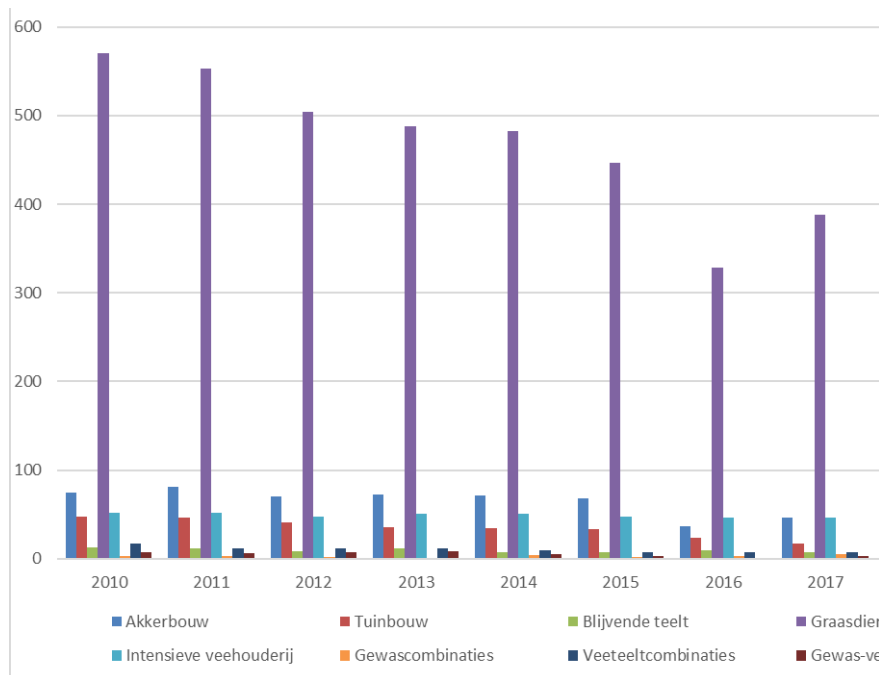
Zoals in het voorgaande hoofdstuk wordt omschreven zijn vooral aardappelen en de categorie overige landbouwgewassen (gesimuleerd met zaai-uien) gevoelig voor klimaatverandering. Deze gewassen komen nu relatief weinig voor in het gebied. De data van het CBS voor Gelderland (zie Figuur A10) tonen aan dat de arealen voor aardappelen en overig zijn toegenomen in 10 jaar tijd.



Figuur A10: Relatieve verandering van het areaal landgebruik (ha) per gewascategorie van 2010 tot 2020, Gelderland (bron: CBS).

### Veehouderij

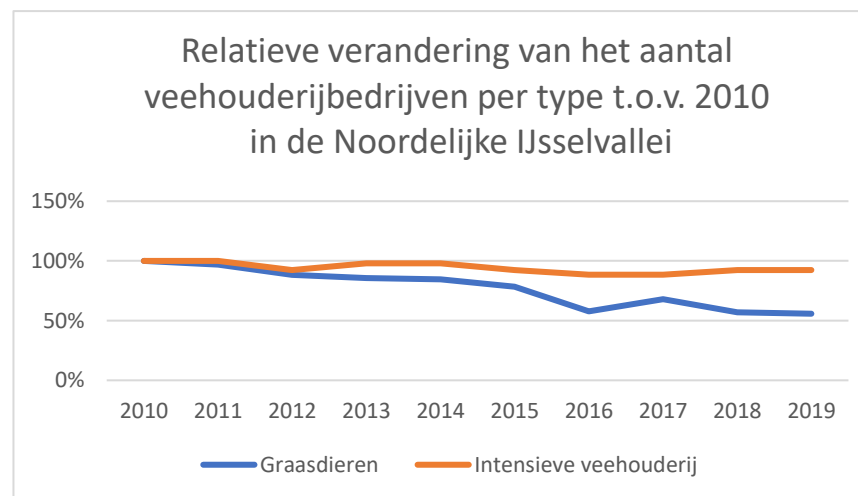
Het aantal graasdierbedrijven is sterk afgenomen (Figuur A11), ook bedrijven in de akkerbouw en de tuinbouw namen af. Het aantal bedrijven met vleeskalveren en geiten is stabiel gebleven. De helft van de graasdierbedrijven bestaat uit melkvee, vleeskalverbedrijven maken 12% uit van het totaal aantal graasdieren en de geitenhouderij voor 1.5%.



Figuur A11: Aantal bedrijven per sector in de landbouw in Gelderland (bron: CBS).

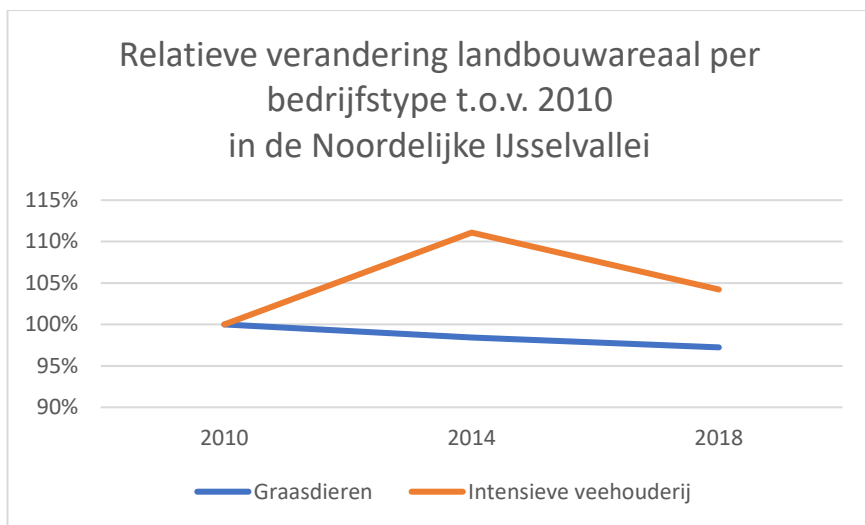
De afname van het aantal bedrijven gaat gepaard met een verandering in de inzet van het type landbouwareaal en de hoeveelheid dieren in het gebied, zie Figuur A12a, Figuur 4-4b en zie Figuur A12b en Figuur A12c. Voor graasdieren nemen zowel bedrijven als totaal landbouwareaal af en voor de intensieve veehouderij blijft de hoeveelheid bedrijven gelijk en het totaal aan landbouwareaal neemt lichtelijk toe, maar de verschillen zijn marginaal. Bij graasdierbedrijven gaat het hierbij om melkvee, vleeskalveren, schapen, geiten, paard en pony, overig rundvee en overige graasdieren. En bij intensieve veehouderij gaat het om fokzeugen,

vleesvarkens, varkens (overig), leghennen (consumptie-eieren), vleeskuikens en overig pluimvee.

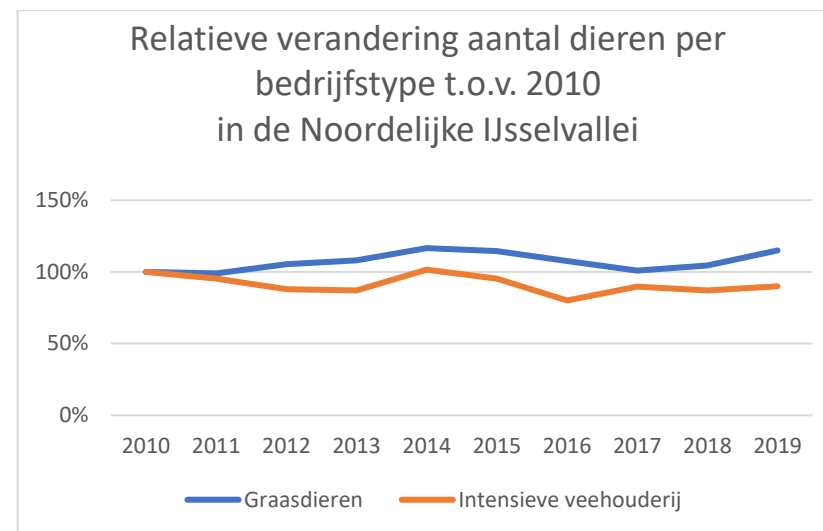


Figuur A12a: Relatieve verandering (%) (t.o.v. 2010) bedrijfstype in de veehouderij in Gelderland per jaar (bron: GIAB).

Naast afname in de hoeveelheid bedrijven van graasdieren is er een toename in de hoeveelheid dieren terwijl het areaal van graasdierbedrijven afneemt. Dit duidt op een lichtelijk intensivering van de graasdierbedrijven. Dit betekent dat de druk van de graasdieren bedrijven op het landgebruik toeneemt. Voor het aantal melk- en kalfkoeien per oppervlakte grasland ook gestegen, met name in de eerste jaren waarna de hoeveelheid na 2017 weer afnam, zie Figuur A13. Voor de intensieve veehouderij is er geen sprake van intensivering, zie Tabel A7.



Figuur A12b: Relatieve verandering (%) (t.o.v. 2010) van gebruik landbouwareaal in de veehouderij in de Noordelijke IJsselvallei per jaar (bron: GIAB).

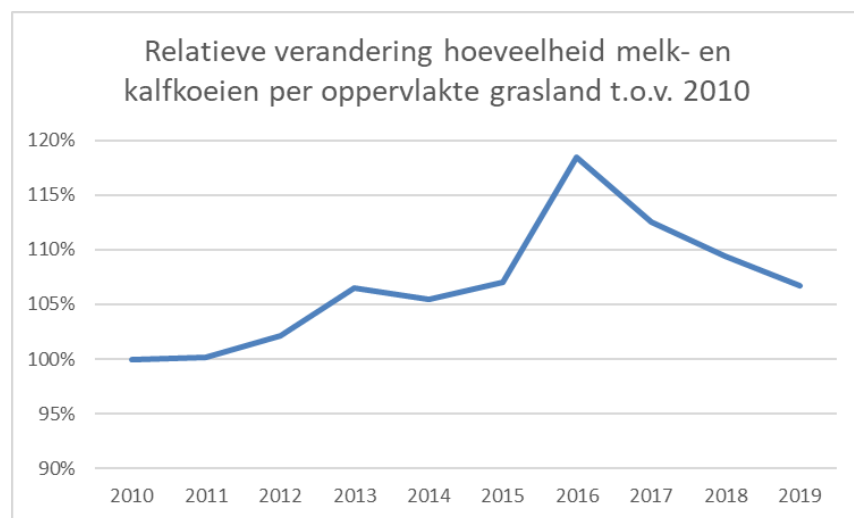


Figuur A12c: Relatieve verandering (%) (t.o.v. 2010) van de hoeveelheid dieren in de veehouderij in de Noordelijke IJsselvallei per jaar (bron: GIAB).

Tabel A7. Relatieve verandering aantal dieren per oppervlakte t.o.v. 2010 in de Noordelijke IJsselvallei (Bron: GIAB).

Relatieve verandering aantal dieren per oppervlakte t.o.v. 2010	2010	2014	2018
Graasdieren	100%	114%	117%
Intensieve veehouderij	100%	91%	83%

Tabel A5. Relatieve verandering aantal melk- en kalfkoeien per oppervlakte grasland t.o.v. 2010 in de Noordelijke IJsselvallei (Bron: GIAB).



## Conclusie

Het landbouwareaal is in 10 jaar gelijk gebleven. Op basis van de laatste 10 jaar kan worden geconcludeerd dat het gebied de Noordelijke IJsselvallei

met name wordt gedomineerd door graasdierbedrijven. Het areaal voor de productie van voedergewassen en het aandeel graasdierbedrijven is vanaf 2017 sterk afgenomen, wat met name een effect is geweest van de derogatie. Graasdierbedrijven zijn in omvang wel toegenomen en intensiever geworden. Mogelijk dat door een verhoging van de grondprijzen en managementkosten veehouderij bedrijven genoodzaakt waren om aan schaalvergroting te doen. Hierdoor neemt de druk op het landbouwareaal toe. Voor de intensieve veehouderij is dit niet het geval.

De productie van voedergewassen lijken in geringe mate te worden beïnvloed als gevolg van klimaatsverandering. Het is daarmee de verwachting dat klimaatsverandering niet direct tot knelpunten zal leiden voor de veehouderij. De productie van aardappelen en overige akkerbouwgewassen laten wel meer opbrengstderving zien als gevolg van klimaatsverandering. Daarnaast moet nog opgemerkt worden dat bij de analyse uitgevoerd met WWL geen rekening is gehouden met verandering in landgebruik, beregeningslocaties en de hydrologische omstandigheden als gevolg van klimaatsverandering.

In de laatste 10 jaar is in het gebied van de Noordelijke IJsselvallei een toename te zien in het areaal aardappelen en overige landbouwgewassen. Ook de gewasopbrengst is lichtelijk gestegen. Op basis van de landelijke gegevens uit het LHM zal daarmee naar verwachting ook het beregend areaal toenemen in het gebied. Op basis van deze ontwikkelingen zal naar verwachting ook de watervraag toenemen, in met name droge perioden. Nader onderzoek zal nodig zijn om dit verder te onderzoeken.

## Literatuur

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>

De Vries, F., 1999. *Karakterisering van Nederlandse gronden naar fysisch-chemische kenmerken*. DLO-Staring Centrum, Wageningen, [Rapport 654](#).

Heinen, M., Bakker, G. & Wösten, J.H.M., 2020. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks; Update 2018*. Wageningen Environmental Research, Wageningen. [Rapport 2978](#).

Heinen, M., F. Brouwer, K. Teuling, D. Walvoort, 2021. *BOFEK2020 – Bodemfysische schematisatie van Nederland; Update bodemfysische eenhedenkaart*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, [Rapport 3056](#).

Mulder, M., W. Meijninger, M. Hack-ten Broeke, 2021. *Validatie Waterwijzer Landbouw; Vergelijking modelresultaten Groenmonitor, GRAM en HELP*. STOWA, Amersfoort, [Stowa rapport 2021-48](#).

Nieuwe Oogst, 21 Januari 2021. [Daadwerkelijke gevolgen droogte Gelderland in kaart](#).  
<https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2020/01/21/daadwerkelijke-gevolgen-droogte-gelderland-in-kaart>

Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018. *Waterwijzer Landbouw instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie*. STOWA, Amersfoort, [STOWA rapport 2018-48](#).

## BIJLAGE B - Verschillen Regioscan en Waterwijzer Landbouw

Aanleiding: Tijdens de werksessie Regioscan en WWL op 5 maart voor casestudie de N. IJsselvallei kwam naar voren dat locaties waar droogteschade optreedt verschillen in Regioscan en WWL (). In deze memo staat meer achtergrond informatie over de achterliggende berekeningen en gebruikte data in beide effectmodules, t.b.v. van droogteschade.

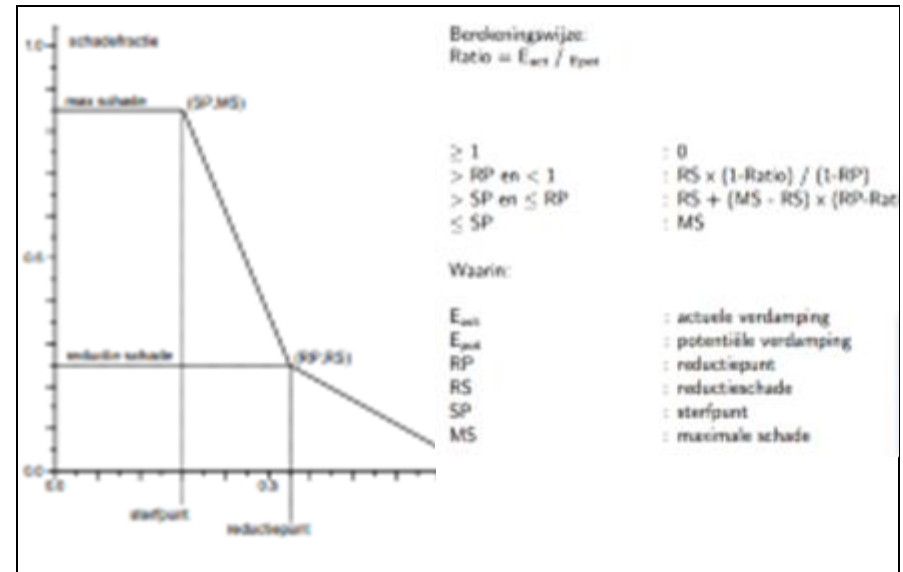
### Regioscan

Het instrument 'Regioscan Zoetwatermaatregelen' is ontwikkeld om de bijdrage van lokale maatregelen in beeld te brengen ten behoeve van de regionale zoetwatertekorten (Delsman et al., 2020).

De effectiviteit van de maatregelen wordt bepaald aan de mate van droogte- en zoutschade vermindering waardoor opbrengstderving vermindert. In de N. IJsselvallei is zoutschade niet aan de orde.

Droogteschade worden berekend door AGRICOM 2.07 (Mulder & Velduizen, 2017) en is afhankelijk van het gewas type en de groeistadium waarin het verkeert. De schade ten gevolge van de droogte is afhankelijk te stellen van de verhouding tussen actuele en potentiële verdamping ( $E_{act}/E_{pot}$ ). De waarde van  $E_{act}/E_{pot}$  bepaald de schadefractie ten gevolge van droogte samen met het type gewas en de schadecoëfficiënten voor droogteschade. Hiermee is de bepaling van de droogteschade gewas- en seizoen afhankelijk. De figuur hieronder geeft een grafische weergave van de bepaling van de schadefractie als gevolg van droogte.

*Opmerking: Binnen AGRICOM is het ook mogelijk om schadefractie door inundatie en verdrassing mee te nemen. Deze twee schade-componenten zijn echter niet meegenomen in Regioscan.*



Figuur Grafische weergave van functie droogteschade met berekeningswijze

### WWL

Waterwijzer Landbouw (WWL) is ontwikkeld voor het bepalen van effecten van veranderingen in hydrologische condities op gewasopbrengsten. Dit effect wordt ingeschat voor indirecte en directe effecten, waarbij directe effecten opgesplitst zijn in droogte-, zuurstof- en/of zoutstress. De WWL geeft een inschatting van de opbrengstderving door deze effecten. De analyses voor de IJsselvallei zijn gedaan met de tool WWL-regionaal. Binnen deze tool wordt het modelinstrumentarium SWAP-WOFOST (Van Dam et al., 2008; Kroes et al., 2017; Boogaard et al., 2011) gedraaid voor de lokale situatie. Uit de modelresultaten wordt vervolgens de opbrengstderving bepaald.

Voor de vergelijking met Regioscan is alleen de opbrengstderving door droogtestress relevant. De droogtestress in WWL (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018) wordt berekend door SWAP-WOFOST. Hiervoor wordt

gebruik gemaakt van de functie van Feddes et al. (1978), waarmee relatieve vochtopname bij droge omstandigheden berekend wordt. Hierbij geldt de drukhoogte in de bodem als maat voor de droogtegraad. De drempelwaarde voor droogtestress hangt af van de potentiële transpiratie. In de modelruns voor IJsselvallei wordt uitgegaan van een exponentiele wortelverdeling en gecompenseerde wortelopname. Die compensatie betekent dat planten verminderde vochtopname in droge delen van de bodem kunnen opvangen door extra vochtopname in vochtigere delen (Jarvis, 2011). De droogtestress heeft gevolgen voor de gewasverdamping en dus ook gewasgroei. De opbrengstderving in WWL wordt gedefinieerd als het relatieve verschil tussen de potentiële en actuele gewasopbrengst. Bij het opsplitsen van de opbrengstderving in aandelen van de verschillende soorten stress (droogte, nat, zout) wordt ervan uitgegaan dat de relatieve verdeling in transpiratiereductie gelijk is aan de relatieve opbrengstderving (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018).

Bij de toepassing van WWL-regionaal voor de IJsselvallei is berekening niet toegepast. Er is echter wel berekening toegepast in de LHM berekeningen waarin de grondwaterstanden berekend zijn die als input dienen voor WWL.

Tabel 1 Overzicht benodigde data om droogteschade te berekenen.

Data	Regioscan	WWL
LHM-versie	Referentierun DPZW (obv LHM 3.4 met kleine verschillen in o.a. meteo-data).	LHM 3.4 (Landgebruik, bodem en grondwaterstanden)
AGRICOM	Gewaskarakteristieken van 14 gewassen.	nvt
Tijdsperiode		1995-2017
Meteorologie		KNMI meteostation 278 (Heino)

#### Geraadpleegde bronnen:

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.

Delsman, J., te Winkel, T., van Loon, A., Bartholomeus, R., de Wit, J., Massop, H., ... & Buijs, S. (2020). Regioscan Zoetwatermaatregelen fase 2: hoofdrapport (No. 2020-32A). Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer (STOWA).

Feddes, R.A., P.J. Kowalik & H. Zaradny. 1978. Simulation of field water use and crop yield. Simulation Monographs. Pudoc. Wageningen. 189 pp.  
Jarvis, N.J. 2011. Simple physics-based models of compensatory plant water uptake: concepts and eco-hydrological consequences. Hydrol. Earth Syst. Sci., 15, 3431-3446

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., & Veldhuizen, A. A. (2017). Agricom 2.07 - Theorie en gebruikershandleiding. Alterra-rapport 2576e.

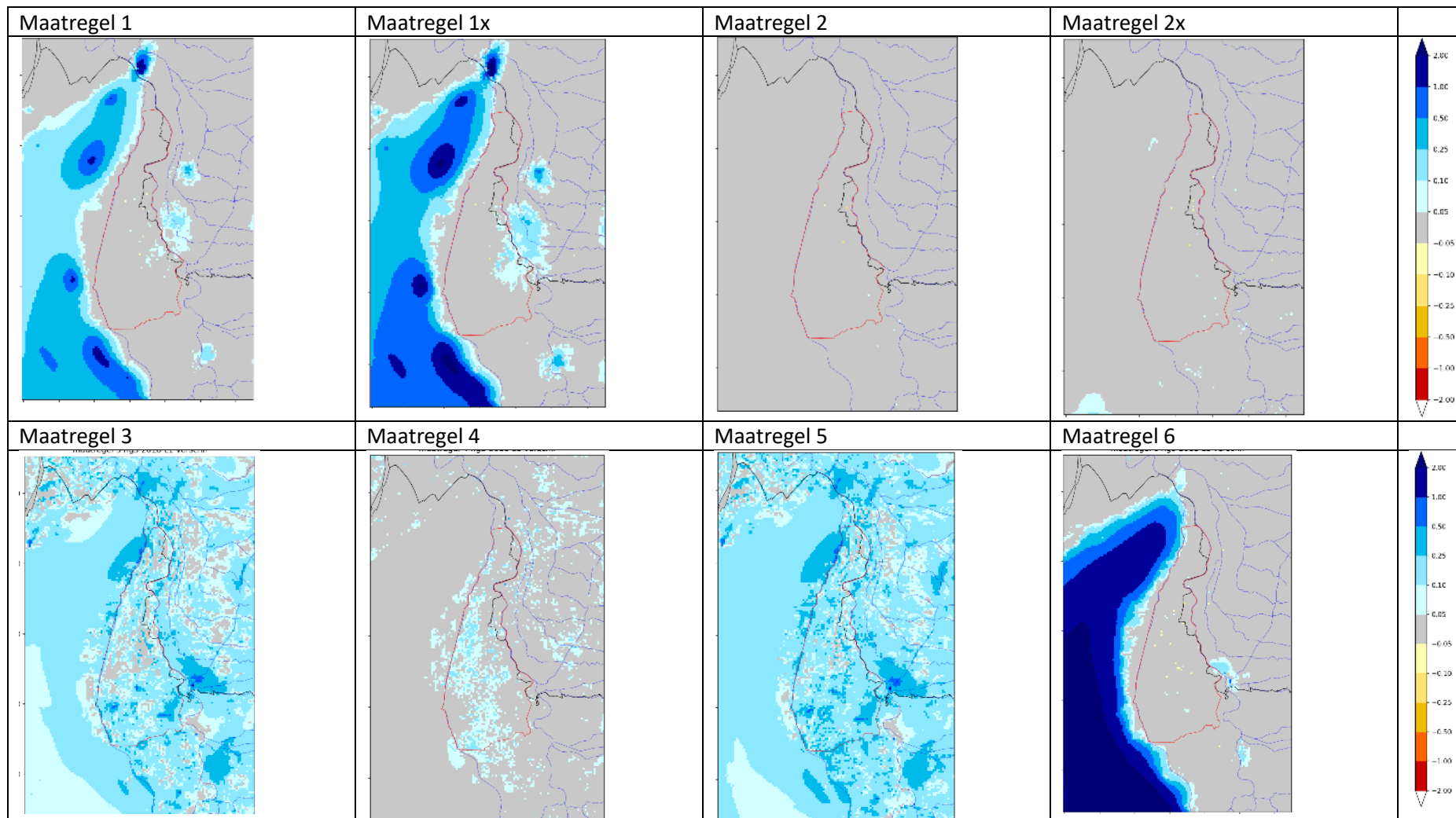
Van Dam, J.C., Groenendijk, P., Hendriks, R.F.A. & Kroes, J.G. 2008. Advances of Modeling Water Flow in Variably Saturated Soils with SWAP. Vadose Zone Journal, 7(2), 640-653.

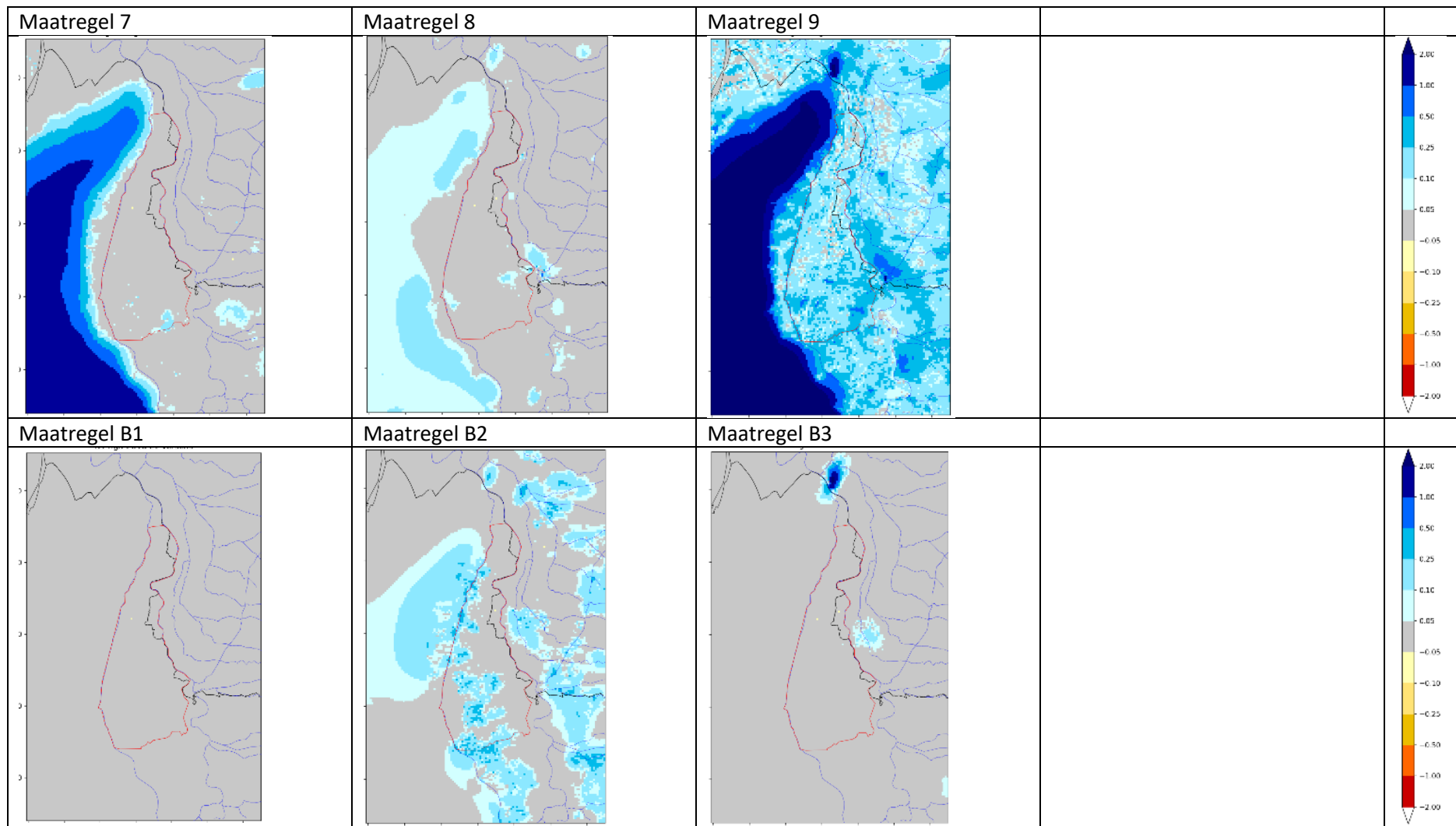
Werkgroep Waterwijzer Landbouw (2018). Waterwijzer Landbouw: instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie. STOWA, Amersfoort, Rapport 2018-48



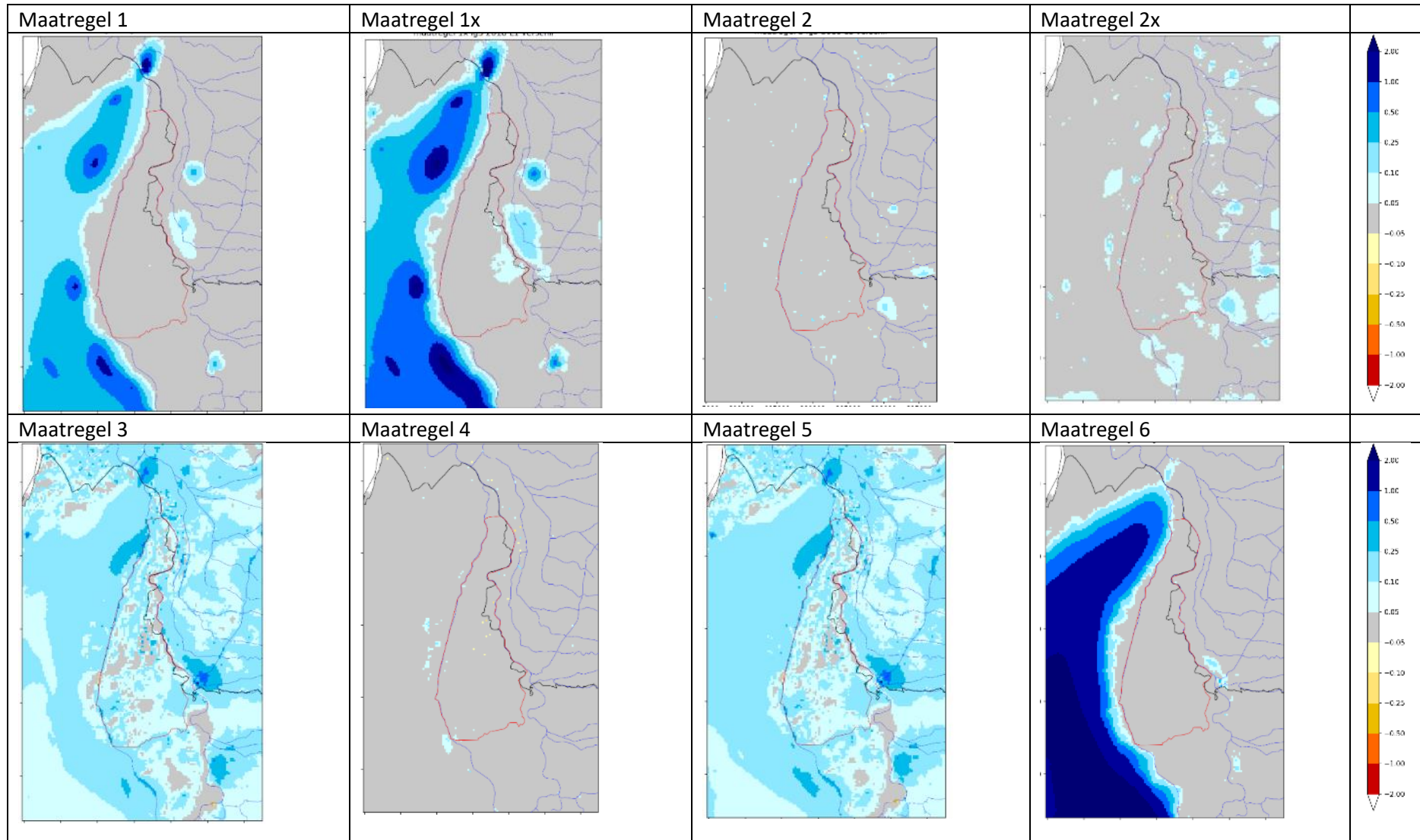
## BIJLAGE C - Resultaten Project Droogte Zandgronden Noordelijke IJsselvallei

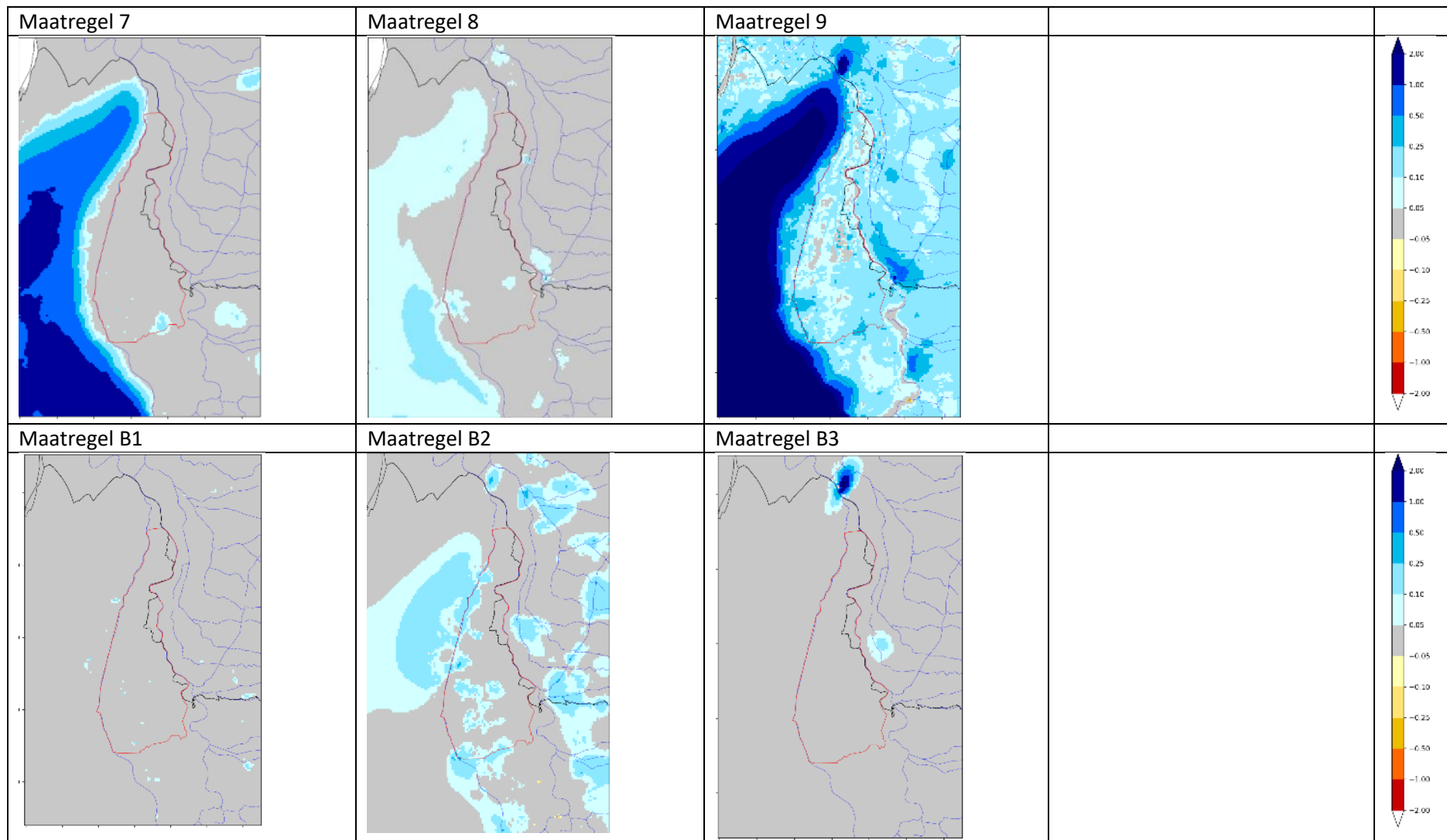
**Verandering in HG3** - Berekende effect op het watersysteem van ingrepen op verandering grondwaterstand in de winter (HG3). Blauwe kleuren duiden op een vernatting (stijging grondwaterstand) en gele/rode kleuren op verdroging (daling grondwaterstand).



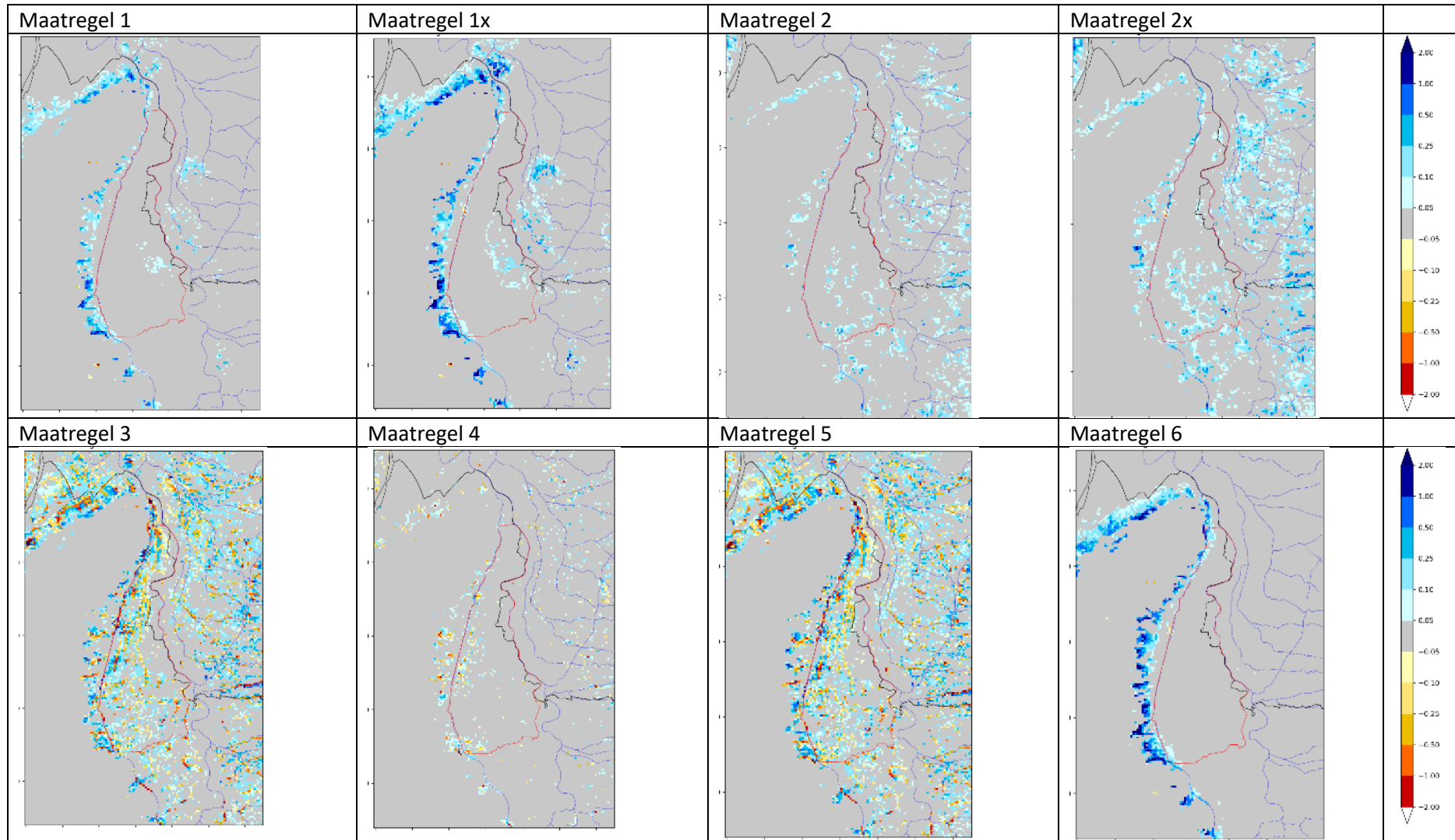


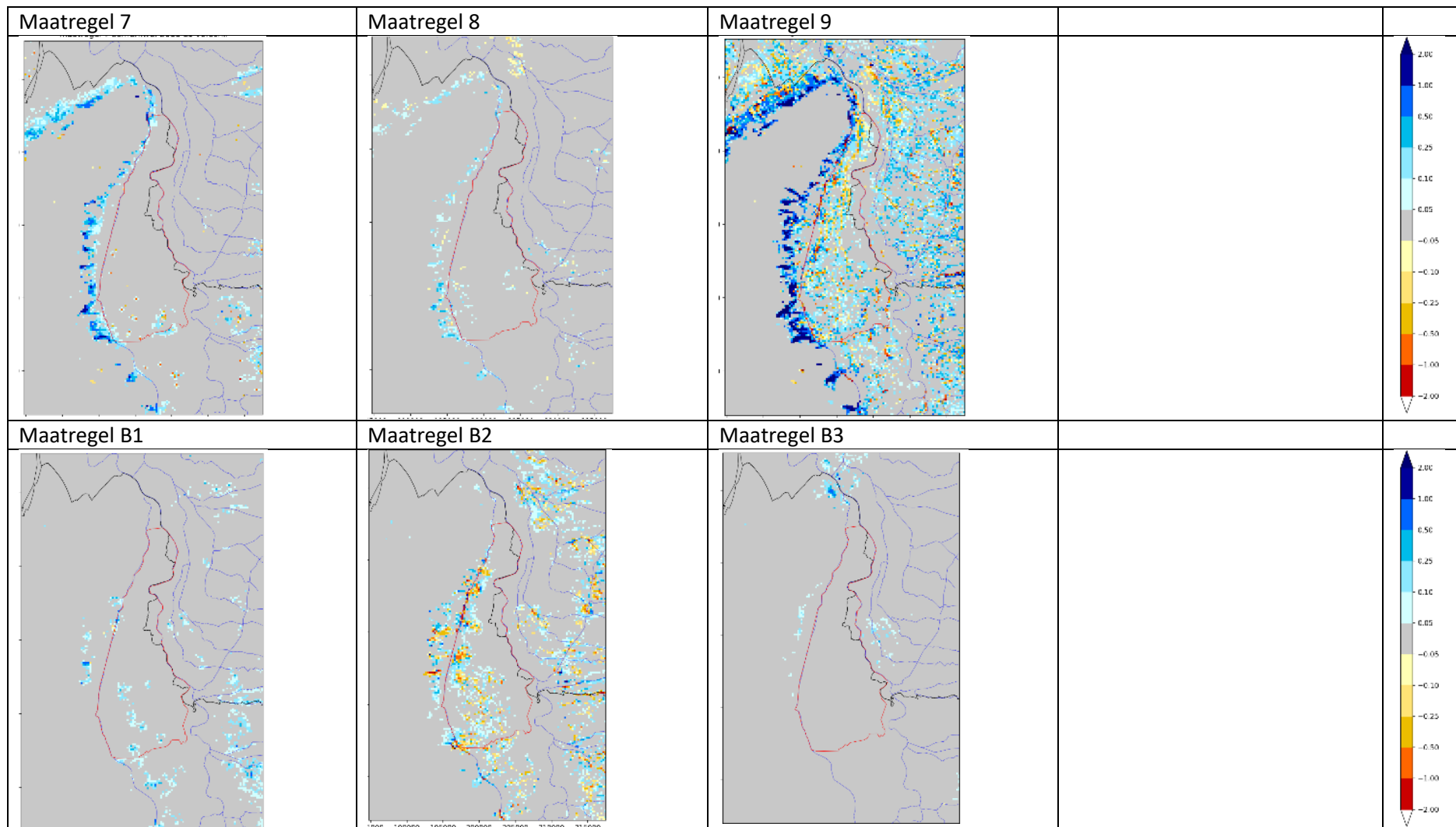
**Verandering in LG3** - Berekende effect op het watersysteem van ingrepen op verandering van de grondwaterstand in de zomer (LG3. Blauwe kleuren duiden op een vernatting (stijging grondwaterstand) en gele/rode kleuren op verdroging (daling grondwaterstand).



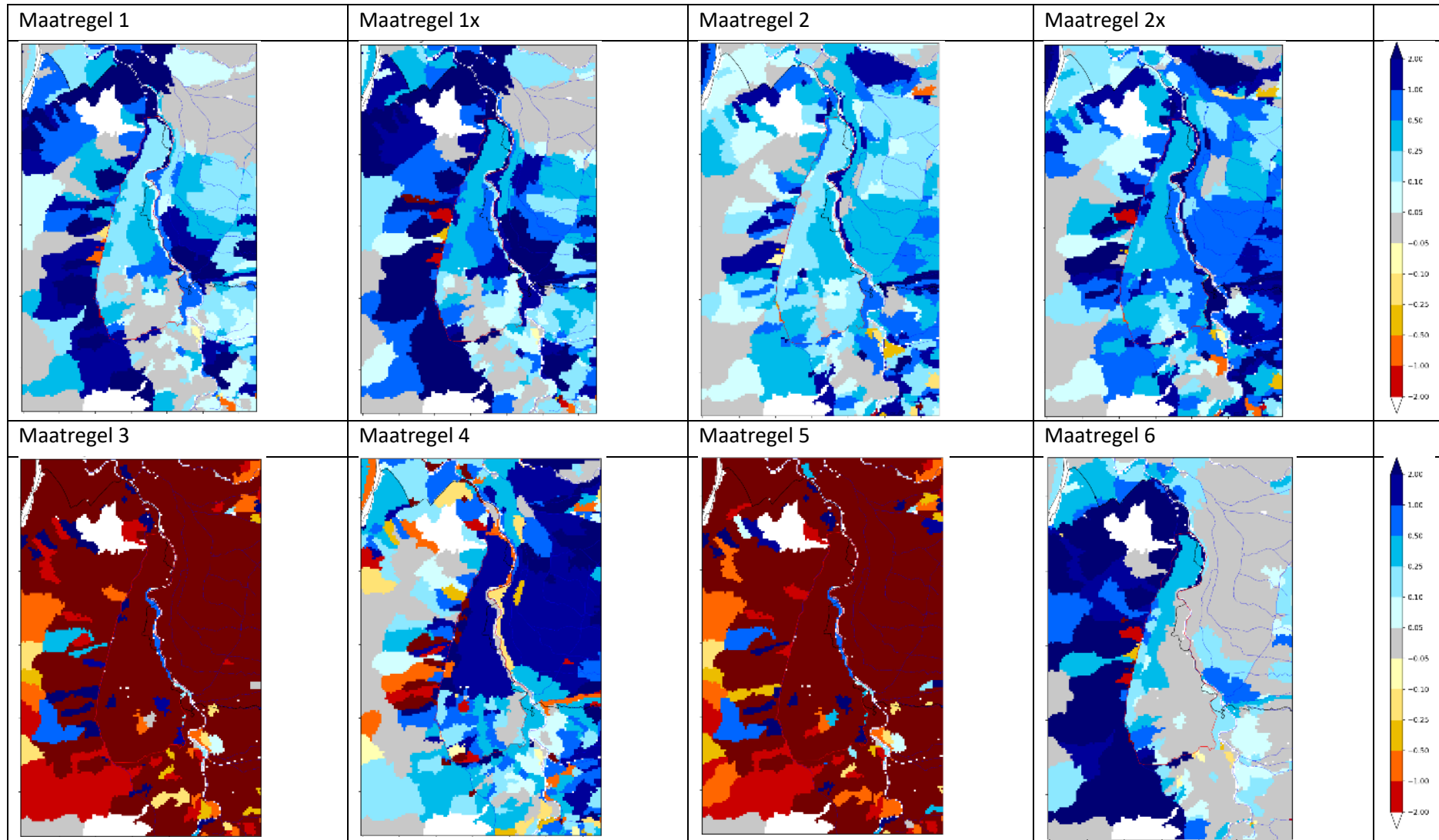


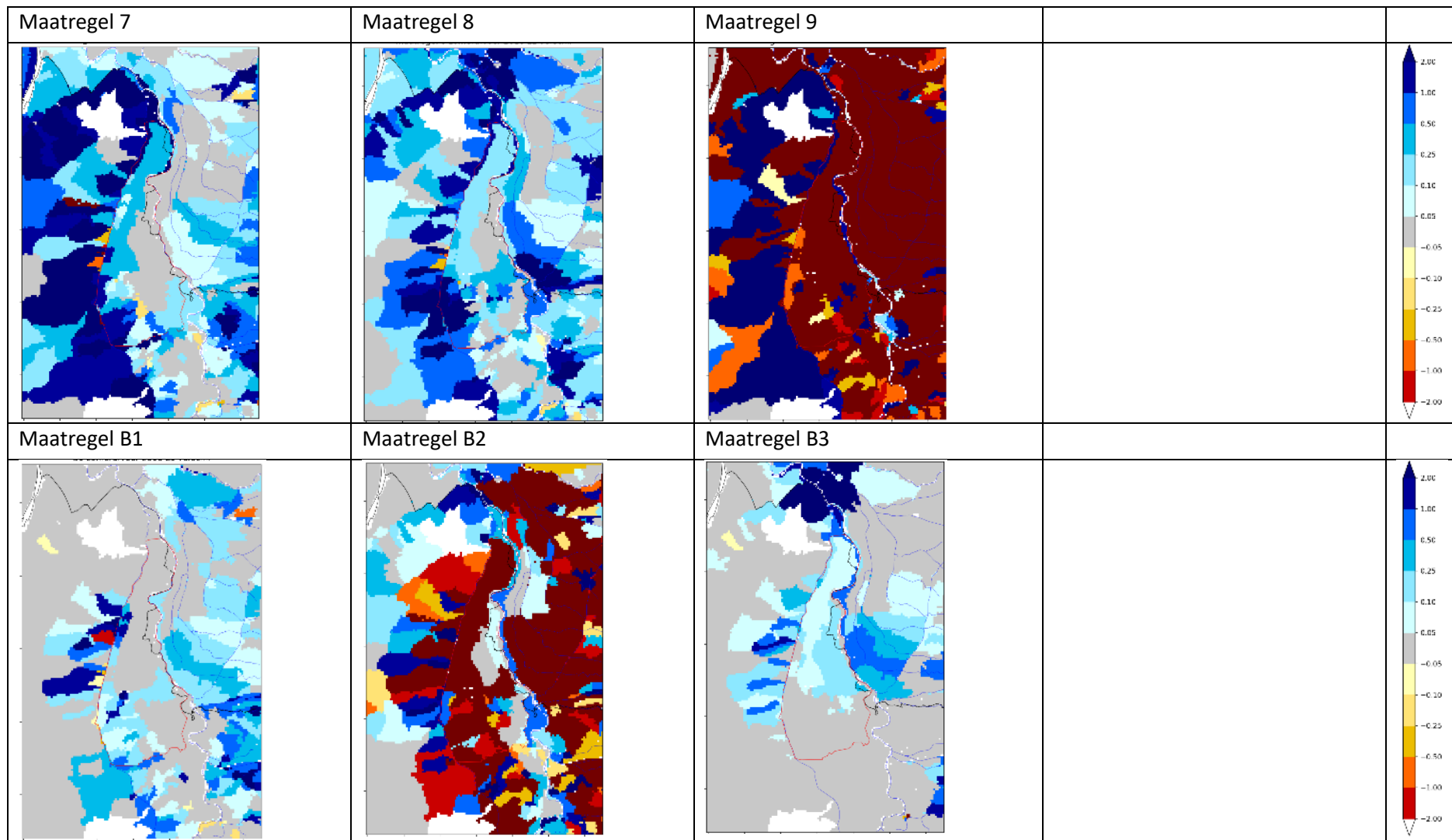
**Verandering in zomer kwel** - Berekende effect op het watersysteem van ingrepen op verandering van de kwelflux in de zomer. Blauwe kleuren duiden op een vernatting (toename kwel) en gele/rode kleuren op verdroging (afname kwel).





**Verandering in zomer afvoer** - Berekende effect op het watersysteem van ingrepen op verandering van de afvoer (drainageflux) in de zomer. Blauwe kleuren duiden op een vernatting (toename afvoer) en gele/rode kleuren op verdroging (afname afvoer).







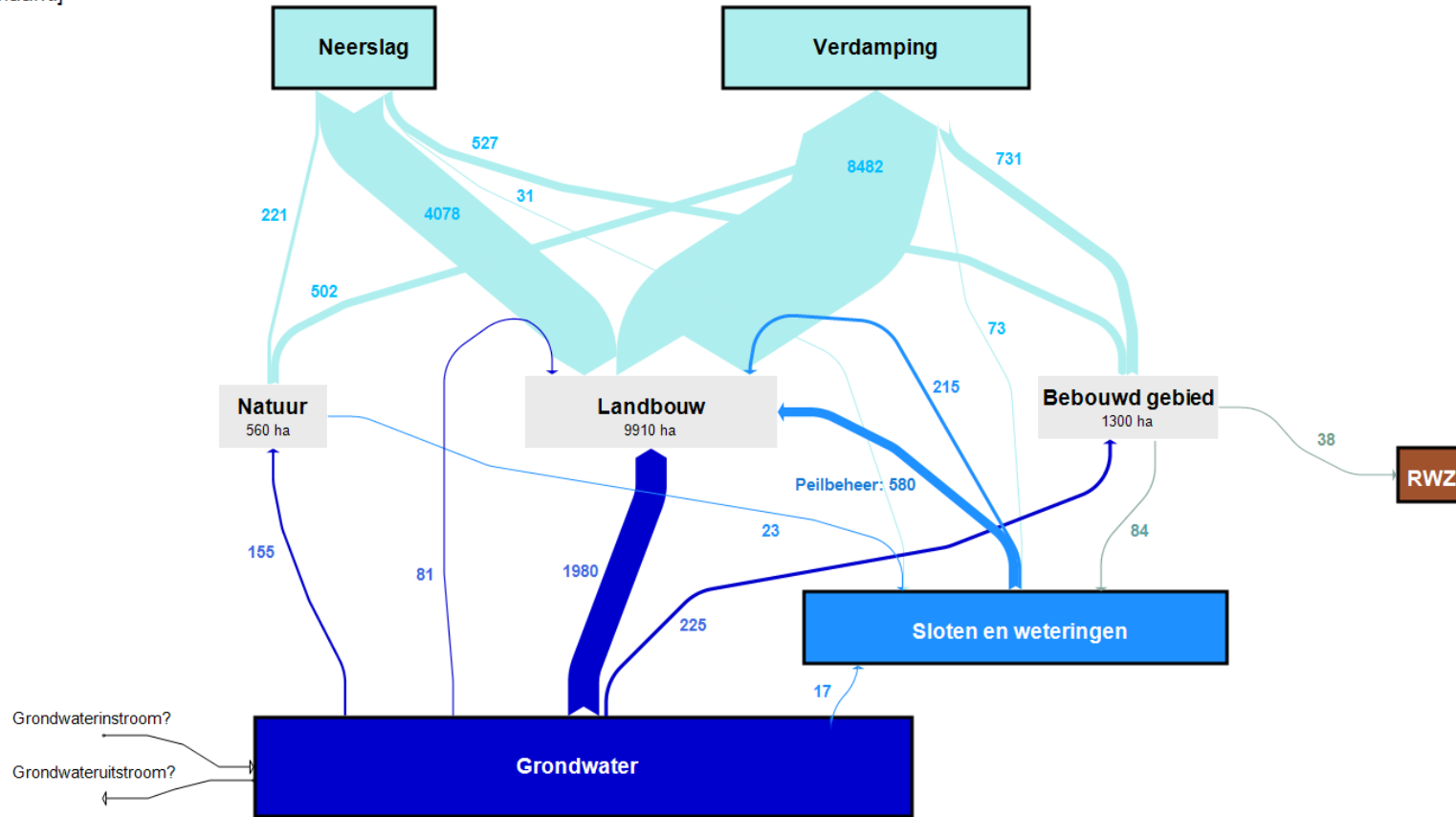
## BIJLAGE D - Waterbudget-diagrammen voor kwel- en infiltratiegebieden

De waterbudget-diagrammen zijn gebaseerd op de modelresultaten van het REF- en M9-scenario van het project Droogte Zandgronden Nederland (LHM-data, 250\*250m) (van den Eertwegh et al. 2021). Waterstromen zijn berekend over juni t/m augustus 2018. De ruimtelijke gebruikers natuur, landbouw en bebouwd gebied komen overeen met de eerste modellaag van het LHM, ingedeeld volgens de LHM-landgebruikskaart; het “grondwater” wordt gevormd door alle diepere lagen. Alle kwel-infiltratiefluxen zijn de flux over de onderrand van laag 1 (flf); de drainage/peilbeheerstroom is berekend uit alle 'drainage' en 'river'-fluxen uit laag 1 en 2. Voor de onttrekkingen voor drinkwater en industrie is de modelinvoer zelf gebruikt om consistent te blijven met de scenario's (deze nemen bijvoorbeeld de verhoogde drinkwatervraag in 2018 niet mee). De afvoer naar RWZI's is afgeleid uit effluentdata van Vallei en Veluwe van RWZI Terwolde. Er is aangenomen dat de minimum dagelijkse effluentflux per maand (over 2018) gelijk is aan de influx vanuit drinkwatergebruik; alle fluxuaties daar bovenop zijn toegewezen aan regenwaterinstroom. In het REF-scenario is aangenomen dat deze afkomstig is uit stedelijk gebied (stedelijke runoff); in het M9-scenario is aangenomen dat deze volledige strom wordt afgekoppeld en geïnfiltreerd.

Voor het scheiden van de kwel- en infiltratiegebieden is gebruik gemaakt van de kwel-infiltratiekaart uit de modeluitvoer van de deltasceario's (REF2015; gemiddelde netto kwel-infiltratie over 1986-2006). Alle gebieden met een gemiddelde kwelflux zijn geclassificeerd als kwelgebied (aanneame dat natuur en landbouw zijn aangepast op de kwelsituatie), alle gebieden met een gemiddelde infiltratieflux als infiltratiegebieden (aangepast op infiltratiesituatie).

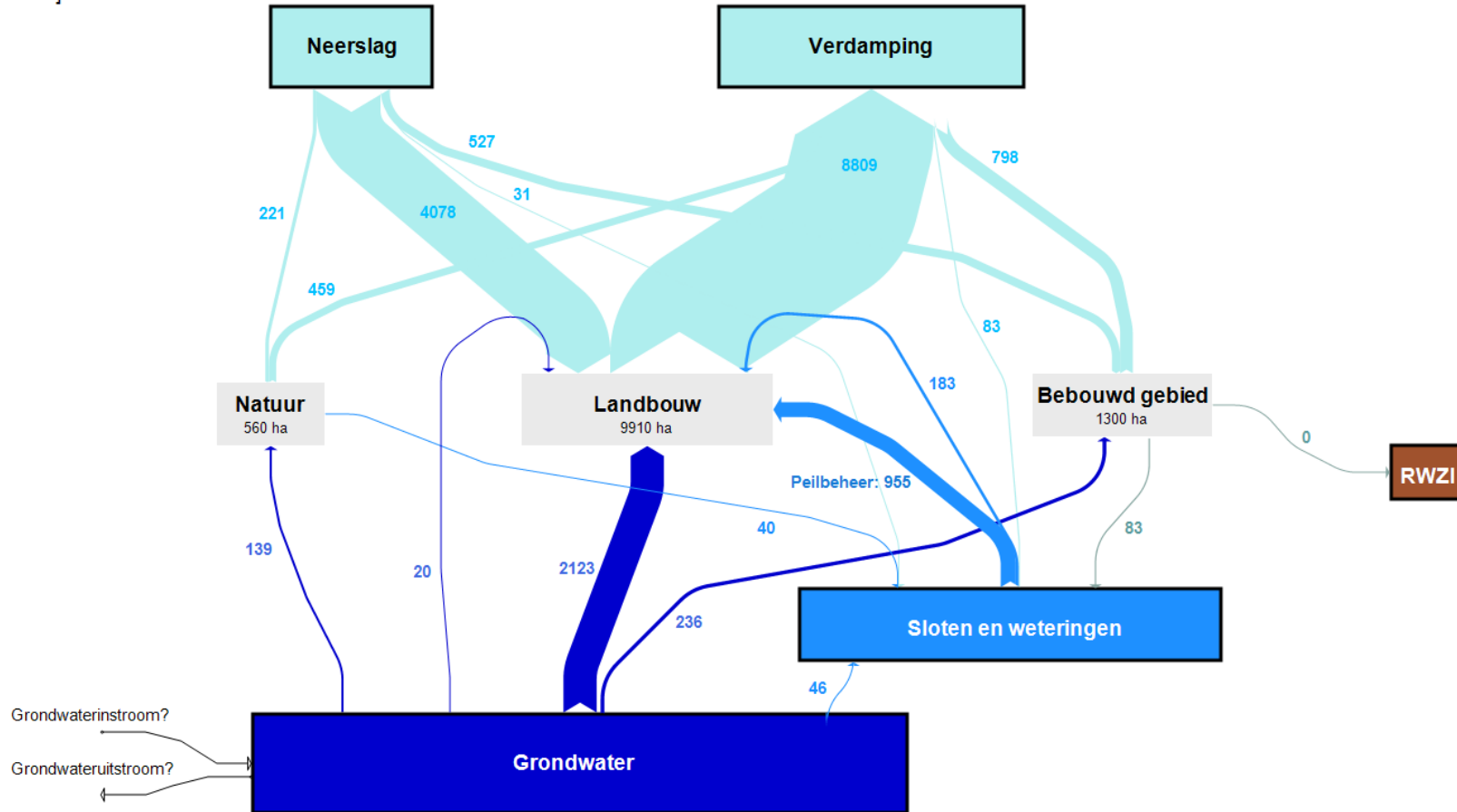
# IJsselvallei waterbudget: Kwelgebieden Scenario REF - Zomer 2018

[1000 m3/maand]



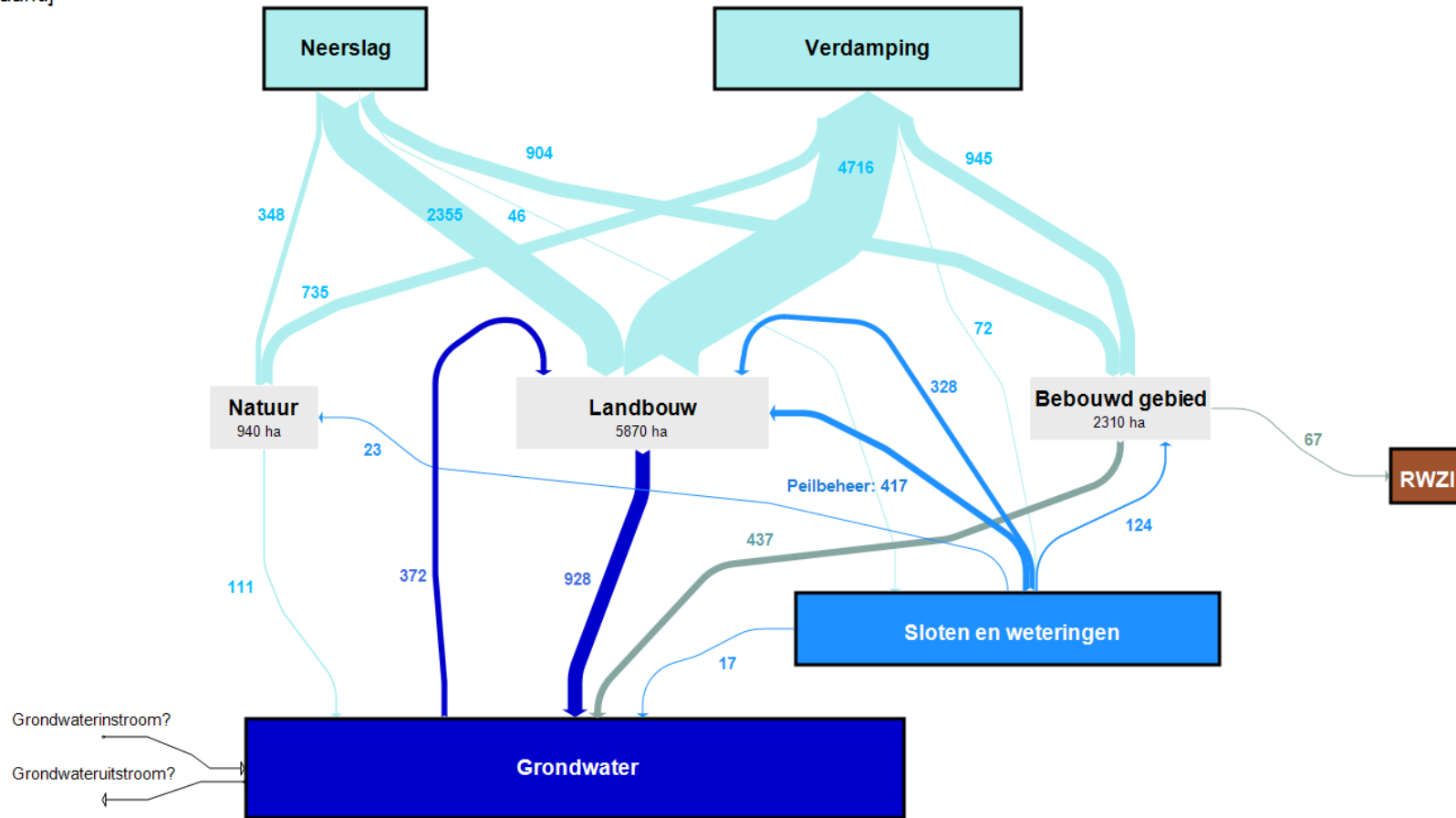
# IJsselvallei waterbudget: Kwelgebieden Scenario M9 - Zomer 2018

[1000 m<sup>3</sup>/maand]



# IJsselvallei waterbudget: Infiltratiegebieden Scenario REF - Zomer 2018

[1000 m<sup>3</sup>/maand]



# IJsselvallei waterbudget: Infiltratiegebieden Scenario M9 - Zomer 2018

[1000 m<sup>3</sup>/maand]

