



Ministerie van Infrastructuur
en Waterstaat



stowa

HOOFDRAPPORT



Zoetwatervoorziening Oost-Nederland

REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN FASE 2



RAPPORT

2020
32A

REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN FASE 2
HOOFDRAPPORT

RAPPORT

2020
32A

ISBN 978.90.5773.900.2



COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Joost Delsman (Deltares)
Tine te Winkel (Acacia Water)
Arnaut van Loon (KWR, Watercycle Research Institute)
Ruud Bartholomeus (KWR, Watercycle Research Institute)
Janine de Wit (KWR, Watercycle Research Institute)
Harry Massop (Wageningen Environmental Research)
Stijn Reinhard (Wageningen Economic Research)
Simon Buijs (Deltares)

BEGELEIDINGSGROEP

Steven Visser (Deltaprogramma Zoetwater)
Rob Bouman (Deltaprogramma Zoetwater)
Ruud Theunissen (Deltaprogramma Zoetwater)
Neeltje Kielen (Rijkswaterstaat-WVL)
Rob Ruijtenberg (Bureau WeL namens STOWA)
Kees Vink (Waterschap Brabantse Delta)
Edwin Arens (Waterschap Brabantse Delta)
Hedwig van Putten (Waterschap Vallei en Veluwe namens Zoetwatervoorziening Oost-Nederland)
Matthijs van den Brink (Hydrologic, namens Zoetwatervoorziening Oost-Nederland)

GEFINANCIERD DOOR

Deltaprogramma Zoetwater
Waterschap Brabantse Delta
Zoetwatervoorziening Oost-Nederland
Stowa

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2020-32A
ISBN 978.90.5773.900.2

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

TEN GELEIDE

Met de tweede en doorontwikkelde versie van de Regioscan Zoetwatermaatregelen kan het effect van lokale maatregelen aan de zoetwateropgave nog beter in beeld worden gebracht en is nu landsdekkend toepasbaar. De kansrijkheid van maatregelen kan zo snel worden ingeschat en gebruikt worden om met zoetwatergebruikers het gesprek aan te gaan.

Het klimaat verandert; de laatste 3 zomers is Nederland geconfronteerd met meer en langere perioden van droogte. De afgelopen jaren zijn met het oog hierop tal van (kleinschalige) maatregelen beproefd die waterbeheerders en watergebruikers (met name boeren en tuinders) kunnen treffen om de zoetwater zelfvoorzienendheid te vergroten. De behoefte en noodzaak aan lokale maatregelen is de afgelopen jaren met de hele droge zomers steeds groter geworden.

Waterbeheerders hebben behoefte aan informatie over de wijze waarop lokale maatregelen het beste bij kunnen dragen aan de zoetwateropgave. Om hier snel zicht op te krijgen is de Regioscan Zoetwatermaatregelen ontwikkeld (2017). Deze eerste versie van de Regioscan kon alleen in de toenmalige casegebieden worden ingezet en het gebruik werd als ingewikkeld ervaren. In het huidige project is de Regioscan Zoetwatermaatregelen verder ontwikkeld: de Regioscan is landsdekkend toepasbaar gemaakt en heeft een gebruiksvriendelijke interactieve interface gekregen. Daarnaast is de Regioscan uitgebreid met de maatregelen ‘perceelstuwen, slootboderverhoging, bodemverbetering door het toevoegen van organische stof en bodemverbetering door het opheffen van bodemverdichting’. De maatregel-effectrelaties van de eerder beschikbare maatregelen zijn uitgebreid en zijn nu geschikt voor alle bodemtypen in Nederland. De Regioscan Zoetwatermaatregelen is daarmee in heel Nederland toepasbaar. De Regioscan is hiermee toepasbaar voor landelijke studies en regionale uitsneden kunnen eenvoudig worden gemaakt.

De Regioscan is zeer bruikbaar gebleken om een eerste verkenning te doen naar de kansrijkheid van maatregelen, als communicatietool om het gesprek met gebruikers op gang te brengen en om een inschatting te maken van het effect – in termen van kosten en baten- van lokale maatregelen op de watervraag. Het is evenwel belangrijk om in gedachte te houden dat de Regioscan Zoetwatermaatregelen niet bedoeld is voor bedrijfsadvisering aan specifieke boerenbedrijven. In dit rapport (2020-32A) vindt u de achtergronden van de Regioscan in het rapport 2020-32B vindt u de handreiking hoe het instrument te gebruiken.

Verschillende partijen uit ‘het Deltaprogramma Zoetwater’ zijn betrokken bij de ontwikkeling van deze Regioscan. Waaruit voor mij blijkt dat we gezamenlijk de zoetwateropgave oppakken. Succes met het toepassen van de Regioscan.

Joost Buntsma
Directeur STOWA

SAMENVATTING

Met vaker voorkomende droge zomers kijken waterbeheerders en agrariërs naar maatregelen om de zoetwater zelfvoorzienendheid van boerenbedrijven te vergroten. Maar welke maatregel is waar het beste toe te passen? De Regioscan Zoetwatermaatregelen is een instrument om waterbeheerders op regionaal niveau snel inzicht te geven in de effecten, kosten en baten van zoetwatermaatregelen op boerenbedrijven. De Regioscan geeft daarmee inzicht in de kansrijkheid van deze maatregelen op basis van deze kosten en baten. De Regioscan kan onder meer worden ingezet om een eerste verkenning te doen naar de kansrijkheid van maatregelen, als communicatietool om het gesprek met gebruikers op gang te brengen en om een inschatting te maken van het effect van lokale maatregelen op de watervraag. De Regioscan Zoetwatermaatregelen is niet bedoeld voor bedrijfsadvisering aan specifieke boerenbedrijven.

In 2017 is de eerste, proof-of-concept, versie van het instrument Regioscan Zoetwatermaatregelen gereed gekomen (Delsman et al., 2018). Deze eerste versie van de Regioscan kon alleen in de toenmalige casegebieden worden ingezet. Gebruik van de Regioscan was daarnaast te ingewikkeld voor de beoogde gebruikers. In het huidige project is de Regioscan Zoetwatermaatregelen verder ontwikkeld: de Regioscan is landsdekkend toepasbaar gemaakt en heeft een gebruiksvriendelijke interactieve interface gekregen. De Regioscan is toegepast in twee nieuwe casestudies en de plausibiliteit van de resultaten is verder onderzocht.

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is uitgebreid met de maatregelen Perceelstuwen, Slootboderverhoging, bodemverbetering door het toevoegen van organische stof en bodemverbetering door het opheffen van bodemverdichting. De maatregel-effectrelaties van de eerder beschikbare maatregelen zijn uitgebreid en zijn nu geschikt voor alle bodemtypen in Nederland. Op basis van landelijke gegevens over bedrijfstypen en berekeningsresultaten van het Landsdekkend Hydrologisch Model is een landsdekkende schematisatie aangemaakt. In de maatregel-effectrelaties wordt naast droogte- en zoutschade ook rekening gehouden met optredende natschade. De Regioscan Zoetwatermaatregelen is daarmee in heel Nederland toepasbaar. De Regioscan is hiermee toepasbaar voor landelijke studies en regionale uitsneden kunnen eenvoudig worden gemaakt.

De Regioscan levert op regionaal niveau veel informatie over effecten, kosten, baten en daarmee over de kansrijkheid van agrarische zoetwatermaatregelen. Om deze informatie beter te ontsluiten en beschikbaar te maken voor interactieve verkenningen is een nieuwe gebruikersinterface ontwikkeld. Met deze gebruikersinterface kunnen maatregelpakketten interactief worden samengesteld en geanalyseerd. De gebruikersinterface is op basis van toepassing in de casestudies verder toegesneden op wensen vanuit de gebruiker. Ook is het nu mogelijk om de Regioscan te baseren op regionale hydrologische modellen. Hierdoor kan beter worden aangesloten bij regionaal beschikbare gegevens.

Toepassing van de Regioscan Zoetwatermaatregelen heeft in vergelijking met de inzet van regionale hydrologische modellen als voordeel dat snel veel verschillende maatregelen kunnen worden afgewogen, zonder dat hiervoor afzonderlijke schematisaties en modelberekeningen nodig zijn. Op basis van uitkomsten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen kunnen maatregelscenario's in regionale hydrologische modellen daarnaast nader worden gespecificeerd.

In een gevoeligheidsanalyse zijn de resultaten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen robuust bevonden voor variaties in de invoergegevens. Dit betekent dat de aanwezige onzekerheid in de invoerparameters de rekenresultaten van de Regioscan niet in grote mate beïnvloedt. Het met de Regioscan Zoetwatermaatregelen ingeschatte hydrologische effect van de maatregelen Regelbare drainage, Perceelstuwen en Sloopbodempverhoging is vergeleken met resultaten van het hydrologische model AZURE. Berekende effecten zijn vergelijkbaar en laten een zelfde gevoeligheid voor de grondwaterkarakteristieken zien.

In de cases Chaamse beken en Twello is verdere ervaring opgedaan met toepassing van de Regioscan ten behoeve van gebiedsprocessen. De Regioscan Zoetwatermaatregelen kan met name een rol spelen in de beginfase van het gebiedsproces, bij het verkennen van mogelijk kansrijke maatregelen. Het is hierbij aan te raden het toepassen van de Regioscan vooraf goed in te bedden in het procesontwerp. Leerpunten uit de toepassing in de cases zijn verwerkt in een separaat verschenen handleiding voor de toepassing van de Regioscan Zoetwatermaatregelen in gebiedsprocessen.

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is zeer bruikbaar gebleken voor een regionale verkenning van de kansrijkheid van zoetwatermaatregelen op landbouwbedrijven. De Regioscan is door de gebruikte generieke hydrologische en maatregel-effectinformatie evenwel niet geschikt voor het ondersteunen van individuele investeringsbeslissingen. In de Regioscan gemaakte aannamen kunnen de analyse van kansrijkheid beïnvloeden. Zo veronderstelt de Regioscan dat een maatregel onmiddellijk effect heeft, waar dit voor bijvoorbeeld organische stof toevoegen aan de bodem een lange periode kan duren. Tenslotte zijn in de Regioscan Zoetwatermaatregelen innovatieve maatregelen opgenomen waar nog verder onderzoek naar wordt gedaan of die zich in de praktijk nog moeten bewijzen. Het in de Regioscan opgenomen maatregel-effect vertegenwoordigt de huidige stand van kennis.

De Regioscan Zoetwatermaatregelen software is beschikbaar gemaakt via https://gitlab.com/deltares/imod/regioscan_zoetwater

DE STOWA IN HET KORT

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

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

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

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

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

De grondbeginselen van STOWA zijn verwoord in onze missie:

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

REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELN FASE 2 HOOFDRAPPORT

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	DE STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
	1.1 Aanleiding en doel	1
	1.2 Leeswijzer	2
2	REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELN VERSIE 2.0	3
	2.1 Inleiding	3
	2.2 Nieuw opgenomen maatregelen	3
	2.2.1 Perceelstuwen en Slootbodemplverhoging	3
	2.2.2 Bodemverbeteringsmaatregelen	8
	2.3 Uitbreiding maatregel-effectrelaties	16
	2.3.1 Drainagemaatregelen	16
	2.3.2 Natschade	19
	2.4 Overige aanpassingen ten opzichte van Regioscan fase 1	19
	2.4.1 Invoer Regioscan op basis van regionaal hydrologisch model	19
	2.4.2 Overige aanpassingen	20
	2.5 Landsdekkende schematisatie	21
	2.5.1 Karakterisatie modelbedrijven	21
	2.5.2 Hydrologische database	23
	2.6 Overzicht opgenomen maatregelen[29,	24
3	GEBRUIKERSINTERFACE REGIOSCAN	25
	3.1 Inleiding	25
	3.2 Beschrijving interface	26
	3.2.1 Scherm: Interactieve GUI	26
	3.2.2 Scherm: Maatregel effecten	28

4	CASE TWELLO	29
4.1	Inleiding	29
4.2	Uitgevoerde activiteiten	30
4.2.1	Regioscan beschikbaar maken voor plangebied Twello, op basis van zowel AZURE als LHM	30
4.2.2	Ondersteuning Optimalisatie Watersysteem Twello	30
4.2.3	Vergelijking Regioscan met hydrologisch model AZURE	31
4.3	Lessen uit Case Twello	31
5	CASE CHAAMSE BEKEN	32
5.1	Inleiding	32
5.1.1	Gebiedskenmerken	32
5.1.2	Gebiedsproces	32
5.2	Uitgevoerde activiteiten	33
5.3	Lessen uit Case Chaamse beken	34
6	GEVOELIGHEIDSANALYSE EN VERGELIJKING HYDROLOGISCH MODEL	36
6.1	Inleiding	36
6.2	Gevoeligheidsanalyse	36
6.2.1	Aanpak	36
6.2.2	Resultaten	37
6.2.3	Conclusie	47
6.3	Vergelijking maatreegeffect met hydrologisch model AZURE	48
6.3.1	Inleiding	48
6.3.2	Aanpak	48
6.3.3	Implementatie maatregelen in AZURE	49
6.3.4	Resultaten	51
6.3.5	Discussie en conclusies	63
7	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	65
7.1	Conclusies	65
7.2	Aanbevelingen	66
BIJLAGE A	MEMO PEILOPZET TWELLO	69
BIJLAGE B	STATISTIEKEN VERGELIJKING REGIOSCAN - AZURE	73
BIJLAGE C	TOEPASSING VAN DE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELLEN OP HET STROOMGEBIED VAN DE CHAAMSE BEKEN	74
BIJLAGE D	NASLAG WERKINGSMECHANISME IN REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELLEN OPGENOMEN MAATREGELLEN	98

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING EN DOEL

De Regioscan Zoetwatermaatregelen beoogt waterbeheerders snel inzicht te geven in de ruimtelijke variatie van (1) de kosten en baten van lokale zoetwatermaatregelen en (2) de kansrijkheid van deze maatregelen gegeven deze kosten en baten. Daarmee geeft het instrument inzicht in de kansrijkheid van zoetwatermaatregelen in een regio als geheel. De Regioscan kan onder meer worden ingezet om een eerste verkenning te doen naar de kansrijkheid van maatregelen, als communicatietool om het gesprek met gebruikers op gang te brengen en om een inschatting te maken van het effect van lokale maatregelen op de watervraag. De Regioscan Zoetwatermaatregelen is gericht op waterbeheerders die aan de slag willen gaan met een (regionaal) watertekort probleem. In 2017 is de eerste, proof-of-concept, versie van het instrument Regioscan Zoetwatermaatregelen gereed gekomen (Delsman et al., 2018).

De Regioscan Zoetwatermaatregelen maakt met behulp van maatregel-effectrelaties een inschatting van effecten, kosten en baten van verschillende zoetwatermaatregelen die door agrarische bedrijven kunnen worden genomen. Deze maatregel-effectrelaties worden ruimtelijk gedifferentieerd toegepast, hierbij wordt rekening gehouden met hydrologische en bijvoorbeeld bodemfysische omstandigheden.

In de eerste fase van het project Regioscan Zoetwatermaatregelen is het instrument ontwikkeld en zijn twee regionale pilotstudies (Anna Paulowna- en Oostpolder en de Raam) met de Regioscan uitgevoerd. In deze pilotstudies is de meerwaarde van de Regioscan gedemonstreerd en zijn aanbevelingen gedaan voor doorontwikkeling. In een landelijke pilot is daarnaast de inzet van de Regioscan voor de landelijke knelpuntenanalyse van het Deltaprogramma Zoetwater verkend.

De eerste versie van de Regioscan is evenwel niet 'af'. De eerste versie van de Regioscan is alleen toepasbaar in de toenmalige casegebieden, is niet kwantitatief gevalideerd en is niet eenvoudig toepasbaar voor eindgebruikers. Doel van het project is daarom om te komen tot een Regioscan Zoetwatermaatregelen fase 2 die:

- in heel Nederland inzetbaar is;
- is uitgebreid met maatregelen 'Perceelstuwen', 'Slootboderverhoging', en 'bodemverbetering';
- is toegepast in ten minste vier casestudie gebieden (de casestudie gebieden uit fase 1, aangevuld met 2 nieuwe casestudiegebieden in fase 2);
- eenvoudig toepasbaar is voor eindgebruikers;
- aantoonbaar plausibele resultaten geeft.

1.2 LEESWIJZER

Dit hoofdrapport beschrijft de in dit project uitgevoerde activiteiten. Naast dit hoofdrapport is een handreiking voor toepassing van de Regioscan Zoetwatermaatregelen samengesteld, deze is apart uitgebracht. Als Bijlage D is een korte naslag opgenomen van het werkingsmechanisme en de kosten van de verschillende in de Regioscan opgenomen maatregelen.

2

REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELLEN

VERSIE 2.0

2.1 INLEIDING

De Regioscan Zoetwatermaatregelen versie 1 (Delsman et al., 2018) is op verschillende manieren uitgebreid tot een versie 2. Zo zijn er verschillende nieuwe maatregelen in de Regioscan opgenomen, zijn maatregel-effectrelaties voor heel Nederland geschikt gemaakt en wordt natschade meegenomen in de berekening van het maatregel-effect. Verder is de Regioscan geschikt gemaakt voor hydrologische invoer op basis van regionale hydrologische modellen en is een landsdekkende schematisatie gemaakt.

2.2 NIEUW OPGENOMEN MAATREGELLEN

2.2.1 PERCEELSTUWEN EN SLOOTBODEMVERHOGING

Waterconservering door stuwen vindt plaats door in de winterperiode het neerslagoverschot vast te houden achter kleine stuwen, bovenstreams in de zogenaamde haarvaten van het oppervlaktewaterstelsel. Hierdoor stijgt het waterpeil in het oppervlaktewater en als gevolg hiervan het grondwaterniveau in de aanliggende percelen bij aanvang van het groeiseizoen (Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand; GVG). In feite wordt door peilopzet in het oppervlaktewater de drainagebasis verhoogd. Het water blijft daardoor beschikbaar voor gebruik in het groeiseizoen. In voor waterconservering door stuwen zeer kansrijke gebieden (vlakke ligging, veel sloten) is een verhoging van de GVG (ten opzichte van de uitgangssituatie) van bijv. 20 cm haalbaar. De daarvoor benodigde verhoging van de ontwateringsbasis van de sloten is ongeveer het dubbele, dus 40 cm. De mogelijke verhoging van de ontwateringsbasis is gebiedsafhankelijk.

Waterconservering kan ook plaatsvinden door Slootbodemverhoging. Het voordeel van Slootbodemverhoging ten opzichte van waterconservering met stuwen is dat de drainagebasis permanent wordt verhoogd en de verhoging niet afhankelijk is van de beschikbaarheid van water. Er vindt alleen berging van het neerslagoverschot plaats in de bodem van de aan de sloot grenzende percelen en niet in de sloot zelf. Een ander verschil is dat de helling van het maaiveld geen bepalende factor is. De mogelijke verhoging van de slootbodem kan beperkt worden door droogleggingseisen in de winterperiode of doordat de diepteligging van de drains het onmogelijk maakt de slootbodem te verhogen. Om deze redenen is het maximale effect op de GVG gelijk gesteld aan waterconservering door stuwen. Indien de slootbodem hoger komt te liggen dan het stuwpeil staat er geen water meer in de sloot en daardoor nemen de mogelijkheden van conserveren van water in het oppervlaktewater af.

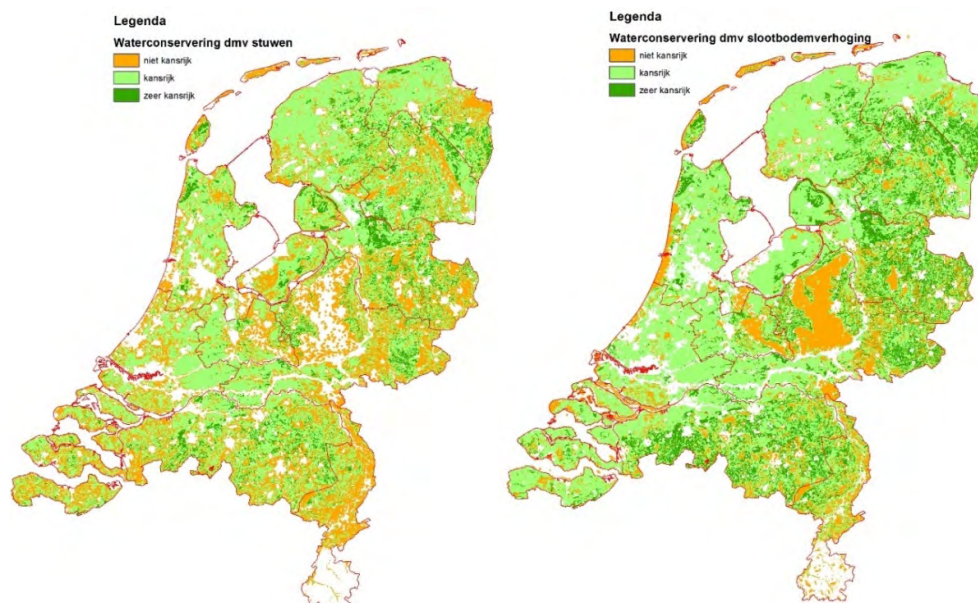
2.2.1.1 KANSRIJKHEID

Voor de bepaling of de maatregelen Perceelstuwen en / of Slootboderverhoging kunnen worden toegepast is gekeken naar:

- de geschiktheid van een gebied voor de toepassing van de maatregel Slootboderverhoging,
- de maatregelruimte, oftewel hoeveel de GVG op basis van gewas kan worden verhoogd,
- de maximaal toelaatbare verhoging van de oppervlaktewaterstand.

In de studie naar lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten “Fresh Water Options Optimizer” (FWOO) zijn kanskaarten afgeleid voor waterconserving door stuwen en Slootboderverhoging (Van Bakel et al., 2014). De geschiktheidskaart voor waterconserving door stuwen in FWOO is opgesteld op basis van karteerbare kenmerken, in overeenstemming met de werkwijze zoals beschreven in Alterra-rapport 2287 (Massop et al., 2012). Deze werkwijze is naar voortschrijdend inzicht voor dit project verbeterd. Verder is de werkwijze voor het bepalen van de geschiktheid voor waterconserving door Slootboderverhoging gelijk aan die van waterconserving door stuwen. Er worden drie klassen onderscheiden: zeer kansrijk, kansrijk en niet kansrijk (Figuur 2.1).

FIGUUR 2.1 KANSEN VOOR WATERCONSERVERING DOOR STUWEN (LINKS) EN DOOR SLOOTBODEMVERHOOGING (RECHTS)

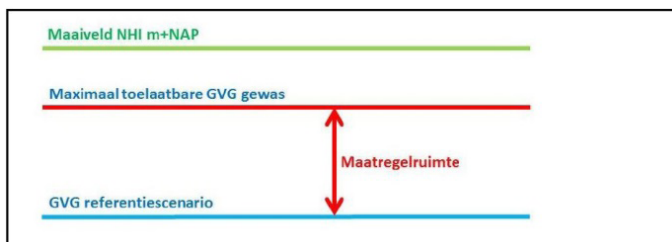


2.2.1.2 MAATREGEL-EFFECTRELATIE

De maatregelruimte is de mate waarin de GVG kan worden verhoogd, zonder natschade te veroorzaken voor het gewas. De maatregelruimte is afhankelijk van de GVG in de uitgangssituatie en het gewas, beide zijn ontleend aan rekenresultaten van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) (Mens et al., 2019). Gewassen verschillen onderling in wat voor het gewas de optimale GVG is (Tabel 2.1). Is de GVG ondieper dan de maximaal toelaatbare GVG voor het gewas dan is het niet gewenst om maatregelen te nemen waardoor de GVG gaat stijgen, omdat dit leidt tot extra natschade. Is de GVG lager dan de maximaal toelaatbare GVG voor het gewas dan is er ruimte om de GVG te verhogen, de zogenaamde maatregelruimte (Figuur 2.2). Uit de combinatie GVG, landgebruik en Tabel 2.1 is voor heel Nederland de maatregelruimte afgeleid (Figuur 2.3)

FIGUUR 2.2

SCHEMATISCHE VOORSTELLING MAATREGELRUIMTE



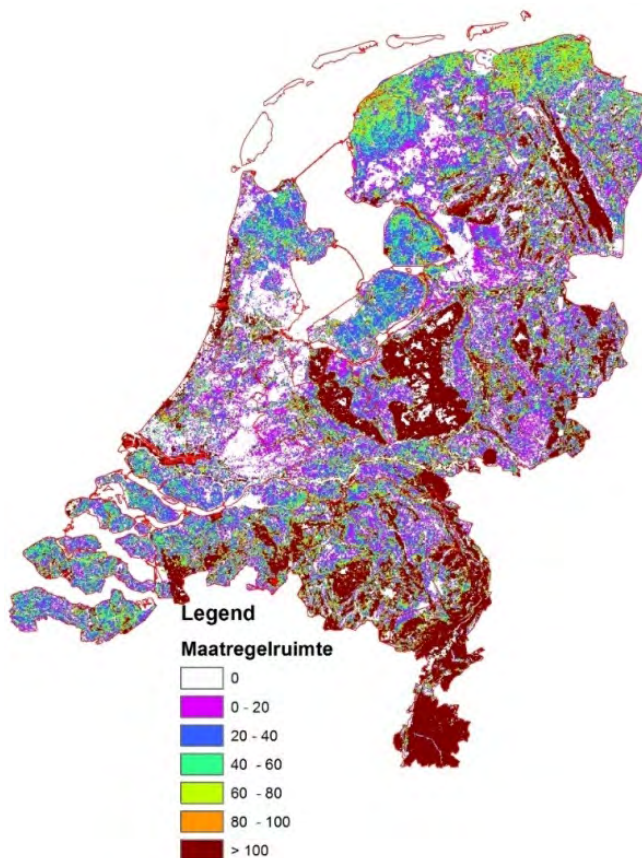
TABEL 2.1

LANDGEBRUIK LHM MET MAXIMAAL TOELAATBARE GVG

LHM-code	LHM-beschrijving	Maximaal toelaatbare GVG (cm)
1	gras	40
2	mais	50
3	aardappelen	60
4	bieten	60
5	granen	60
6	overige landbouw	60
7	boomteelt	60
9	boomgaard	80
10	bollen	60

FIGUUR 2.3

BEREKENDE MAATREGELRUIMTE (CM)



In de stuwwallen en hoge zandgronden in Noord-Brabant en Limburg is de maatregelruimte groot, vaak meer dan 100 cm, in de veengebieden is de maatregelruimte in veel gebieden 0 (Figuur 2.3).

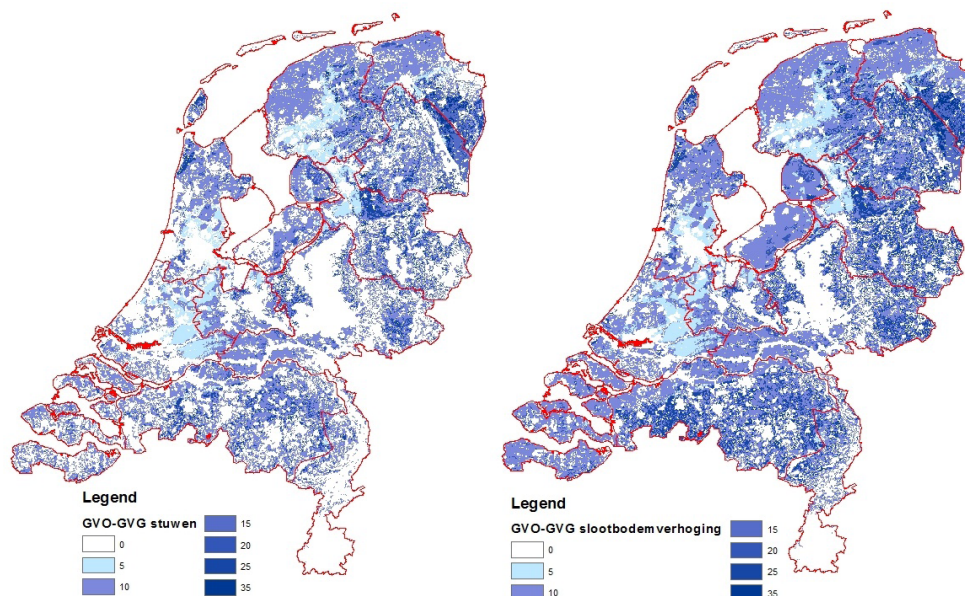
Verhoging van de oppervlaktewaterstand leidt tot meer wegzijging of minder kwel. Verhoging van de oppervlaktewaterstand werkt daardoor maar beperkt door naar de GVG. Als eerste inschatting gaan we uit van 50% doorwerking, oftewel een verhoging van de oppervlaktewaterstand van 40 cm leidt tot een verhoging van de GVG van 20 cm. Daarnaast hebben sloten een afvoerfunctie die moet worden gehandhaafd, dit betekent dat verhoging van de oppervlaktewaterstand met stuwen of de slootbodembodem slechts beperkt mogelijk is en gebiedsafhankeijk. De kansrijkdomkaarten geven aan in hoeverre de verhoging van het oppervlaktewaterpeil of slootbodembodem mogelijk is. In sterk hellende gebieden is weinig water te conserveren met stuwen en kan door het plaatsen van extra stuwen meer water worden geconserveerd, maar de mogelijkheden blijven beperkter dan in vlakke gebieden. Deze fysieke aspecten zijn meegenomen in de kaart met kansrijke gebieden. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat in zeer kansrijke gebieden de verhoging van het oppervlaktepeil volledig kan worden doorgevoerd en in kansrijke gebieden slechts voor de helft (Tabel 2.2).

TABEL 2.2 GVG-VERHOOGING IN RELATIE TOT MAXIMAAL MOGELIJKE VERHOOGING WINTERPEIL EN KANSRIJKHEID VAN DE MAATREGEL

Grondsoort	Verhoging opp.waterstand/ slootbodembodem [cm]	GVG-verhoging Zeer kansrijk [cm]	GVG-verhoging Kansrijk [cm]
Hollands veenweidegebied	20	10	5
Zandgebied	50	25	10
Kleigebied	40	20	10
Noordelijk veenweidegebied	30	15	5
Gronings-Drentse Veenkoloniën	70	35	15

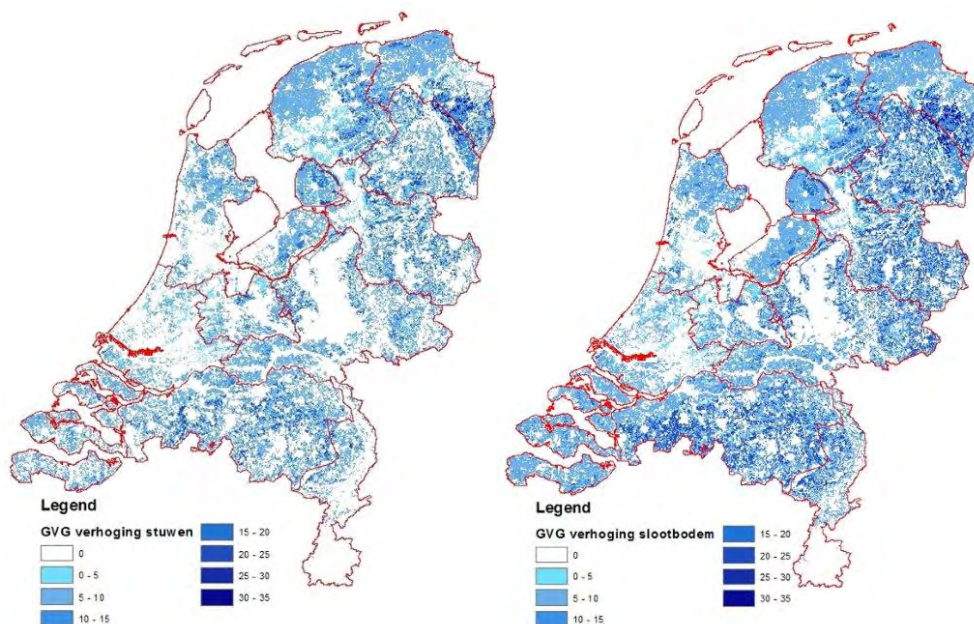
De waarden uit Tabel 2.2 zijn met behulp van de kansenkaarten ruimtelijk vertaald (Figuur 2.4).

FIGUUR 2.4 POTENTIELE GVG VERHOOGING VANUIT OPPERVLAKEWATER (CM)



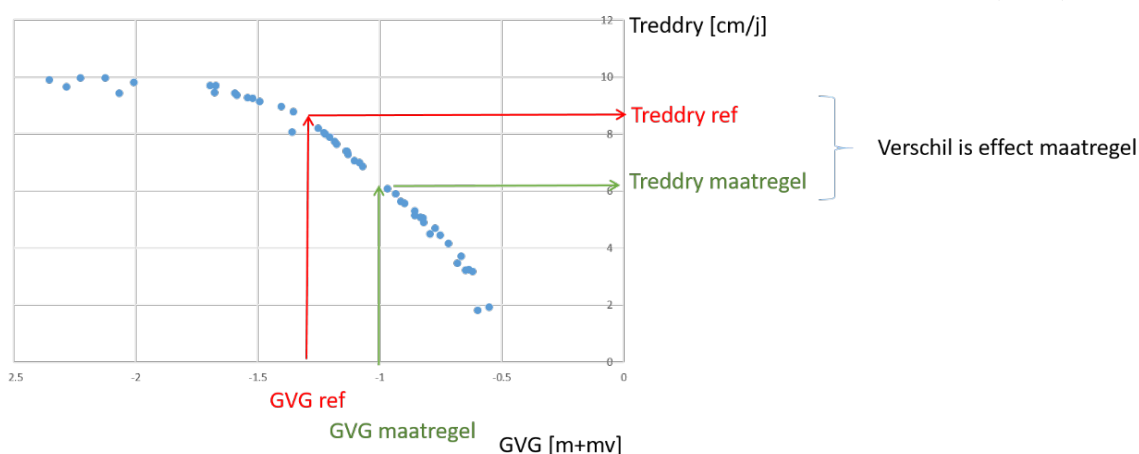
Vervolgens kan de maatregelruimte, de maximale verhoging vanuit het gewas, worden vergeleken met de realiseerbare GVG-verhoging vanuit het oppervlaktewater. Als de maatregelruimte groter is dan de potentiële GVG verhoging vanuit het oppervlaktewater, dan wordt de realiseerbare GVG gelijk aan de potentiële GVG verhoging vanuit het oppervlaktewater. Is de maatregelruimte kleiner dan de potentiële GVG verhoging vanuit het oppervlaktewater, dan wordt deze gelijk aan de maatregelruimte (Figuur 2.5).

FIGUUR 2.5 GVG-VERHOOGING MBV STUWEN (LINKS) EN DOOR SLOOTBODEMVERHOOGING (RECHTS)



Uit berekeningen met het detailinstrumentarium van de Waterwijzer Landbouw is gebleken dat er een duidelijke relatie is tussen de grondwaterstand bij aanvang van het groeiseizoen (GVG) en de reductie van de gewasverdamping (transpiratiereductie) en daarmee met de gewasopbrengst. Als voorbeeld geeft Figuur 2.6 de relatie tussen de berekende GVG en de berekende optredende gewasverdampingsreductie voor een grote hoeveelheid 'Waterwijzer Landbouw berekeningen' voor een specifieke combinatie van gewas en bodemtype. Via dergelijke relaties wordt de verhoging van de GVG in de maatregel-effect relatie in de Regioscan vertaald in een effect op de transpiratiereductie. Dit wordt gedaan door zowel de GVG in de uitgangssituatie (x-as, rode pijl) en de GVG na het nemen van de maatregel (x-as, groene pijl) via deze relatie te vertalen naar de bijbehorende gewasverdampingsreductie op de y-as. Het verschil tussen beide gewasverdampingsreducties geeft het effect van de maatregel. Deze relaties zijn voor 5 verschillende gewassen en 21 bodemtypes opgesteld (zie ook paragraaf 2.3.1).

FIGUUR 2.6 VOORBEELD VERTALING EFFECT MAATREGEL OP GVG NAAR VERANDERING IN TRANSPIRATIEREDUCTIE DOOR DROOGSTRESS (TREDDRY)



2.2.1.3 KOSTEN

Waterconserving door Perceelstuwen

Voor de vaste kosten van een stuw en het plaatsen hiervan worden door verschillende auteurs verschillende kosten gegeven. De kosten per stuw variëren van € 1.000,- tot € 2.000,- (van Beek

et al., 2008), € 2.000,- (Jeuken et al., 2015) tot € 5.000,- (Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer, 2014). Dit is afhankelijk van de breedte en hoogte van de stuw. Ook zijn er verschillende typen stuw-tjes, soms zijn er sterke constructies nodig en soms minder sterke. Bij plaatsing van de stuw-tjes gaat men uit van levensduren van 20 à 30 jaar. De exploitatiekosten van een stuw zijn ca. € 50,- per stuw per jaar, waarbij één stuw een landbouwgebied van ca. 20 ha kan beïnvloeden. De lopende jaarlijkse kosten zijn dus ca. € 2,50 per ha per jaar.

Bij een proef met tijdelijke peilopzet met perceelstuw-tjes in Zeeuws-Vlaanderen voor een gebied van ca. 1100 ha waren de kosten voor aanleg en onderhoud omgerekend € 17,- per ha per jaar (bij een veronderstelde levensduur van het stuw-tje van 30 jaar). In deze proef gaf de door de stuw-tjes veroorzaakte extra natschade een kostenpost van € 44,- per ha per jaar. Hiermee kwamen de totale kosten van deze proef op € 61,- per ha per jaar.

Uit Van Beek et al. (2008; tabel 6.1) kan een jaarlijkse kostenpost voor aanleg en onderhoud worden berekend van ruim € 13,-. Dit is voor kleinere stuw-tjes (één per 10 ha) met een lage aanschafprijs van gemiddeld € 1.500 per stuk en een kortere levensduur (20 jaar). Sinds 2008 zijn de gemiddelde prijzen met ca. 16% gestegen (CBS-consumentenprijsindex). De kosten zouden nu ca. € 15,- per ha per jaar bedragen. Het bedrag van ca. € 17,- per ha per jaar uit de Zeeuws-Vlaanderen proef lijkt een redelijk goed bedrag voor de toe te rekenen jaarlijkse kosten voor aanleg en onderhoud van de stuw-tjes.

Omdat in de Regioscan Zoetwatermaatregelen een maximale verhoging is toegepast waarbij verondersteld wordt dat geen natschade optreedt en eventueel berekende natschade in mindering wordt gebracht op de effectiviteit (paragraaf 2.3.2) zijn de kosten opgenomen exclusief natschade, dus € 17,- per ha per jaar.

Slootboderverhoging

De aanlegkosten voor het verondiepen van een sloot werden in 2008 begroot op € 1.500 per ha, ofwel € 15,- per meter waterloop, uitgaande van 100 m waterloop per ha (Van Beek et al., 2008, tabel 6.1). Na prijsindexatie naar 2018 wordt uitgegaan van € 17,40 per meter waterloop, ofwel € 1.740 per ha. De levensduur van de ingreep wordt geschat op 20-30 jaar. Onderhoudskosten van de maatregel werden geschat op 1% ofwel € 17,40 per ha (Van Beek et al., 2008: € 15,- per ha). In Jeuken et al., (2015, blz. 22) wordt vermeld dat verondiepte sloten extra beheer en onderhoud zullen vergen in verband met het sneller dicht groeien van deze sloten. Bij uitblijven van dit onderhoud neemt de kans op wateroverlast toe. Om hier rekening mee te houden is in de Regioscan een bedrag van € 50 per ha onderhoudskosten per jaar opgenomen. Slootboderverhoging

2.2.2 BODEMVERBETERINGSMATREGELEN

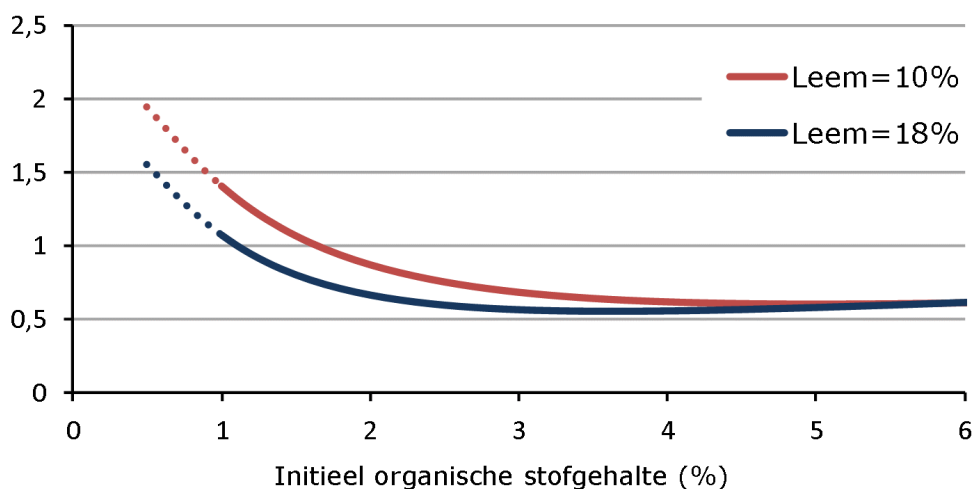
2.2.2.1 MAATREGELEFFECT 'BODEMVERBETERING DOOR TOENAME ORGANISCHE STOF'

De waterbeschikbaarheid van de bodem wordt berekend door de hoeveelheid beschikbaar water tussen veldcapaciteit (pF 2) en het verwelkingspunt (pF 4.2) te vermenigvuldigen met de dikte van de wortelzone. De waterbeschikbaarheid neemt aanvankelijk toe bij een toenemend organisch stofgehalte (Figuur 2.7). De grootste toename in de waterbeschikbaarheid zien we bij zeer lage organische stofgehalten, boven de 3% organisch stof is de toename constant. Volgens de Staringreeks hebben de zandgronden een minimaal organische stofgehalte van 1%. Verhoging van het organisch stofgehalte is vooral interessant voor gronden met een laag organisch stofgehalte, vooral kleiner dan 3%.

FIGUUR 2.7

EXTRA BESCHIKBAAR BODEMVOCHT IN EEN LAAG VAN 10 CM DOOR EEN VERHOOGING VAN HET ORGANISCHE STOFGEHALTE MET 1%, ALS FUNCTIE VAN HET ORGANISCH STOFGEHALTE VOOR DE VERHOOGING, VOOR TWEE ZANDGRONDEN MET EEN VERSCHILLENDE LEEMGEHALTE

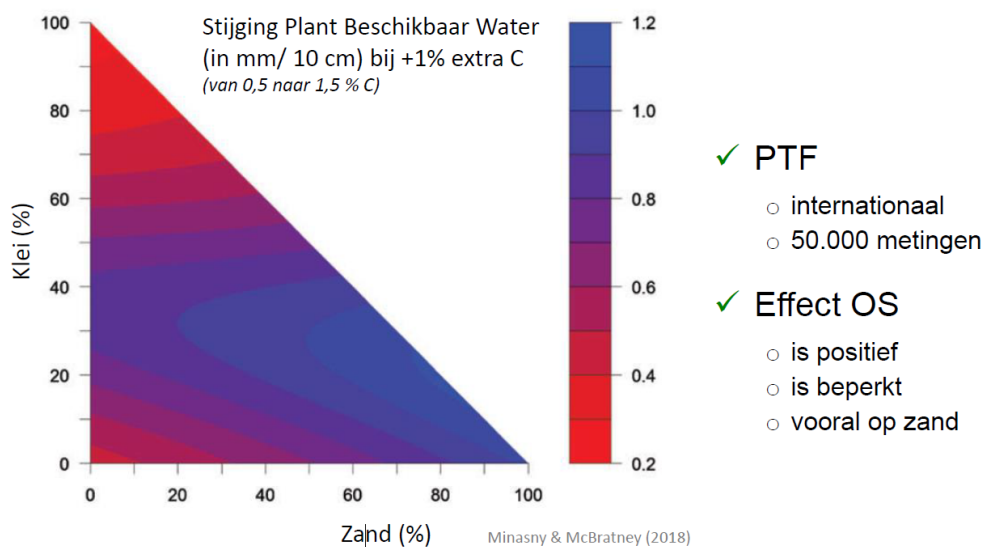
Toename beschikbaar vocht (mm) in een laag van 10 cm bij 1% toename van het organische stofgehalte



Minasny & McBratney (2018) geven het effect van verhoging van het organisch stofgehalte van 1% op bodems met een organisch stofgehalte van 0,5-1,5% (Figuur 2.8).

FIGUUR 2.8

STIJGING BESCHIKBAAR VOCHT IN RELATIE TOT PERCENTAGE KLEI EN ZAND (MINASNY & MCBRATNEY, 2018)



Bij kleigronden met een organisch stofgehalte van 0,5-1,5% is bij een verhoging van het organisch stofgehalte met 1% de stijging van de waterbeschikbaarheid 0,2 mm per 10 cm bodem. Voor zandgronden is het effect veel hoger: ca. 1,2 mm/10 cm. Tussen beide uitersten is een lineair verband aangenomen.

Voor het afleiden van een landelijke kaart wordt uitgegaan van de BOFEK-kaart (Wösten et al., 2013). In deze kaart worden 72 BOFEK-eenheden onderscheiden waarvoor profielopbouwen zijn gegeven met informatie over organische stof en lutum gehalte. Bij het opstellen van de landelijke kaart is verder aangenomen dat verhoging van het organisch stofgehalte betrekking heeft op de bovenste 30 cm van het profiel. De gangbare ploegdiepte varieert tussen de 20 en 30 cm. Met de hier gehanteerde 30 cm is wordt de een 'best-case' effect van deze

maatregel verkend. Voor de bepaling van het effect van de verhoging van het organische stofgehalte op de waterbeschikbaarheid worden de volgende relaties gebruikt:

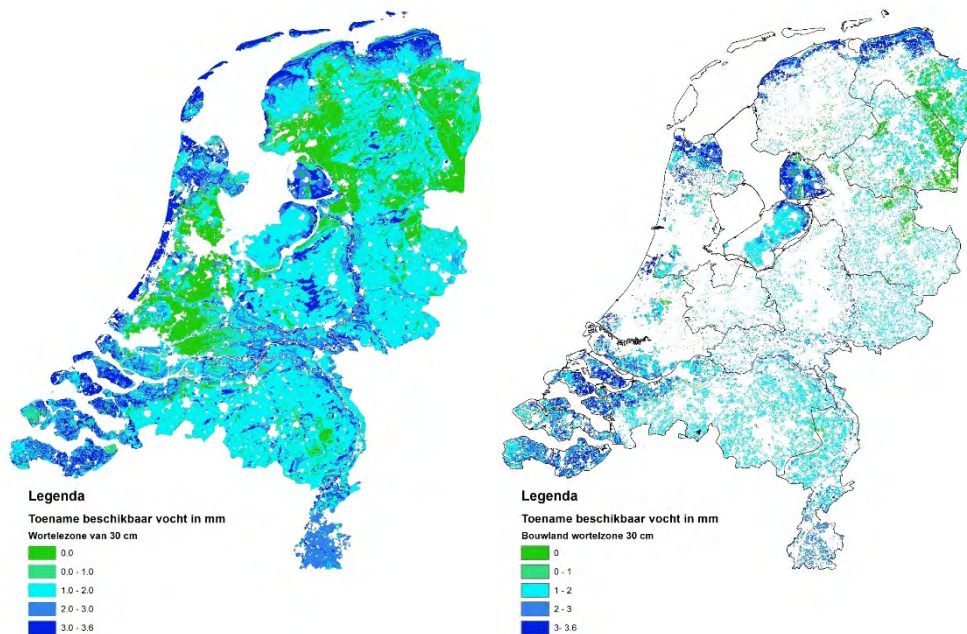
- Organisch stofgehalte 0-2%: $\text{Fractie klei} \cdot 0,2 + (1 - \text{fractie klei}) \cdot 1,2$
- Organisch stofgehalte 2-3%: $\text{Fractie klei} \cdot 0,15 + (1 - \text{fractie klei}) \cdot 0,8$
- Organisch stofgehalte 3-10%: $\text{Fractie klei} \cdot 0,1 + (1 - \text{fractie klei}) \cdot 0,6$
- Organisch stofgehalte >6%: 0

Toepassing van bovenstaande relatie levert onderstaande kaart (Figuur 2.9, links). Merk op dat er in 2017 een herziene kaart van het organische stofgehalte in de bodem beschikbaar is gekomen (van den Berg et al., 2017). In deze studie is deze niet toegepast, omdat naast het organisch stofgehalte ook het lutumgehalte (fractie klei) van belang is voor het effect op de waterbeschikbaarheid. In de gehanteerde BOFEK-kaart zijn zowel het organisch stofgehalte, als de kleifractie consistent met elkaar gekarteerd.

De maatregel is alleen van belang voor bouwland. Voor de selectie van bouwland is de landgebruikskaart uit het LHM genomen. Deze kaart onderscheidt 22 landgebruiksvormen. De codes 2 t/m 10 zijn geselecteerd en gebruikt om de definitieve kaart af te leiden (Figuur 2.9, rechts).

Het effect van een toename van het organisch stofgehalte lijkt een geringe bijdrage, maar de extra beschikbaar gekomen bodembuffer kan bij neerslag weer worden aangevuld. Dit betekent dat als gedurende het groeiseizoen de wortelzone meerdere keren op veldcapaciteit is gebracht, dit net genoeg kan zijn om een beregeningsbeurt te laten vervallen.

FIGUUR 2.9 EFFECT VAN DE VERHOOGING VAN HET ORGANISCH STOFGEHALTE MET 1% OP DE WATERBESCHIKBAARHEID IN MM VOOR EEN WORTELZONE VAN 30 CM (LINKS) EN ALLEEN VAN TOEPASSING OP BOUWLAND (RECHTS)



Let op dat het verhogen van het organische stofgehalte van bodems normaal gesproken een proces is van vele jaren (zie paragraaf 2.2.2.4). In de Regioscan Zoetwatermaatregelen wordt de maatregel evenwel geïmplementeerd alsof de maatregel instantaan het gewenste effect oplevert.

2.2.2.2 MAATREGELEFFECT 'BODEMVERBETERING DOOR VERDICHTING OPHEFFEN'

Verdichting van de ondergrond heeft een aantal gevolgen voor de water- en gashuishouding die doorwerken op de gewasgroei en op de waterafvoer van percelen. De waterhuishouding in de bodem wordt sterk beïnvloed door de poriegrootte-verdeling (Zwart et al., 2011):

- Poriën < 0,2 μm houden water zo sterk vast dat wortels dit niet of nauwelijks kunnen opnemen. De kleinste ruimten kunnen niet door wortels direct worden benut
- Poriën 0,2 – 30 μm zijn belangrijk voor de opslag van bodemvocht en nalevering aan planten
- Poriën 30-300 μm zijn belangrijk voor de infiltratie van water, maar niet zo belangrijk voor het vochtbergend vermogen van de grond. De meeste plantenwortels kunnen poriën vanaf 200 μm ingroeien
- Poriën > 300 μm kunnen grotere hoeveelheden water snel naar beneden afvoeren.

Bodemverdichting gaat gepaard met een afname van het aantal macroporiën (> 30 μm) en een toename van het aantal microporiën (< 30 μm). Een groter aandeel microporiën betekent dat de bodem zich meer zal gedragen als een zware kleigrond.

Tot op zekere hoogte kan verdichting gunstige effecten hebben, maar sterke verdichting zorgt voor een slechte waterdoorlatendheid wat onder andere langdurige plasmvorming kan veroorzaken.

Zwart et al. (2011) geven ook nadere informatie over de relatie verdichting en gewasopbrengst.

- Voor grasland heeft bodemverdichting tegengestelde effecten op de opbrengst. De lagere opbrengsten in natte jaren worden gecompenseerd door hogere opbrengsten in droge jaren, waardoor het netto effect gering is.
- Bij suikerbieten en aardappelen kan sterke verdichting forse opbrengstreductie geven, die kan oplopen tot tientallen procenten. Een bodem met een goede structuur zonder verdichting is voor deze teelten van groot belang.

Uit veldwerk en metingen in een bodemlaboratorium kan worden geconcludeerd dat ruim de helft van de podzolgronden aantoonbaar is verdicht (Groenendijk et al., 2017).

Opheffing van de bodemverdichting heeft een aantal effecten:

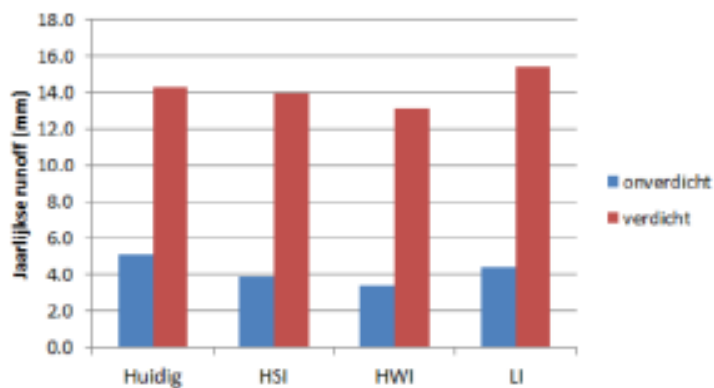
- Afname van oppervlakkige afstroming / maaiveldafvoer
- Diepere beworteling
 - toename beschikbaar vocht in de wortelzone
 - toename capillaire nalevering

Oppervlakkige afstroming

Modelresultaten laten zien dat bodemverbetering ertoe leidt dat hevige neerslag sneller infiltreert, waardoor piekafvoeren minder vaak voorkomen en geringer van omvang zijn. Uit berekeningen voor het gebied van de Heulebeek in Vlaanderen, blijkt dat er bij verdichting een aanzienlijke toename is in de berekende oppervlakkige afstroming en dat dit effect sterker is dan het effect van klimaatscenario's (Figuur 2.10) (Van der Bolt et al., 2016).

FIGUUR 2.10

BEREKENDE JAARLIJKSE OPPERVLAKKIGE AFSTROMING (RUN-OFF) VOOR HET GEBIED VAN DE HEULEBEEK OP BASIS VAN UURLIJKSE NEERSLAG IN 2008. BRON: VAN DER BOLT ET AL. (2016)

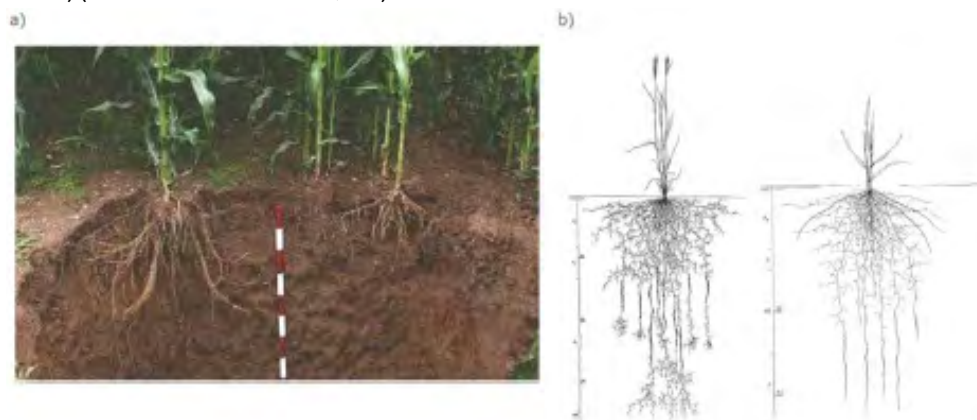


Diepere beworteling

Voor sommige gewassen is bekend dat ze door dichte lagen heen kunnen wortelen. Het gewas Sorghum wordt hierbij genoemd, maar dit effect kon in het Lumbricus onderzoeksprogramma (praktijkproef Bewuste Bodem) niet worden aangetoond (nog ongepubliceerde resultaten). In andere gevallen zullen wortels door de verdichte laag heen moeten groeien via al aanwezige (wortel)gangen. Figuur 2.11, ontleend aan Groenendijk et al. (2017), toont het effect van verdichting op de beworteling.

FIGUUR 2.11

A) VERDELING MAIS WORTELS BIJ NORMALE DICHTHEID (LINKS) EN IN VERDICHTE GROND (RECHTS) EN B) WORTELS PASSEREN VERDICHTE LAGEN DOOR VERTICALE WORMGANGEN (LINKS: GERST) EN VAN AFGESTORVEN WORTELS (RECHTS: JONGE HAVERPLANT, ONDERSTE VERTICALE WORTELS) (ONTLEEND AAN GROENENDIJK ET AL., 2017)



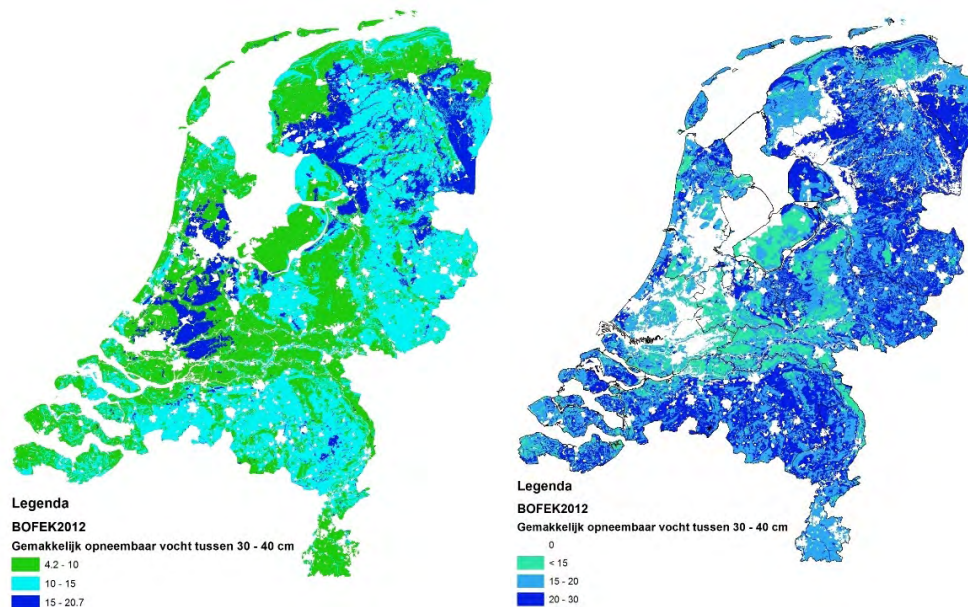
Het feit dat sommige gewassen toch door de verdichte laag kunnen wortelen, betekent nog niet dat de bewortelingsdiepte ongewijzigd is ten opzichte van een situatie zonder aanwezigheid van een verdichte laag. Een beperkte beworteling betekent een dunnere wortelzone waardoor minder bodemvocht aan de wortelzone kan worden onttrokken. Bij een dunnere wortelzone reiken de wortels minder diep en zit het grondwater dus dieper ten opzichte van de wortelzone. Indien de grondwaterstand te diep uitzakt wordt er dan onvoldoende water geleverd aan de wortelzone via capillaire opstijging. Bij opheffing van de verdichte laag kan de capillaire nalevering toenemen doordat de afstand tot de wortelzone kleiner wordt maar anderzijds ook afnemen omdat de capillaire eigenschappen van de verdichte laag veranderen.

Maatreeffeffect opheffing bodemverdichting op vochtbeschikbaarheid

Uit het voorgaande blijkt dat het lastig is om het effect van opheffen van bodemverdichting op de vochtbeschikbaarheid te bepalen. Daarbij is het in de praktijk vooralsnog lastig gebleken om significante effecten te bereiken met dieper wortelende gewassen. Om in de Regioscan Zoetwatermaatregelen toch een mogelijk effect in te schatten is de volgende werkwijze gehanteerd.

Er is uitgegaan van de BOFEK2012 kaart (Wösten et al., 2013). Aangenomen is dat in een verdichte bodem beworteling mogelijk is tot 30 cm en dat door de opheffing van de verdichting de beworteling toeneemt tot 40 cm. Aangenomen is verder dat tussen 30 en 40 cm het gemakkelijk opneembare vocht als extra vocht beschikbaar komt (tussen pF 2.0 en pF 2.6). In Figuur 2.12 (links) is het gemakkelijk opneembaar vocht weergegeven dat beschikbaar komt als de beworteling toeneemt van 30 naar 40 cm.

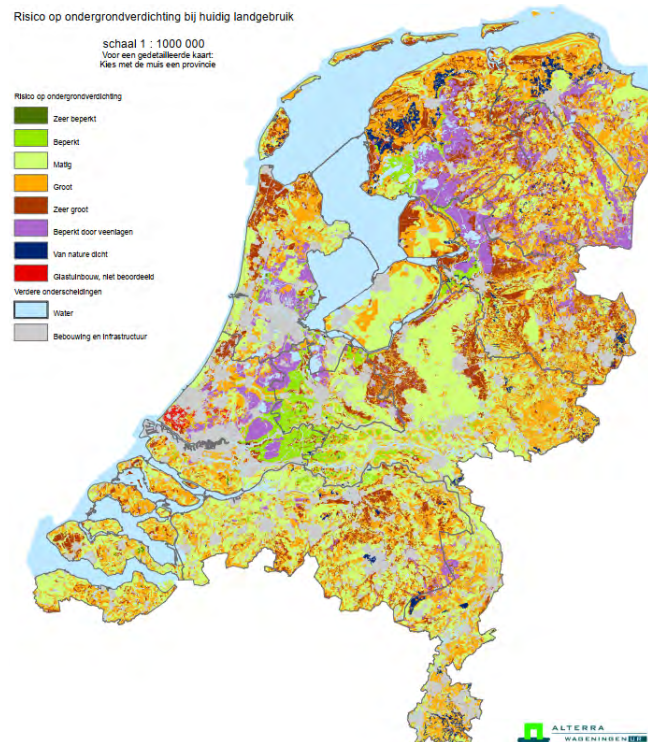
FIGUUR 2.12 TOENAME BESCHIKBAAR GEMAKKELIJK OPNEEMBAAR VOCHT (MM) BIJ TOENAME DIKTE WORTELZONE VAN 30 NAAR 40 CM (LINKS) EN TOTALE AANGENOMEN TOENAME BESCHIKBAAR BODEMVOCHT DOOR AFNAME VAN DE BODEMVERDICHTING (RECHTS)



Daarnaast wordt aangenomen dat de oppervlakkige afstroming afneemt. Op basis van beperkte berekeningen (Figuur 2.10) is de extra aanvoer door afname van oppervlakkige afstroming bepaald op 9 mm. Voor dit aspect is geen ruimtelijk onderscheid gemaakt. Het totale effect van de afname van de verdichting op het beschikbaar bodemvocht is vervolgens bepaald door deze extra aanvoer van 9 mm als gevolg van afname van oppervlakkige afstroming op te tellen bij de toename van het beschikbaar bodemvocht. De verandering in de capillaire nalevering is niet meegenomen. Het is verder de vraag of veen zo dicht kan worden dat de beworteling wordt beperkt (mondelijke mededeling Jan van den Akker), de veenprofielen zijn daarom weggelaten (Figuur 2.12, rechts). De effecten zijn overwegend tussen de 13 en 22 mm in de zandgebieden. Deze vergroting van de bodembuffer kan bij regenval gedurende het groeiseizoen worden bijgevuld.

Er is geen kaart beschikbaar die aangeeft welke gronden/percelen zijn verdicht en welke niet. Wel is er een inschatting gemaakt van het risico op bodemverdichting (Van den Akker et al., 2013). De maatregel is alleen als kansrijk verondersteld waar het risico op bodemverdichting groot of zelfs zeer groot is (Figuur 2.13, Van den Akker et al. (2013)).

FIGUUR 2.13

RISICO OP OPTREDEN VAN BODEMVERDICHTING (VAN DEN AKKER ET AL., 2013)**2.2.2.3 MAATREGELEFFECT 'NIET ONDERSCHIEDEN BODEMVERBETERINGSMAATREGELEN'**

Naast de uitgesplitste Bodemverbeteringsmaatregelen is in de Regioscan Zoetwatermaatregelen ook een eenvoudige relatie beschikbaar. Deze relatie is gebaseerd op een expertinschatting door Piet Groenendijk (Wageningen Environmental Research). Deze maatregel is in de Regioscan vervangen door de eerder beschreven 'uitgesplitste' Bodemverbeteringsmaatregelen. De maatregel is in de Regioscan beschikbaar gebleven om compatibiliteit met eerder uitgevoerde studies te garanderen. In deze eenvoudige inschatting wordt geen onderscheid gemaakt tussen verschillende typen van bodemaatregelen. Er wordt slechts – op basis van de huidige stand van kennis – een onderscheid gemaakt in klei- en zandgronden, met elk een maximaal effect van Bodemverbeteringsmaatregelen op de vochthuishouding. Hierbij wordt voor kleigronden een maximaal effect van 2 mm gehanteerd en voor zandgronden 5 mm extra beschikbare bodembuffer. Deze bodembuffer kan, door neerslag, gedurende het groeiseizoen worden aangevuld. Of en hoe vaak deze buffer wordt aangevuld is jaarsafhankelijk. In de Regioscan Zoetwatermaatregelen wordt ervan uitgegaan dat, na implementatie van deze maatregel, deze hoeveelheid water direct additioneel beschikbaar is voor gewasverdamping. Dat bijvoorbeeld het verhogen van het organische stofgehalte tientallen jaren kan duren wordt hierbij genegeerd, de maatregel wordt instantaan geïmplementeerd.

2.2.2.4 KOSTEN*Kosten toediening organische stof*

Extra organische stof toedienen kan bijvoorbeeld door het uitrijden van stalmest of het op het land brengen van compost. Ook groenbemesters zaaien en het onderploegen van restanten van gewassen leveren organisch stof in de bodem. Wil men het organische stofgehalte in de bodem structureel verhogen dan is dit normaal gesproken een proces van vele jaren. Van een groenbemester of een gewasrest is van het organische stofgehalte na één jaar gemiddeld ca. 25% over. Na 5 jaar is van het oorspronkelijke organische stof globaal 5-10% over en na 10 jaar slechts 3-6%. Van gewas tot gewas zijn er grote verschillen (www.handboekbodembemesting.nl).

In de Deltafact 'Belang van bodemorganische stof voor het waterbeheer' worden meerkosten genoemd voor het opbrengen van GFT of compost in plaats van drijfmest die variëren tussen € 150 en € 500 per ha per jaar, terwijl kosten van groenbemesters € 130 – € 276 per ha per jaar bedragen (Stowa, 2019). In een studie voor de vergoedingsregeling graanteelt om ganzen te weren rond Schiphol (Rijk et al., 2017) zijn de kosten voor het opbrengen van compost op het land berekend. Om 1 ha stro met effectief 1.323 kilo organische stof te kunnen compenseren is 7,9 m³ compost nodig. In de Haarlemmermeer waren in 2017 de aankoopkosten van de compost omgerekend € 86,90 per ha per jaar. In deze berekening is er verder vanuit gegaan dat men in de praktijk ongeveer eens in de 8-10 jaar compost op zijn land zal brengen. In de Haarlemmermeer waren de kosten voor het uitrijden en opbrengen van deze compost omgerekend per ha per jaar € 57,91. Totale aankoop- en opbrengkosten om met compost het tekort aan organische stof compenseren dat verdwijnt door stro afvoer zijn dus ongeveer 145 euro per ha per jaar. Omgerekend komt dit neer op € 0,11 per kilo effectieve organische stof (145 euro per 1.323 kilo organische stof). Effectieve organische stof is de organische stof die na één jaar na opbrengen nog in de bodem aanwezig is.

Voor andere gewassen en locaties zal de totale organisch stof productie anders zijn. Dit hangt af van welk deel van het gewas beschikbaar is voor de productie van organische stof, het groeiseizoen van het gewas, van hoe ver compost moet worden aangevoerd, en verschillen in kosten van uitrijden en opbrengen tussen gebieden. Indicatief zullen de kosten van het kopen, uitrijden en opbrengen van effectieve organische stof in de range liggen van € 0,11 - 0,15 per kilo effectieve organische stof. Bij het opbrengen van compost wordt de meegekomen stikstof en fosfaat overigens meegeteld voor de stikstof en fosfaatgebruiksnormen voor het agrarische bedrijf.

Om een indruk te krijgen van wat een verhoging van het organische stofgehalte van 1% in de bodem zou kunnen kosten is de volgende berekening gemaakt: Uitgegaan wordt dat er compost opgebracht wordt net als in het eerder genoemde voorbeeld in de Haarlemmermeer. De aanname is dat de verhoging geldt voor de bovenste 30 cm in de bodem (bouwvoor). 30 cm bodem op 1 ha is 3000 m³ bodem, waar 30 m³ (1%) meer effectieve organische stof bij moet komen. Deze 30 m³ (soortelijk gewicht 0,75 g/cm³) weegt 22.500 kilo. Met kosten van € 0,11 tot € 0,15 per kilo zijn de kosten ha dus ca. € 2500,- tot € 3.400,- per ha Over een periode van 30 jaar komen de kosten daarmee op € 80,- tot € 110,- per ha per jaar.

Bij het telen van andere gewassen en het opbrengen en onderwerken van mest zullen de kosten anders liggen. In het kader van deze studie is dit niet verder onderzocht.

In de Regioscan Zoetwatermaatregelen zijn voor het verhogen van het organische stof gehalte jaarlijkse kosten van € 95,- per jaar opgenomen, als gemiddelde over de uitgewerkte bedragen (€ 80,- tot € 110,- per ha per jaar).

Doorbreken ondoordringbare lagen

Er kunnen diepe en wat minder diepe ondoordringbare lagen voorkomen. Hoe dieper de dichte laag onder het maaiveld ligt des te meer dat het kost om deze te breken. Een ploeg-zool op ca. 30 cm kan relatief eenvoudig gebroken worden met een spitmachine die bijvoorbeeld tot ca. 40 cm diep kan gaan. De kosten hiervan bedragen € 121,- per ha, excl. BTW (Wageningen Livestock Research, 2018). Bij dieper spitten zijn de kosten hoger. Diep spitten tot 1,0- 1,20 meter kost nu ca. € 985,- per ha (van Balen et al. (2008); toen kostte dit € 850,- per ha). Een alternatief kan mengploegen zijn. Hierbij is er wel het risico dat de grondsoort van de dichte laag omhoog in de bouwvoor komt, hetgeen ongunstig kan uitpakken voor de totale

chemische samenstelling in de bouwvoor. De kosten hiervan zijn nu ongeveer € 640,- per ha (in 2008 € 550,- per ha (van Balen et al., 2008)).

Bij dichte lagen die nog dieper liggen zal men moeten diepploegen. Dit is een relatief kostbare activiteit, waarbij men dikwijls met twee tractoren zal moeten werken. Diepploegen kan ook als nadeel hebben dat de totale samenstelling van de grond in de bouwvoor verandert, hetgeen onbedoelde neveneffecten kan veroorzaken. Kosten van diepploegen met een diepte van 1,0-1,4 meter zijn ca. € 1.400,- per ha. In zware kleigrond en nog dieper ploegen kunnen de kosten verder oplopen tot € 2.500 per ha (Boerderij, 2015).

Bij dieper liggende dichte lagen zal veelal een éénmalige ingreep kunnen volstaan. Bij de minder diep gelegen ploegzool op 30 cm onder maaiveld, die regelmatig kan ontstaan door bijvoorbeeld passerende landbouwvoertuigen, zou het zo nu en dan spitten gunstig kunnen uitwerken. Eén keer spitten in de drie of vier jaar is wellicht voldoende om meer vocht vast te houden en minder water te doen afstromen bij heftige buien. De kosten hiervan zijn relatief gering.

Het breken van de ploegzool kost zoals hiervoor al is aangegeven € 121,- per ha. Als dit één keer per drie jaar zou gebeuren dan kost dit gemiddeld jaarlijks ca. € 50,- per ha.

2.3 UITBREIDING MAATREGEL-EFFECTRELATIES

2.3.1 DRAINAGEMAATREGELEN

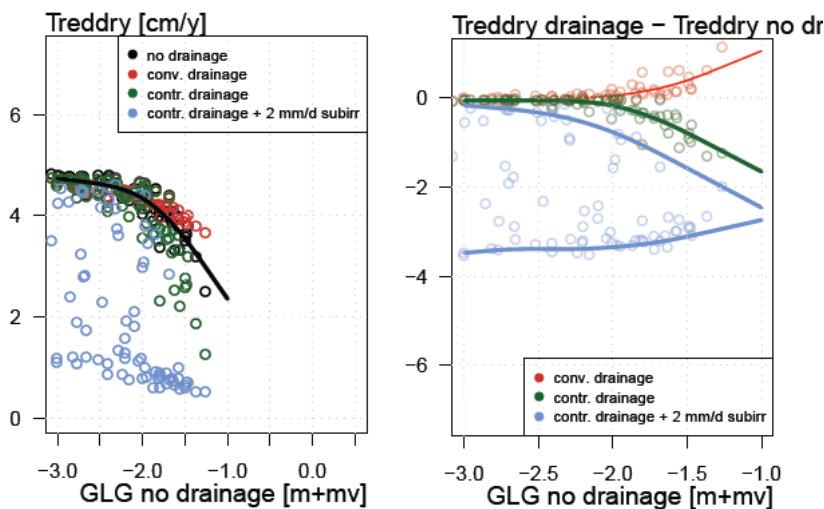
De gevolgde methode is uitgebreid beschreven in bijlage C in Delsman et al. (2018). Hier volgt een korte samenvatting van de procedure.

Het effect van drainagemaatregelen op de vochtvoorziening van het gewas en de transpiratiereductie is niet eenvoudig te duiden. De effectiviteit hangt sterk af van onder andere de hydrologische Ausgangssituatie, het bodemtype, het gewas en de dimensionering van de drainage. Om toch zonder uitgebreide en gedetailleerde metingen en simulaties een globale inschatting te kunnen maken van het effect van drainagemaatregelen op de toe- of afname van de transpiratiereductie ten opzichte van de Ausgangssituatie zonder drainage, zijn met behulp van een reeks SWAP-simulaties reprofuncties afgeleid. Hierbij is gebruik gemaakt van het Waterwijzer Landbouw instrumentarium, het gekoppelde SWAP-WOFOST model met Waterwijzer parametrisatie (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018).

Om de effectiviteit van verschillende drainagemaatregelen te schatten, is steeds het verschil in jaargemiddelde transpiratiereductie als gevolg van te droge condities (*Treddry*) voor de situatie mét drainagemaatregel ten opzichte van transpiratiereductie zónder drainage gecorreleerd aan de gemiddelde laagste grondwaterstand (*GLG*) van de situatie zónder drainage. Met een dergelijke zogeheten reprofunctie kan vervolgens het effect van een drainagemaatregel op de toe- of afname van de transpiratiereductie worden ingeschat, op basis van de *GLG* van de situatie zonder drainage, het bodemtype en het gewas. Benadrukt wordt dat de afgeleide reprofuncties uitsluitend toepasbaar zijn voor de beperkte set van invoergegevens en modelparameters waarvoor de relaties zijn afgeleid. *De reprofuncties dienen daarom alleen toegepast te worden voor het verkrijgen van een inschatting van de effectiviteit van de doorgerekende maatregelen; de onzekerheidsmarges zijn groot.* Voor een nauwkeurige inschatting van effectiviteit van drainagemaatregelen voor een specifiek perceel dient altijd gebruik gemaakt te worden van lokale, gedetailleerde gegevens en op de locatie toegespitste modelsimulaties.

FIGUUR 2.14

VOORBEELD AFLEIDEN REPROFUNCTIES EFFECT DRAINAGEMAATREGELEN PER GLG KLASSE VOOR GEWAS GRAS EN BODEMFYSISCHE EENHEID 1 (KOOPEVEENGRONDEN). ELK PUNT IN DE GRAFIEK IS HET RESULTAAT VAN EEN SWAP SIMULATIE; DE LIJNEN ZIJN GEFITTE SPLINES. CONV. DRAINAGE = CONVENTIONELE DRAINAGE, CONTR. DRAINAGE = REGELBARE DRAINAGE, SUBIRR = REGELBARE DRAINAGE MET ACTIEVE WATERAANVOER (SUB-IRRIGATIE)



De reprofuncties zijn gebaseerd op modelsimulaties met het model SWAP, voor automatisch gegenereerde plots (30 jaar, tijdstap van 1 dag). Voor elke plot worden zowel de *GLG* als droogtestress (*Treddry*) gesimuleerd. De reprofuncties zijn afgeleid voor de meteorologische condities van De Bilt voor 1981-2010, voor gras, maïs en aardappelen, voor verschillende drainage-typen en voor 5 bodemfysische eenheden. Voor elke combinatie van bodemfysische eenheid, gewas en drainagetype zijn aparte functies afgeleid (zie Figuur 2.14 voor een voorbeeld). Deze zijn vervolgens vertaald in opzoektabelen in de Regioscan Zoetwatermaatregelen.

Door de hydrologische randvoorwaarden in SWAP te variëren wordt een range aan *GLG*'s verkregen. Dit is gedaan door SWAP een x-aantal keer aan te roepen met:

- verschillende hydrologische randvoorwaarden
- verschillende bodemtypen (21 PAWN bodemfysische eenheden (Wösten et al., 1988))
- verschillende gewassen (gras, maïs, aardappelen, suikerbieten, zomergerst)
- verschillende typen drainage: geen drainage, conventionele drainage, samengestelde drainage en samengestelde drainage met wateraanvoer (sub-irrigatie).

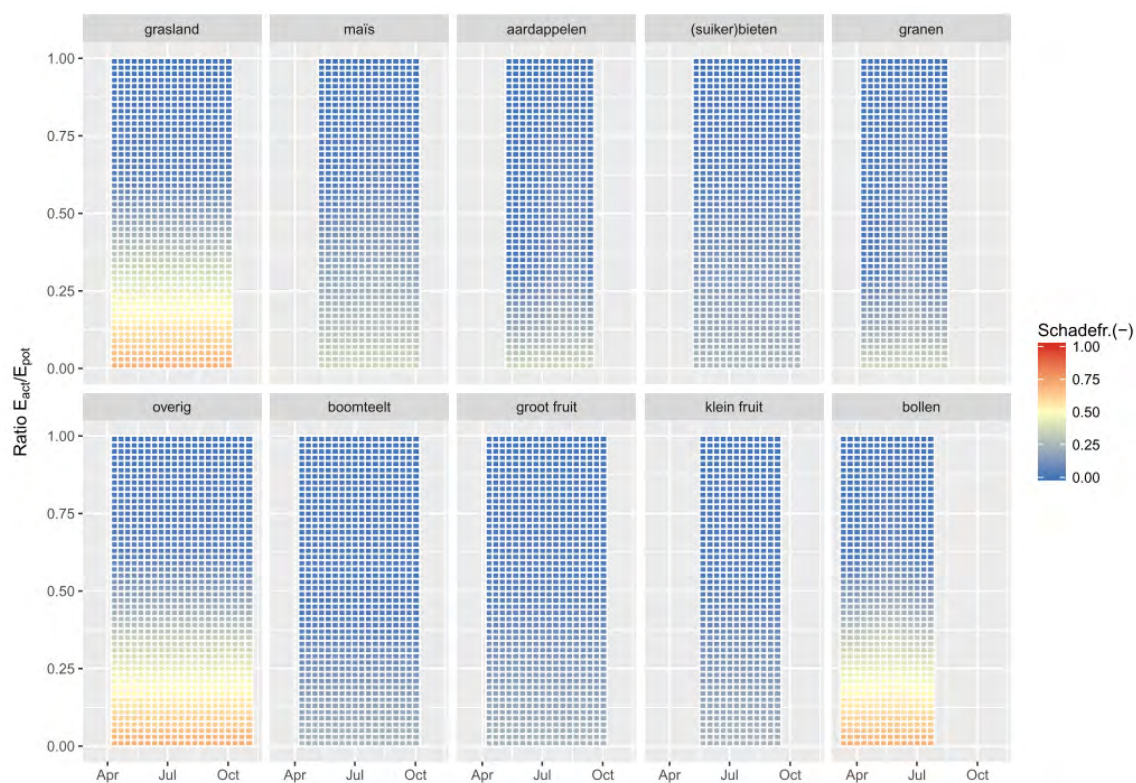
Vervolgens is een automatische procedure gestart waarin SWAP binnen de opgegeven ranges 100 keer wordt gedraaid. De SWAP-invoer wordt automatisch aangepast en vervolgens wordt het model gerund. Uit de uitvoer zijn *Treddry* en de *GLG* bepaald.

Nieuw in deze fase is de uitbreiding naar meer gewassen en meer bodemfysische eenheden (21). Reprofuncties zijn afgeleid voor de meest geteelde gewassen gras, maïs, aardappel, suikerbieten en zomergerst. De verschillende gewascategorieën in Agricom zijn vertaald naar deze gidsgewassen volgens Tabel 2.3. Deze vertaling is met name gebaseerd op de droogteschade karakteristieken die binnen Agricom voor deze gewassen worden gehanteerd (Figuur 2.15). Door deze vertaling met behulp van gidsgewassen worden maatregeleffecten van niet expliciet doorgerekende gewassen minder goed bepaald. Het verdient aanbeveling de maatregeleffect database uit te breiden naar alle beschouwde gewassen.

TABEL 2.3 VERTALING AGRICOM GEWASSEN NAAR GIDSGEWASSEN VOOR REPROFUNCTIES

LHM gewas	Gidsgewas reprofuncties
Grasland	Gras
Mais	Mais
Aardappelen	Aardappel
Suikerbiet	Suikerbiet
Granen	Zomergerst
Overig	Gras
Boomteelt	Suikerbiet
Fruitteelt	Suikerbiet
Bollen	Gras

FIGUUR 2.15 PARAMETRISATIE RELATIE TUSSEN DROOGTESCHADE EN GEWASVERDAMPINGSREDUCTIE VOOR VERSCHILLENDE GEWASSEN IN AGRICOM (MULDER & VELDHIJZEN, 2017)



2.3.2 NATSCHADE

Door het verhogen van de grondwaterstand door drainage- en slootmaatregelen (Perceelstuwen, Slootboderverhoging) wordt niet alleen droogteschade vermeden, maar kan natschade juist ook toenemen. Het effect van de verschillende drainage- en slootmaatregelen op natschade wordt vanaf versie 2 meegenomen in het berekende maatreefeffect. Voor natschade is echter geen uitgangsschade bekend, omdat natschade niet apart wordt berekend in de Nationaal Watermodel berekeningen voor het Deltaprogramma Zoetwater (Mens et al., 2019). Aanpassing van de huidige natschade door de maatregel-effect relatie, zoals gebeurt voor aanpassing van de droogteschade, is daarom niet mogelijk. Er is daarom voor gekozen om natschade niet apart te beschouwen, maar te 'verrekenen' met de aanpassing van de droogteschade. De totale schade wordt op deze manier goed berekend, natschade is alleen helaas niet apart zichtbaar te maken in de resultaten. Gebruik maken van de Waterwijzer Landbouw (Werkgroep Waterwijzer Landbouw, 2018) in het Nationaal Watermodel zou meer mogelijkheden bieden voor het inzichtelijk maken van natschade, zowel direct als indirect als gevolg van het later kunnen bewerken van het perceel.

Het meenemen van natschade gebeurt volgens de volgende procedure:

- In de SWAP reprofuncties (zie vorige paragraaf) is niet alleen de verdampingsreductie (Tred) als gevolg van droogteschade, maar op gelijke wijze ook als gevolg van natschade bepaald.
- Droogte- en natschade worden voor de Regioscan Zoetwatermaatregelen als optelbaar geacht.
- De natschade is als volgt verdisconteerd in het relatieve maatreefeffect:

$$\text{Tred} = \text{Tred}_{\text{dry}} + \text{Tred}_{\text{wet}}$$

$$\text{maatreefeffect} = (\text{Tred}_{\text{referentie}} - \text{Tred}_{\text{maatregel}}) / \text{Tred}_{\text{referentie}} * 100\%$$
- In de hydrologische uitgangssituatie wordt uitgegaan van geen natschade. Totale schade is dan droogteschade + zoutschade. Dit is overigens consistent met de NWM invoer voor de Regioscan, want wanneer natschade niet apart wordt berekend in een Nationaal Watermodel berekening, dan wordt alle verdampingsreductie (exclusief zoutschade) toegekend aan droogteschade.

2.4 OVERIGE AANPASSINGEN TEN OPZICHTE VAN REGIOSCAN FASE 1

2.4.1 INVOER REGIOSCAN OP BASIS VAN REGIONAAL HYDROLOGISCH MODEL

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is geschikt gemaakt om te kunnen werken met hydrologische invoer op basis van een regionaal hydrologisch model. Hiervoor zijn aanpassingen gedaan aan de voorberekingsprogrammatuur van de Regioscan en is de Regioscan zelf resolutie-onafhankelijk gemaakt. Het baseren van de Regioscan op een regionaal hydrologisch model is succesvol toegepast in de case Twello, waar een Regioscan is opgesteld op basis van rekenresultaten van het regionaal hydrologisch model AZURE.

Met de aanpassingen kan de Regioscan worden gebaseerd op regionale hydrologische modellen op basis van de modelcode iMODFLOW – METASWAP. Andere modelcodes zijn niet mogelijk, omdat deze niet de volledig voor de Regioscan Zoetwatermaatregelen benodigde uitvoer genereren.

2.4.2 OVERIGE AANPASSINGEN

2.4.2.1 AANPASSING KANSRIJKHEID MAATREGELN

Voor maatregelen Druppelirrigatie oppervlakte en Druppelirrigatie onder de ploegzool en ASR zoet zijn de kanskaarten herzien op basis van nieuwe inzichten.

2.4.2.2 TERUGWINEFFICIËNTIE OPSLAGMAATREGELN EN BEPERKING TOT HOOGRENDERENDE TEELTEN

Voor de verschillende opslagmaatregelen is in versie 2 een terugwinefficiëntie gedefinieerd. Immers, niet al het water dat in de ondergrond wordt gebracht kan altijd worden teruggewonnen. Voor maatregelen met een lagere terugwinefficiëntie dan 100% zal de dimensionering dan ook groter moeten zijn (en de kosten navenant hoger) om de benodigde hoeveelheid water op te slaan.

Opslagmaatregelen worden niet langer gedimensioneerd op de volledige watervraag van een modelbedrijf, maar alleen op de watervraag voor de hoogrenderende teelten. Alleen deze laatste teelten worden dan ook van water voorzien. Deze aanpassing is optioneel. Voor modelbedrijven zonder hoogrenderende teelten verandert niets.

2.4.2.3 REGULIERE BEREGENING EN DRAINAGEMAATREGELN VEREENVOUDIGD

Waar in versie 1 van de Regioscan Zoetwatermaatregelen twee versies van reguliere beregening (uit oppervlaktewater of uit grondwater) en twee versies van de verschillende drainagemaatregelen (al conventionele drainage aanwezig, of niet) bestonden, zijn beiden in versie 2 vereenvoudigd tot één maatregel. Voor reguliere beregening wordt intern in de Regioscan versie 2 op basis van een kaart een keuze gemaakt of nieuwe beregening uit grondwater (hoog-Nederland) of oppervlaktewater (laag Nederland) zal plaatsvinden. Voor drainagemaatregelen wordt op basis van de schematisering in het Landelijk Hydrologisch Model bepaald of er traditionele drainage aanwezig is of niet. Hiermee is een voor de gebruiker verwarrend onderscheid opgeven. Beide invoerkaarten kunnen op basis van gebiedskennis worden aangepast.

2.4.2.4 AANPASSINGEN KOSTEN

Kosten maatregel Spaarwater lokale opslag drainagewater zijn op basis van Spaarwater resultaten aangepast naar 3,33 €/m³ aanleg en 0,14 €/m³ jaarlijkse kosten (Burger et al., 2016).

De variabele kosten voor reguliere beregening zijn herzien binnen het Deltaprogramma Zoetwater (Reinhard, 2019). In de Regioscan Zoetwater zijn dezelfde variabele kosten opgenomen (0,5 €/mm/ha en 1,56 €/mm/ha kosten voor respectievelijk arbeid en energie). Dit is een verdubbeling van de kosten die in fase 1 in de Regioscan waren opgenomen.

2.4.2.5 REKENCODE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELN

De rekensnelheid van de Regioscan Zoetwatermaatregelen is vergroot, terwijl het geheugengebruik is verkleind. Het is hierdoor nu mogelijk om landsdekkende berekeningen te maken. Testen in de software zijn uitgebreid. Er is de mogelijkheid toegevoegd om gebruik te maken van eerdere berekeningsresultaten. Verder zijn verschillende nieuwe opties toegevoegd in het initialisatiebestand (Tabel 2.4).

TABEL 2.4 NIEUW TOEGEVOEGDE OPTIES IN INITIALISATIEBESTAND REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN

Optie	Omschrijving
startyear	startjaar berekening
endyear	eindjaar berekening
use existing calculation	mogelijkheid hergebruiken van eerdere berekenings-tussenresultaten
discount rate	instellen discontovoet
limit buffer measures to high-value crops	beperken opslagmaatregelen tot hoogrenderende teelten
write output map	resultaatkaarten wegschrijven
database path	pad naar maatregelen database
AGRICOM exe	pad naar Agricom executable

Het versiebeheer van de rekencode is verplaatst naar een openbaar toegankelijke git-repository, te vinden op https://gitlab.com/deltares/imod/regioscan_zoetwater. De Regioscan Zoetwatermaatregelen kan ook van deze locatie worden gedownload. Ga hiervoor naar Releases onder Project overview in het linker menu.

2.5 LANDSDEKKENDE SCHEMATISATIE

2.5.1 KARAKTERISATIE MODELBEDRIJVEN

De modelbedrijven zijn samengesteld op basis van het huidig areaal in de 66 landbouwgebieden (Figuur 2.16) en de huidige bedrijven die grond hebben in deze gebieden. Het areaal is ingedeeld aan de hand van de gewascategorieën die Agricom hanteert.

FIGUUR 2.16 LIGGING VAN DE 66 LANDBOUWGEBIEDEN



De modelbedrijven zijn samengesteld uit de 9 Agricom gewasgroepen (glastuinbouw is niet meegenomen in de analyse). Daarvoor zijn 9 bedrijfstypen onderscheiden op basis van het 'nso-bedrijfstype' (indien dat onbekend is, is het bedrijf ingedeeld op basis van het areaal van de gewascategorieën) (Tabel 2.5).

TABEL 2.5 ONDSCHIEDEN BEDRIJFSTYPEN

	Ondschieden bedrijfstype
1	Graasdieren
2	Hokdieren
3	Akkerbouw
4	Gemengd (akkerbouw-ruwvoer)
5	Boomkweek
6	Fruitteelt
7	Bollenteelt
8	Overig
9	Niet-grondgebonden landbouw

Daarbovenop is de voorwaarde gesteld dat het areaal van het totale bedrijf minimaal 3,125 ha moet zijn (de helft van de oppervlakte van een rekencel). De modelbedrijven zijn samengesteld uit rekencel-eenheden; een bedrijf bestaat dus uit een aantal rekencellen (veelvouden van 6.25 ha) van de verschillende gewascategorieën. De gewascategorieën zijn zo verdeeld over de modelbedrijven, dat zowel het gemiddeld areaal per type modelbedrijf als het totale areaal van de gewascategorie redelijk overeenkomt met de geobserveerde waarden in de gebruikte bestanden. Voor het samenstellen van deze voorbeeldbedrijven is gebruik gemaakt van twee bestanden: BRP (Basisregistratie Percelen) en de landbouwtelling (waarin bedrijven en hun grondgebruik zijn weergegeven). De 9 onderscheiden gewascategorieën worden per landbouwgebied verdeeld over voorbeeld bedrijven, ingedeeld over de 9 bedrijfstypen. Een voorbeeld is gegeven in Tabel 2.6.

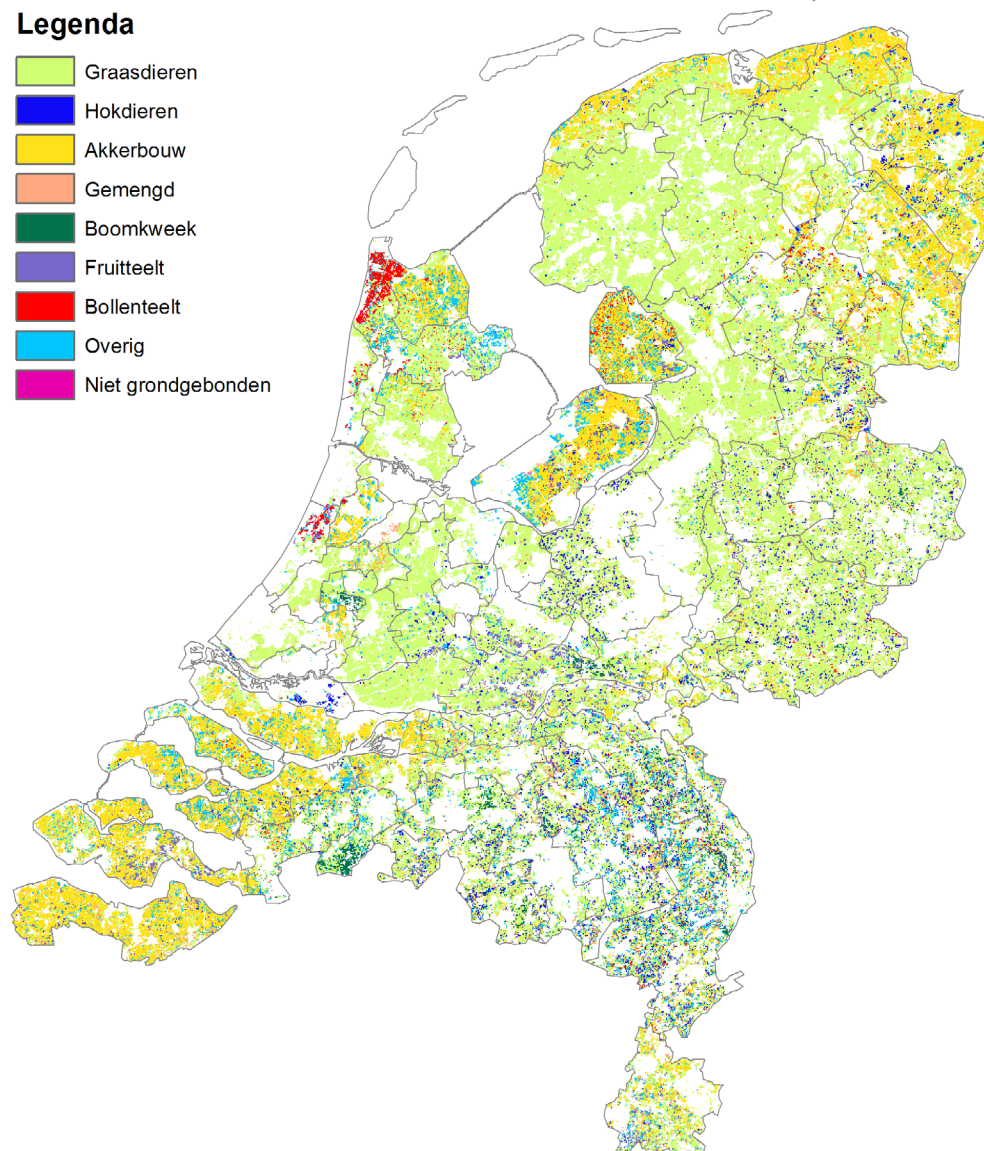
TABEL 2.6 VERDELING VAN GEWASCATEGORIEËN PER BEDRIJFSTYPE VOOR LANDBOUWGEBIED 2001 (DE MARNE). MISSENDE BEDRIJFSTYPEN ZIJN NIET AANWEZIG IN DIT DEELGEBIED

Bedrijfstype										Totaal
	Grasland	Mais	Aardappelen	Suikerbiet	Granen	Overig	Boomteelt	Fruitteelt	Bollen	
Graasdieren	11	1	0	0	0	0	0	0	0	12
Akkerbouw	1	0	4	2	5	1	0	0	0	13
Gemengd (akkerbouw-ruwvoer)	5	2	4	0	1	1	0	0	0	13
Overig	1	0	5	2	2	2	0	0	1	13

Als laatste stap zijn de aantallen modelbedrijven van elk bedrijfstype binnen een landbouwgebied zo goed mogelijk verdeeld over de verschillende cellen met een gewascategorie. Hierbij is per modelbedrijf gezocht naar de dichtst bij elkaar voorkomende cellen van de gewascategorieën voor het betreffende bedrijfstype. In het voorbeeld van Tabel 2.6 is bijvoorbeeld een Graasdieren-bedrijf samengesteld uit 11 grasland cellen en 1 maïscel die zoveel mogelijk in elkaars nabijheid liggen. Het eindresultaat is gegeven in Figuur 2.17. In totaal worden in de landsdekkende schematisatie 45.547 modelbedrijven onderscheiden, met een gemiddeld areaal van ongeveer 43 ha.

FIGUUR 2.17

TOEGEKENDE BEDRIJFSTYPEN IN LANDSDEKKENDE SCHEMATISATIE



2.5.2 HYDROLOGISCHE DATABASE

De hydrologische database voor de landsdekkende schematisatie is gebaseerd op de Basisprognose-2018 berekeningen, uitgevoerd met het Nationaal Watermodel. Deze berekeningen zijn uitgebreid beschreven in (Mens et al., 2019). De hydrologische database bevat de scenario's REF2017 (de huidige situatie) en S2050 (Deltascenario Stoom in 2050), voor de rekenperiode 1974 – 2003. Deze 30-jarige rekenperiode is gekozen omdat deze de volledige 100-jarige reeks (1911 – 2011) voor wat betreft watertekorten goed benadert en de benodigde rekentijd daarbij sterk beperkt.

De landsdekkende Regioscan Zoetwatermaatregelen is inmiddels ingezet in de maatregelanalyse van het Deltaprogramma Zoetwater (Delsman et al., 2019).

2.6 OVERZICHT OPGENOMEN MAATREGELEN

In Tabel 2.7 is een overzicht weergegeven van alle in de Regioscan Zoetwatermaatregelen opgenomen maatregelen. Bijlage D geeft een beknopt overzicht van het werkingsmechanisme van alle maatregelen.

TABEL 2.7 OVERZICHT ALLE IN REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN OPGENOMEN MAATREGELEN

Maatregeltipe	Maatregel	Maatregelcode
Toedieningsmaatregelen	Reguliere beregening	14
	Druppelirrigatie aan de oppervlakte	23
	Druppelirrigatie verdiept aangelegd	24
Opslagmaatregelen	Aquifer Storage en Recovery (zoet) met reguliere beregening	3
	Aquifer Storage en Recovery (zoet) met druppelirrigatie	1
	Aquifer Storage en Recovery (zout) met reguliere beregening	6
	Aquifer Storage en Recovery (zout) met druppelirrigatie	5
	Freshmaker met reguliere beregening	4
	Freshmaker met druppelirrigatie	2
	Kreekruginfiltratie met reguliere beregening	7
	Kreekruginfiltratie met druppelirrigatie	8
	Lokale opslag zandperceel	21
	Lokale opslag kleiperceel	22
Drainagemaatregelen	Regelbare drainage	11
	Regelbare drainage met reguliere beregening voor resterend tekort	25
	Regelbare drainage met druppelirrigatie voor resterend tekort	27
	Regelbare drainage met subinfiltratie	13
	Drains2buffer	17
	Anti-verziltingsdrainage	19
Slootmaatregelen	Perceelstuwen	32
	Perceelstuwen met reguliere beregening voor resterend tekort	33
	Perceelstuwen met druppelirrigatie voor resterend tekort	34
	Slootboderverhoging (verondieping)	35
	Slootboderverhoging met reguliere beregening voor resterend tekort	36
	Slootboderverhoging met druppelirrigatie voor resterend tekort	37
Bodemverbeteringsmaatregelen	Bodemverbetering - generiek	29
	Bodemverbetering met reguliere beregening voor resterend tekort	30
	Bodemverbetering met druppelirrigatie voor resterend tekort	31
	Bodemverbetering door toediening organische stof	38
	Organische stof met reguliere beregening voor resterend tekort	39
	Organische stof met druppelirrigatie voor resterend tekort	40
	Bodemverbetering door opheffen verdichting	41
	Verdichting opheffen met reguliere beregening voor resterend tekort	42
Verdichting opheffen met druppelirrigatie voor resterend tekort	43	

3

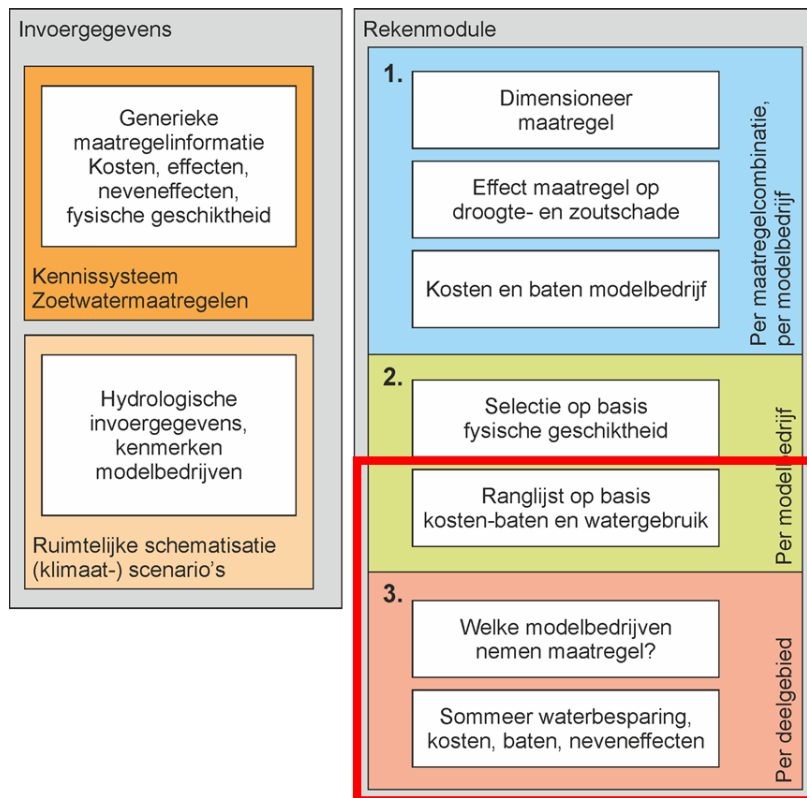
GEBRUIKERSINTERFACE REGIOSCAN

3.1 INLEIDING

Een belangrijk leerpunt uit fase 1 was de behoefte aan een eenvoudige gebruikersinterface. Met behulp van een dergelijke interface kan de informatie die een berekening van de Regioscan Zoetwatermaatregelen oplevert beter worden ontsloten voor een gebruiker. De interface moet het verkennen van de effecten en de kosten en baten van verschillende maatregelen en maatregelpakketten ondersteunen (Delsman et al., 2018).

De verschillende stappen die in de Regioscan Zoetwatermaatregelen worden doorlopen zijn weergegeven in Figuur 3.1. Het rood omrande gedeelte in Figuur 3.1 kost ten opzichte van de andere rekenstappen weinig rekenkracht, terwijl in fase 1 opgedane ervaring leerde dat juist verkenning van deze laatste stappen veel inzicht geeft voor het verkennen van geschikte maatregelpakketten. Dit gedeelte van de rekenwijze is daarom ondergebracht in de ontwikkelde gebruikersinterface, zodat interactief door de gebruiker maatregelpakketten kunnen worden verkend.

FIGUUR 3.1 SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN DE ONDERDELEN EN REKENSTAPPEN BINNEN DE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN. HET ROOD OMCIRKELDE DEEL WORDT INTERACTIEF HERBEREKEND BINNEN DE GEBRUIKERSINTERFACE



Interactieve gebruikersinterface

Tijdens uitvoering van de cases bleek daarnaast behoefte aan het tonen van tussenresultaten van de Regioscan, om ook inzicht te krijgen in hoe de uitkomsten van de Regioscan tot stand komen. Daarvoor is het extra scherm ‘Maatregel effecten’ toegevoegd aan de gebruikersinterface. Hierin zijn voor de verschillende maatregelen per rekenjaar het effect op de gewas-opbrengst, droogteschade en beregeningshoeveelheden te zien. Ook zijn enkele invoerkaarten te bekijken.

De gebruikersinterface is ontwikkeld in de programmeertaal Python en maakt gebruik van de module Bokeh (Bokeh development team, 2019). De gebruikersinterface wordt met behulp van een webbrowser benaderd. De applicatie kan daarmee lokaal op een computer worden geïnstalleerd, maar ook bijvoorbeeld via een intranet beschikbaar worden gemaakt.

3.2 BESCHRIJVING INTERFACE

3.2.1 SCHERM: INTERACTIEVE GUI

Dit is het scherm waarmee de interface opstart (Figuur 3.2). In dit deel van de interface kan interactief worden gezocht naar kansrijke maatregelen in een bepaald gebied. Het stelt op basis van de door de gebruiker opgegeven randvoorwaarden een maatregelpakket samen en toont de uitkomsten hiervan op het scherm. Door met de randvoorwaarden te variëren kan worden geanalyseerd welke maatregelen kansrijk zijn en welke niet, welke maatregelen water besparen en welke niet.

De randvoorwaarden die kunnen worden gevarieerd zijn:

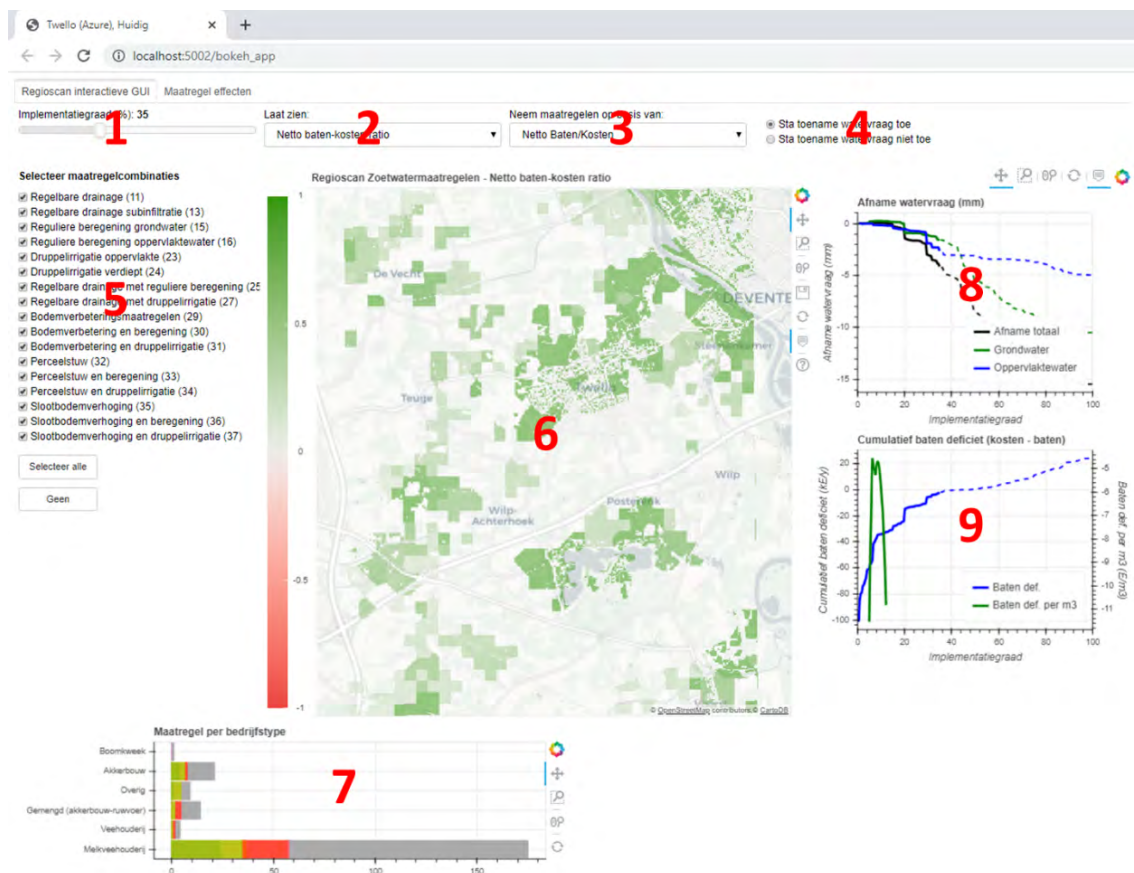
- Implementatiegraad: welk deel van de agrarische ‘modelbedrijven’ neemt een maatregel (1 in Figuur 3.2)
- Welke maatregelen deel uit kunnen maken van het maatregelpakket (5 in Figuur 3.2)
- Afwegingscriterium: waarop worden de maatregelen onderling afgewogen (kosten/baten, vermeden watergebruik of kosten per vermeden watergebruik) (3 in Figuur 3.2)
- Of de maatregel mag leiden tot een toename in watergebruik (4 in Figuur 3.2)

Op basis van deze randvoorwaarden wordt het maatregelpakket getoond, waarbij per modelbedrijf de maatregel wordt geselecteerd (uit de geselecteerde mogelijke maatregelen (5 in Figuur 3.2)), die het hoogste scoort op het gekozen afwegingscriterium (3 in Figuur 3.2). Hierbij moet de maatregel voor het modelbedrijf ook fysiek kansrijk zijn (FWOO afweging in Regioscan) en, als dit geselecteerd is, niet leiden tot een toename in watergebruik (4 in Figuur 3.2). Vervolgens worden de gekozen maatregelen tussen de modelbedrijven onderling afgewogen op basis van het gekozen afwegingscriterium (3 in Figuur 3.2). Het maatregelpakket wordt tenslotte samengesteld uit de best scorende modelbedrijven op het gekozen afwegingscriterium (3 in Figuur 3.2), tot de implementatiegraad (1 in Figuur 3.2) is bereikt. Met een toename van de implementatiegraad worden daarmee steeds minder kansrijke locaties voor de maatregel getoond, tot bij een implementatiegraad van 100% alle modelbedrijven een maatregel hebben geïmplementeerd.

De resultaten van het zo samengestelde maatregelpakket worden gevisualiseerd op de kaart (6 in Figuur 3.2) en worden per bedrijfstype geaggregeerd weergegeven in de figuur onderaan (7 in Figuur 3.2). Met het drop-down menu (2 in Figuur 3.2) kunnen verschillende resultaten worden getoond. Standaard wordt de Netto baten-kosten ratio getoond. Deze is positief als de maatregel meer oplevert dan de maatregel kost. Maar hier kan ook worden gekozen om de per

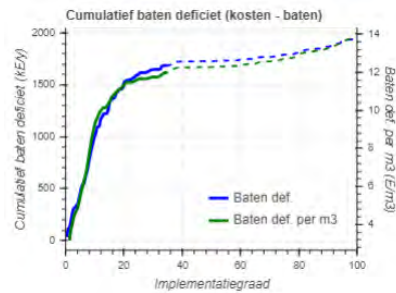
bedrijf geselecteerde maatregel te laten zien, de kosten, de baten, de watervraag of eventuele neveneffecten. Wanneer de muis over de kaart wordt bewogen wordt hier de waarde onder de muisaanwijzer in een tooltip getoond.

FIGUUR 3.2 GEBRUIKERSINTERFACE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN – SCHERM INTERACTIEVE GUI



De figuren aan de rechterkant (8 en 9 in Figuur 3.2) geven voor het gekozen maatregelpakket de afname in de beregenings-watervraag aan grond- en oppervlaktewater. De bovenste grafiek (8) geeft de afname in beregeningswatervraag (in mm over het gebied) met oplopende implementatiegraad van het maatregelpakket. De onderste grafiek (9) geeft weer hoeveel 'het kost' om water te besparen. Hier wordt het baten-deficiet (baten minus kosten, hoeveel meer kosten de maatregelen dan deze opleveren) en het baten-deficiet per kuub bespaard beregeningswater getoond, weer met oplopende implementatiegraad. Het baten-deficiet per kuub kan heel kort door de bocht worden geïnterpreteerd als een soort netto kosten voor zoetwaterbesparing door landbouwmaatregelen en zo worden afgewogen tegen bijvoorbeeld watersysteemmaatregelen.

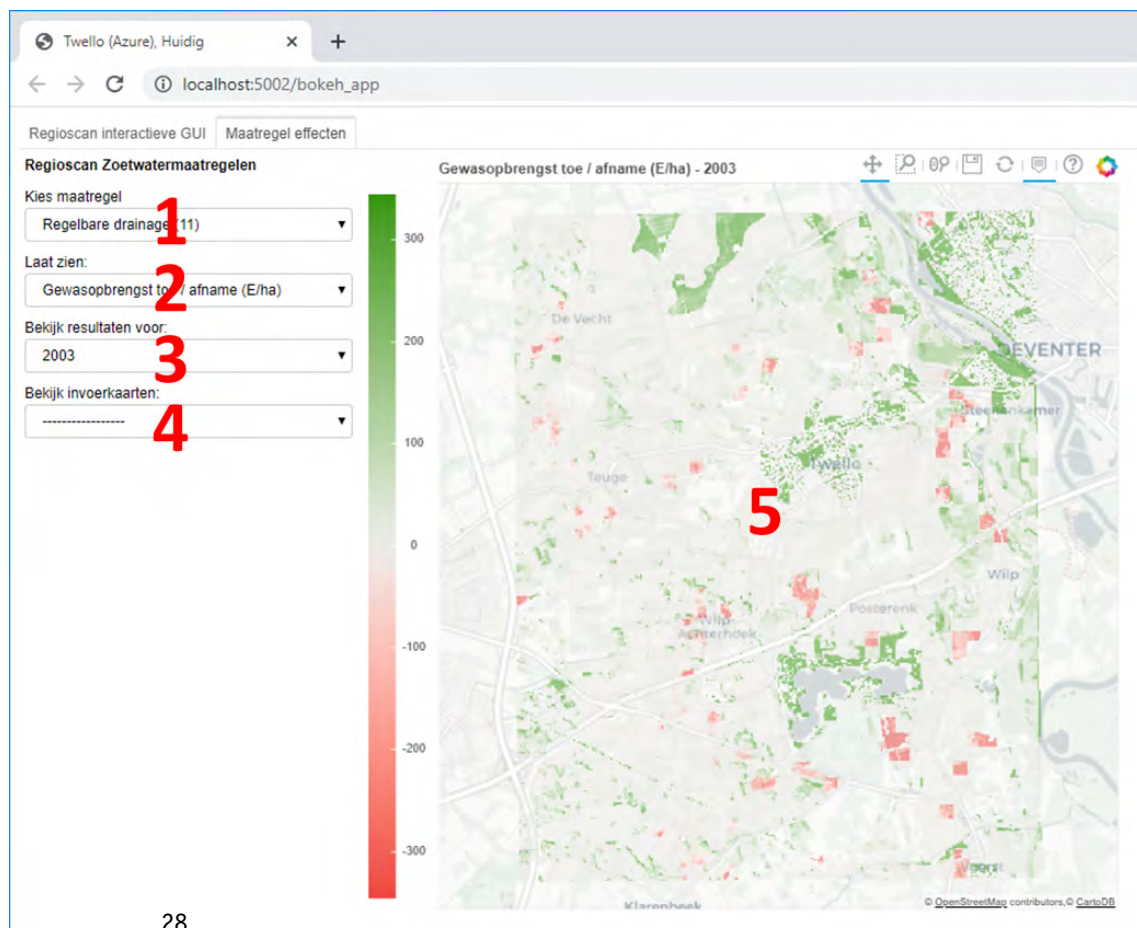
In Figuur 3.2 worden maatregelen genomen op basis van afnemende rendabiliteit (Netto baten/kosten in (3)). De afname van de watervraag vertoont daarom een grillig patroon, deze wordt zelfs snel negatief. Wanneer afname van de watervraag, in plaats van netto kosten-baten, het criterium is voor de keuze van maatregelen, toont de onderste grafiek rechts (9) een logischer verloop, met een oplopend baten-deficiet per kuub bespaard beregeningswater (Figuur 3.3).

FIGUUR 3.3 BATEN-DEFICIET PER KUUB (€/M³) EN TOTAAL (K€/J) BIJ SORTERING MAATREGELEN OP BASIS VAN AFNAME WATERVRAAG

3.2.2 SCHERM: MAATREGEL EFFECTEN

Het scherm Maatregel effecten (Figuur 3.4) is bedoeld voor meer achtergrondinformatie bij de maatregelen die in het interactieve scherm kunnen worden gekozen. Het geeft tussenresultaten van de Regioscan, zoals de per jaar berekende gewasopbrengst (€/ha), droogteschade (-), zoutschade (-) en benodigde beregening (mm), zowel voor als na de gekozen maatregel. Ook kan de fysieke kansrijkheid (FWOO) van de maatregel worden getoond. Maatregelen worden gekozen met het bovenste drop-down menu (1) in Figuur 3.4, de gewenste parameter met het tweede menu (2) in Figuur 3.4. Met het derde drop-down menu (3 in Figuur 3.4) kan een specifiek jaar worden gekozen, of een gemiddelde over de rekenperiode. Met het onderste drop-down menu (4 in Figuur 3.4) tenslotte kunnen verschillende invoerkaarten worden getoond: de modelbedrijven, het bedrijfstype, het landgebruik, het bodemtype, de gemiddeld laagste grondwaterstand en de aanwezigheid van buisdrainage en beregening uit grond- of oppervlaktewater. Waarden op de kaart (5 in Figuur 3.4) worden in een tooltip getoond als de muisaanwijzer over de kaart wordt bewogen.

FIGUUR 3.4 GEBRUIKERSINTERFACE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN – SCHERM MAATREGEL EFFECTEN



4

CASE TWELLO

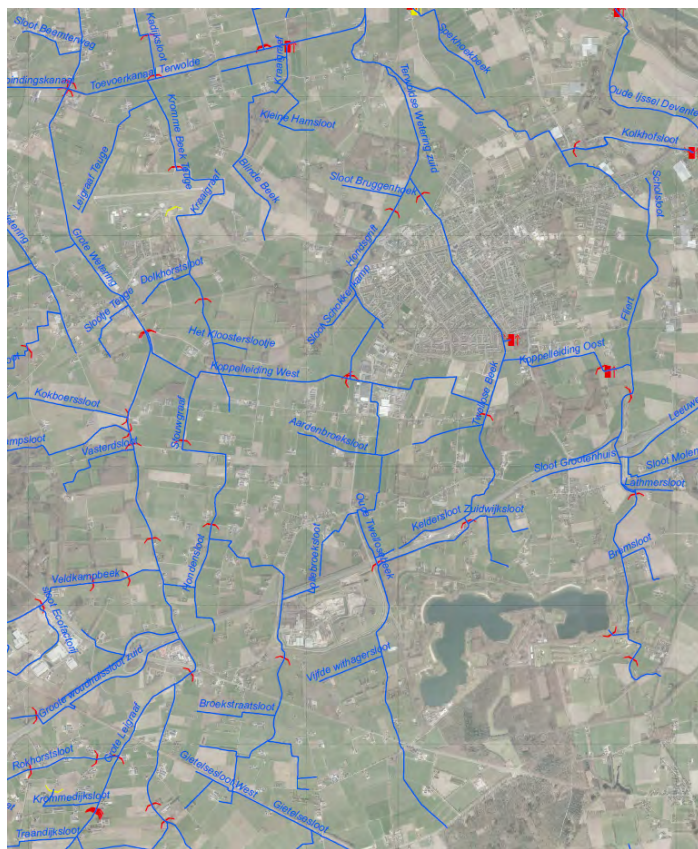
4.1 INLEIDING

De case Twello is gekozen in samenspraak met Zoetwatervoorziening Oost-Nederland (ZON). In het gebied Twello, in het beheersgebied van Waterschap Vallei en Veluwe, loopt parallel aan de pilot met de Regioscan Zoetwatermaatregelen het project Optimalisatie Watersysteem Twello (OWT).

Het project Optimalisatie Watersysteem Twello is gericht op het beter stuurbaar maken van het oppervlaktewatersysteem in het plangebied Twello. Het projectgebied ligt ten noordoosten van Apeldoorn in de Noordelijke IJsselvallei tussen de Veluwe en de IJssel en is zo'n 60 km² groot. In het gebied zorgen onder meer de Grote, Kleine en Nieuwe Wetering, het Toevoerkanaal en de Fliert voor afwatering (Figuur 4.1). De grenzen van het projectgebied worden globaal gevormd door de Grote Wetering in het westen, het Toevoerkanaal in het noorden, de Klarenbeek in het zuiden en de Fliert in het oosten.

FIGUUR 4.1

OVERZICHT WATERLOPEN PLANGEBIED TWELLO



Het gebied is overwegend een open landbouwgebied met voornamelijk grasland voor de melkveehouderij. Op de hogere gronden langs de IJssel is wat fruitteelt aanwezig en bij Twello bevindt zich enige glastuinbouw. Verspreid langs de IJssel en weteringen liggen karakteristieke IJsselhoeven en rondom Twello bevinden zich landgoederen. In het gebied liggen enkele kleinere waardevolle natuurgebieden met natte natuurwaarden. Ten zuiden van Twello ligt de recreatieplas Bussloo, die in de zomer intensief gebruikt wordt als zwemwater.

In het project Optimalisatie Watersysteem Twello, wordt een integraal plan gemaakt dat zowel bijdraagt aan de vermindering van wateroverlast als aan het terugdringen van water tekorten. Ook zal er gewerkt worden aan een betere beschikbaarheid van water om waterkwaliteitsproblemen in stedelijk gebied verder terug te dringen. Daarbij wordt gezocht naar mogelijkheden om nieuwe waterbronnen aan te boren en water te conserveren, zullen de sturingsmogelijkheden in het watersysteem vergroot worden en zal in samenwerking met verschillende gebiedspartijen gezocht worden naar ruimte voor water.

4.2 UITGEVOERDE ACTIVITEITEN

4.2.1 REGIOSCAN BESCHIKBAAR MAKEN VOOR PLANGEBIED TWELLO, OP BASIS VAN ZOWEL AZURE ALS LHM

Voor het plangebied Twello zijn twee verschillende versies van de Regioscan Zoetwatermaatregelen gereed gemaakt. Naast een 'reguliere' versie, gebaseerd op de landsdekkende hydrologie, zoals beschreven in paragraaf 2.5.2 en met een celgrootte van 250m (verder te noemen Regioscan-LHM), is ook een Regioscan Zoetwatermaatregelen gereed gemaakt op basis van modelresultaten van het AZURE model, met een resolutie van 25m (Regioscan-AZURE). Berekeningsresultaten van een voor het plangebied gekalibreerde versie van het AZURE model zijn hiervoor beschikbaar gesteld door Waterschap Vallei en Veluwe. De voorwerkingsprogrammatuur van de Regioscan en de Regioscan zelf zijn aangepast om te kunnen werken met deze modelresultaten (paragraaf 2.4.1). Berekeningsperiode voor de Regioscan-AZURE is 1997 - 2016.

4.2.2 ONDERSTEUNING OPTIMALISATIE WATERSYSTEEM TWELLO

In verschillende overleggen met het projectteam van Optimalisatie Watersysteem Twello is de werking van de Regioscan Zoetwatermaatregelen overgedragen en is gezocht naar de beste manier om Optimalisatie Watersysteem Twello te ondersteunen. In deze overleggen bleek dat er in het OWT project vooralsnog niet wordt gekeken naar zoetwatermaatregelen op agrarische bedrijven. Wel kon de Regioscan ondersteunen bij het communiceren van de mogelijke voordelen van het vasthouden van water in de waterlopen. Deze ondersteuning is vormgegeven als een memo waarin met behulp van de Regioscan-LHM en Regioscan-AZURE een beschrijving is gegeven van mogelijke baten van de maatregel Perceelstuwen. Deze memo is opgenomen als bijlage A.

In een interactieve presentatie voor het hydrologienoverleg van Vallei en Veluwe zijn de werking en resultaten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen gedeeld. In deze presentatie is gewerkt met de gebruikersinterface van de Regioscan Zoetwatermaatregelen (hoofdstuk 3). De gebruikersinterface van de Regioscan werd in dit overleg goed ontvangen, waarbij met name het inzicht dat snel geboden werd in optredende droogteschade in het plangebied werd gewaardeerd. In het droge jaar 2018 werd in het gebied veel schade ervaren, leidend tot een sterke toename in grondwaterberegening. Deze schade kwam niet naar voren in de resultaten

van zowel LHM als AZURE (invoer voor de Regioscan Zoetwatermaatregelen). Discussiërend was er in het hydrologienoverleg behoefte aan een gebruikersinterface voor Regioscan resultaten voor het hele beheersgebied van Vallei en Veluwe, om hiermee al voorafgaand aan concrete projecten snel inzicht te krijgen in droogteschade en mogelijke maatregelen in een gebied.

4.2.3 VERGELIJKING REGIOSCAN MET HYDROLOGISCH MODEL AZURE

Doordat voor plangebied Twello een Regioscan beschikbaar is gemaakt die is gebaseerd op AZURE kan een goede kwantitatieve vergelijking gemaakt worden tussen maatregel-effecten zoals berekend met de Regioscan Zoetwater en zoals berekend met het AZURE model. Deze vergelijking is gemaakt voor drie maatregelen die op een vergelijkbare manier als in de Regioscan kunnen worden geïmplementeerd in AZURE: Regelbare drainage, Perceelstuwen en Slootbodempverhoging. Deze vergelijking is opgenomen als hoofdstuk 6.3. Hierbij is AZURE niet alleen vergeleken met Regioscan-AZURE, maar ook met de Regioscan-LHM. De vergelijking geeft hiermee ook de meerwaarde aan van het baseren van de Regioscan op regionaal gedetailleerdere informatie.

4.3 LESSEN UIT CASE TWELLO

Uit de case Twello zijn de volgende lessen te trekken voor inzet van de Regioscan in gebiedsprocessen:

- Met de Regioscan Zoetwatermaatregelen kan snel informatie worden toegeleverd aan een planproces.
- Ook tussenresultaten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen, zoals de berekende droogteschade in de uitgangssituatie, zijn interessant binnen een gebiedsproces.
- Het beschikbaar hebben van een Regioscan Zoetwatermaatregelen op waterschapsniveau is nuttig voor snelle analyses rond de zoetwaterproblematiek, kan helpen om afwijkingen in het onderliggende hydrologische model zichtbaar te maken (droogteschade is hierbij concreter dan bijvoorbeeld grondwaterstanden) en kan helpen voor een eerste beeld van kansrijkheid van zoetwatermaatregelen in een gebied, nog voordat een concreet project gestart wordt.
- Ook met de gebruikersinterface kost het nog veel tijd om de mogelijkheden van de Regioscan en daarmee de potentiële bijdrage van de Regioscan in een gebiedsproces te doorgronden.
- De Regioscan sluit niet altijd aan bij de praktijk / taal van een omgevingsmanager bij een waterschap. Taal- en definitiegebruik zijn belangrijk voor het waterschap vanuit juridisch en financieel oogpunt, omdat deze invloed kunnen hebben op vergunningen en subsidieverlening.
- 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.
- De beoogde rol van de Regioscan in een gebiedsproces dient voor aanvang van het proces te worden bepaald. De Regioscan lijkt hierbij het meest van waarde in de beginfase van een gebiedsproces.

5

CASE CHAAMSE BEKEN

5.1 INLEIDING

5.1.1 GEBIEDSKENMERKEN

Het stroomgebied van de Chaamse beken ligt ten zuidoosten van Breda en is zo'n 5.000 ha groot. In het gebied stromen diverse beken die diep zijn ingesneden in het landschap. Hierdoor zijn er in het landschap scherpe afwisselingen van natte beekdalen en drogere ruggen. Ondanks de diepe insnijding zijn de bovenlopen gevoelig voor droogval en is het voor de Kader Richtlijn Water noodzakelijk om de basisafvoer van de beken te verhogen.

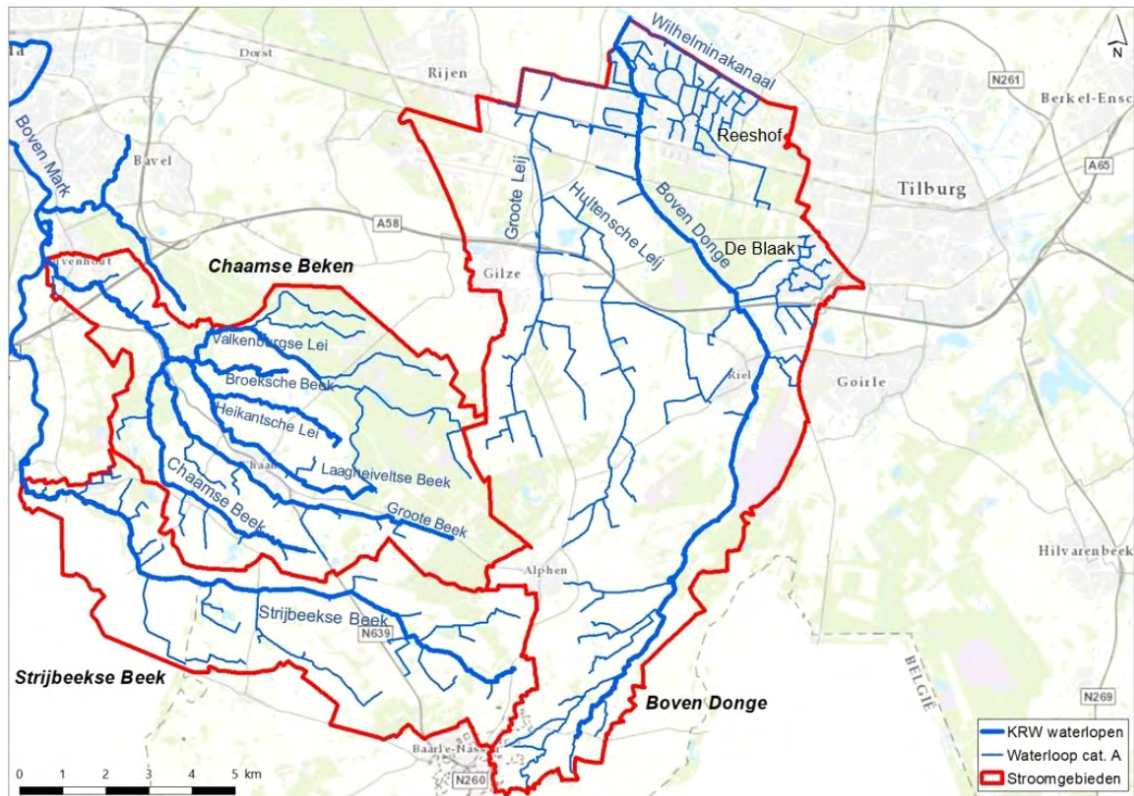
Het stroomgebied is voornamelijk in landbouwkundig gebruik (57% van het stroomgebied) en dan met name door intensieve veehouderij. Het landgebruik bestaat voornamelijk uit grasland (31%) en maïsteelt (17%), soms op gedraineerde percelen. Daarnaast zijn in het stroomgebied een aantal grotere en kleinere bos- en heidegebieden (72% van het stroomgebied) aanwezig en enkele stedelijke kernen (10%), waaronder Gilze en Alphen (Figuur 5.1).

5.1.2 GEBIEDSPROCES

In het Chaamse bekengebied loopt in het kader van het DHZ-project Klimaatrobuuste Bovenlopen Beeksystemen Hoge Zandgronden een gebiedsproces met agrariërs. In dit gebiedsproces wordt samen met agrariërs verkend welke maatregelen zij kunnen nemen om water langer vast te houden. Op deze manier kunnen agrariërs bijdragen aan het verhogen van de droogterobuustheid van de watervoorziening in het algemeen en van de beken in het bijzonder. Maatregelen waaraan gedacht wordt zijn het verondiepen of dempen van sloten en het plaatsen van LOP-stuwen.

Om inhoudelijk richting te geven aan dit gebiedsproces is in 2020 een modelstudie opgeleverd waarin een aantal maatregelen scenario's zijn doorgerekend op hydrologische effectiviteit, i.e. effecten op grondwaterstanden en beekafvoeren (Biesheuvel et al., 2020). Parallel daaraan is de Regioscan Zoetwatermaatregelen ingezet om de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen ruimtelijk in beeld te brengen. Hierbij is de verhouding tussen de netto kosten en baten voor agrarische modelbedrijven als uitgangspunt genomen.

FIGUUR 5.1 STROOMGEBIED VAN DE CHAAMSE BEKEN (BIESHEUVEL ET AL., 2020)



5.2 UITGEVOERDE ACTIVITEITEN

Het doel van de inzet van de Regioscan Zoetwatermaatregelen was om een indruk te krijgen van de kosteneffectiviteit van een aantal zoetwatermaatregelen die door agrariërs in het stroomgebied van de Chaamse Beken kunnen worden getroffen. De resultaten zijn bedoeld ter oriëntatie op een zoetwaterstrategie waarin een rol voor agrarisch waterbeheer is weggelegd. De resultaten van de Regioscan zijn niet bruikbaar voor bedrijfsadviesing, omdat daarvoor het detailniveau en de bedrijfsinformatie ontoereikend zijn.

Met de Regioscan Zoetwatermaatregelen zijn alle beschikbare zoetwatermaatregelen doorerekend op basis van de standaard instellingen, i.e. op basis van de LHM-resultaten en FWOO-kaarten voor fysieke geschiktheid van maatregelen. Hierbij is de netto baten/kostenverhouding als uitgangspunt genomen. Dit betekent dat ruimtelijke toepassing van de maatregel door modelbedrijven gerangschikt is op basis van de mate waarin de maatregel zichzelf terugverdiend. Vervolgens zijn individuele maatregelen onderling vergeleken op basis van de maximale waterbesparing, kosten en ruimtelijke implementatie patronen. In Bijlage C zijn de aanpak en resultaten in meer detail besproken.

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is niet toegepast in het gebiedsproces met agrariërs, maar op de achtergrond van dit proces. Hierbij zijn de resultaten meermaals bediscussieerd met Waterschap Brabantse Delta. Op basis van deze discussies is de Regioscan Zoetwatermaatregelen tussentijds doorontwikkeld en zijn de resultaten aangepast.

5.3 LESSEN UIT CASE CHAAMSE BEKEN

Uit de case Chaamse beken zijn de volgende lessen te trekken voor de toepasbaarheid van de Regioscan Zoetwatermaatregelen:

- De Regioscan Zoetwatermaatregelen voorziet in de behoefte van waterbeheerders om inzicht te kunnen verkrijgen in de kosten en baten van zoetwatermaatregelen. Daarmee kan bij de uitwerking van zoetwaterstrategieën beter ingespeeld worden op de belangen van agrariërs.
- De interface van de Regioscan Zoetwatermaatregelen heeft de bediening van het instrument sterk vereenvoudigd. Hierdoor kan de maatregeleninformatie snel ontsloten worden en toegepast op specifieke situaties. De resultaten spreken echter niet altijd voor zich (zie volgend punt) en door de veelheid aan resultaten blijft het zoeken naar de gewenste informatie.
- Voor de interpretatie van de resultaten is een goed begrip van de uitgangspunten en aannames achter de Regioscan Zoetwatermaatregelen noodzakelijk. Deze uitgangspunten en aannames zijn gedocumenteerd, maar niet altijd eenvoudig te doorgronden. Zo is de batenberekening van een maatregel voor modelbedrijven met huidige berekening vrij complex: aangenomen wordt dat met berekening de droogteschade volledig wordt opgeheven terwijl het effect van de maatregel wordt berekend ten opzichte van een referentiesituatie zonder berekening.
- De Regioscan Zoetwatermaatregelen levert een globale schatting van de kosteneffectiviteit van landbouwmaatregelen waardoor het niet inzetbaar is voor bedrijfsadviesring. Het instrument kan wel van waarde zijn voor het verkennen van de invulling van een zoetwaterstrategie waarin voor agrarisch waterbeheer een rol is weggelegd. In de Chaamse beken is daar beperkt sprake van omdat de effectiviteit van lokale zoetwatermaatregelen beperkt is. Dit komt hoofdzakelijk doordat het freatisch pakket dun is, waardoor maatregelen een lokaal effect hebben dat niet in verhouding staat tot de opgave voor verhoging van de basisafvoer van de beken. Grondwatermodellering geeft aanwijzingen dat in dit specifieke geval maatregelen op basis van diepinfiltratie van wateroverschotten, zoals hemelwater in stedelijk gebieden, een grotere bijdrage aan de doelrealisatie leveren (Biesheuvel e.a., 2020). De Regioscan bevat weliswaar de maatregel ASR-zoet, maar dan voor decentrale toepassingen door agrariërs en niet voor centrale toepassingen in stedelijk gebied.
- Voor regionale toepassingen wordt aanbevolen om de invoer van de Regioscan te ontlenen aan regionale informatie en grondwatermodellen. Standaard voorziet de Regioscan in invoerdata op basis van het LHM. Zo ook de uitgangssituatie voor de aanwezigheid en aard van berekening. De berekeningskenmerken kunnen op regionale schaal echter aanzienlijk afwijken. Dit werkt direct door in de output van de Regioscan, omdat de bijdrage aan de regionale wateropgave wordt uitgerekend op basis van de watervraag voor berekening in de uitgangssituatie. Bovendien kan dit tot gevolg hebben dat het verschil in kosten tussen berekening uit grondwater en berekening uit oppervlaktewater onvoldoende doorwerkt in de berekende kosten-baten-verhouding.

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is in deze casus parallel aan het modelleringsspoor (Biesheuvel et al., 2020) uitgevoerd. Door de instrumenten interactief toe te passen hadden gerichtere maatregelen doorgerekend kunnen worden. Bijvoorbeeld, het maatregelenpakket voor peilgestuurde drainage en LOP-stuwen dat door Biesheuvel et al. (2020) is doorgerekend had specifiekere gedefinieerd kunnen worden door eerst het perspectief van deze maatregel met de Regioscan te verkennen. Wellicht hadden dan ook percelen die lager in de gradiënt (hogere grondwaterstand) tot het scenario gerekend kunnen worden en was de berekende

effectiviteit hoger geweest. Daarnaast kan de Regioscan ingezet worden om de hydrologisch meest effectieve maatregelen door te rekenen zodat inzicht wordt verkregen in de kosten en baten van de maatregel.

6

GEVOELIGHEIDSANALYSE EN VERGELIJKING HYDROLOGISCH MODEL

6.1 INLEIDING

De uitkomsten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen zijn in fase 1 kwalitatief getoetst en plausibel bevonden. Een kwantitatieve vergelijking bleek evenwel niet mogelijk, door grote verschillen in uitgangssituatie tussen Regioscan Zoetwatermaatregelen en het toegepaste hydrologisch model (Delsman et al., 2018). In fase 2 is daarom een directere vergelijking gemaakt, waarbij de hydrologische invoer van de Regioscan Zoetwatermaatregelen gelijk is aan het hydrologisch model waarmee is vergeleken. De vergelijking is uitgevoerd voor het plangebied Twello, waar een vergelijking is gemaakt tussen het berekende maatregel-effect met behulp van de maatregel-effectrelaties in de Regioscan Zoetwatermaatregelen en het hydrologische model AZURE (zie paragraaf 6.3).

Er is verder een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd om de gevoeligheid van de keuze voor een bepaalde maatregel voor verschillen in hydrologische condities en verschillende parameters te duiden (zie paragraaf 6.2).

6.2 GEVOELIGHEIDSANALYSE

6.2.1 AANPAK

Met behulp van een gevoeligheidsanalyse is gekeken hoe gevoelig de uitkomsten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen zijn voor verschillende invoerparameters. Hierbij is gekeken naar de berekening van de volgorde waarin maatregelen per bedrijf scoren, de netto baten-kosten-ratio (NBC) per bedrijf en de prijs per kuub vermeden beregeningsvraag. Naast een vergelijking voor hele gebieden is specifiek gekeken naar enkele geselecteerde modelbedrijven.

De volgende invoervariabelen en parameters zijn onderzocht:

- Hydrologie
- Omvang modelbedrijven
- Discontovoet
- Gewasprijzen
- Kosten
- Maatregelen alleen voor hoogwaardige teelt

De analyse is noodzakelijkerwijs uitgevoerd voor de pilotgebieden uit fase 1: Anna Paulowna en Oostpolder (kleipolders in kop van Noord-Holland, 'HHNK' in onderstaande figuren) en het stroomgebied van de Raam (zandgebied in Oost-Brabant, 'Raam in onderstaande figuren). Toen de vergelijking is uitgevoerd waren er nog geen resultaten beschikbaar voor de pilotgebieden uit fase 2.

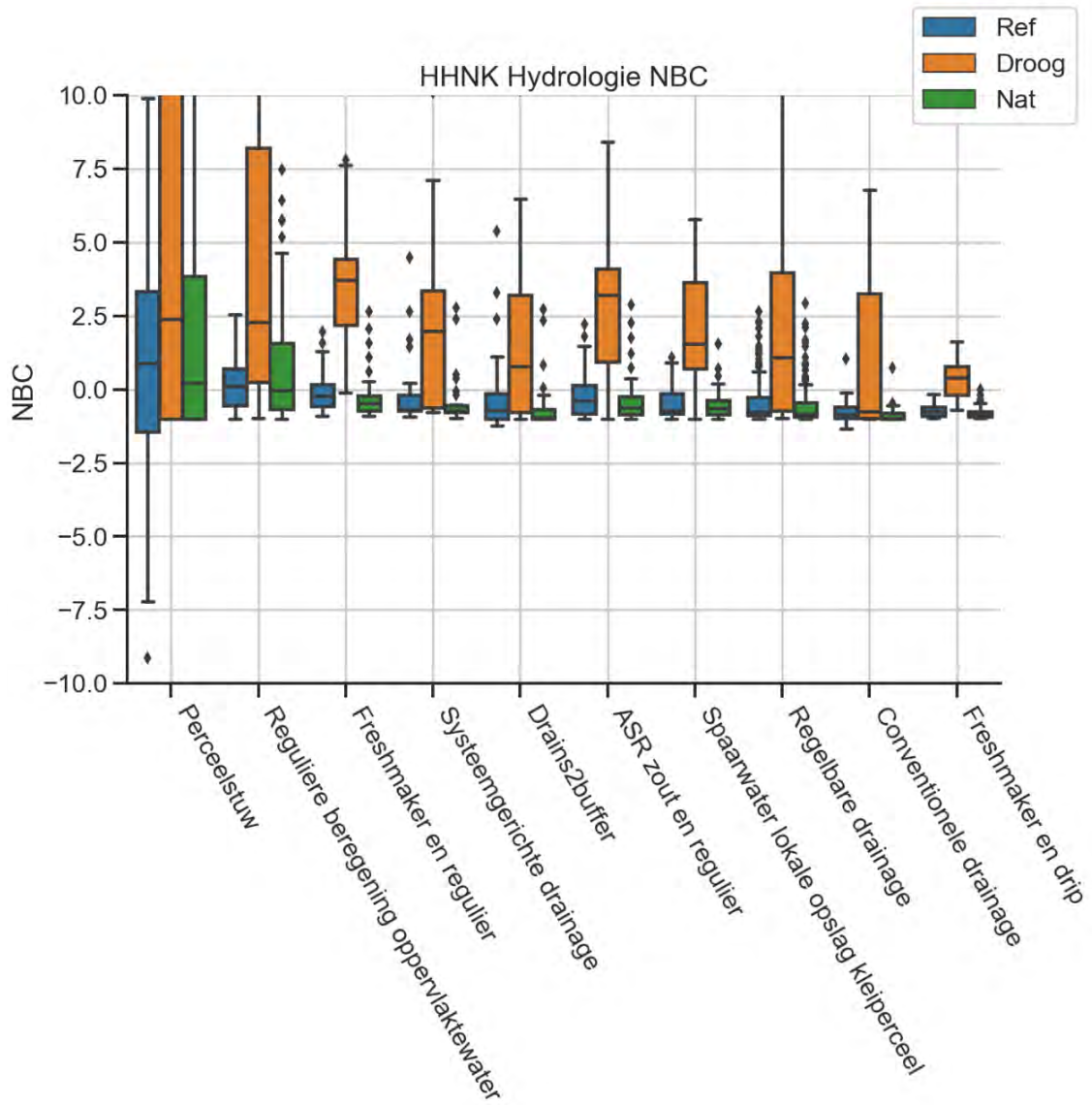
6.2.2 RESULTATEN

6.2.2.1 HYDROLOGIE

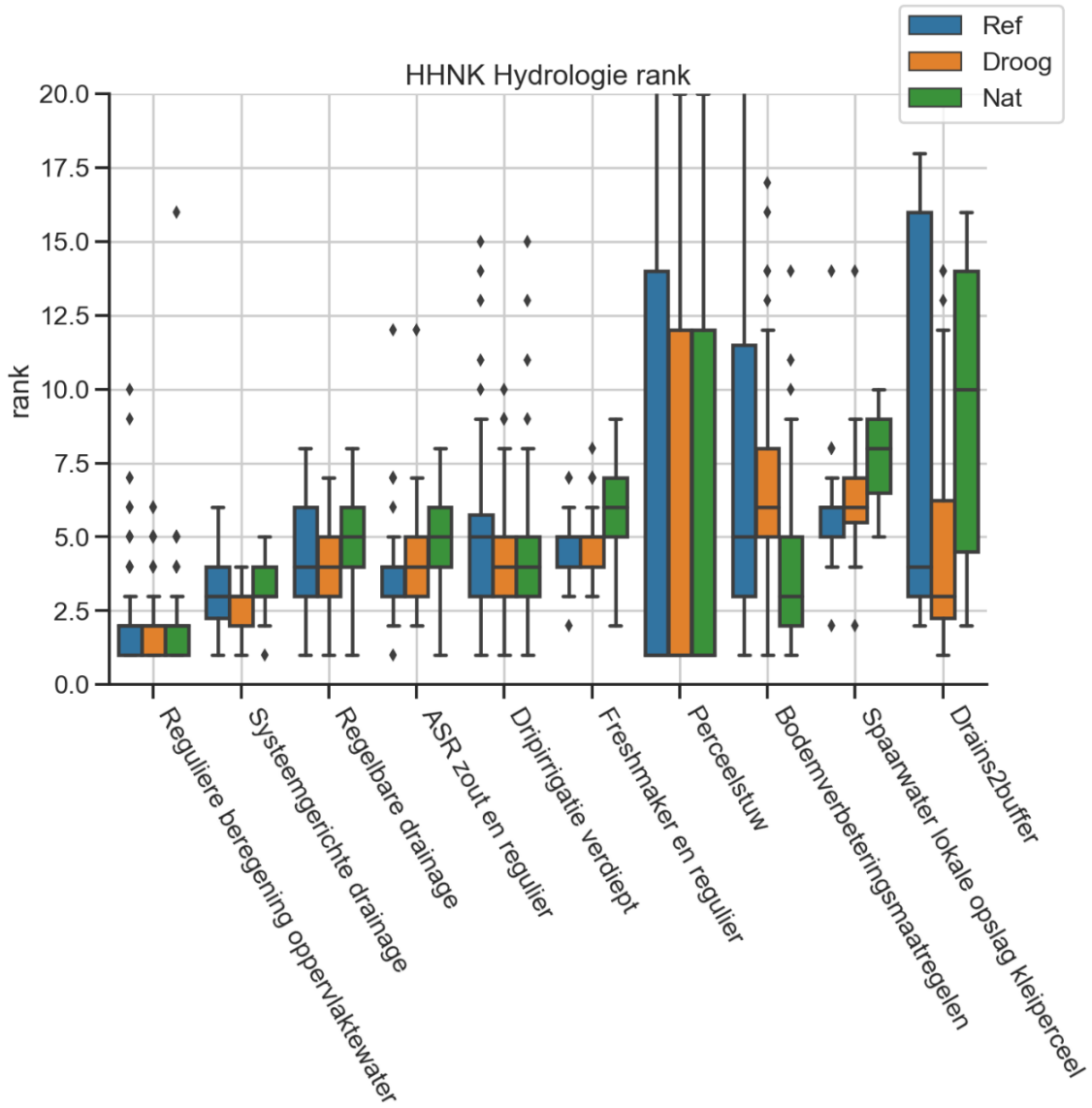
De gevoeligheid voor hydrologie is onderzocht door de resultaten voor de gehele 30-jarige periode te vergelijken met de resultaten voor de vijf droogste jaren en de vijf natste jaren. Figuur 6.2 geeft de resultaten van de spreiding van de ranking van de verschillende maatregelen (gerangschikt op baten-kosten ratio per modelbedrijf, oftewel op welke plaats staat de maatregel?) voor de gehele 30-jarige periode en de vijf droogste en vijf natste jaren. In Figuur 6.2 wordt, net als in de andere figuren, met behulp van een boxplot de verdeling van waarden weergegeven over alle modelbedrijven in het pilotgebied. De box toont hierbij de spreiding tussen het 25- en 75-percentiel van de data, met de mediane waarde als lijn in de box.

Alle maatregelen worden zoals verwacht rendabeler bij droogte (Figuur 6.1). De mate waarin verschilt wel tussen de maatregelen. Dit geldt ook voor het effect van hydrologie op de relatieve rangorde van maatregelen. Maatregelen als systeemgerichte drainage, freshmaker en drains2buffer scoren relatief beter in droge omstandigheden terwijl reguliere beregening en Druppelirrigatie juist relatief beter scoren in natte omstandigheden (Figuur 6.1). Dit zijn de maatregelen die het grootste, dan wel kleinste verschil in NBC laten zien tussen droge en natte omstandigheden. Ook voor de Raam waren de maatregelen rendabeler voor de droge jaren (Figuur 6.3). Voor de Raam bleven de verschillen in rangorde echter beperkt, de verschillen tussen de maatregelen waren groter dan het effect van hydrologie (Figuur 6.4). De maatregel perceelstuw valt op in beide figuren. Door de lage kosten van deze maatregel in vergelijking tot de andere maatregelen kent de NBC een groot bereik, de NBC wordt namelijk bepaald door te delen door de kosten (Figuur 6.2, Figuur 6.3). Dit vertaalt zich vervolgens door in de rangorde van de maatregel (Figuur 6.2, Figuur 6.4).

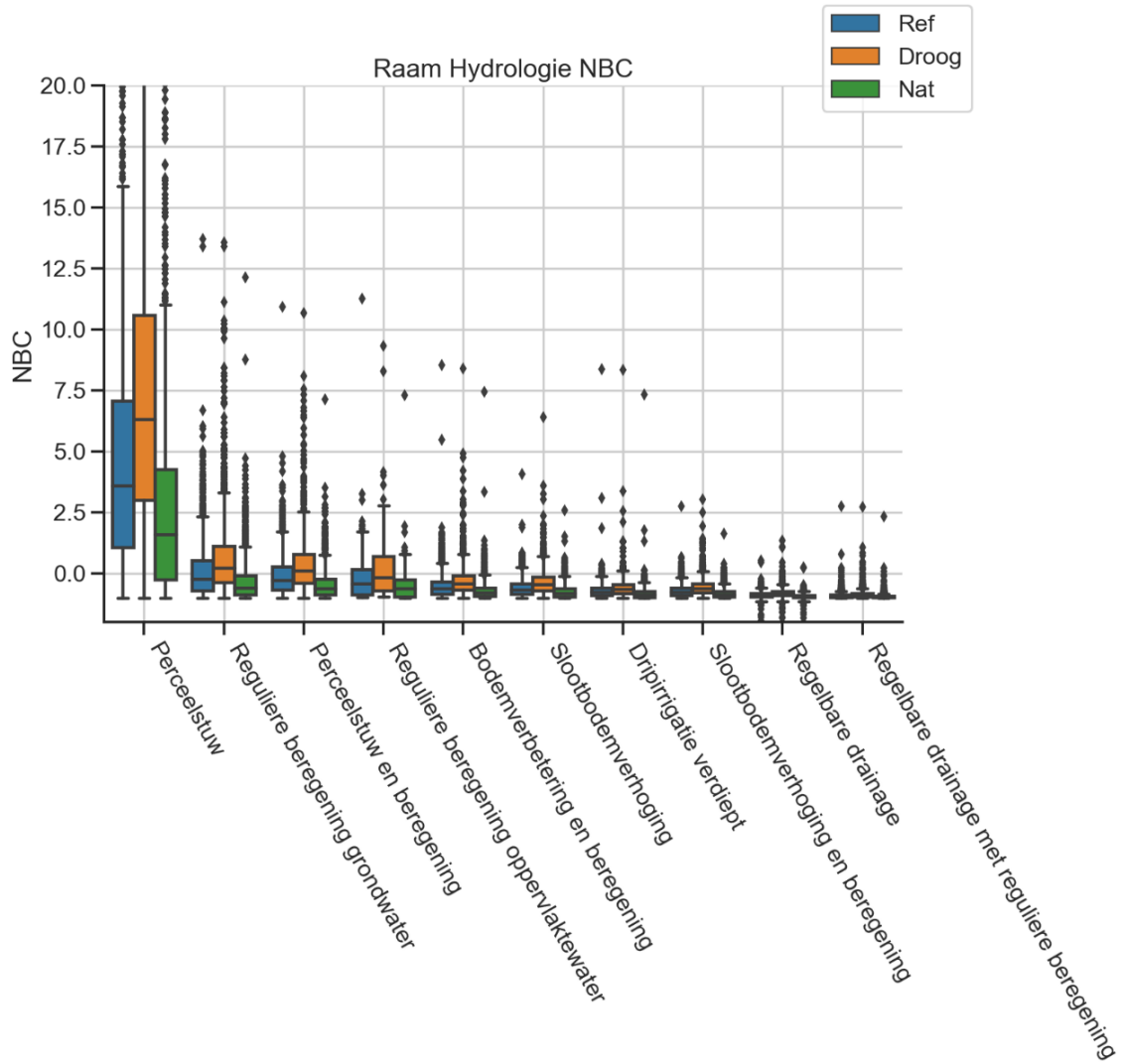
FIGUUR 6.1 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE NBC (NETTO BATEN-KOSTEN RATIO, HOGER IS GUNSTIGER) VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR REFERENTIE (GEHELE 30-JARIGE PERIODE), 5 DROOGSTE JAREN (DROOG) EN 5 NATSTE JAREN (NAT) VOOR FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER



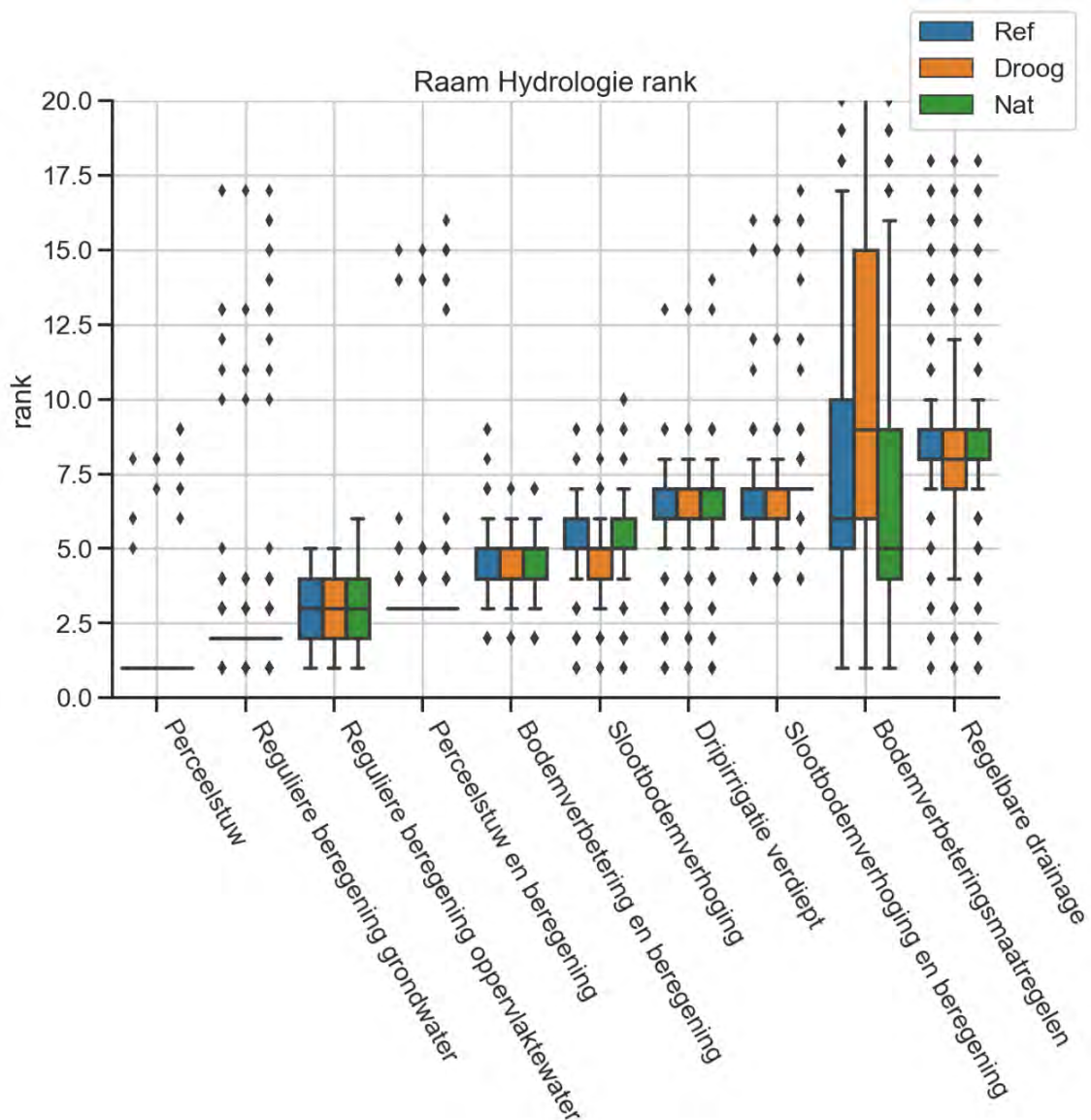
FIGUUR 6.2 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE RANKING VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR REFERENTIE (GEHELE 30-JARIGE PERIODE), 5 DROOGSTE JAREN (DROOG) EN 5 NATSTE JAREN (NAT) VOOR FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER



FIGUUR 6.3 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE NBC (NETTO BATEN-KOSTEN RATIO, HOGER IS GUNSTIGER) VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR REFERENTIE (GEHELE 30-JARIGE PERIODE), 5 DROOGSTE JAREN (DROOG) EN 5 NATSTE JAREN (NAT) VOOR FASE 1 PILOTGEBIED RAAM



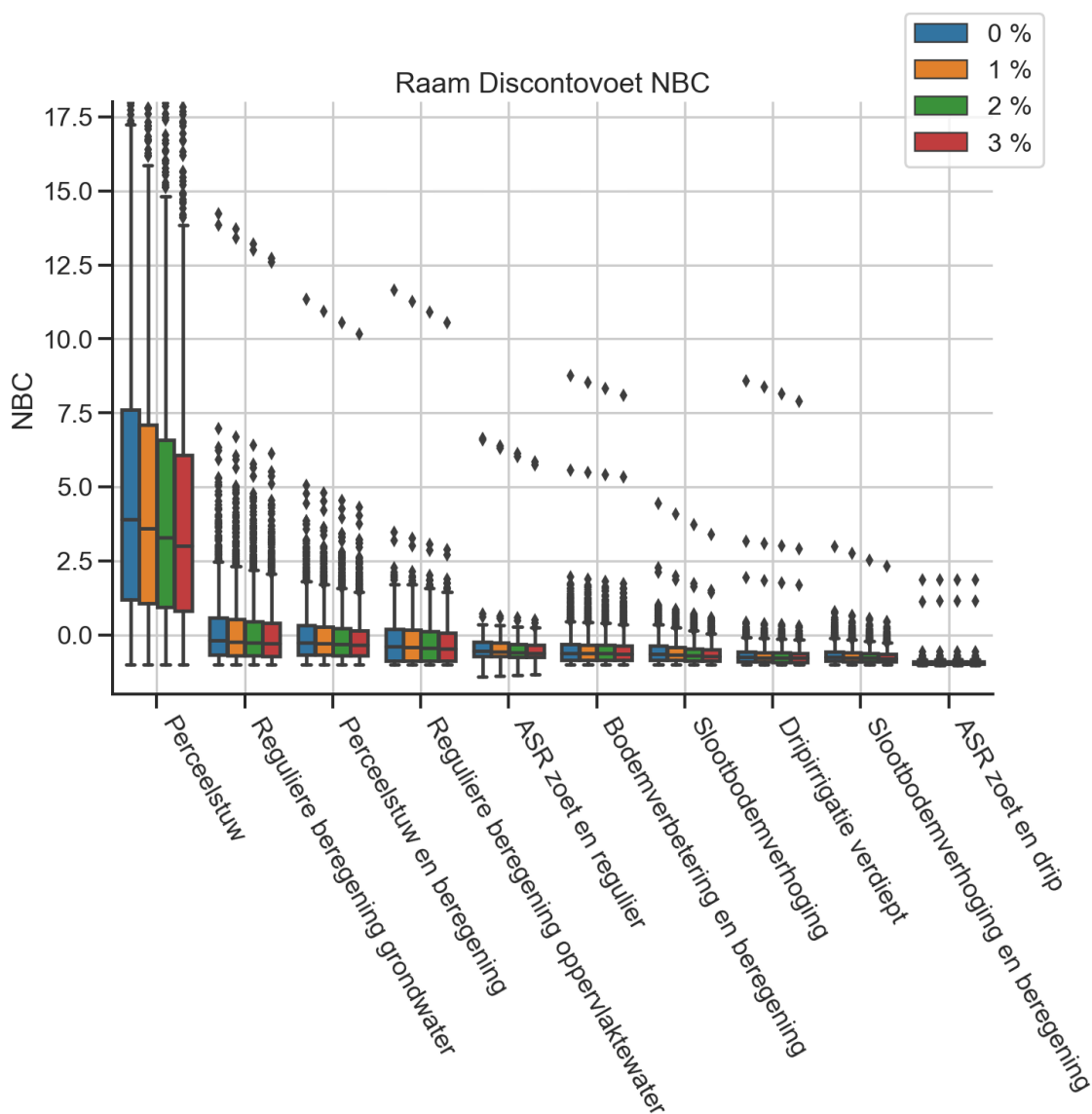
FIGUUR 6.4 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE RANKING VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR REFERENTIE (GEHELE 30-JARIGE PERIODE), 5 DROOGSTE JAREN (DROOG) EN 5 NATSTE JAREN (NAT) VOOR FASE 1 PILOTGEBIED RAAM



6.2.2.2 DISCONTOVOET

In de Regioscan Zoetwatermaatregelen wordt een lagere discontovoet gehanteerd dan bijvoorbeeld in MKBA's gebruikelijk is. Dit komt doordat de aanname is gedaan dat de maatregelen altijd in het basisjaar worden genomen. Het kostendeel van de discontovoet is daarom niet van toepassing, de discontovoet wordt alleen gehanteerd om rekening te houden met de voorkeur voor het uitstellen van kosten. In de gevoeligheidsanalyse is de discontovoet gevarieerd tussen 0 en 3%. De discontovoet heeft een beperkte invloed op de berekende NBC waarde voor de verschillende maatregelen, waarbij de NBC afneemt bij toenemende discontovoet (Figuur 6.5). Immers, de investeringskosten vallen altijd in jaar 1, terwijl de baten later plaatsvinden. De latere baten zijn bij een hogere discontovoet minder waard, waardoor de NBC afneemt. Voor de onderlinge afweging van maatregelen is de discontovoet van weinig belang. De invloed van de discontovoet is op alle maatregelen even groot, de rangorde van maatregelen onderling verandert door variatie van de discontovoet niet.

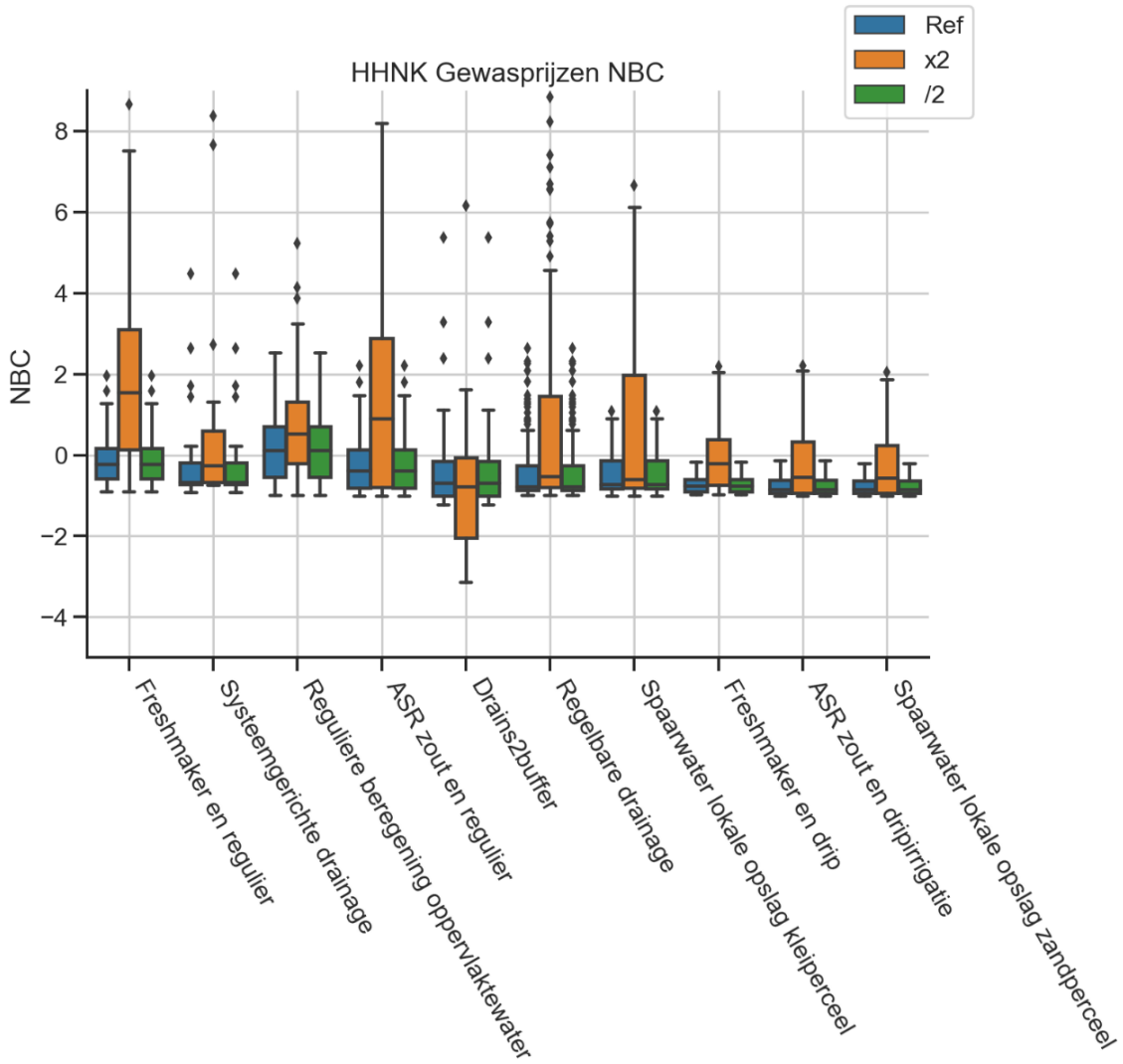
FIGUUR 6.5 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE NBC VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR VERSCHILLENDE WAARDEN VAN DE DISCONTOVOET VOOR FASE 1 PILOTGEBIED RAAM



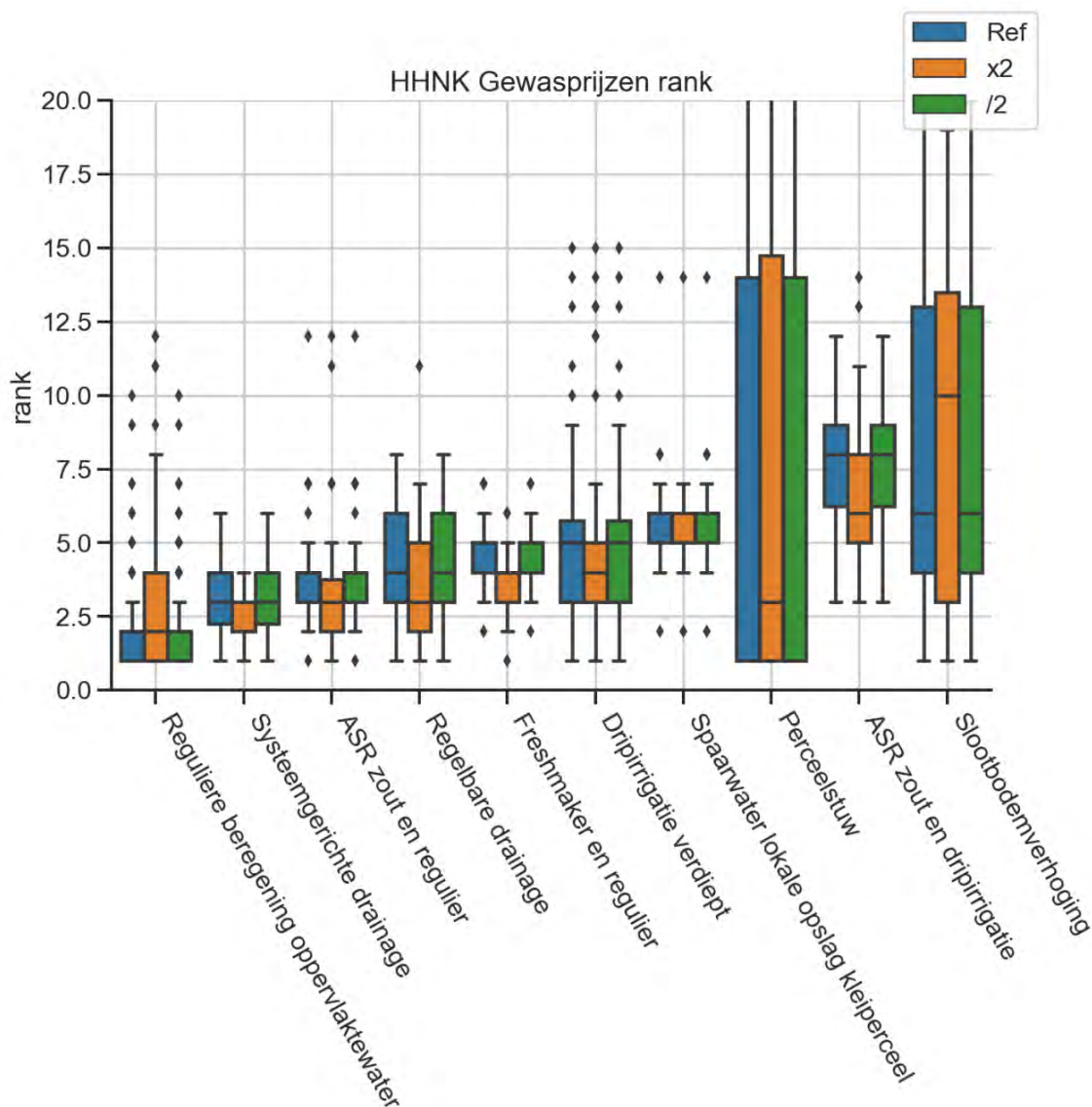
6.2.2.3 GEWASPRIJZEN

De gewasprijzen zijn ten opzichte van de referentie zowel gehalveerd als verdubbeld. De NBC neemt voor alle maatregelen toe bij verdubbelde gewasprijzen (de baten zijn immers groter) en af bij gehalveerde gewasprijzen (Figuur 6.6). De toename bij verdubbelde gewasprijzen is voor de opslagmaatregelen groter dan voor de andere maatregelen, omdat deze maatregelen specifiek voor hoogrenderende teelten worden genomen, waarbij de kosten en baten per hectare hoog zijn. Dit lijkt ook terug te komen in een hogere plaats voor deze maatregelen in de rangorde (Figuur 6.7).

FIGUUR 6.6 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE NBC VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR VERSCHILLENDE WAARDEN VAN DE GEWASPRIJZEN VOOR FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER



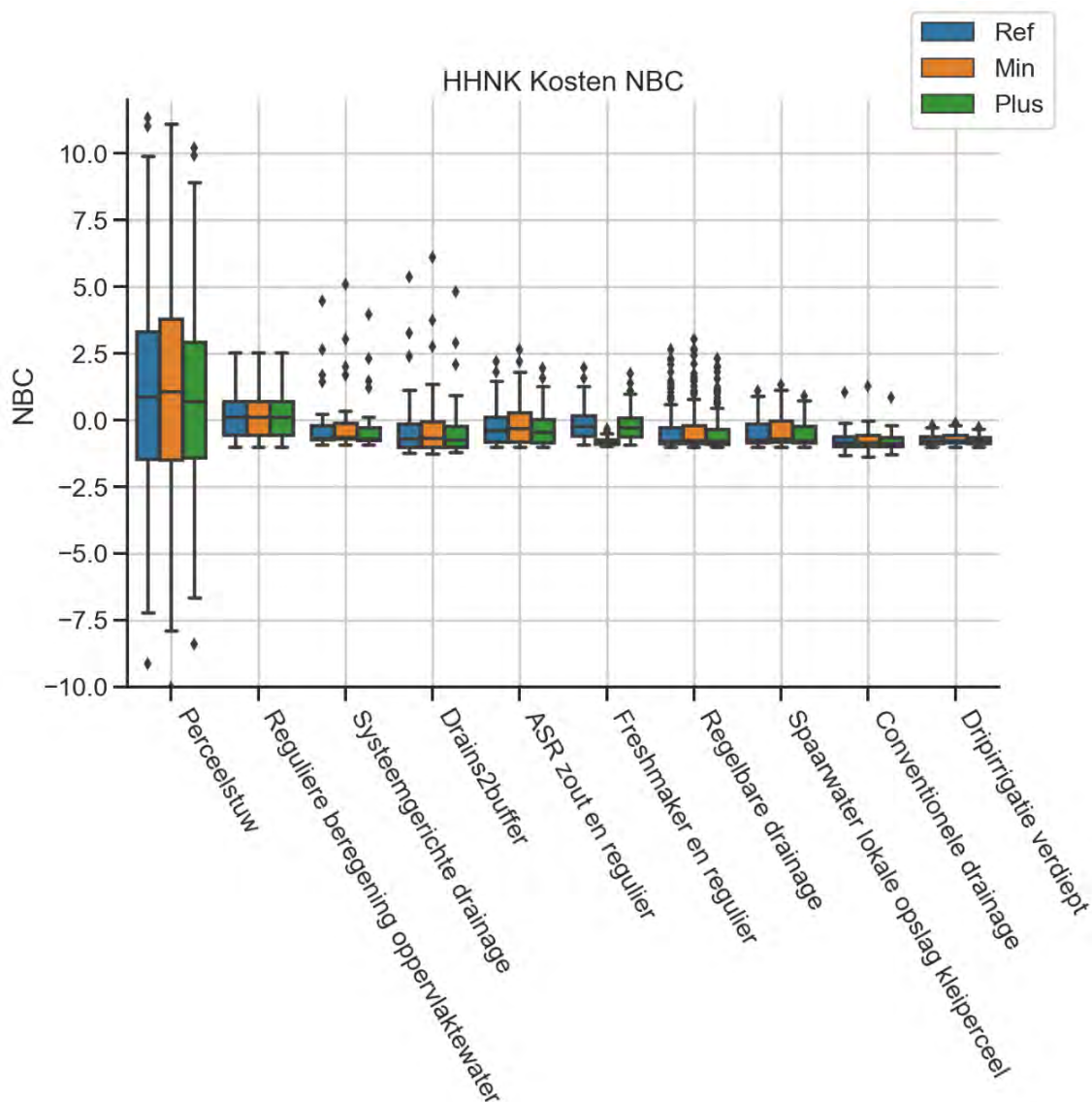
FIGUUR 6.7 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE RANGORDE VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN VOOR VERSCHILLENDE WAARDEN VAN DE GEWASPRIJZEN VOOR FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER



6.2.2.4 KOSTEN

Voor de (investerings- en jaarlijkse) kosten van maatregelen is voor een deel van de maatregelen een spreiding bekend. Voor deze maatregelen zijn de kosten gevarieerd tussen het minimum en het maximum van deze spreiding. Wanneer geen spreiding bekend was, zijn de kosten gevarieerd tussen plus en min 10% van de in de Regioscan Zoetwatermaatregelen opgenomen kosten. De variatie in kosten geeft beperkte verschillen in de berekende NBC (Figuur 6.8). Deze verschillen zorgen niet voor verschuivingen in de berekende rangorde van de maatregelen.

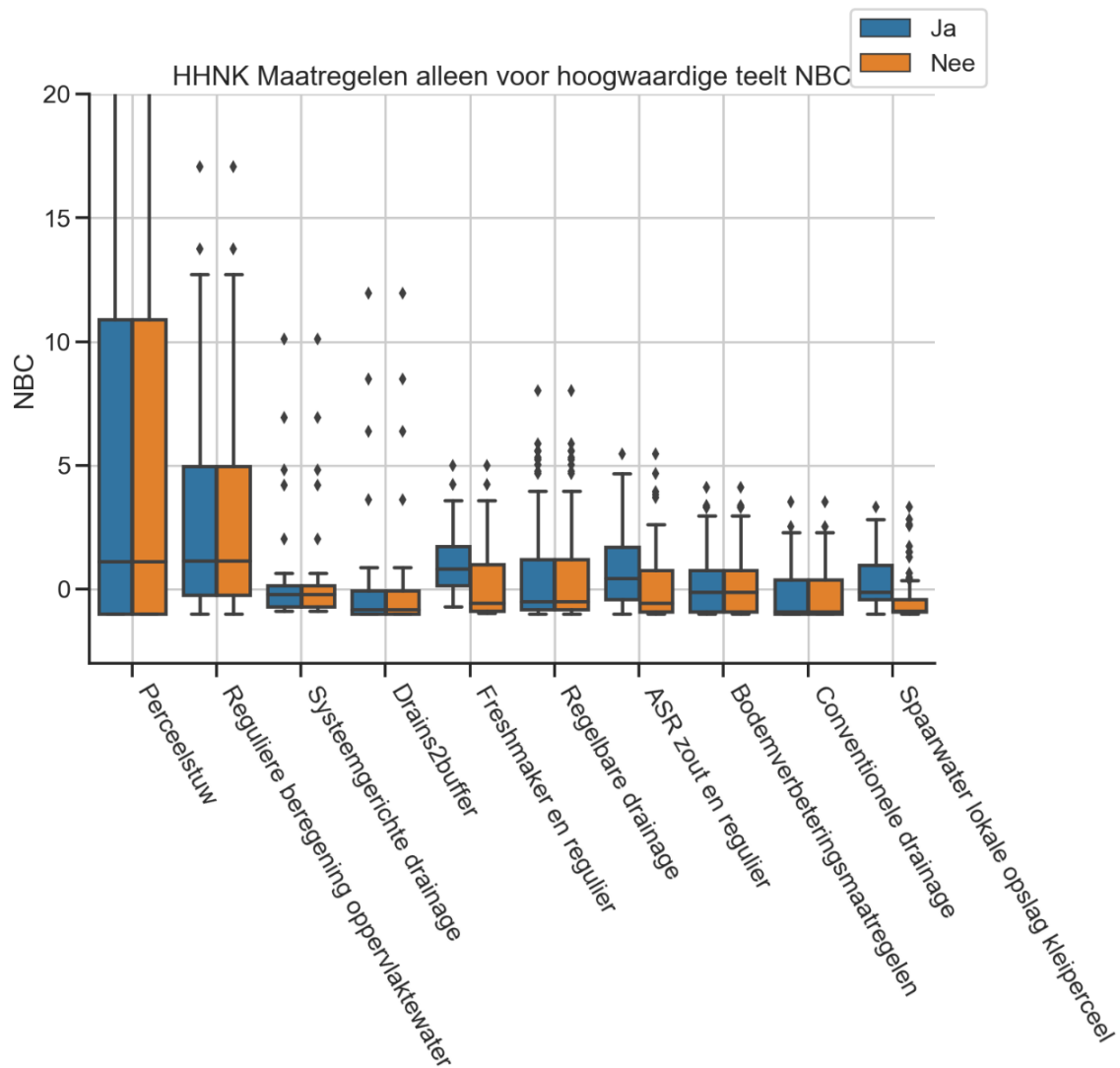
FIGUUR 6.8 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE NBC VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN BIJ VARIATIE VAN DE KOSTEN VOOR FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER



6.2.2.5 MAATREGELEN ALLEEN VOOR HOOGWAARDIGE TEELTEN

Nieuw in versie 2 van de Regioscan Zoetwatermaatregelen is de beperking van opslagmaatregelen tot alleen de hoogwaardige teelten binnen een modelbedrijf. In droge jaren worden hierbij alleen de hoogwaardige teelten voorzien van water, de benodigde dimensionering van de opslag wordt hier op aangepast. Naar verwachting zijn de opslagmaatregelen hiermee rendabeler. Dit blijkt ook uit de resultaten (Figuur 6.9). De opslagmaatregelen Freshmaker en ASR zout zijn veelal rendabel wanneer deze alleen voor hoogwaardige teelt worden toegepast, waar ze niet rendabel waren wanneer de opslag voor alle teelten binnen een modelbedrijf werd toegepast. De andere maatregelen veranderen niet.

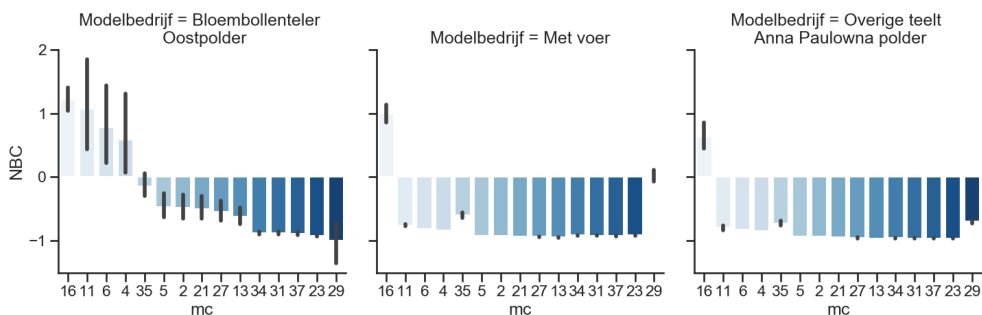
FIGUUR 6.9 BOXPLOT VAN DE SPREIDING VAN DE NBC VOOR DE TIEN HOOGST SCORENDE MAATREGELEN BIJ BEPERKING VAN OPSLAGMAATREGELEN TOT HOOGWAARDIGE TEELTEN VOOR FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER



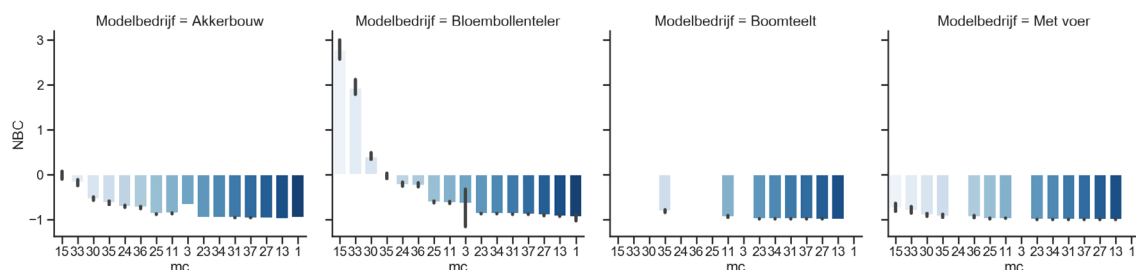
6.2.2.6 VERGELIJKING INDIVIDUELE BEDRIJVEN

Eerder is gekeken naar de verandering van de spreiding van resultaten over alle modelbedrijven per pilotgebied. Om de veranderingen concreter te maken is ook gekeken naar resultaten voor enkele geselecteerde specifieke modelbedrijven. Voor Anna Paulowna- en Oostpolder zijn dit een bloembollenbedrijf, een veevoerbedrijf en een bedrijf in de categorie overig. Voor de Raam een akkerbouwbedrijf, een bloembollenteler, een boomteler en een veevoerbedrijf. In de analyse is gekeken naar de spreiding van de berekende NBC per bedrijf voor alle eerder doorgerekende verschillende gevoeligheidsscenario's (verschillen in hydrologie, discontovoet, gewasprijzen, maatregelkosten). Door de spreiding van de NBC over de verschillende scenario's weer te geven is zichtbaar hoe gevoelig de resultaten per modelbedrijf zijn voor de aangebrachte wijzigingen in parameters.

FIGUUR 6.10 BEREKENDE SPREIDING VAN DE NBC VOOR DE VERSCHILLENDE MAATREGELEN VOOR DRIE MODELBEDRIJVEN IN FASE 1 PILOTGEBIED ANNA PAULOWNA EN OOSTPOLDER. DE ZWARTE LIJN GEEFT HET 95% CONFIDENCE INTERVAL AAN, DE CIJFERS OP DE X-AS DUIDEN VERSCHILLENDE MAATREGELEN ('MC') AAN (ZIE TABEL 2.7)



FIGUUR 6.11 BEREKENDE SPREIDING VAN DE NBC VOOR DE VERSCHILLENDE MAATREGELEN VOOR VIER MODELBEDRIJVEN IN FASE 1 PILOTGEBIED RAAM. DE ZWARTE LIJN GEEFT HET 95% CONFIDENCE INTERVAL AAN, DE CIJFERS OP DE X-AS DUIDEN VERSCHILLENDE MAATREGELEN ('MC') AAN (ZIE TABEL 2.7). ONTBREKENDE 'STAVEN' DUIDEN OP NIET-KANSRIJKHEID VAN DEZE MAATREGEL VOOR HET BETREFFENDE MODELBEDRIJF



Figuur 6.10 geeft de resultaten voor drie modelbedrijven in pilotgebied Anna Paulowna- en Oostpolder, Figuur 6.11 voor vier modelbedrijven in pilotgebied Raam. De wijzigingen in de invoerparameters geven voor de verschillende maatregelen uiteraard verschillen in de berekende NBC. Opvallend is echter dat deze verschillen tamelijk beperkt zijn en het berekende oordeel over de rendabiliteit van de maatregelen niet wezenlijk wijzigt. Uit deze analyse lijkt het berekende oordeel over kosten en baten daarmee robuust voor de onderzochte wijzigingen in invoerparameters. Onzekerheid in de invoerparameters van de Regioscan zal het resultaat daarmee niet doorslaggevend beïnvloeden.

6.2.3 CONCLUSIE

Uit de uitgevoerde gevoeligheidsanalyse blijken de resultaten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen veelal robuust voor de geanalyseerde veranderingen in de invoerparameters. Dit betekent dat de uitkomsten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen onderscheidend zijn, ook al is er onzekerheid in de verschillende invoerparameters. Op gebiedsniveau is de Regioscan met name gevoelig voor verschuivingen in de hydrologische Ausgangssituatie: andere maatregelen worden interessant bij een drogere Ausgangssituatie dan bij een nattere Ausgangssituatie. Veranderingen in discontovoet, gewasprijzen en maatregelkosten werken veelal gelijk door voor alle maatregelen en zorgen niet voor grote veranderingen in de onderlinge rangorde. Wanneer wordt gekeken naar specifieke bedrijven leiden de aangebrachte veranderingen niet tot significante verschuivingen in de rendabiliteit van maatregelen: de inschatting of voor een maatregel de kosten opwegen tegen de baten lijkt daarmee robuust voor de geanalyseerde invoerparameters. In zijn algemeenheid blijkt daarbij dat maatregelen vaak niet rendabel zijn: de mediane waarde van de NBC is voor de meeste maatregelen negatief.

6.3 VERGELIJKING MAATREGELEFFECT MET HYDROLOGISCH MODEL AZURE

6.3.1 INLEIDING

De implementatie van zoetwatermaatregelen in de Regioscan Zoetwatermaatregelen verloopt via maatregel-effect relaties. Een aantal van de maatregelen in de Regioscan Zoetwatermaatregelen grijpen in op de hydrologie van het landbouwperceel (drainagemaatregelen, Perceelstuwen, Slootbodemverhoging, bodemverbetering). Andere maatregelen zorgen voor een extra bron van water, deze maatregelen hebben een minder directe weerslag op de hydrologie van het landbouwperceel (bijvoorbeeld freshmaker, ASR, Druppelirrigatie).

Om beter zicht te krijgen op hoe goed deze maatregel-effect relaties in staat zijn om het hydrologisch effect van maatregelen in verschillende omstandigheden in te schatten vergelijken we de uitkomsten van de Regioscan maatregel-effect relaties met uitkomsten van het hydrologisch model AZURE, voor het plangebied Twello.

Voor het plangebied Twello is de Regioscan Zoetwatermaatregelen in twee varianten beschikbaar. Naast de algemeen beschikbare Regioscan Zoetwatermaatregelen, waarvan de hydrologische invoer is gebaseerd op modelresultaten van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM, Deltaprogramma berekeningen (Mens et al., 2019)), is er voor plangebied Twello een Regioscan beschikbaar waarvan de hydrologische invoer gebaseerd is op modelresultaten van het AZURE regionaal hydrologisch model.

6.3.2 AANPAK

In de vergelijking zijn 3 verschillende 'modellen' met elkaar vergeleken. Het gaat om:

- Regioscan, gebaseerd op LHM (periode 1973 – 2003), verder: Regioscan-LHM;
- Regioscan, gebaseerd op AZURE detailmodel Twello (periode 1997 – 2016), verder: Regioscan-AZURE;
- AZURE detailmodel Twello (periode 1997 – 2016), verder: AZURE.

Voor de vergelijking is naar de periode 1997 – 2003 gekeken, deze periode is in alle modellen beschikbaar.

Er is gekeken naar het hydrologisch effect van de volgende drie maatregelen:

- Regelbare drainage
- Slootbodemverhoging
- Perceelstuwen

Dit zijn de maatregelen die goed te implementeren zijn in het AZURE-model en daarmee goed te vergelijken zijn tussen de twee Regioscan versies en AZURE.

Als uitkomstmaat is gekeken naar de relatieve vermindering van de verdampingsreductie. De verdampingsreductie is sterk bepalend voor de met de Regioscan (Agricom) berekende droogteschade. De verdampingsreductie is beschikbaar voor zowel de Regioscan als AZURE.

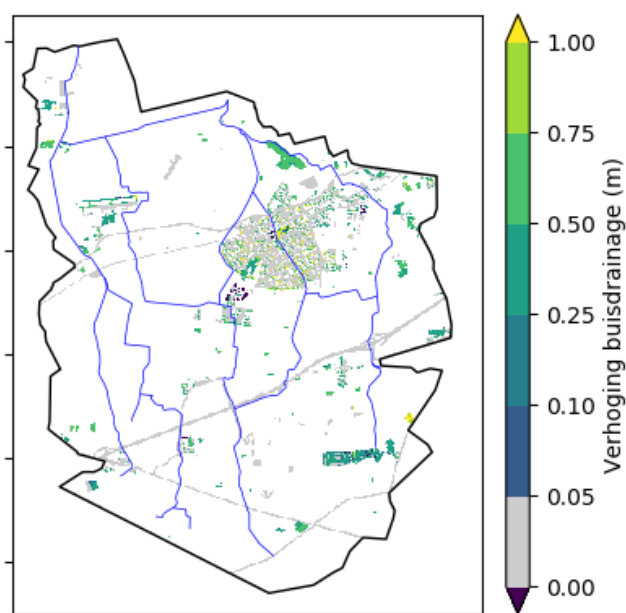
6.3.3 IMPLEMENTATIE MAATREGELEN IN AZURE

REGELBARE DRAINAGE

Regelbare drainage is geïmplementeerd in AZURE op modelcellen met landbouwkundig gebruik, waar reeds traditionele drainage aanwezig was in de uitgangssituatie. De diepteligging van de drainage is gelegd op 50 cm onder maaiveld. Dit is conform de schematisatie in de SWAP-WOFOST berekeningen die aan de Regioscan maatregel-effectrelaties ten grondslag liggen. De conductance (drainageweerstand) van de buisdrainage is niet aangepast.

In het projectgebied Twello is in AZURE slechts beperkt drainage opgenomen. Hiervan bevindt het merendeel zich onder verhard oppervlak (stedelijk gebied, wegen). Het totale areaal waarop de maatregel in AZURE is geïmplementeerd is 191 ha, de drainagebasis is gemiddeld met 0.5 m verhoogd (Figuur 6.10).

FIGUUR 6.12 IMPLEMENTATIE REGELBARE DRAINAGE IN AZURE

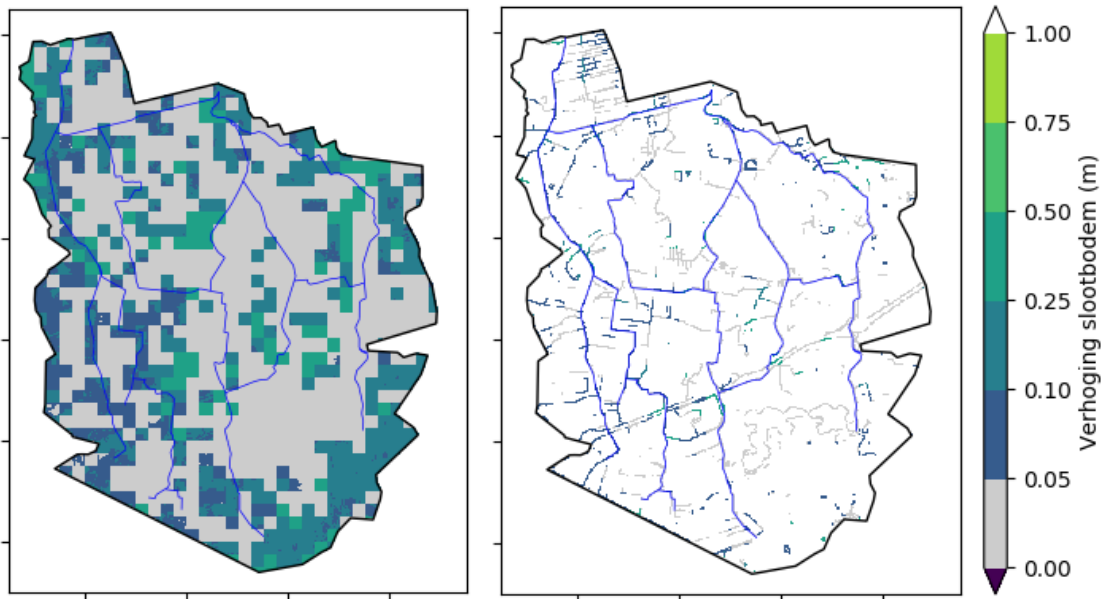


6.3.3.2 SLOOTBODEMVERHOOGING

Slootboderverhoging is in AZURE geïmplementeerd voor alle waterlopen binnen het modelgebied. De bodemhoogte van de waterloop is hierbij verhoogd met de verhoging die in de Regioscan wordt toegepast (Figuur 6.13, links). Wanneer de bodemhoogte van de waterloop hierbij uitkwam boven het peil van de waterloop, is het peil van de waterloop gelegd op de nieuwe bodemhoogte.

Het totale areaal waarop de maatregel in AZURE is geïmplementeerd is 257 ha, de slootbodem is gemiddeld met 0.11 m verhoogd (Figuur 6.13, rechts).

FIGUUR 6.13 SLOOTBODEMVERHOOGING IN REGIOSCAN-AZURE (LINKS), IMPLEMENTATIE SLOOTBODEMVERHOOGING IN AZURE (RECHTS). DE RESOLUTIE VAN REGIOSCAN-AZURE LIJKT GROVER DOORDAT DE FW00-KAART VOOR SLOOTBODEMVERHOOGING ALLEEN OP 250 X 250 M BESCHIKBAAR IS

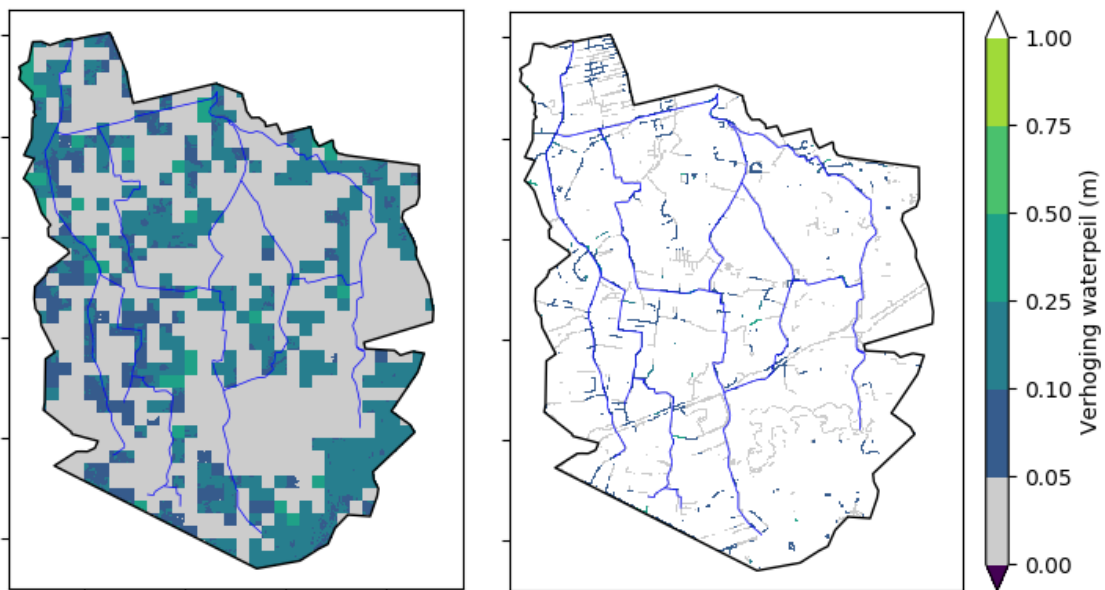


6.3.3.3 PERCEELSTUWEN

De maatregel Perceelstuwten is in AZURE geïmplementeerd voor alle waterlopen binnen het modelgebied. Het zomerpeil van waterlopen is hierbij verhoogd met de verhoging die in de Regioscan wordt toegepast (Figuur 6.14, links).

Het totale areaal waarop de maatregel in AZURE is geïmplementeerd is 229 ha, het waterpeil is gemiddeld met 0.10 m verhoogd (Figuur 6.14, rechts).

FIGUUR 6.14 PERCEELSTUWEN IN REGIOSCAN-AZURE (LINKS), IMPLEMENTATIE PERCEELSTUWEN IN AZURE (RECHTS). DE RESOLUTIE VAN REGIOSCAN-AZURE LIJKT GROVER DOORDAT DE FW00-KAART VOOR PERCEELSTUWEN ALLEEN OP 250 X 250 M BESCHIKBAAR IS

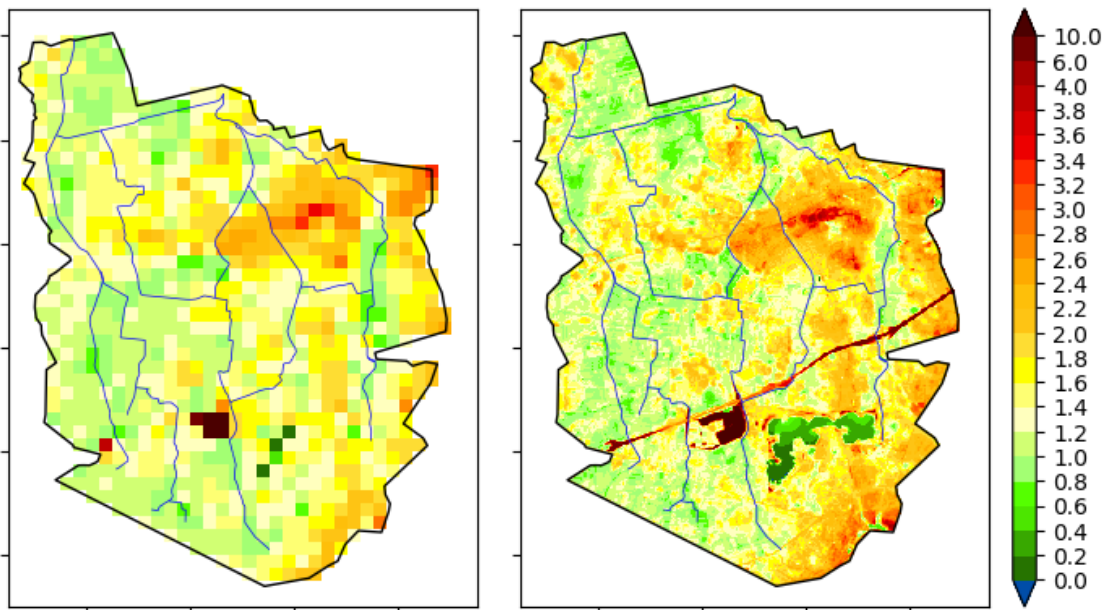


6.3.4 RESULTATEN

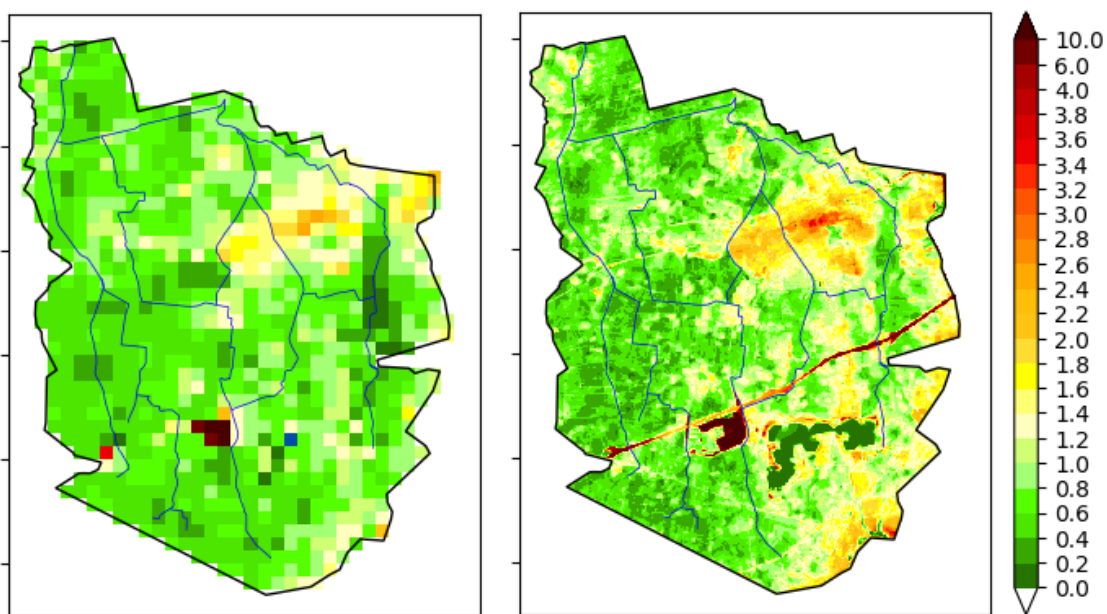
6.3.4.1 VERGELIJKING UITGANGSSITUATIE

De gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) voor LHM en AZURE zijn weergegeven in Figuur 6.15. Deze GLG is input voor respectievelijk Regioscan-LHM en Regioscan-AZURE. Het resolutieverschil tussen beide modellen is duidelijk zichtbaar. De patronen in de berekende GLG komen evenwel goed overeen. Dit ondanks het verschil in rekenperiode en parameter verschillen tussen beide modellen. De zuidoosthoek laat grotere verschillen zien. Door het resolutieverschil zijn extremen groter in de met AZURE berekende GLG. Eenzelfde patroon is zichtbaar in de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (Figuur 6.16).

FIGUUR 6.15 GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND (GLG, M-MV) IN HET LHM (LINKS, PERIODE 1974 – 2003) EN AZURE (RECHTS, PERIODE 1997 – 2009)



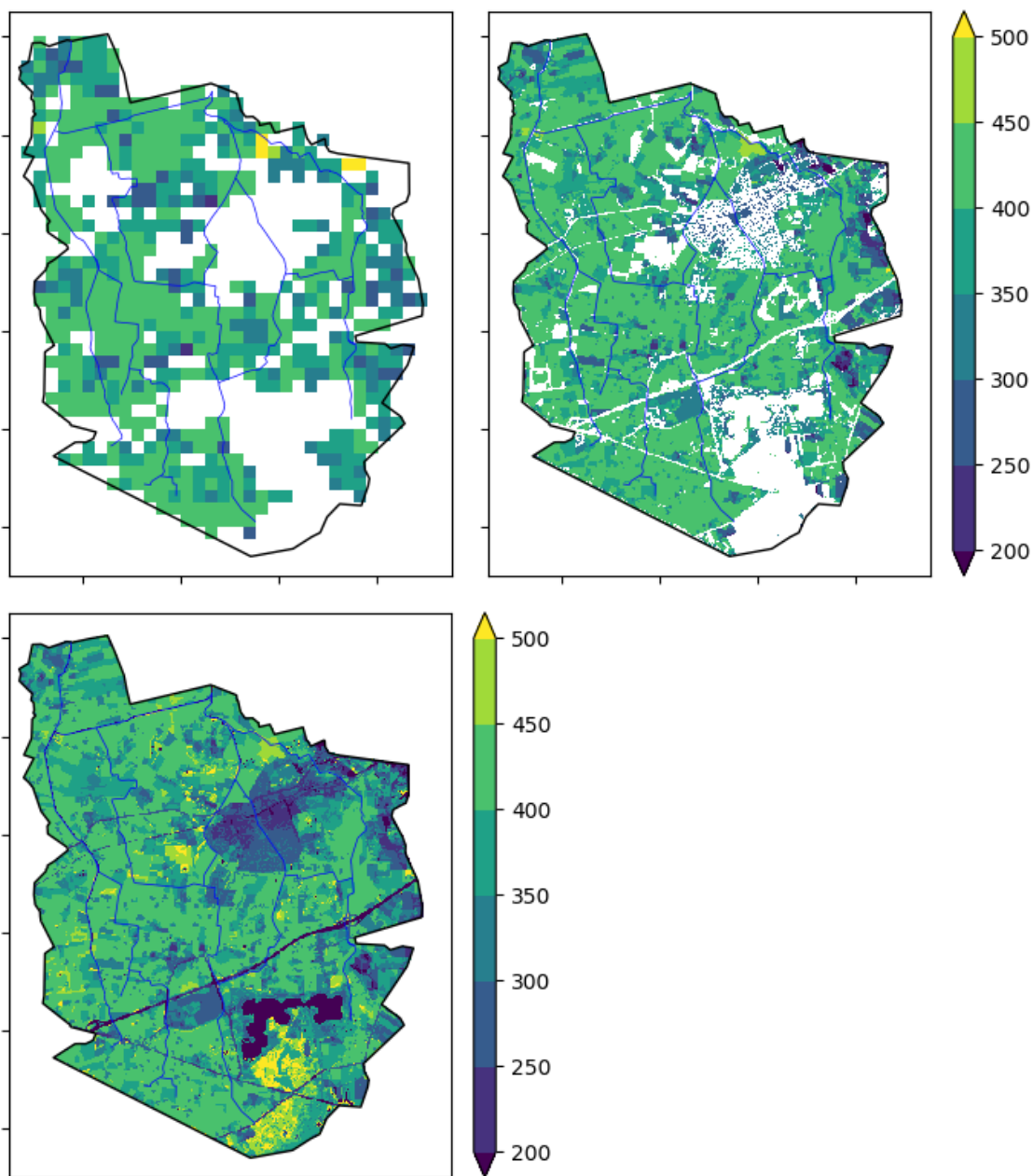
FIGUUR 6.16 GEMIDDELD VORJAARS GRONDWATERSTAND (GVG, M-MV) IN HET LHM (LINKS, PERIODE 1974 – 2003) EN AZURE (RECHTS, PERIODE 1997 – 2009)



De berekende actuele verdamping is voor het droge jaar 2003 vergeleken voor Regioscan-LHM, Regioscan-AZURE en AZURE (Figuur 6.17). Hierbij is voor Regioscan alleen informatie beschikbaar voor de landbouwpercelen. Voor AZURE is de actuele verdamping (Tact) samengenomen met de interceptieverdamping (Eic), om de definitie van actuele verdamping gelijk te maken aan het binnen de Regioscan toegepaste Agricom.

Patronen in actuele verdamping komen goed overeen. In Regioscan-LHM zijn door het resolutieverschil grotere extremen berekend (één gewas op 250x250m modelcel).

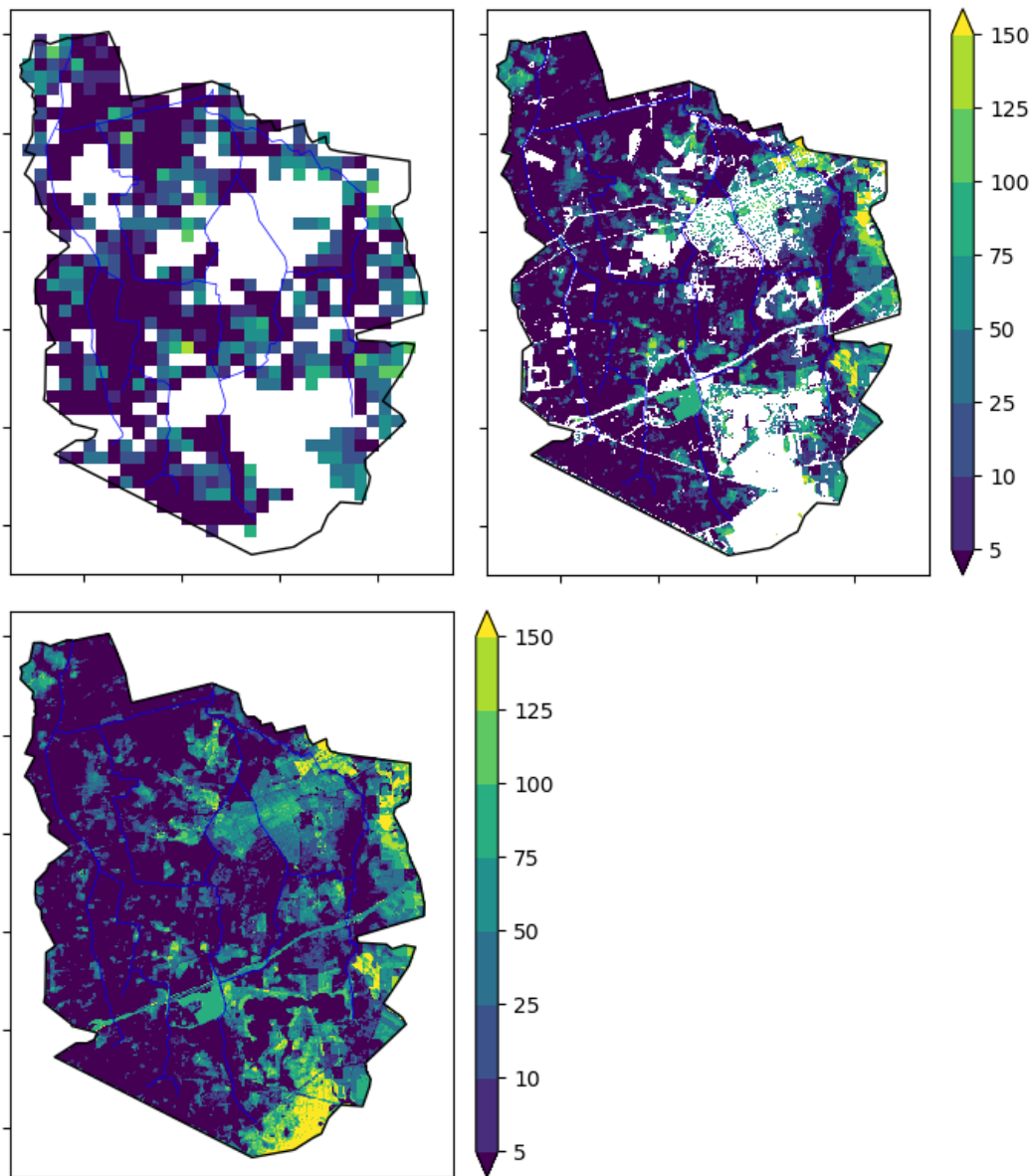
FIGUUR 6.17 ACTUELE VERDAMPING (MM) GEDURENDE HET GROEISEIZOEN VAN JAAR 2003 VOOR REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



Figuur 6.18 geeft de berekende verdampingsreductie (potentiële minus actuele verdamping) voor Regioscan-LHM, Regioscan-AZURE en AZURE. Regioscan-AZURE is hierin nagenoeg gelijk aan AZURE. Dit is ook logisch, omdat de Regioscan deze informatie als invoer gebruikt en alleen bepaalt welk deel binnen het groeiseizoen plaats heeft. Regioscan-LHM lijkt in grote lijnen op Regioscan-AZURE. Ten noorden van Twello worden op specifieke plots grotere verdampingsreducties berekend. Dit heeft waarschijnlijk te maken met schaalverschillen, waarbij de hele cel bepaalde kenmerken krijgt opgelegd.

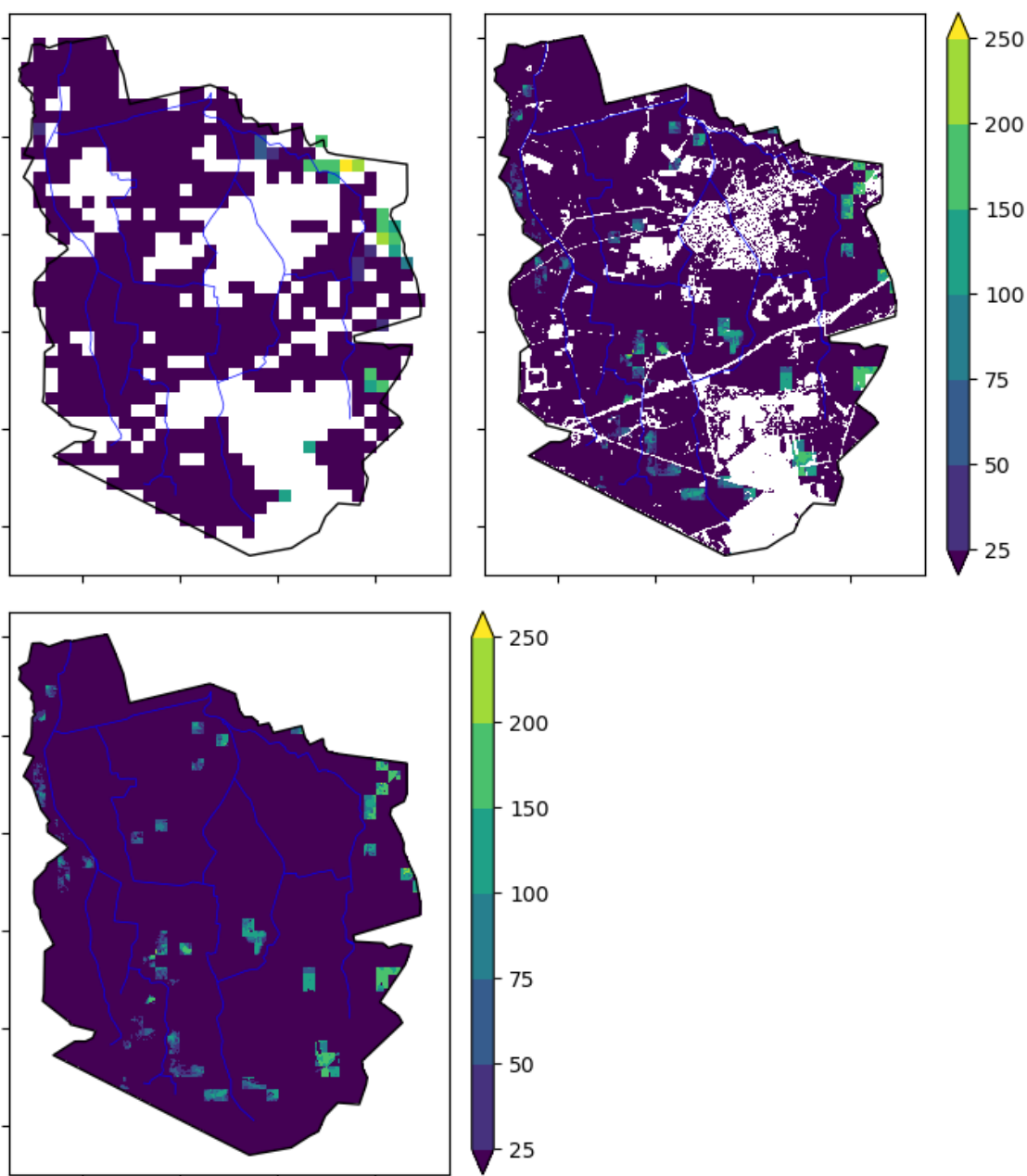
Zowel uit LHM als AZURE komt slechts beperkte droogteproblematiek naar voren in het gebied ten westen van Twello. Dit blijkt uit de relatief ondiepe GLG en het lage berekende verdampingstekort in dit gebied. Dit beeld wordt door hydrologen van waterschap Vallei en Veluwe niet herkend. In het recente droge jaar 2018 traden hier problemen op, ook lijkt de vraag naar beregeningsinstallaties in dit gebied toe te nemen.

FIGUUR 6.18 VERDAMPINGSREDUCTIE (MM) GEDURENDE HET GROEISEIZOEN VAN JAAR 2003 VOOR REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



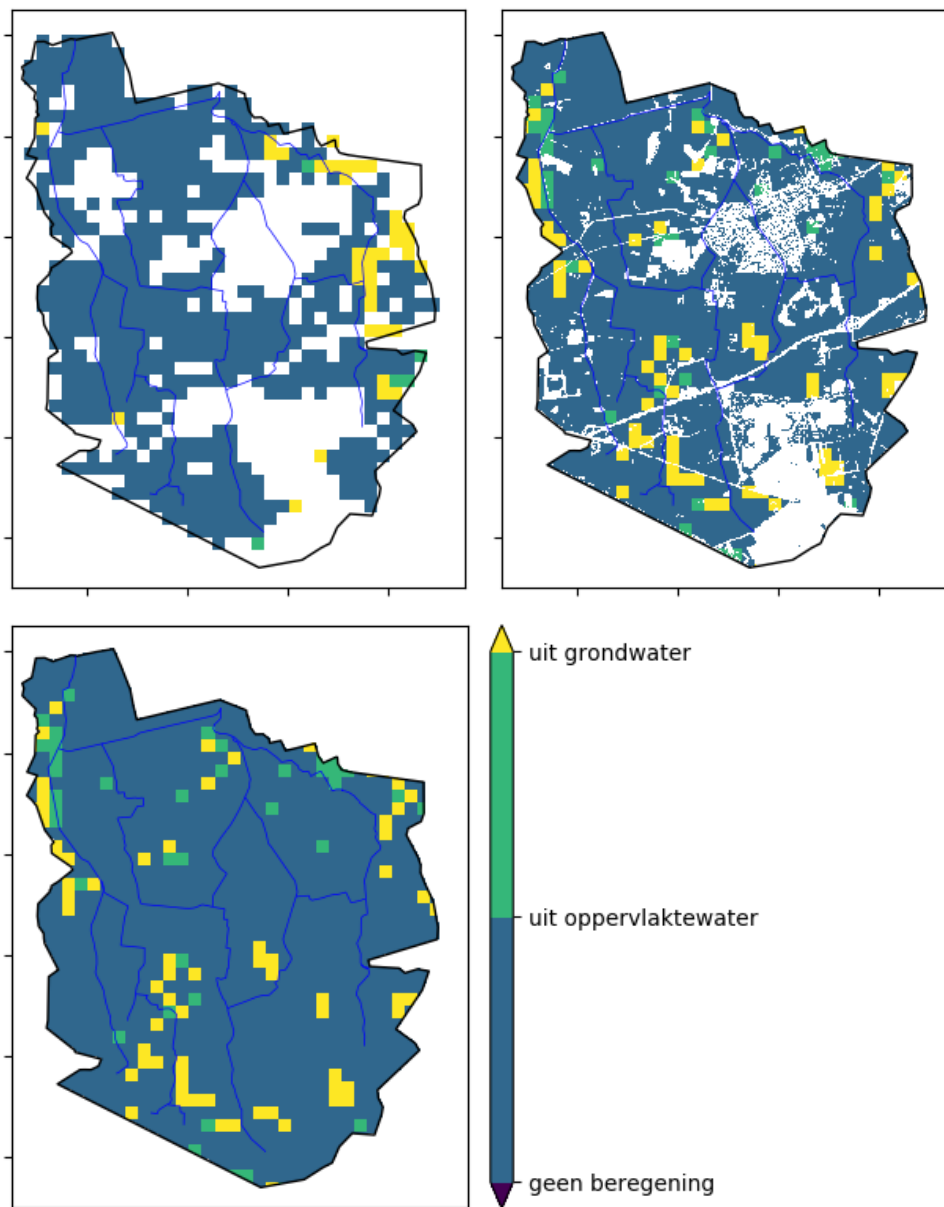
Figuur 6.19 geeft de totale berekende beregeningsgift in Regioscan-LHM, Regioscan-AZURE en AZURE. De beregeningsgift wordt berekend door in het model een vaste gift (30 mm) te geven wanneer de berekende vochttoestand van de bodem onder een drempelwaarde komt. Dit gebeurt alleen op cellen waar is aangegeven dat kan worden beregend. Regioscan-AZURE is hierin nagenoeg gelijk aan AZURE. Dit is ook logisch, omdat de Regioscan deze informatie als invoer gebruikt en alleen bepaalt welk deel van de beregeningsgift binnen het groeiseizoen plaats heeft. In (Regioscan-)LHM is alleen beregening geschematiseerd aan de oostrand van het gebied, in (Regioscan-)AZURE wordt meer verspreid door het gebied beregend (Figuur 6.20).

FIGUUR 6.19 TOTALE BEREGENINGSGIFT (MM) GEDURENDE HET GROEISEIZOEN VAN JAAR 2003 VOOR REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



FIGUUR 6.20

BEREGENINGSLOCATIES VOOR REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



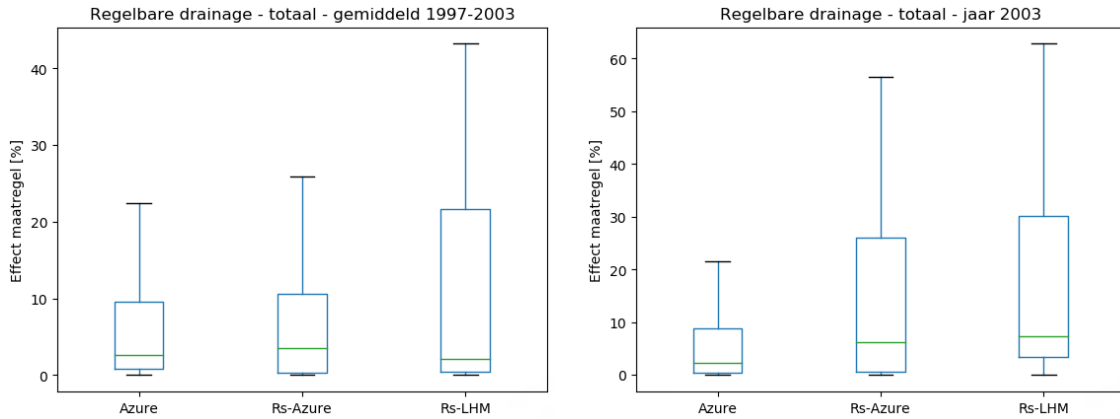
6.3.4.2 MAATREGEL REGELBARE DRAINAGE

Als uitkomstmaat is gekeken naar het door de maatregel vermeden verdampingstekort, uitgedrukt als percentage ten opzichte van het oorspronkelijke verdampingstekort. Het verdampingstekort wordt hierbij voor AZURE berekend als potentiële transpiratie minus actuele transpiratie gedurende het groeiseizoen (1 april – 1 oktober). In de Regioscan (Agricom) wordt per gewas een specifiek groeiseizoen gehanteerd. Voor de vergelijkbaarheid tussen AZURE en Regioscan is daarom gekozen voor een relatieve uitkomstmaat.

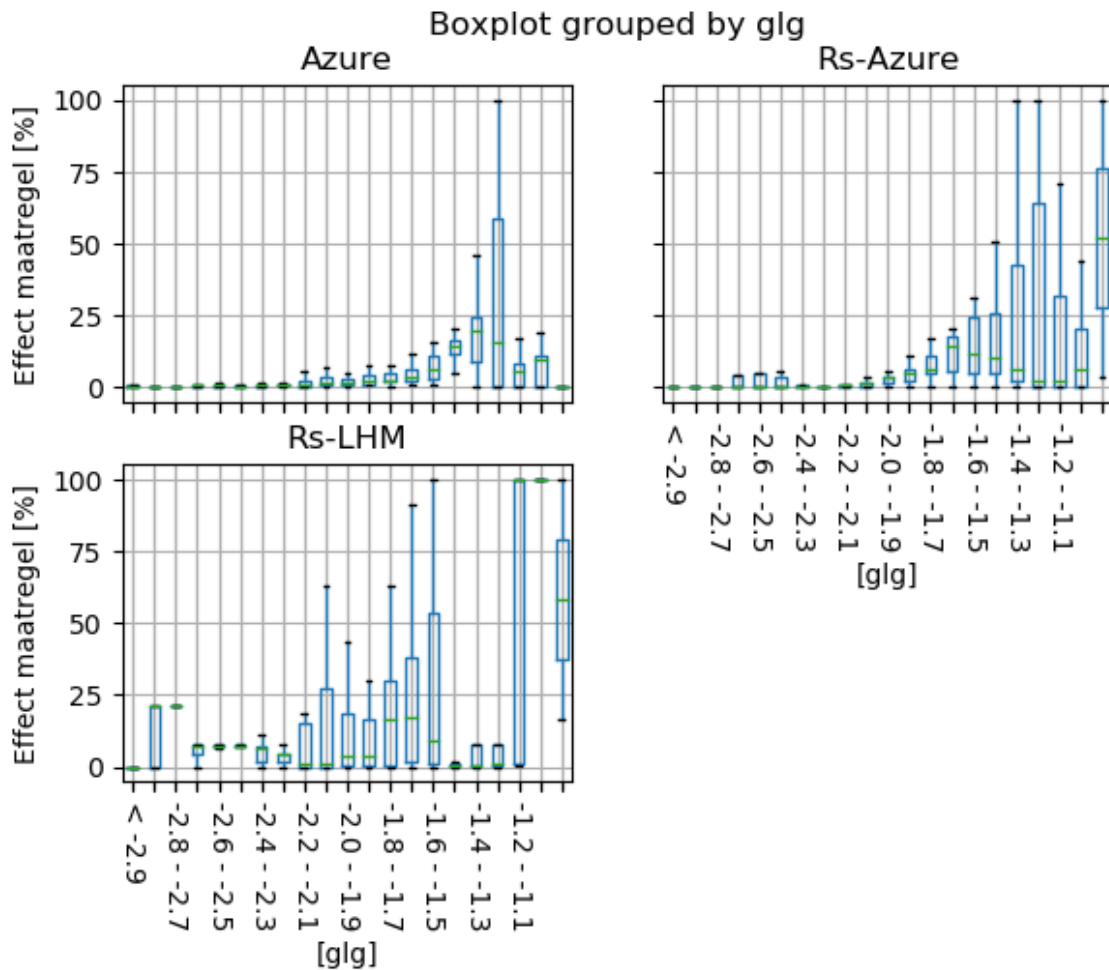
Figuur 6.21 geeft de resultaten van het percentage vermeden verdampingstekort voor de gehele rekenperiode (1997 – 2003) en voor alleen het droge jaar 2003. De resultaten worden weergegeven als boxplots om de spreiding van de resultaten goed zichtbaar te maken. Voor de gehele periode zijn AZURE en Regioscan-AZURE goed vergelijkbaar. De mediane vermindering van het verdampingstekort is voor AZURE (2.6 %) iets lager dan Regioscan-AZURE (3.5 %), de 25 – 75 percentiel spreiding komen goed overeen. De spreiding van de resultaten is groter voor Regioscan-LHM. Dit is te verklaren door de grovere resolutie, waardoor specifieke omstan-

digheden (combinatie GLG, gewas, bodem) harder doortellen in het resultaat. De mediane waarde van Regioscan-LHM (2.1 %) komt dan weer goed overeen met AZURE. Voor het specifieke jaar 2003 is de spreiding van zowel Regioscan-AZURE als Regioscan-LHM groter dan over de gehele periode en flink groter dan AZURE. De rekenregels in de Regioscan zijn dan ook bedoeld om voor een langere periode, met zowel natte als droge jaren, te worden toegepast en niet specifiek voor extreem droge jaren.

FIGUUR 6.21 RESULTATEN PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL REGELBARE DRAINAGE VOOR PERIODE 1997 – 2003 (LINKS) EN HET JAAR 2003 (RECHTS), BEREKEND MET AZURE, REGIOSCAN-AZURE EN REGIOSCAN-LHM



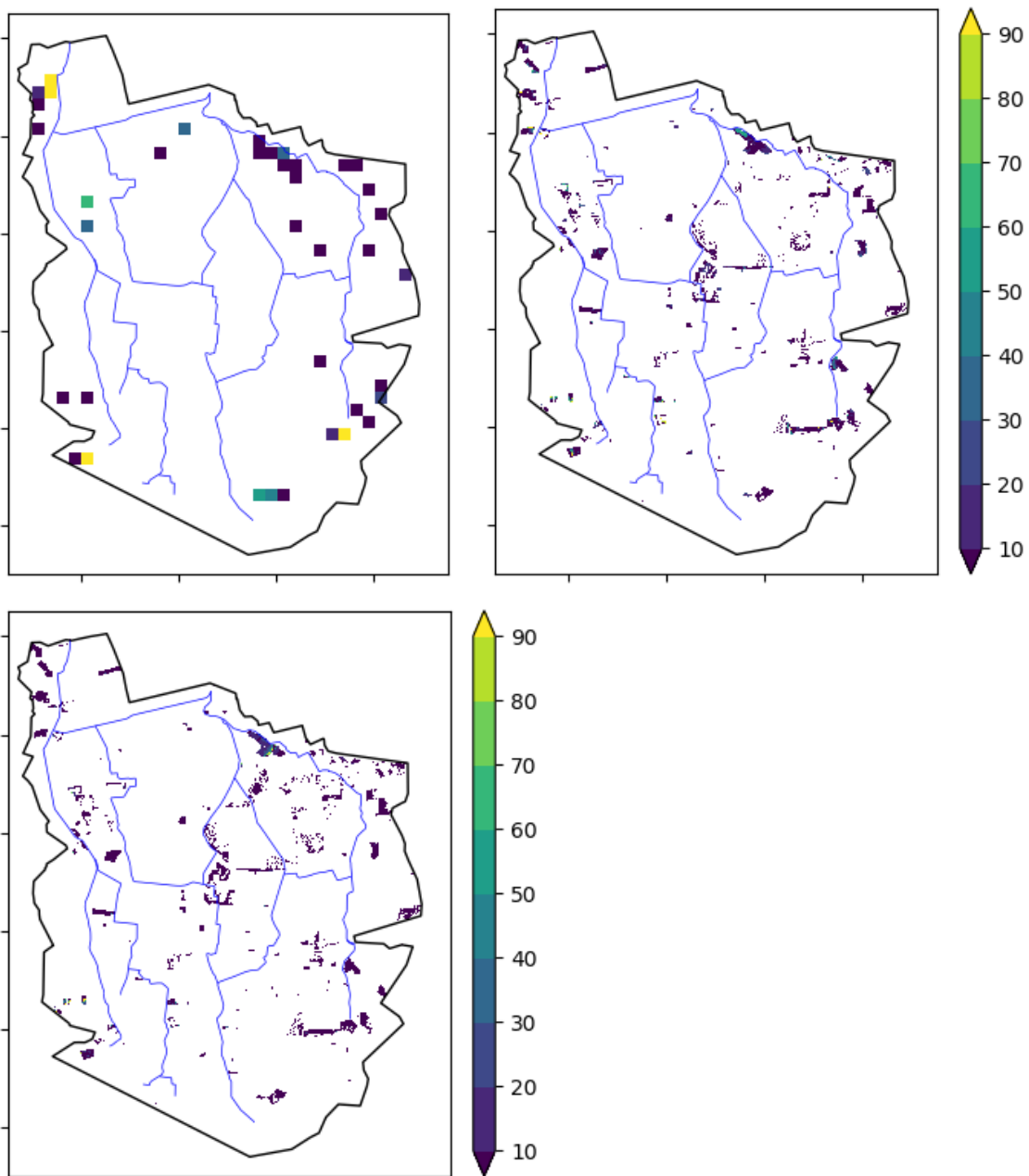
FIGUUR 6.22 RESULTATEN PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL REGELBARE DRAINAGE VOOR PERIODE 1997 – 2003, BEREKEND MET AZURE, REGIOSCAN-AZURE EN REGIOSCAN-LHM EN GEGROEPEERD NAAR GLG-KLASSE (OPLOPEND VAN DIEP TOT DICHT AAN MAAIVELD)



Het door de maatregel Regelbare drainage vermeden verdampingstekort hangt het meest samen met de GLG. Figuur 6.22 geeft per GLG klasse (oplopend van zeer diep tot dicht aan maaiveld) boxplots van de effectiviteit van de maatregel Regelbare drainage. Voor AZURE en Regioscan-AZURE is een duidelijk patroon zichtbaar, met een optimum in de effectiviteit. Voor AZURE ligt dit optimum rond de 150 cm onder maaiveld, voor Regioscan ligt dit optimum dieper, op 170 cm onder maaiveld. Het patroon is minder duidelijk voor Regioscan-LHM. Dit komt doordat de Regioscan-LHM resultaten zijn gekoppeld aan de met AZURE berekende GLG, waardoor verschillen tussen berekende GLG's het patroon verstoren.

De grotere spreiding voor Regioscan-LHM als gevolg van het resolutieverschil is duidelijk zichtbaar in Figuur 6.23. Voor Regioscan-AZURE en AZURE is her en der een 25 m pixel zichtbaar met een groter effect. Voor Regioscan-LHM gelden combinaties van bodem, GLG en gewas voor een 250 m pixel en zijn grotere effecten zichtbaar in Figuur 6.23.

FIGUUR 6.23 RUIMTELIJK BEELD PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL REGELBARE DRAINAGE VOOR PERIODE 1997 – 2003, BEREKEND MET REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



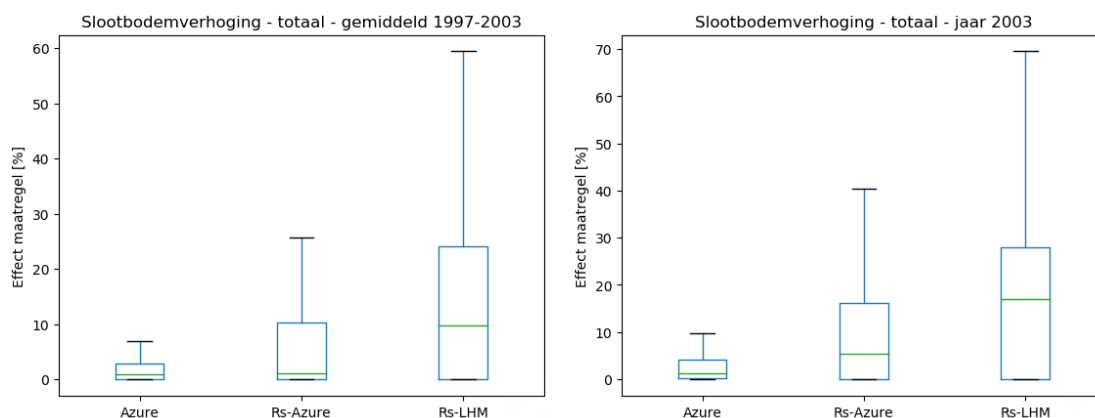
6.3.4.3 MAATREGEL SLOOTBODEMVERHOOGING

Als uitkomstmaat is weer gekeken naar het door de maatregel vermeden verdampingstekort, uitgedrukt als percentage ten opzichte van het oorspronkelijke verdampingstekort. Voor de maatregel Slootbodemverhoging is de Gemiddelde Voorjaars Grondwaterstand een belangrijke bepalende parameter. De maatregel beoogt deze gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand te verhogen, om zo meer water als buffer op het perceel beschikbaar te hebben.

=

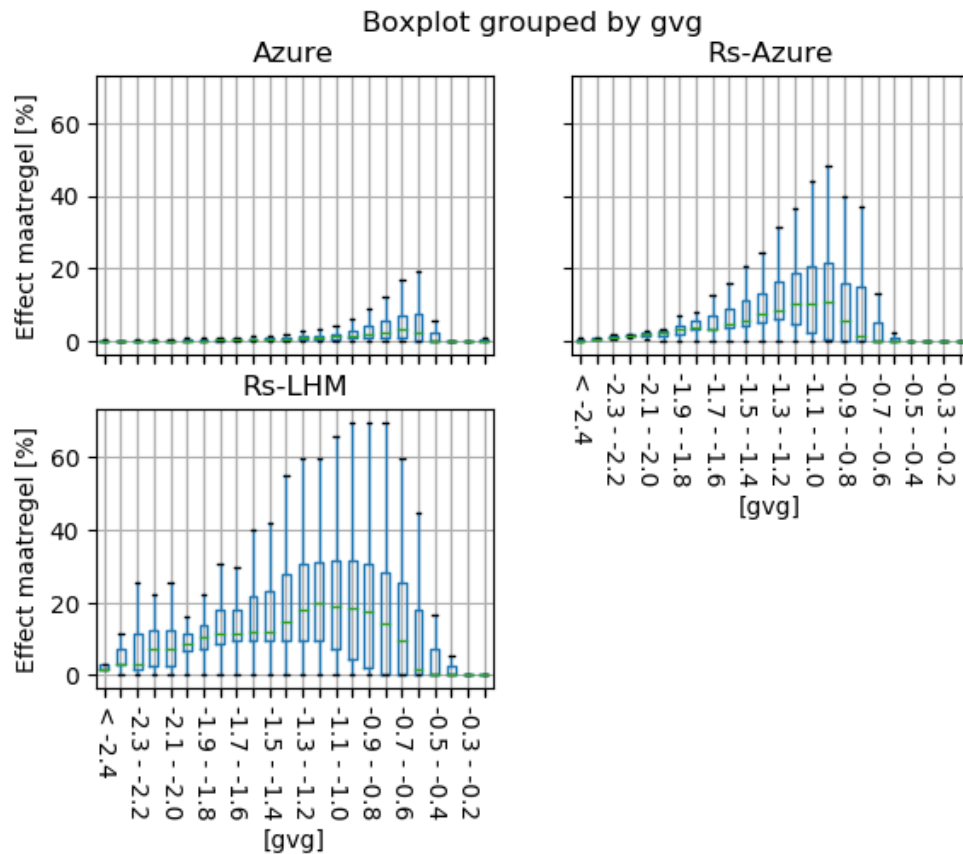
Figuur 6.24 geeft de resultaten van het percentage vermeden verdampingstekort voor de gehele rekenperiode (1997 – 2003) en voor alleen het droge jaar 2003. Voor de gehele periode zijn AZURE en Regioscan-AZURE goed vergelijkbaar. De mediane vermindering van het verdampingstekort is voor AZURE (0.9 %) nagenoeg gelijk aan Regioscan-AZURE (1.0 %), de 25 – 75 percentiel spreiding is groter voor Regioscan-AZURE. Zowel de mediane waarde (9.8 %) als de spreiding van de resultaten is groter voor Regioscan-LHM. De grotere spreiding is te verklaren door de grovere resolutie, waardoor specifieke omstandigheden (combinatie GVG, gewas, bodem) harder doortellen in het resultaat. De grovere resolutie lijkt ook de hoger berekende effectiviteit te verklaren. De GVG is per 250 m cel een gemiddelde waarde, die zich vaker in het bereik bevindt waar de maatregel-effect relatie grotere effecten inschat. Voor het specifieke jaar 2003 is de spreiding van zowel Regioscan-AZURE als Regioscan-LHM groter dan over de gehele periode en flink groter dan AZURE.

FIGUUR 6.24 RESULTATEN PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL SLOOTBODEMVERHOOGING VOOR PERIODE 1997 – 2003 (LINKS) EN HET JAAR 2003 (RECHTS), BEREKEND MET AZURE, REGIOSCAN-AZURE EN REGIOSCAN-LHM



FIGUUR 6.25

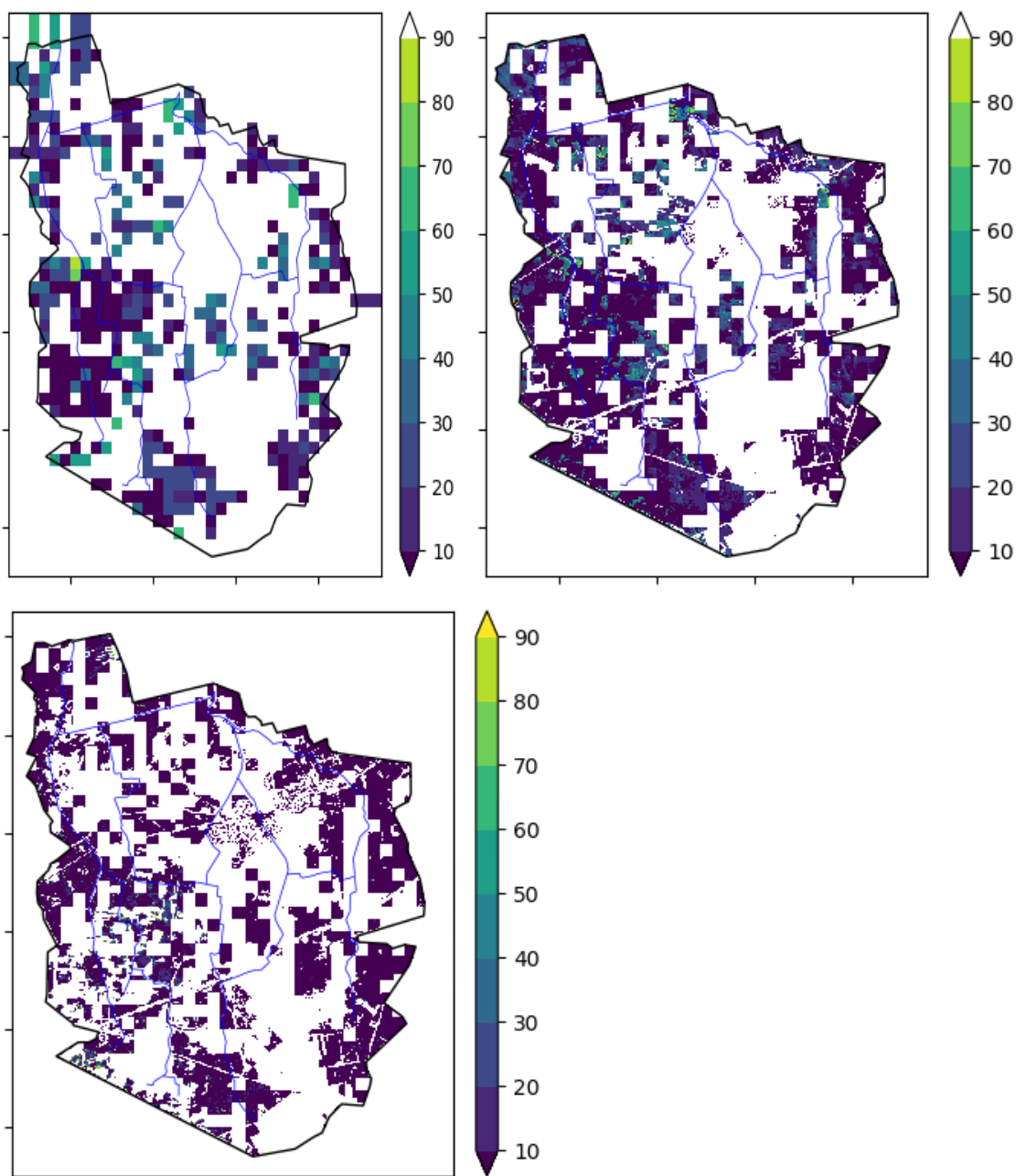
RESULTATEN PERCENTAGE VERMEDEEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL SLOOTBODEMVERHOOGING VOOR PERIODE 1997 – 2003, BEREKEND MET AZURE, REGIOSCAN-AZURE EN REGIOSCAN-LHM EN GEGROEPEERD NAAR GVG-KLASSE (OPLOPEND VAN DIEP TOT DICHT AAN MAAIVELD)



Het door de maatregel slootbodemverhoging vermeden verdampingstekort hangt het meest samen met de GVG. Figuur 6.25 geeft per GVG klasse (oplopend van zeer diep tot dicht aan maaiveld) boxplots van de effectiviteit van de maatregel Slootbodemverhoging. In alle boxplots is is een duidelijk patroon zichtbaar, met een optimum in de effectiviteit. Voor AZURE ligt dit optimum rond de 70 cm onder maaiveld, voor Regioscan ligt dit optimum dieper, op 1 m onder maaiveld. Het patroon is meer uitgespreid voor Regioscan-LHM. Dit komt doordat de Regioscan-LHM resultaten zijn gekoppeld aan de met AZURE berekende GVG, waardoor verschillen tussen berekende GVG's het patroon verstoren.

De grotere spreiding voor Regioscan-LHM als gevolg van het resolutieverschil is duidelijk zichtbaar in Figuur 6.26. Voor Regioscan-AZURE en AZURE is her en der een 25m pixel zichtbaar met een groter effect. Voor Regioscan-LHM gelden combinaties van bodem, GVG en gewas voor een 250 m pixel en zijn grotere effecten zichtbaar in Figuur 6.26. Er is voor de AZURE resultaten niet een duidelijke relatie zichtbaar met de ligging van het oppervlaktewater, zoals deze wel naar voren komt voor de maatregel Perceelstuwen (Figuur 6.29).

FIGUUR 6.26 RUIMTELIJK BEELD PERCENTAGE VERMEDEEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL SLOOTBODEMVERHOOGING VOOR PERIODE 1997 – 2003, BEREKEND MET REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



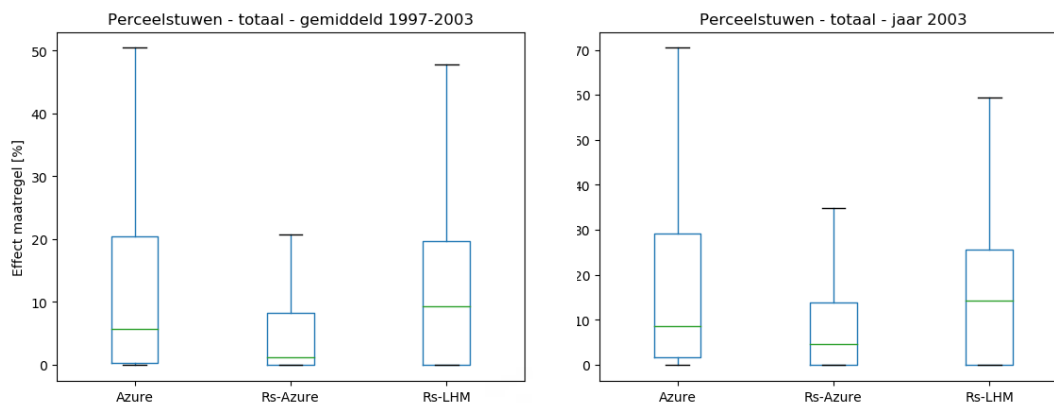
6.3.4.4 MAATREGEL PERCEELSTUWEN

Als uitkomstmaat is weer gekeken naar het door de maatregel vermeden verdampingstekort, uitgedrukt als percentage ten opzichte van het oorspronkelijke verdampingstekort. Voor de maatregel Perceelstuwen is de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand een belangrijke bepalende parameter. De maatregel beoogt deze gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand te verhogen, om zo meer water als buffer op het perceel beschikbaar te hebben.

Figuur 6.27 geeft de resultaten van het percentage vermeden verdampingstekort voor de gehele rekenperiode (1997 – 2003) en voor alleen het droge jaar 2003. Anders dan voor de maatregelen Regelbare drainage en Slootboderverhoging zijn AZURE en Regioscan-LHM het meest vergelijkbaar. De spreiding komt nagenoeg overeen en de mediane vermindering van het verdampingstekort ligt voor Regioscan-LHM wat hoger (9.3%) dan voor AZURE (5.6%). Het berekende effect is voor Regioscan-AZURE kleiner, met een mediane waarde van 1.2%.

De lager berekende effectiviteit en kleinere spreiding hangt samen met de fijnere resolutie. De GVG is per 250 m cel een gemiddelde waarde, die zich vaker in het bereik bevindt waar de maatregel-effect relatie grotere effecten inschat. Op 25 m-resolutie bevindt de GVG zich vaker buiten het bereik waar de maatregel het meeste effect heeft. Voor het specifieke jaar 2003 is de spreiding van zowel Regioscan-AZURE als Regioscan-LHM groter dan over de gehele periode en flink groter dan AZURE.

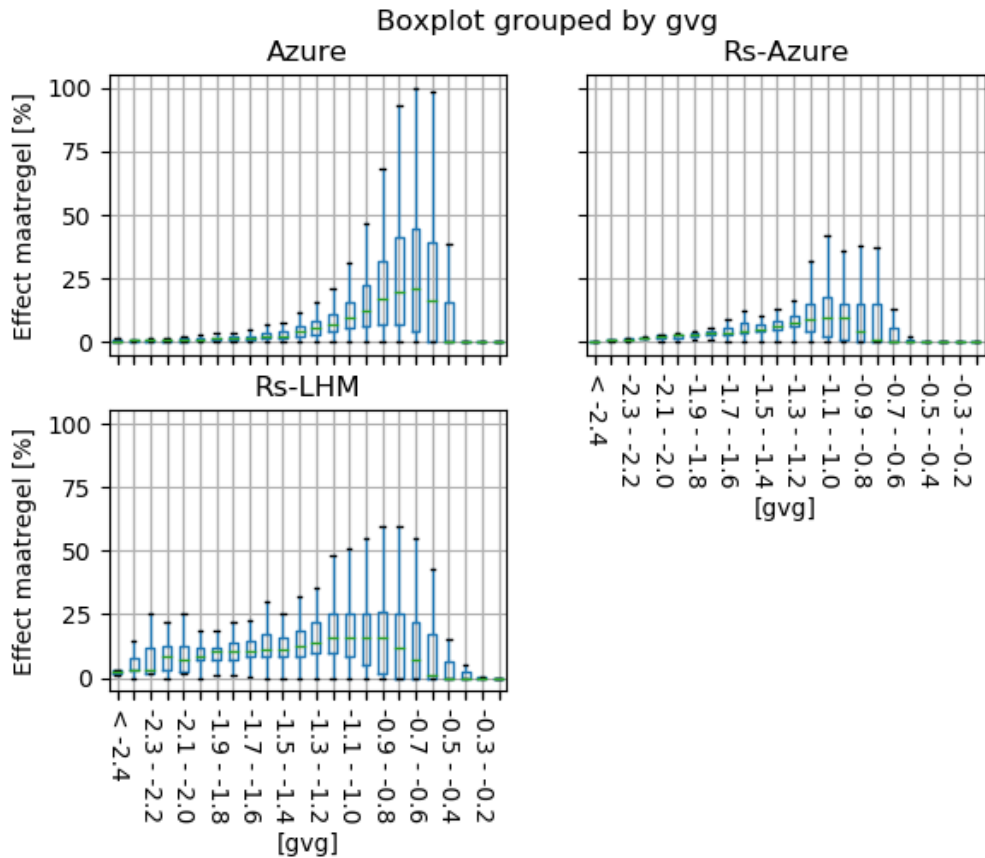
FIGUUR 6.27 RESULTATEN PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL PERCEELSTUWEN VOOR PERIODE 1997 – 2003 (LINKS) EN HET JAAR 2003 (RECHTS), BEREKEND MET AZURE, REGIOSCAN-AZURE EN REGIOSCAN-LHM



Het door de maatregel Perceelstuwen vermeden verdampingstekort hangt het meest samen met de GVG. Figuur 6.28 geeft per GVG klasse (oplopend van zeer diep tot dicht aan maaiveld) boxplots van de effectiviteit van de maatregel Perceelstuwen. Voor AZURE en Regioscan-AZURE is een duidelijk patroon zichtbaar, met een optimum in de effectiviteit. Voor AZURE ligt dit optimum rond de 70 cm onder maaiveld, voor Regioscan-AZURE ligt dit optimum dieper, op 1 m onder maaiveld. Het patroon is meer uitgespreid voor Regioscan-LHM. Dit komt doordat de Regioscan-LHM resultaten zijn gekoppeld aan de met AZURE berekende GVG, waardoor verschillen tussen berekende GVG's het patroon verstoren.

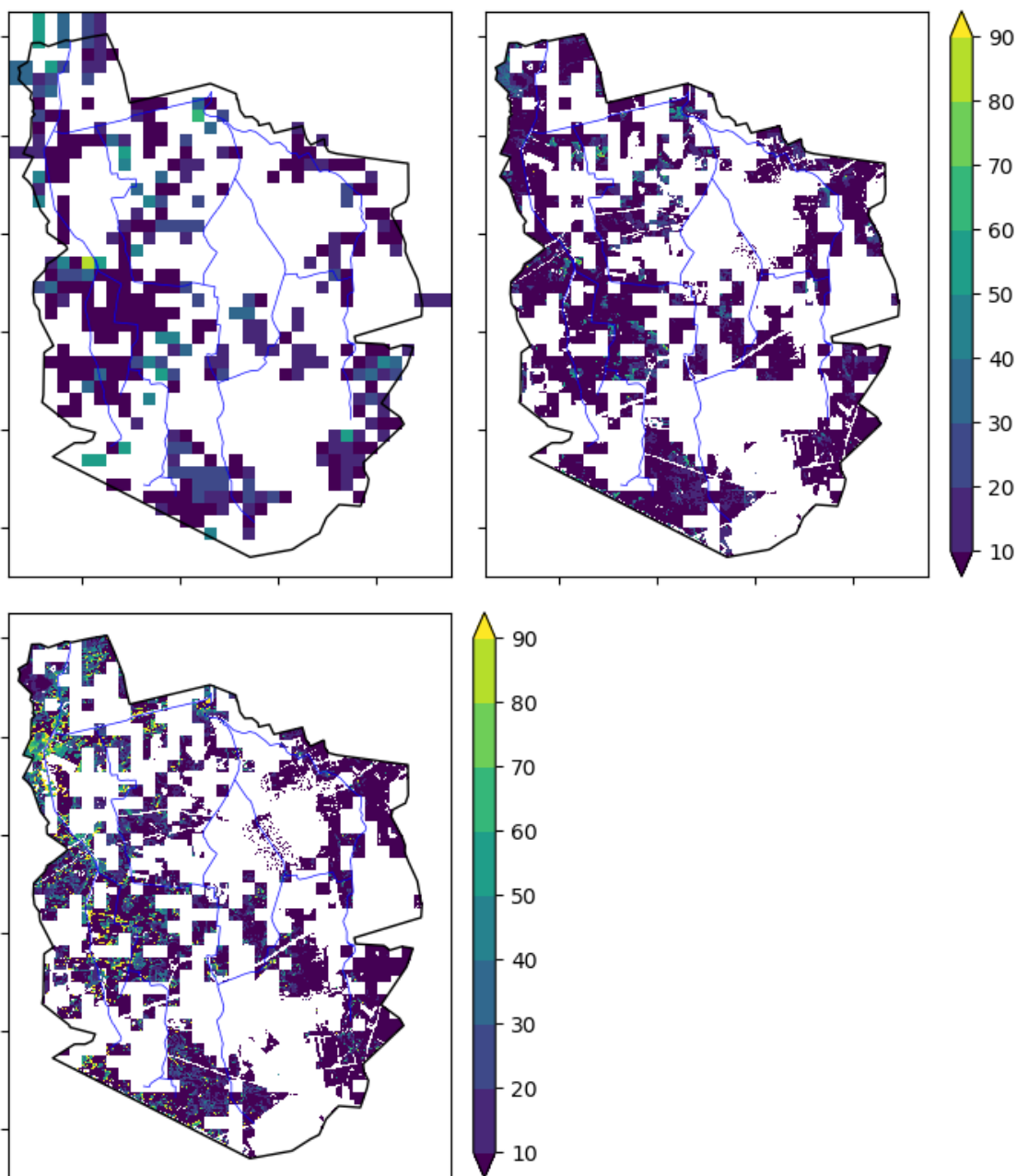
FIGUUR 6.28

RESULTATEN PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL PERCEELSTUWEN VOOR PERIODE 1997 – 2003, BEREKEND MET AZURE, REGIOSCAN-AZURE EN REGIOSCAN-LHM EN GEGROEPEERD NAAR GVG-KLASSE (OPLOPEND VAN DIEP TOT DICHT AAN MAAIVELD)



De grotere spreiding voor Regioscan-LHM als gevolg van het resolutieverschil is duidelijk zichtbaar in Figuur 6.26. Voor Regioscan-AZURE en AZURE is her en der een 25 m pixel zichtbaar met een groter effect. Voor Regioscan-LHM gelden combinaties van bodem, GVG en gewas voor een 250 m pixel en zijn grotere effecten zichtbaar in Figuur 6.26. In de AZURE resultaten is de ligging van het oppervlaktewater duidelijk zichtbaar; effecten van de maatregel zijn hier het grootst. Dit komt doordat grondwaterstanden naast het oppervlaktewater zich sterker laten sturen door een maatregel in de sloot dan dieper het perceel in. Deze koppeling is minder zichtbaar in de Regioscan-AZURE resultaten. De maatregel-effect relatie in de Regioscan heeft geen directe link met de ligging van het oppervlaktewater, op het schaalniveau van de Regioscan is aangenomen dat de nabijheid van het oppervlaktewater 'uitmiddelt'. Gegeven het kleinere berekende effect voor Regioscan-AZURE lijkt die aanname op 25 m schaal niet geldig.

FIGUUR 6.29 RUIMTELIJK BEELD PERCENTAGE VERMEDEN VERDAMPINGSTEKORT DOOR MAATREGEL PERCEELSTUWEN VOOR PERIODE 1997 – 2003, BEREKEND MET REGIOSCAN-LHM (LINKSBOVEN), REGIOSCAN-AZURE (RECHTSBOVEN) EN AZURE (LINKSONDER)



6.3.5 DISCUSSIE EN CONCLUSIES

Voor drie maatregelen (Regelbare drainage, Sloopbodempverhoging, Perceelstuwen) is het berekende maatregel-effect van de Regioscan Zoetwatermaatregelen vergeleken met dezelfde maatregelen geïmplementeerd in het regionaal hydrologisch model AZURE, voor het plangebied Twello. Deze maatregelen zijn gekozen omdat ze goed vergelijkbaar te implementeren zijn in het hydrologisch model. Als uitkomstmaat is gekozen voor de relatieve vermindering van de verdampingsreductie. De verdampingsreductie wordt door zowel de Regioscan als AZURE berekend en is de belangrijkste input voor de (alleen binnen de Regioscan) berekende opbrengstderiving. We kijken naar de relatieve vermindering omdat er tussen AZURE en Regioscan (Agricom) verschillen kunnen optreden door de aangenomen gewasspecifieke lengte van het groeiseizoen. Deze keuze betekent wel dat soms in absolute zin kleine

verschillen relatief gezien groot kunnen zijn. Bijlage B geeft voor de vergelijking ook de absolute statistieken.

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. Dit geldt zowel relatief, als ook (bijlage B, niet verder gerapporteerd) in absolute zin. 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 (bijlage A), het gemiddelde absolute effect is voor Regioscan-LHM voor alle maatregelen wat hoger dan Regioscan-AZURE en AZURE.

Het effect van de maatregel op de verdampingsreductie is voor alle drie de maatregelen het sterkst gekoppeld aan de grondwaterstand, de GLG voor Regelbare drainage, GVG voor Slootboderverhoging en Perceelstuwen. De relatie tussen het berekende maatregeleffect en de grondwaterstandskarakteristiek blijkt voor de drie maatregelen redelijk vergelijkbaar. Dit geeft hoop dat de berekende ruimtelijke patronen in het maatregeleffect binnen een gebied in de Regioscan voldoende worden gerepresenteerd. Dit komt slechts beperkt tot uitdrukking in kaarten van het maatregeleffect. Zeker voor de met de ligging van sloten samenhangende maatregelen geeft AZURE veel detail over de ligging van sloten, dat niet in de Regioscan wordt gerepresenteerd. De slootmaatregelen in de Regioscan Zoetwatermaatregelen (Slootboderverhoging en Perceelstuwen) lijken met name toepasbaar voor een 250 m resolutie.

7

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

7.1 CONCLUSIES

In dit project is een versie 2 gerealiseerd van de Regioscan Zoetwatermaatregelen. In deze versie zijn ten opzichte van Regioscan versie 1 (Delsman et al., 2018) de volgende verbeteringen doorgevoerd:

- Uitbreiding met maatregelen Perceelstuwen, Slootboderverhoging en Bodemverbeteringsmaatregelen, uitgesplitst naar toevoegen organische stof en verdichting opheffen.
- Uitbreiding maatregel-effectrelaties zodat ze toepasbaar zijn in heel Nederland.
- Natschade wordt ook meegenomen in de berekening van maatregel-effecten.
- Beschikbaarheid van landsdekkende schematisering en hydrologische invoer, voor landsdekkende analyses en snelle operationalisering voor specifieke gebieden.
- Mogelijkheid voor gebruiken regionaal hydrologisch (iMODFLOW-METASWAP) model als hydrologische uitgangssituatie in de Regioscan.
- Verschillende kleine verbeteringen.

Daarnaast is een interactieve gebruikersinterface ontwikkeld, waarmee resultaten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen verkend kunnen worden. Met deze interface kan worden gevarieerd in te analyseren maatregelen, afwegingscriterium en implementatiegraad. Ook zijn basisgegevens en tussenresultaten op te roepen.

In twee cases is verdere ervaring opgedaan met inzet van versie 2 van de Regioscan Zoetwatermaatregelen ter ondersteuning van gebiedsprocessen. In case Chaamse beken is een analyse gemaakt van de resultaten van de Regioscan om voor agrariër en waterschap interessante maatregelen in het gebied te verkennen. In case Twello is het planproces ondersteund met een kwantitatieve analyse van de maatregel Perceelstuwen. Verder is een Regioscan geoperationaliseerd op basis van het regionale hydrologisch model AZURE en is een vergelijking gemaakt met maatregel-effecten berekend met AZURE.

De ervaringen van deze twee cases en de cases uit fase 1 (Anna Paulowna- en Oostpolder en stroomgebied de Raam) zijn verwerkt in een handleiding voor de inzet van de Regioscan Zoetwatermaatregelen in gebiedsprocessen. Deze handleiding verschijnt als apart document (Te Winkel et al., 2020).

Uit een gevoeligheidsanalyse blijken de resultaten van de Regioscan Zoetwatermaatregelen robuust voor de aangebrachte variatie in invoerparameters. Dit geldt voor zowel de rendabiliteit van maatregelen (wegen de kosten op tegen de baten) als de rangorde van de maatregelen onderling. Uit een kwantitatieve vergelijking van resultaten van de Regioscan met het regionaal hydrologisch model AZURE blijkt dat de beschouwde maatregel-effectrelaties in de Regioscan goed presteren om een inschatting te maken van het hydrologisch effect van maatregelen over een groter gebied en gemiddeld over een langere periode. De met de Regioscan berekende maatregel-effecten kennen evenwel een grotere spreiding dan de AZURE-berekeningen en moeten niet voor individuele modelcellen of jaren worden geïnterpreteerd.

7.2 AANBEVELINGEN

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is een interessante tool om de kansrijkheid van agrarische zoetwatermaatregelen qua effecten, kosten en baten in een gebied te verkennen.

Aanbevolen wordt om het gebruik van de Regioscan Zoetwatermaatregelen te stimuleren door:

- het geven van cursussen over het gebruik van de Regioscan Zoetwatermaatregelen,
- per waterschap een versie van de Regioscan Zoetwatermaatregelen beschikbaar maken.

Aanbevolen wordt verder om de Regioscan Zoetwatermaatregelen verder te verbeteren door: Een gebruiker meer interactiemogelijkheden te geven op de uitgangssituatie. De hydrologische invoer uit hydrologische modellen strookt niet altijd met de werkelijke situatie, bijvoorbeeld welke percelen worden beregend en welke niet.

De 'slootmaatregelen' Slootboderverhoging en Perceelstuwen lijken afhankelijk van de gehanteerde resolutie en zijn gemaakt voor 250 m resolutie. Op fijnere resolutie moet de maatregel-effectrelatie van deze maatregelen nader worden onderzocht.

De beschikbaarheid van water een grotere rol te geven in analyses met de Regioscan. Het betreft dan bijvoorbeeld het analyseren van de kosten en baten van maatregelen wanneer er vaker beregeningsverboden worden afgekondigd. Ook is er bijvoorbeeld door verzilting niet altijd zoet water beschikbaar voor maatregelen die extra water infiltreren (bijvoorbeeld Kreekruginfiltratie of Freshmaker). Tenslotte kan de hoeveelheid te infiltreren water gelimiteerd zijn, bijvoorbeeld door een beperkt geschikt opvangoppervlakte.

De Regioscan meer geschikt te maken voor analyses specifiek voor veengebieden. Belangrijk hierbij zijn maatregelen als onderwaterdrainage en vernatting, waarbij natschade en een toename van de watervraag een grote rol spelen. In een pilot in een veengebied kan dit nader worden ingevuld.

De rekenwijze van gewasschade volledig te baseren op de Waterwijzer Landbouw. Doordat de Waterwijzer Landbouw in de ontwikkelfase van de Regioscan Zoetwatermaatregelen nog niet volledig operationeel was is de berekening van gewasschade in de Regioscan gebaseerd op Agricom en op van jaar tot jaar variërende gewasschade. Door de berekening van de gewasschade volledig te baseren op de Waterwijzer Landbouw kan beter onderscheid worden gemaakt in droogte, nat-, zoutschade en directe en indirecte schade.

REFERENTIES

- Akker, J. J. H. van den, Vries, F. de, Vermeulen, G. ., Broeke, M. J. D. H., & Schouten, T. (2013). *Risico op ondergrondverdichting in het landelijk gebied in kaart*. Alterra rapport 2409.
- Van Bakel, P. J. T., de Louw, P. G. B., Stuyt, L. C. P. M., Tolk, L., Velstra, J., & Hoogvliet, M. C. (2014). *Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten - Fresh Water Options Optimizer* (KvK rapport 141/2014). *KvK rapport 141/2014 / Stowa rapport 2014-43*. Utrecht: Kennis voor Klimaat.
- van Balen, D., Bernaerts, S., & van Iperen, C. (2008, February). *Bouwvoorverbetering door middel van diep grondbewerking*. *Bio Kennis Bericht, februari*.
- van Beek, E., Haasnoot, M., Meijer, K., Delsman, J. R., Snepvangers, J. J. C., Baarse, G., et al. (2008). *Verkenning kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade als gevolg van de G+ en W+ klimaatscenario's*. *Deltares rapport T2498*. Delft.
- van den Berg, F., Tiktak, A., Hoogland, T., & Poot, A. (2017). *An improved soil organic matter map for GeoPEARL_NL*, (October). <https://doi.org/10.18174/424920>
- Biesheuvel, A., Broekhoven, F. J. G. van, & Smidt, J. D. (2020). *Klimaatrobuste Bovenlopen Beekstelsysteem Hoge Zandgronden*. *Witteveen+Bos rapport 114394*.
- Boerderij. (2015). Interview Wim Rampen. *Boerderij*.
- Bokeh development team. (2019). Bokeh: Python library for interactive visualization. Retrieved from <https://bokeh.org>
- Bolt, F. van der., Cornelis, W., Pue, J. de, Hendriks, R., Akker, J. van den, Massop, H., et al. (2016). *Bodemverdichting in Vlaanderen: Gevolgen van bodemverdichting op het watertransport door een bodem*. *Alterra rapport 2725*. Wageningen.
- Burger, S., Waterloo, M., Hu-a-ng, K. R. M., & Oord, A. (2016). *Eigen watervoorziening: Zoetwaterbeschikbaarheid. Spaarwater deelrapport 2013-2015*.
- Delsman, J. R., Boekel, E. Van, Reinhard, S., te Winkel, T., Loon, A. Van, Bartholomeus, R. P., et al. (2018). *Regioscan Zoetwatermaatregelen - Verkennen van het perspectief van kleinschalige zoetwatermaatregelen voor de regionale zoetwateropgave*. *STOWA rapport 2018-13*.
- Delsman, J. R., Horváth, K., Kelder, T. op den, Buijs, S., Deijl, E. van der, Jong, J. de, & Visser, M. (2019). *Een verkenning van de effecten van kansrijke maatregelen op waterverdeling, scheepvaart en landbouw Deelrapport DPZW 2019 - Discussieversie zoetwaterregio's*. *Deltares rapport 11203734-005*. Utrecht.
- Delsman, J. R., Winkel, T. te, Loon, A. van, Bartholomeus, R., Wit, J. de, Massop, H., et al. (2020). *Regioscan Zoetwatermaatregelen fase 2 - Hoofdrapport*. *Deltares rapport 11202619*. Utrecht.
- Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer. (2014). *Deltaprogramma Agrarisch Waterbeheer : Stuwtejes en andere maatregelen om water langer vast te houden in waterlopen*.
- Groenendijk, P., Schipper, P., Hendriks, R., Akker, J. van den, & Heinen, M. (2017). *Effecten van verbetering bodemkwaliteit op waterhuishouding en waterkwaliteit. Deelstudie Goede Grond voor een duurzaam watersysteem*. *WEnR rapport 2811*. Wageningen.

- Hunink, J. C., Delsman, J. R., Prinsen, G. F., & Bos-Burgering, L. (2018). *Vertaling van Deltascenario's 2017 naar modelinvoer voor het Nationaal Water Model*. Deltares rapport 11202240-009.
- Jeuken, A., Tolk, L., Stuyt, L., Delsman, J. R., Louw, P. de, Baaren, E. van, & Paalman, M. (2015). *Zelfvoorzienend in zoetwater: zoek de mogelijkheden* (STOWA rapport 2015-30). STOWA rapport 2015-30. Amersfoort: STOWA.
- Massop, H. T. L., Kwakernaak, C., & Van Bakel, P. J. T. (2012). *Fysieke onderlegger voor het Deltaprogramma Kansen voor waterconservering in regionale stroomgebieden*. Alterra rapport 2287. Wageningen.
- Mens, M., Hunink, J. C., Delsman, J. R., Pouwels, J., & Schasfoort, F. (2019). *Geactualiseerde knelpuntenanalyse voor het Deltaprogramma Zoetwater fase II*. Deltares rapport 11203734-003. Delft.
- Minasny, B., & McBratney, A. B. (2018). Limited effect of organic matter on soil available water capacity. *European Journal of Soil Science*, 69(1), 39–47. <https://doi.org/10.1111/ejss.12475>
- Mulder, H. M., & Veldhuizen, A. A. (2017). *Agricom 2.07 - Theorie en gebruikershandleiding*. Alterra-rapport 2576e.
- Reinhard, S. (2019). *Concept advies voor gebruik kosten berekening in Agricom*. Den Haag.
- Rijk, P., Jager, J., & Van Duijvendijk, K. (2017). *Veilig stijgen en landen op Schiphol; actualisatie vergoedingsregeling graanteelt om ganzen te weren*. WEcR rapport 2017-006. Wageningen.
- Stowa. (2019). *Deltafact Belang van bodemorganische stof voor het waterbeheer*. Retrieved June 1, 2020, from <https://www.stowa.nl/deltafacts/zoetwatervoorziening/droogte/belang-van-bodemorganische-stof-voor-het-waterbeheer>
- Wageningen Livestock Research. (2018). *Kwantitatieve informatie Veehouderij (KWIN) 2018-2019. Handboek 36*. Wageningen.
- Werkgroep Waterwijzer Landbouw. (2018). *Waterwijzer Landbouw: Instrumentarium voor kwantificeren van effecten van waterbeheer en klimaat op landbouwproductie*. STOWA rapport 2018-48.
- Wösten, H., De Vries, F., Denneboom, J., & Van Holst, A. F. (1988). *Generalisatie en bodemfysische vertaling van de bodemkaart van Nederland, 1:250000, ten behoeve van de PAWN-studie*. STIBOKA rapport 2055.
- Wösten, H., De Vries, F., Hoogland, T., Massop, H. T. L., Veldhuizen, A. A., Vroon, H., et al. (2013). *BOFEK2012, de nieuwe, bodemfysische schematisatie van Nederland*. Alterra rapport 2387. Wageningen.
- Zwart, K. B., Akker, J. J. H. van den, Bussink, D. W., Haas, M. J. O. M. de, Weide, R. Y. van der, Paauw, J. G. M., et al. (2011). *Waterkwaliteit bij de wortel aangepakt*. Alterra rapport 2177.

BIJLAGE A

MEMO PEILOPZET TWELLO

A1 INLEIDING

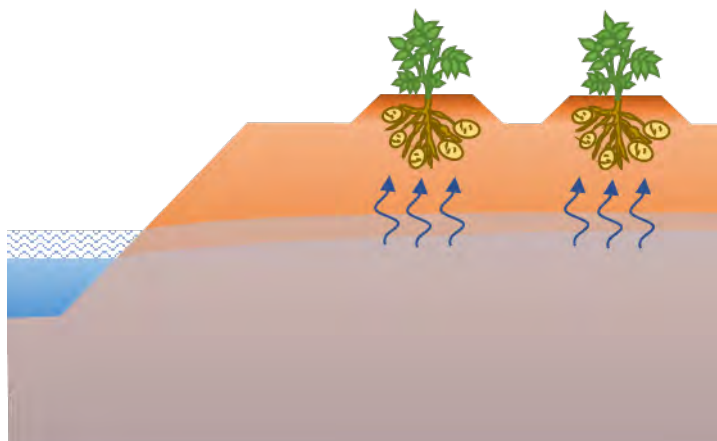
Het project Optimalisatie Watersysteem Twello (OWT) is gericht op het beter stuurbaar maken van het oppervlaktewatersysteem in het plangebied Twello. Aan dit project is een pilot gekoppeld van de Regioscan Zoetwatermaatregelen – fase 2. Binnen OWT worden voornamelijk maatregelen beschouwd die door het waterschap worden uitgevoerd, terwijl de Regioscan zich richt op zoetwatermaatregelen die door agrariërs op hun bedrijf/percelen worden geïmplementeerd.

De Regioscan-maatregel ‘Perceelstuwen’ komt neer op het verhogen van het slootpeil langs een landbouwperceel, waardoor er meer water in het perceel kan worden vastgehouden. Dit water komt later in het jaar ten gunste van het gewas. De maximale hoogte waarmee het peil kan worden opgezet, de ‘maatregelruimte’, is in de Regioscan landsdekkend bepaald, als het verschil tussen de gebiedsgemiddelde drooglegging en het peil waarbij het gewas natschade ondervindt.

De maatregel Perceelstuwen in de Regioscan geeft informatie over effecten op landbouwopbrengsten van een wat hoger peil langs waterlopen. De door de Regioscan berekende effecten voor deze maatregel zijn daarmee relevant voor OWT. In OWT worden stuwen in het gebied aangepakt, waarmee het mogelijk wordt water langer vast te houden en flexibeler met het peil kan worden omgegaan. Figuur A.1 geeft schematisch weer hoe water vasthouden in de waterlopen via het grondwater kan leiden tot meer waterbeschikbaarheid voor de gewassen. Door een verhoging van het oppervlaktewaterpeil wordt het grondwater verhoogd en komt meer water via capillaire opstijging in de wortelzone beschikbaar.

FIGUUR A.1

SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN HOE WATER VASTHOUDEN IN DE WATERGANG VIA HET GRONDWATER KAN LEIDEN TOT MEER WATERBESCHIKBAARHEID VOOR DE GEWASSEN

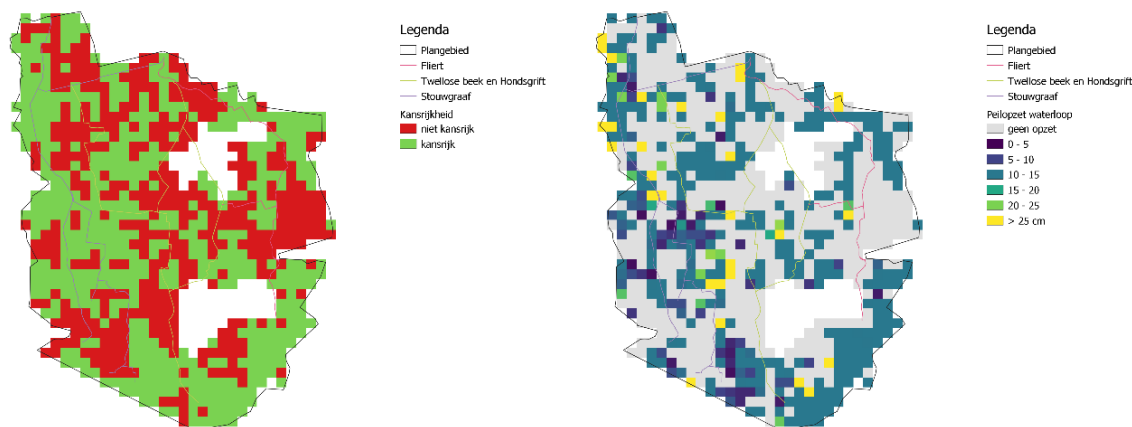


A2 AANPAK

Voor het plangebied Twello zijn twee Regioscans beschikbaar. Eén is gebaseerd op het Landelijk Hydrologisch Model (LHM), voor de periode 1973 - 2003, één is gebaseerd op het regionale grondwatermodel AZURE, voor de periode 1997 - 2016.

In de Regioscan zijn kaarten opgenomen van de fysieke kansrijkheid van de maatregel (is de maatregel qua fysieke omstandigheden zinnig) voordat naar kosten en baten is gekeken. Deze kaarten zijn op landsdekkende schaal gemaakt en hier is in dit project geen lokale informatie aan toegevoegd. Figuur A.2a geeft de kansrijke kaart voor Perceelstuwen in het plangebied. Daarnaast is een kaart opgenomen van de maatregelruimte, de maximaal mogelijke peilopzet met Perceelstuwen (Figuur A.2b). Dit is een functie van de optredende gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (deze is voor beide Regioscans gebaseerd op modelresultaten van het LHM, voor AZURE was deze nog niet beschikbaar), de drooglegging en het gewas. Ook deze kaart is landsdekkend afgeleid en niet regionaal verfijnd.

FIGUUR A.2 A) KANSRIJKHEID MAATREGEL PERCEELSTUWEN, B) MAXIMALE PEILOPZET IN WATERLOPEN



De kaarten laten een gevarieerd patroon zien in de kansrijkheid van de maatregel. Rond de Stouwgraaf, in het westen van het plangebied, lijkt de kansrijkheid groter dan in het oosten, rond de Fliert, Twellose beek en Hondsgriфт. Ook ten zuiden van Bussloo lijkt de maatregel kansrijk. Waar de maatregel kansrijk is, ligt de aangenomen maximale peilopzet over het algemeen rond de 10 tot 15 cm, met uitschieters tot 25 cm. De maatregel Perceelstuwen kan niet kansrijk zijn als het gebied sterk helt (en stuwen daarmee slechts een beperkt effect hebben), of de voorjaarsgrondwaterstand zich al dicht tegen de grens voor natschade voor het gewas bevindt.

Met de Regioscan zijn vervolgens berekeningen gedaan waarbij de maatregel Perceelstuwen in het gehele plangebied is geïmplementeerd. Tenminste, daar waar de maatregel op een modelbedrijf kansrijk is. Vervolgens zijn de baten van de maatregel Perceelstuwen onderzocht.

Baten van de maatregel zijn in twee categorieën onder te verdelen:

- vermindering van optredende droogteschade, waar het gewas niet wordt beregend
- vermindering van de benodigde beregening, wanneer het gewas wel wordt beregend.

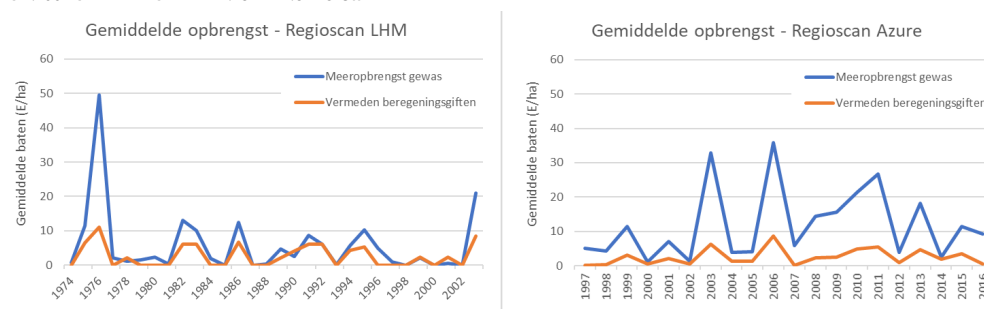
Baten voor vermeden beregening worden alleen meegeteld wanneer door de maatregel een beregeningsbeurt van 25 mm gift wordt vermeden.

A3 RESULTATEN

Figuur A.3 geeft het verloop van de baten van de maatregel Perceelstuwen over de rekenperiode. Voor Regioscan-LHM springt het jaar 1976 eruit: in dit extreem droge jaar is de gemiddelde baat van de maatregel Perceelstuwen 50 €/ha op percelen waar niet wordt beregend en 10 €/ha op percelen waar wel wordt beregend. De gemiddelde baten in het jaar 2003 zijn respectievelijk 21 €/ha en 6 €/ha. Regioscan-AZURE komt voor het droge jaar 2003 uit op 33 €/ha op niet-beregende en 6 €/ha op beregende percelen. Het verschil in baten op niet-beregende percelen wordt vooral gemaakt door enkele percelen met erg hoge baten in Regioscan-AZURE, die door het resolutie-verschil in Regioscan-LHM niet naar voren komen. Het ook droge jaar 2006 kent in Regioscan-AZURE nog wat hogere baten dan 2003.

FIGUUR A.2

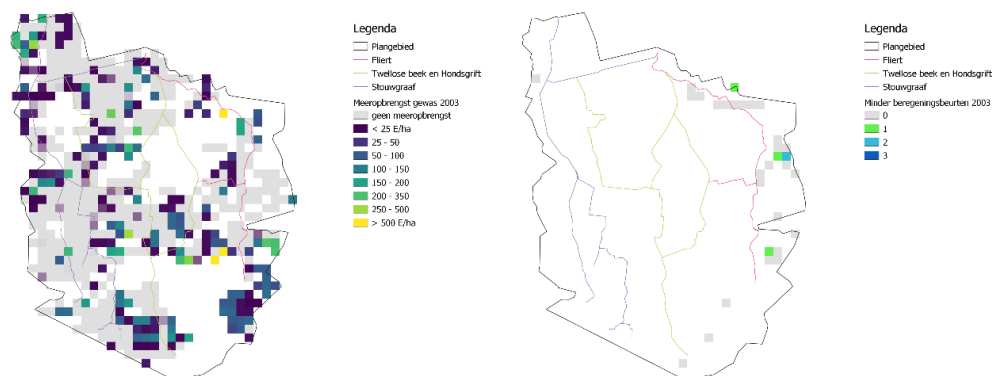
VERLOOP VAN BATEN VAN MAATREGEL PERCEELSTUWEN



Specifiek voor het droge jaar 2003 (dit is het enige droge jaar dat in beide Regioscans is opgenomen) is gekeken naar de verdeling van de baten van de maatregel Perceelstuwen. Deze baten zijn onderverdeeld in meeropbrengst gewassen (op percelen waar niet wordt beregend) en vermeden beregeningsgiften (op percelen waar wel wordt beregend).

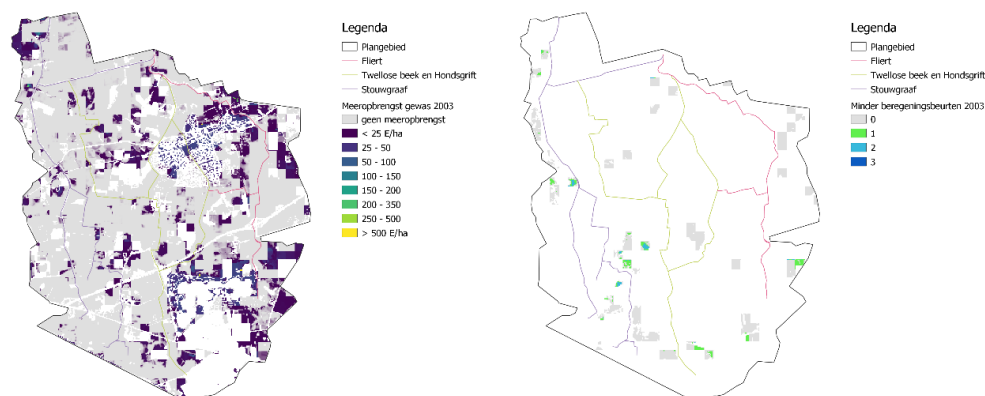
FIGUUR A.4

A) BEREKENDE MEEROPBRENGST IN 2003 VOOR GEWASSEN ALS GEVOLG VAN DE MAATREGEL PERCEELSTUWEN, B) BEREKENDE VERMEDEN BEREGENINGSGIFTEN IN 2003 ALS GEVOLG VAN DE MAATREGEL PERCEELSTUWEN. BEIDE VOOR REGIOSCAN – LHM



FIGUUR A.5

A) BEREKENDE MEEROPBRENGST IN 2003 VOOR GEWASSEN ALS GEVOLG VAN DE MAATREGEL PERCEELSTUWEN, B) BEREKENDE VERMEDEN BEREGENINGSGIFTEN IN 2003 ALS GEVOLG VAN DE MAATREGEL PERCEELSTUWEN. BEIDE VOOR REGIOSCAN – AZURE



Het resolutieverschil tussen beide Regioscans is goed zichtbaar in figuren A.4 en A.5. De zuid-oosthoek komt in beide Regioscans naar voren als gebied waar de maatregel Perceelstuwen leidt tot baten, evenals het gebied tussen Stouwgraaf en Hondsgriif. Het gebied ten noord-oosten van Twello komt vooral naar voren in Regioscan-AZURE als een kansrijk gebied, in Regioscan-LHM is hier beregening opgenomen.

A4 CONCLUSIES

Met peilopzet is in een deel van het gebied een positieve baat mogelijk, van gemiddeld (over alle jaren heen) 6 – 12 €/ha zonder beregening en 2 – 3 €/ha aan vermeden beregeningsbeurten. In een droog jaar als 2003 neemt dit toe tot 21 – 33 €/ha zonder beregening en 6 €/ha aan vermeden beregeningsbeurten.

Let wel: hierbij is het peil gedurende het hele groeiseizoen maximaal en optimaal voor het gewas opgezet. De peilopzet bedraagt veelal zo'n 10 – 15 cm. Zowel een lagere peilopzet (meer droogteschade) als een hogere peilopzet (risico op natschade) kunnen deze baten doen verminderen. In de analyse is het gehele plangebied beschouwd en niet alleen gekeken naar het beïnvloedbaar gebied rondom de hoofdwatergangen. Ook natschade is verder niet beschouwd.

In OWT wordt beoogd om – met behulp van te automatiseren stuwen in de hoofdwatergangen – het peil in de hoofdwatergangen flexibeler te sturen, om hiermee water langer vast te kunnen houden in het gebied. Het effect van deze maatregel treedt daarmee niet jaarrond op en beperkt zich tot een strook langs de hoofdwatergangen. De baten van het langer vasthouden van water in de hoofdwatergangen zullen daarom lager uitvallen dan berekend met de Regioscan Zoetwatermaatregelen.

BIJLAGE B

STATISTIEKEN VERGELIJKING REGIOSCAN - AZURE

TABEL B.1 STATISTIEKEN VERGELIJKING MAATREGEL REGELBARE DRAINAGE

	Relatief (%)			Absoluut (mm)		
	AZURE	Rs-AZURE	Rs-LHM	AZURE	Rs-AZURE	Rs-LHM
mean	8.18	10.48	18.45	0.11	0.47	0.82
std	14.73	18.72	29.51	0.42	1.61	1.20
min	0.00	0.00	0.00	-0.09	0.00	0.00
p25	0.78	0.30	0.48	0.01	0.01	0.00
p50	2.65	3.54	2.10	0.03	0.06	0.04
p75	9.63	10.60	21.60	0.07	0.27	1.47
max	99.85	100.00	100.00	5.04	18.59	3.76

TABEL B.2 STATISTIEKEN VERGELIJKING MAATREGEL SLOOTBODEMVERHOOGING

	Relatief (%)			Absoluut (mm)		
	AZURE	Rs-AZURE	Rs-LHM	AZURE	Rs-AZURE	Rs-LHM
mean	3.22	7.11	14.61	0.03	0.51	0.76
std	8.18	11.76	16.94	0.08	1.54	1.36
min	-0.09	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00
p25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
p50	0.86	1.05	9.77	0.01	0.01	0.18
p75	2.75	10.26	24.07	0.03	0.28	1.05
max	100.00	93.75	85.71	3.58	40.63	11.17

TABEL B.3 STATISTIEKEN VERGELIJKING MAATREGEL PERCEELSTUWEN

	Relatief (%)			Absoluut (mm)		
	AZURE	Rs-AZURE	Rs-LHM	AZURE	Rs-AZURE	Rs-LHM
mean	15.53	6.01	12.61	0.19	0.47	0.74
std	22.70	10.05	14.60	0.37	1.20	1.17
min	-0.10	0.00	0.00	-0.10	0.00	0.00
p25	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
p50	5.64	1.19	9.36	0.04	0.03	0.31
p75	20.36	8.28	19.74	0.21	0.32	1.01
max	100.00	93.75	85.71	6.20	26.25	11.17

BIJLAGE C

TOEPASSING VAN DE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN OP HET STROOMGEBIED VAN DE CHAAMSE BEKEN

AUTEURS Janine de Wit (KWR)
 Arnaut van Loon (KWR)
 Joost Delsman (Deltares)
 Tine te Winkel (Acacia Water)

INHOUD

1	INLEIDING	76
1.1	Aanleiding	76
1.2	Regioscan Zoetwatermaatregelen	77
1.3	Doel	78
2	REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN	79
2.1	Definities	79
2.2	Belangrijkste uitgangspunten	79
2.3	Input	80
2.4	Output	83
2.5	Voorbeeldmaatregel	86
3	RESULTATEN	88
3.1	Maatregelen gericht op bedrijfsresultaat	88
3.1.1	Perceelstuw	88
3.1.2	Druppelirrigatie verdiept	89
3.2	Maatregelen gericht op zoetwateropgave	90
3.2.1	Regelbare drainage met subinfiltratie	90
3.2.2	Bodemverbeteringsmaatregelen	91
3.3	Synergie tussen belangen	93
4	CONCLUSIES	94
4.1	Informatiewaarde voor de zoetwaterstrategie	94
4.2	Functionaliteiten van de Regioscan	94
	REFERENTIES	97

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

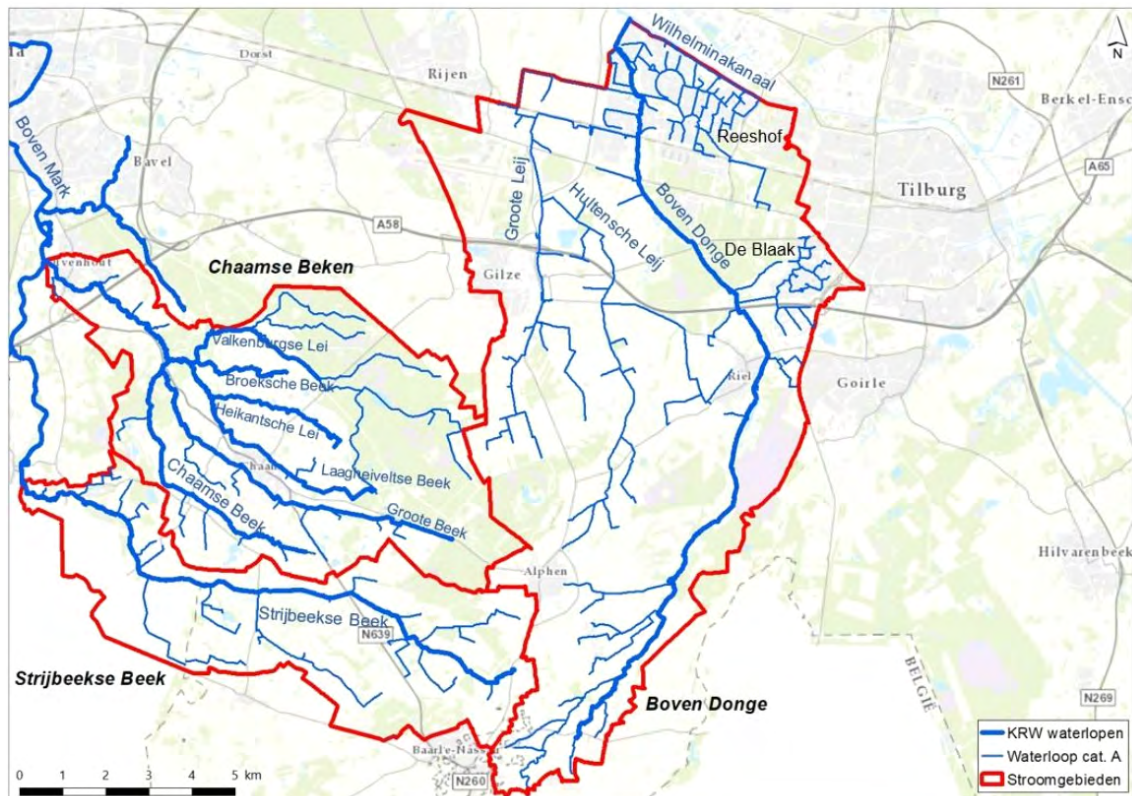
Het stroomgebied van de Chaamse Beken ligt ten zuidoosten van Breda, en is zo'n 5000 ha groot (Figuur 1). In het gebied stromen een aantal beken die diep zijn ingesneden in het landschap. Hierdoor zijn er in het landschap scherpe afwisselingen van natte beekdalen en drogere ruggen. Ondanks de diepe insnijding, zijn de bovenlopen gevoelig voor droogval en is het voor de KRW noodzakelijk om de basisafvoer van de beken te verhogen. Door klimaatverandering en toenemende watervraag zal de waterbeschikbaarheid en basisafvoer in de toekomst verder onder druk komen te staan. Voor gebieden waar de aanvoer van oppervlaktewater niet of beperkt mogelijk is, rest enkel het verhogen van de regionale zelfvoorzienendheid in de watervraag om invulling te geven aan de zoetwateropgaven.

In het Chaamse Bekengebied loopt in het kader van het DHZ-project Klimaatrobuuste Bovenlopen Beeksystemen Hoge Zandgronden een gebiedsproces met agrariërs. Met dit gebiedsproces wordt verkend welke maatregelen agrariërs zelf kunnen nemen om water langer vast te houden, zodat de watervoorziening minder kwetsbaar wordt voor droogte, en beken langer watervoerend blijven. Maatregelen waaraan gedacht wordt zijn het verondiepen of dempen van sloten en het plaatsen van LOP-stuwen. Om inhoudelijk richting te geven aan dit gebiedsproces is het noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in de effectiviteit van verschillende maatregelen, de kosten die daarmee gemoeid zouden zijn en in hoeverre ruimtelijke differentiatie van maatregelen gewenst is.

Om in deze kennisbehoefte te voorzien is in 2020 een aantal maatregelenscenario's met een gekoppeld grondwater-oppervlaktewatermodel doorgerekend op hydrologische effectiviteit. Uit deze modelstudie bleek dat de doorgerekende maatregelen onvoldoende effectief zijn om de basisafvoer voldoende te waarborgen (Biesheuvel e.a., 2020). Dit neemt echter niet weg dat zoetwatermaatregelen op basis van agrarisch waterbeheer onderdeel kunnen zijn van de zoetwaterstrategie voor het stroomgebied van de Chaamse Beken indien ze kosteneffectief uitgevoerd kunnen worden. Anderzijds bestaat de mogelijkheid dat agrariërs in de toekomst meer water gaan gebruiken voor de irrigatie van hun gewassen indien de verhoogde gewasopbrengst opweegt tegen de kosten van de maatregel.

Het perspectief van waterbesparende maatregelen die door agrariërs in het stroomgebied van de Chaamse Beken worden getroffen is met de Regioscan Zoetwatermaatregelen onderzocht. Met dit instrument is de kosteneffectiviteit van verschillende maatregelen ruimtelijk in beeld gebracht. Hierbij is uitgegaan van twee perspectieven, namelijk (1) het perspectief van Waterschap Brabantse Delta met als uitgangspunt maximale waterbesparing, en (2) het perspectief van de agrariërs met als uitgangspunt maximaal bedrijfsrendement, i.e. de opbrengstverhoging door de maatregelen moet opwegen tegen de kosten daarvan.

FIGUUR 1 STROOMGEBIED VAN DE CHAAMSE BEKEN (BIESHEUVEL E.A., 2020)



1.2 REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN

De Regioscan Zoetwatermaatregelen is een instrument voor het ontsluiten van regionale maatregeleninformatie op basis van veelal generieke maatregelenkennis. Het instrument is primair bedoeld om waterbeheerders snel inzicht te geven in de ruimtelijke variatie van (1) bedrijfseconomische aspecten, i.e. de kosten en baten, van lokale zoetwatermaatregelen voor modelbedrijven, en (2) de effectiviteit van de maatregelen in termen van uitgespaard watergebruik voor irrigatie van gewassen. Bij de bedrijfseconomische berekeningen zijn zowel de kosten van eventueel aanwezige beregeningsinstallaties en die van te treffen maatregelen, als de baten uit verhoogde opbrengst verrekend. De Regioscan geeft daarmee zowel inzicht in de kosteneffectiviteit van maatregelen in een regio én van de effectiviteit in termen van afname van de watervraag voor beregening. Het instrument voorziet in de mogelijkheid voor ruimtelijke selecties door rangschikking van modelbedrijven op basis van o.a. het batendeficiet (netto kosten) van maatregelen en de hoeveelheid waterbesparing.

EERSTE FASE

In de eerste fase van het project Regioscan Zoetwatermaatregelen is het instrument ontwikkeld, en toegepast op twee gebieden, namelijk de Anna Paulowna- en Oostpolder, en de Raam. In deze pilotstudies is de meerwaarde van de Regioscan onderzocht en zijn aanbevelingen gedaan voor doorontwikkeling. In 2017 is de eerste, proof-of-concept, versie van het instrument Regioscan Zoetwatermaatregelen gereed gekomen. Voor meer informatie wordt verwezen naar Delsman et al. (2018).

TWEDE FASE

De functionaliteiten van de Regioscan zijn tijdens de tweede fase uitgebreid, zodat het instrument toepasbaar is voor heel Nederland. De Regioscan is toegankelijk gemaakt via een

gebruiksvriendelijke schil. Parallel daaraan is de Regioscan lerend toegepast op het project Optimalisatie Watersysteem Twello en op de Chaamse Beken. Met lerend toepassen wordt bedoeld dat de Regioscan wordt ingezet op beide casussen om enerzijds meer inzicht te krijgen in kansrijke maatregelen, en anderzijds om feedback op de functionaliteiten van de Regioscan op te halen ten behoeve van de ontwikkeling van dit instrument. In deze bijlage worden een aantal uitkomsten van de Regioscan 2.0 voor het gebied Chaamse Beken gepresenteerd.

1.3 DOEL

Het doel van deze bijlage is om de informatiewaarde van de Regioscan voor regionale toepassingen te verifiëren. Hierbij zijn twee perspectieven gehanteerd, namelijk:

1. Het perspectief van Waterschap Brabantse Delta, met als uitgangspunt dat maatregelen maximaal moeten bijdragen aan de zoetwateropgave. Hierbij zijn de maatregelen geselecteerd op basis van de hoeveelheid waterbesparing als maat voor de bijdrage aan de regionale wateropgave. Inzicht in de kosten van de maatregelen geeft inzicht in de financiële haalbaarheid van de maatregelen.
2. Het perspectief van agrariërs, met als uitgangspunt dat maatregelen bij moeten dragen aan het financiële bedrijfsresultaat, i.e. dat maatregelen zichzelf terugverdienen via een verhoogde opbrengst. Hierbij zijn maatregelen geselecteerd op basis van de Netto Baten/Kosten-verhouding als maat voor de mate waarin maatregelen zichzelf terugverdienen. Omdat extra irrigatie bedrijfseconomisch interessant kan zijn, behoort een toename van de watervraag op nog niet beregende percelen tot de mogelijkheden. Inzicht in de toename van de watervraag geeft inzicht in een scenario van autonome ontwikkeling indien actieve sturing op het grondwatergebruik door waterbeheerders uitblijft.

2

REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN

2.1 DEFINITIES

In de Regioscan worden verschillende definities gebruikt, beschreven in Delsman et al. (2018). De definities die in deze bijlage veel worden gebruikt, zijn hieronder beschreven.

- **Afname watervraag:** de afname van de totale watervraag voor berekening, zowel grondwater als oppervlaktewater, voor alle bedrijfstypen waar de geselecteerde zoetwatermaatregel fysisch haalbaar is. De afname van de watervraag is weergegeven in mm.
- **Batendeficiet:** het batentekort om de kosten van een maatregel(combinatie) te dekken bij alle agrariërs, ofwel de kosten van een maatregel minus de baten, bestaande uit vermeden droogteschade en eventuele vermeden beregeningskosten. Een negatief batendeficiet betekent dat de maatregel zichzelf terugverdient, terwijl een positief batendeficiet betekent dat de agrariër onder de streep geld toe moet leggen.
- **Implementatiegraad:** de mate waarin een maatregel wordt genomen binnen een deelgebied, als percentage van het aantal in het gebied aanwezige modelbedrijven.
- **NBC:** Net Benefits-Costs-ratio, ofwel de netto baten-kosten ratio. De baten-kosten ratio wordt in de Regioscan berekend als (baten-kosten) / kosten in euro's. Een positief getal betekent dat baten hoger zijn dan kosten (de maatregel verdient zichzelf terug), en een negatief getal betekent dat de baten lager zijn dan de kosten (de maatregel verdient zichzelf niet helemaal terug).
- **Watervraag:** de vraag naar grond- of oppervlaktewater door agrariërs voor berekening (mm).

2.2 BELANGRIJKSTE UITGANGSPUNTEN

De Regioscan berekent de kosten en baten (in termen van vermeden droogteschade aan het gewas, door het opheffen van vochttekorten) van maatregelen ten opzichte van de bestaande situatie, waarbij een deel van de agrariërs gebruik maakt van berekening, en een deel dat niet doet. Standaard bevat de Regioscan informatie over de aanwezigheid en bron (grond- of oppervlaktewater) van berekening op basis van het Landelijk Hydrologisch Model (LHM). Regionaal kunnen de beregeningskarakteristieken flink afwijken van de LHM-schematisatie, zodat de uitgangssituatie van de Regioscan niet waarheidsgetrouw is. De gebruiker kan echter ook zelf invoerkaarten voor berekening invoeren. Het LHM, en daarmee de Regioscan, kent geen beregeningsverboden bij berekening uit grondwater. Wel biedt de Regioscan de mogelijkheid om een toename van de watervraag uit te sluiten.

Voor rekencellen waar berekening in de huidige situatie aanwezig is, wordt er van uitgegaan dat vochttekorten volledig worden opgeheven, zodat het gewas optimaal groeit. In de referentiesituatie is dan dus geen sprake van droogteschade. Dit betekent dat een agrariër die beregent geen extra baten kan realiseren door droogteschade te vermijden met aanvullende waterconserverende maatregelen. De baten bestaan dan alleen uit vermeden beregeningskosten.

Agrariërs die nu nog niet beregenen, kunnen droogteschade ondervinden. Daardoor is het mogelijk om wel extra baten te realiseren door het vochttekort met zoetwatermaatregelen geheel of gedeeltelijk op te heffen. Dit betekent dat sommige maatregelen financieel aantrekkelijk kunnen zijn voor agrariërs die thans niet beregenen. Hoewel de kosten van de maatregelen terugverdiend kunnen worden, zal in deze situatie de watervraag niet af, maar juist toenemen. Meer agrariërs zullen namelijk overstappen op een vorm van irrigatie, die mogelijk wel efficiënter is dan haspelberegening.

De baten worden in de Regioscan afgezet tegen de kosten van een maatregel: de netto batenkostenverhouding. Kosten worden in de Regioscan ook wel gepresenteerd als een “positief batendeficiet”: er is een tekort aan baten om de maatregel terug te verdienen (het kost geld). Indien gesommeerd over een gebied, betekent dit niet dat de netto baten per definitie negatief zijn. Er kan namelijk ook sprake zijn van percelen waar juist stoppen van beregenen een negatief batendeficiet oplevert (het levert geld op), doordat beregenen van laagrenderende gewassen vaak meer kost, dan dat het oplevert. Daarnaast biedt de Regioscan de mogelijkheid om de modelbedrijven te prioriteren op effectiviteit of efficiëntie van maatregelen.

De Regioscan berekent het effect van maatregelen op droogteschade op basis van de afname van het vochttekort ten opzichte van een referentiesituatie zonder beregening. Hiertoe wordt – voor percelen waar in de uitgangssituatie wordt beregend (Figuur 2B) – eerst het vochttekort berekend voor een situatie zonder beregening. Hierbij gaat de Regioscan uit van een beregeningsefficiëntie van 25%¹. Bijvoorbeeld, wordt in de uitgangssituatie 100 mm onttrokken voor beregening (de watervraag), dan gaat de Regioscan ervan uit dat hiermee 25 mm vochttekort wordt opgeheven. Die 25 mm is dan het vochttekort in de referentiesituatie zonder beregening. Vervolgens wordt het vochttekort berekend indien de maatregel wordt toegepast. Bijvoorbeeld: aanleg van regelbare drainage resulteert in een geschat vochttekort van 15 mm. In dit voorbeeld berekent de Regioscan een toename van het vochttekort (en daarmee de droogteschade) van geen vochttekort in de huidige situatie waarin beregend wordt, tot 15 mm vochttekort waarbij beregening wordt vervangen door regelbare drainage. De Regioscan berekent in dit voorbeeld een afname van de watervraag met 100 mm door aanleg van regelbare drainage. Los van de baten voor een agrariër, kunnen maatregelen dus een bijdrage (c.q. blauwe dienst) leveren aan het verhogen van de regionale zelfvoorzienendheid in de watervraag doordat effectiever met water wordt omgegaan.

2.3 INPUT

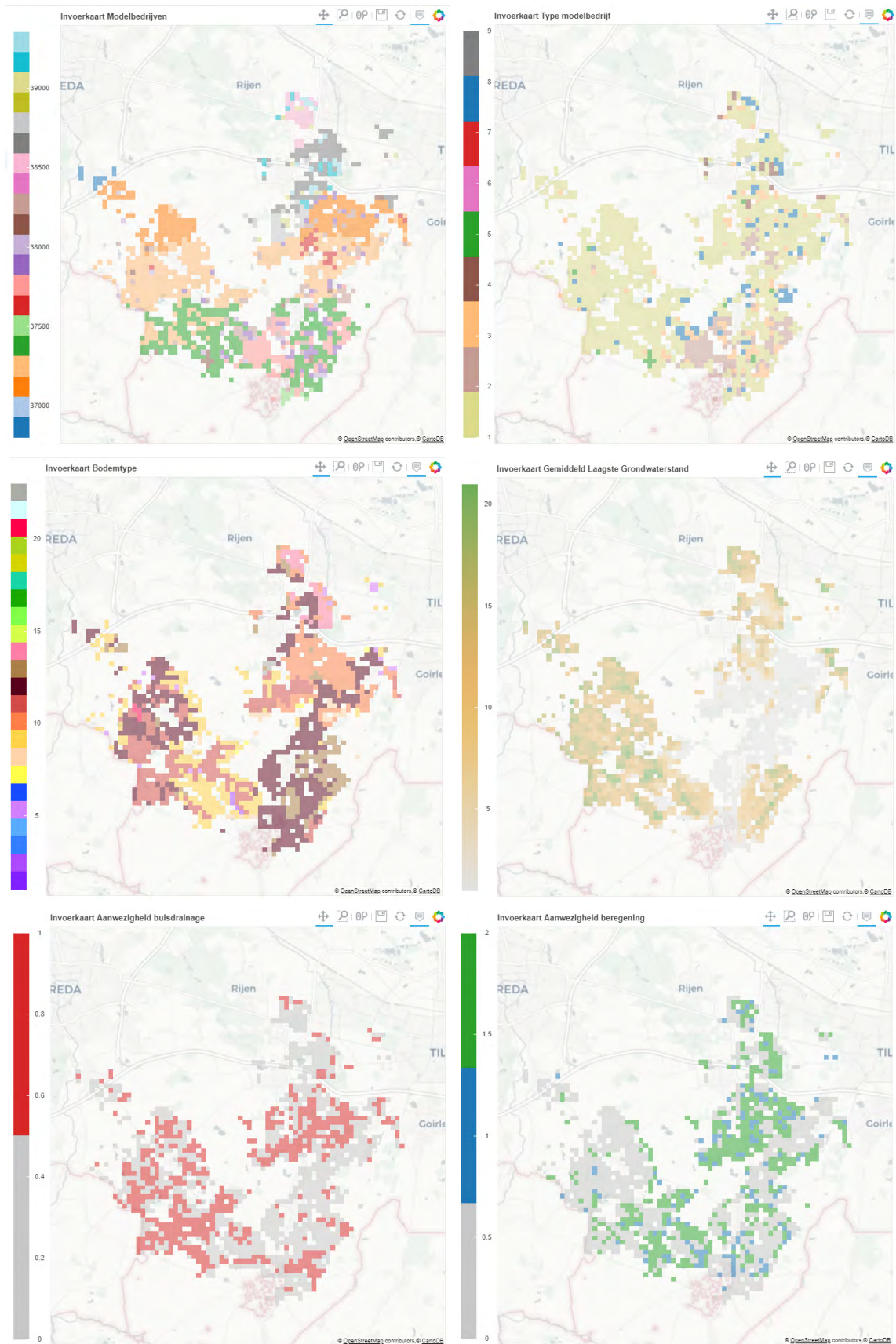
Als invoer van de Regioscan is onder andere gebruik gemaakt van de verschillende invoerkaarten:

- Agrarische modelbedrijven
- Type modelbedrijf
- Landgebruik
- Bodemtype
- Gemiddeld laagste grondwaterstand
- Aanwezigheid buisdrainage
- Aanwezigheid beregening

¹ Deze 25% is berekend op basis van een LHM som mét, en een LHM som zonder beregening. Hieruit volgde dat gemiddeld voor elke 100 mm beregening, 25 mm minder vochttekort optrad. In droge jaren zal dit hoger liggen, meer in de richting van 40%.

Alle invoerkaarten zijn weergegeven in Figuur 2. De invoerkaarten zijn beschikbaar voor alle modelbedrijven, maar subsets kunnen worden gemaakt op basis van een instelbare implementatiegraad (percentage modelbedrijven dat maatregelen treft). Elke invoerkaart geeft specifieke informatie over de modelbedrijven en de kenmerken van hun omgeving. De legenda van deze kaarten staat niet naast de overzichtskaart maar is te bekijken door, in het programma, met de muis over de kaart te bewegen. De invoerkaart 'aanwezigheid berekening' geeft bijvoorbeeld geen berekening (0), berekening uit oppervlaktewater (1) en berekening uit grondwater (2) weer. De Regioscan voorziet in de mogelijkheid om de standaard invoerbestanden te vervangen, zodat uit wordt gegaan van de best beschikbare regionale informatie.

FIGUUR 2 INVOERKAARTEN DIE STANDAARD BESCHIKBAAR ZIJN IN DE REGIOSCAN: MODELBEDRIJVEN (LINKSBOVEN), TYPE MODELBEDRIJF (RECHTSBOVEN), BODEMTYPE (MIDDEN LINKS), GEMIDDELTE LAAGSTE GRONDWATERSTAND (MIDDEN RECHTS), AANWEZIGHEID BUISDRAINAGE (LINKSONDER), AANWEZIGHEID BEREGENING (RECHTSONDER). DE BETEKENIS VAN DE VERSCHILLENDE GETALLEN OP DE KAARTEN WORDEN IN DE REGIOSCAN ZICHTBAAR DOOR MET DE MUIS OP DE KAART TE STAAN



2.4 OUTPUT

De uitkomsten van de Regioscan worden gepresenteerd via een dashboard (Figuur 3), waarbij diverse aspecten van verschillende zoetwatermaatregelen voor de Chaamse Beek worden gevisualiseerd. In de Regioscan kan het effect van een maatregel(combinatie) gevisualiseerd worden op basis van:

- Implementatiegraad: hoeveel % van de agrariërs nemen de maatregel?
- Laat zien (modelbedrijven op de kaart):
 - Maatregelcombinatie
 - Modelbedrijven
 - Bedrijfstypen
 - Deelgebieden
 - Netto baten-kosten ratio
 - Baten totaal (€/ha/j)
 - Baten gewasopbrengst (€/ha/j)
 - Baten vermeden berekening (€/ha/j)
 - Watervraag oppervlaktewater (mm/j)
 - Watervraag grondwater (mm/j)
 - Afname watervraag totaal (mm/j)
 - Afname watervraag oppervlaktewater (mm/j)
 - Afname watervraag grondwater (mm/j)
 - Kosten (€/j)
 - Baten totaal (€/j)
 - Baten gewasopbrengst (€/j)
 - Baten vermeden berekening (€/j)
 - Watervraag oppervlaktewater (m³/j)
 - Watervraag grondwater (m³/j)
 - Afname watervraag totaal (m³/j)
 - Afname watervraag oppervlaktewater (m³/j)
 - Afname watervraag grondwater (m³/j)
 - Neveneffecten waterkwaliteit
 - Neveneffecten uitspoeling N
 - Neveneffecten uitspoeling P
 - Neveneffecten piekafvoeren
 - Neveneffecten verdroging
 - Neveneffecten bodemdaling
- Maatregelen geprioriteerd op basis van:
 - Netto Baten/Kosten: de locaties waar de maatregel het meeste oplevert of het minste kost krijgen hogere prioriteit.
 - Afname watervraag: de locaties waar de maatregel het meeste bijdraagt aan besparing op beregeningsvraag aan grond- en oppervlaktewater krijgen hogere prioriteit.
 - Netto kosten per m³: de locaties waar maatregel het meeste bijdraagt aan waterbesparing ten opzichte van de kosten van de maatregel krijgen hogere prioriteit.
 - Baten gewasverdamping: de locaties waar een maatregel de grootste baten heeft door gewasverdamping.
- Sta een toename van watervraag toe of niet.

De volgende uitkomsten worden weergegeven voor de geselecteerde maatregel:

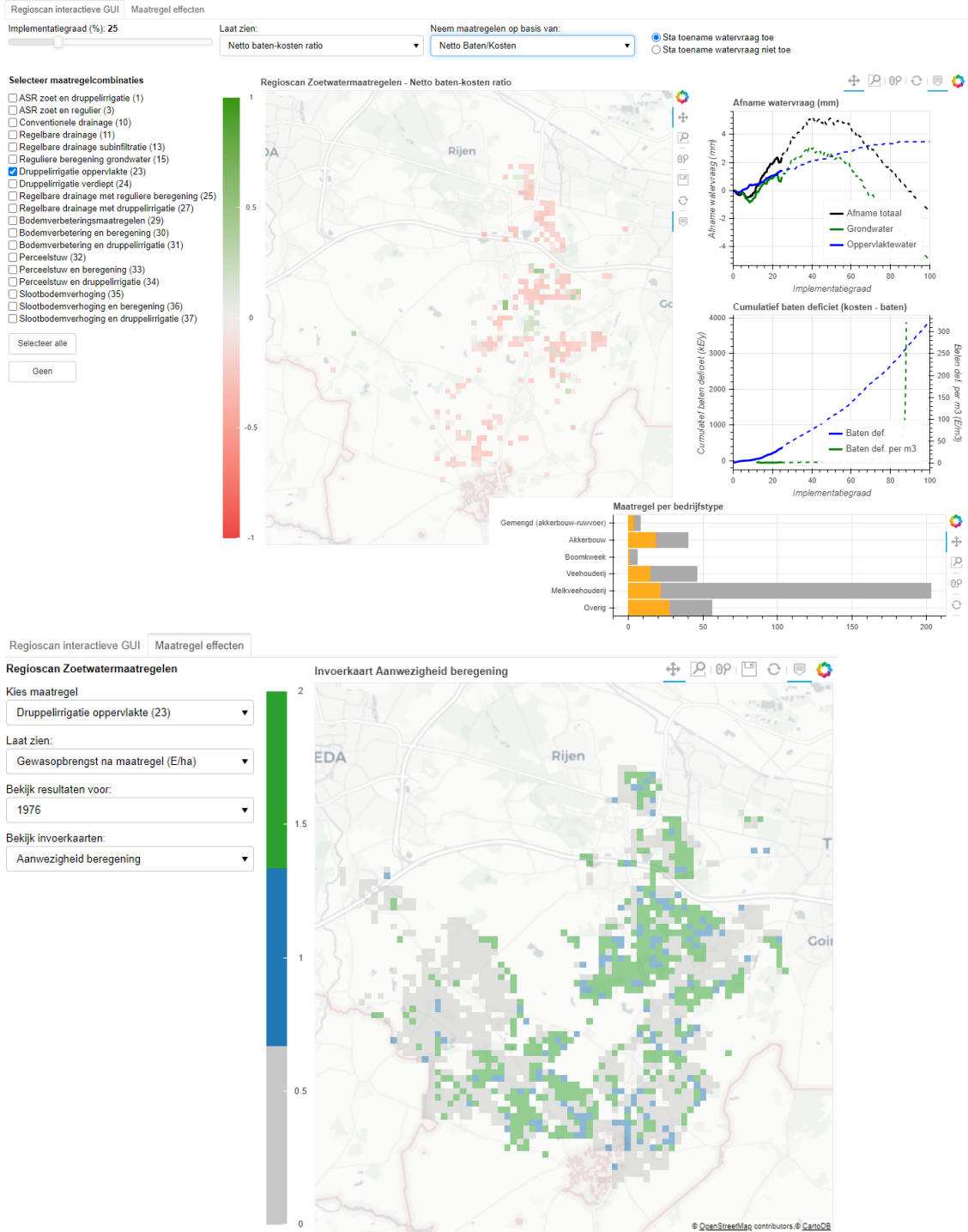
- Afname watervraag (mm)
 - Totale afname watervraag
 - Grondwater
 - Oppervlakte water
- Batendeficiet (de netto kosten van de maatregel)
 - Batendeficiet in k€
 - Batendeficiet per m³
- Maatregel per bedrijfstype
 - Akkerbouw
 - Veehouderij
 - Boomkweek
 - Gemengd (akkerbouw-ruwvoer)
 - Melkveehouderij
 - Overig
- Modelbedrijven op locaties die fysisch geschikt zijn voor de maatregel.

Op het tweede scherm worden de volgende effecten van een maatregel jaarlijks dan wel langjarig gemiddeld weergegeven:

- Gewasopbrengst in euro per hectare
- Droogteschade
- Zoutschade
- Berekening in millimeter
- Kansrijkheid van de maatregel

FIGUUR 3

A (BOVEN): SCREENSHOT VAN TABBLAD 1 VAN HET DASHBOARD VAN DE REGIOSCAN WAAR UIT VERSCHILLENDE MAATREGEL(COMBINATIES) KAN WORDEN GEKOZEN MET BIJBEHORENDE AFNAME IN WATERVRAAG, BATENDEFICIET, MAATREGEL PER BEDRIJFSTYPE EN EEN OVERZICHTSKAART MET (ON) GUNSTIGE BEDRIJVEN NABIJ DE CHAAMSE BEKEN. B (ONDER): SCREENSHOT VAN TABBLAD 2 VAN HET DASHBOARD VAN DE REGIOSCAN WAAR DE EFFECTEN VAN EEN MAATREGEL OP VERSCHILLENDE FACTOREN (GEWASOPBRENGST, DROOGTESCHADE, ZOOTSCHADE EN BEREGENING) WORDT GEVIZUALISEERD OP EEN OVERZICHTSKAART WAARBIJ GEKOZEN KAN WORDEN UIT VERSCHILLENDE INVOERKAARTEN (MODELBEDRIJVEN, TYPE MODELBEDRIJF, LANDGEBRUIK, BODEMTYPE, GEMIDDELD LAAGSTE GRONDWATERSTAND, AANWEZIGHEID BUISDRAINAGE, AANWEZIGHEID BEREGENING) NABIJ DE CHAAMSE BEKEN



2.5 VOORBEELDMAATREGEL

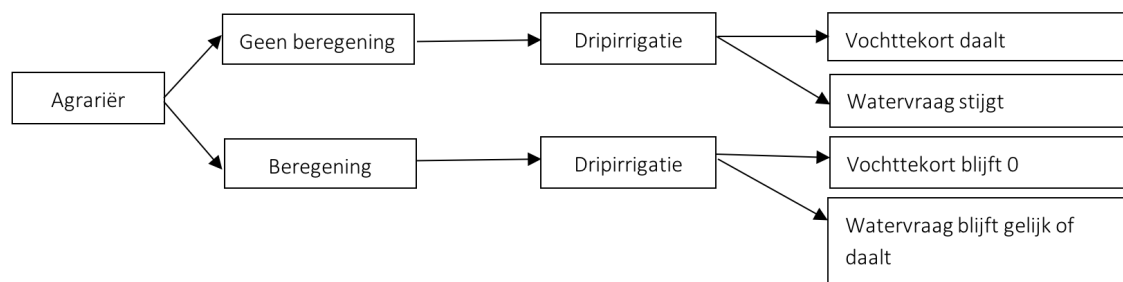
Als voorbeeld voor de interpretatie van de Regioscan is in Figuur 4 de doorwerking van de maatregel druppelirrigatie uit oppervlaktewater weergegeven. Hierbij zijn de bedrijven geprioriteerd op basis van de netto kosten-batenverhouding, i.e. gerangschikt op basis van afnemende netto kosten.

Dominant in de uitkomsten is aan- of afwezigheid van beregening in de uitgangssituatie (Figuur 4):

- Een agrariër die in de uitgangssituatie niet beregent, past de maatregel “druppelirrigatie uit oppervlaktewater” toe. Aan de maatregel zijn kosten verbonden, maar deze worden geheel of gedeeltelijk terugverdiend doordat het vochttekort wordt opgeheven (baten). Daarnaast is er een toename in de watervraag doordat de agrariër grond- of oppervlaktewater gaat onttrekken voor de druppelirrigatie, terwijl er in de uitgangssituatie niet wordt geïrrigeerd.
- Een agrariër die in de uitgangssituatie wel beregent, past de maatregel druppelirrigatie toe (kosten). Hierdoor blijft het vochttekort volgens de Regioscan gelijk, omdat volgens de uitgangspunten van Regioscan, bij zowel beregening als druppelirrigatie het hele vochttekort wordt opgeheven. Afhankelijk van de locatie, kan de watervraag gelijk blijven (watervraag beregening = watervraag druppelirrigatie) of kan de watervraag afnemen (watervraag beregening > watervraag druppelirrigatie).

Bij implementatie van druppelirrigatie uit oppervlaktewater neemt volgens de Regioscan de watervraag in het stroomgebied af tot een implementatiegraad van $\pm 40\%$, indien modelbedrijven in volgorde van afnemende netto baten deze maatregel treffen (Figuur 3A). Dit zijn veelal agrariërs die in de uitgangssituatie al beregenen; echter, op de 10% modelbedrijven waar druppelirrigatie het meest gunstige financiële rendement heeft is thans geen sprake van beregening, zodat de watervraag daar toeneemt. Voor alle modelbedrijven is het baten-deficiet positief (kost geld). Dit betekent dat druppelirrigatie zichzelf niet terugverdient door toegenomen opbrengst. Ook laat de Regioscan zien dat het batendeficiet (k€/j) lineair toeneemt met het aantal modelbedrijven waarop de maatregel wordt toegepast. Dit komt doordat elke agrariër evenveel investeert in het aanleggen van druppelirrigatie. Na een implementatiegraad van $\pm 40\%$ (Figuur 3A) zullen de agrariërs die in de uitgangssituatie niet beregenen de maatregel toepassen; op deze modelbedrijven is beregening niet rendabel doordat de opbrengstverhoging niet opweegt tegen de kosten.

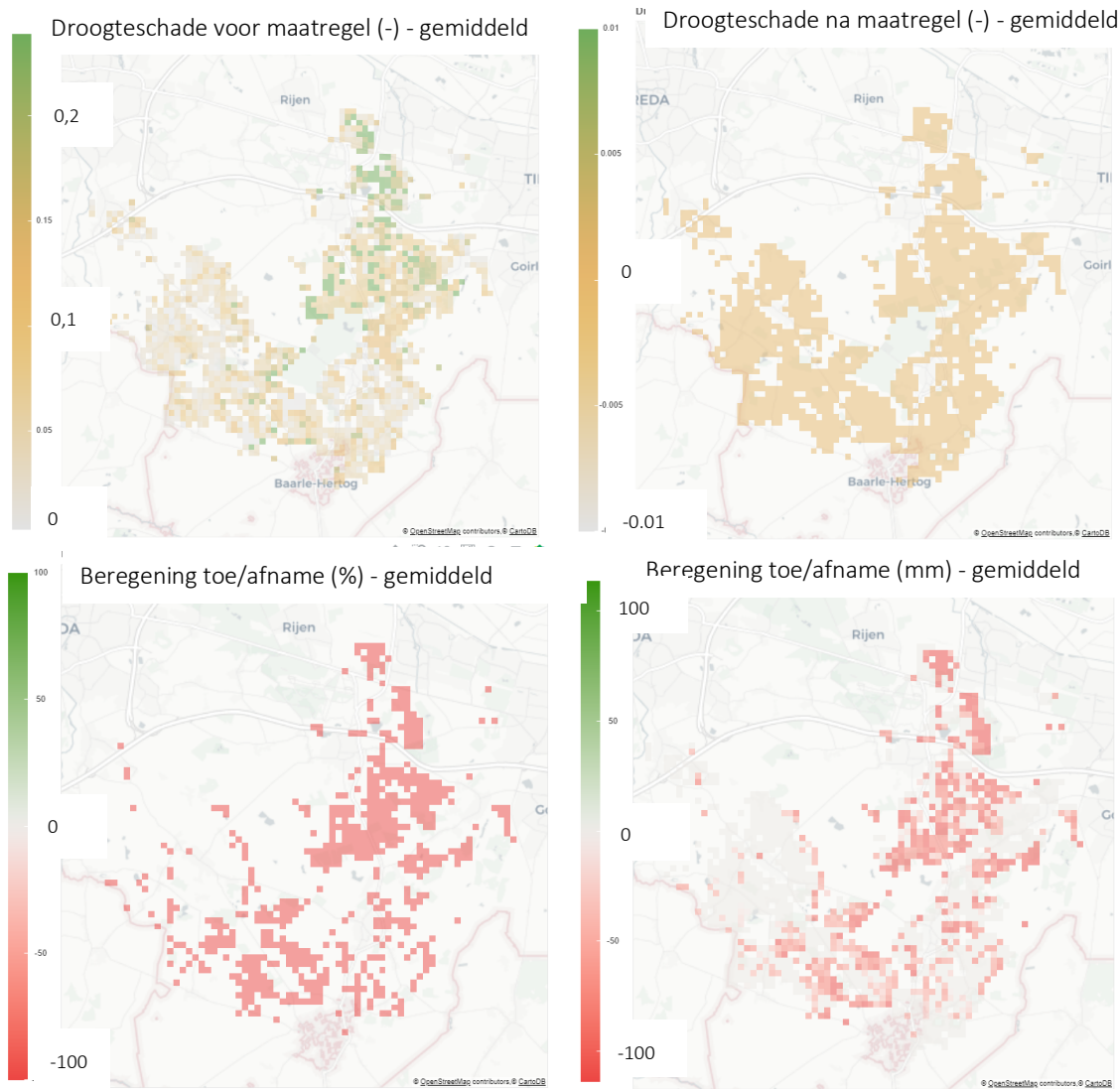
FIGUUR 4 TOEPASSING MAATREGEL DRUPPELIRRIGATIE IN DE REGIOSCAN



Het effect van een maatregel op de watervraag voor beregening wordt ook berekend door de Regioscan. De watervraag in de uitgangssituatie, na het treffen van een te selecteren maatregel en het verschil tussen beiden kan ruimtelijk gevisualiseerd worden (Figuur 5). Als gevolg van het toepassen van de maatregel druppelirrigatie neemt de watervraag toe of af. Op modelbedrijven met reguliere beregening, neemt de watervraag af door een hogere efficiëntie van

druppelirrigatie. Op modelbedrijven zonder berekening neemt de watervraag toe, doordat er na het toepassen van de maatregel wel wordt berekend en voor het toepassen van de maatregel niet.

FIGUUR 5 GEMIDDELDE (1974-2003) DROOGTESCHADE IN DE UITGANGSSITUATIE (LINKSBOVEN), EN DE GEMIDDELDE DROOGTESCHADE (1974-2003) NA IMPLEMENTATIE VAN DE MAATREGEL DRUPPELIRRIGATIE (RECHTSBOVEN). DE PROCENTUELE TOE- EN AFNAME VAN DE WATERVRAAG VOOR BEREKENING IS LINKSONDER WEERGEGEVEN. RECHTSONDER IS DE ABSOLUTE TOE- EN AFNAME VAN BEREKENING WEERGEGEVEN. MERK OP DAT DROOGTESCHADE VOLGENS DE REGIOSCAN ENKEL VOORKOMT OP MODELBEDRIJVEN ZONDER BEREKENING



3

RESULTATEN

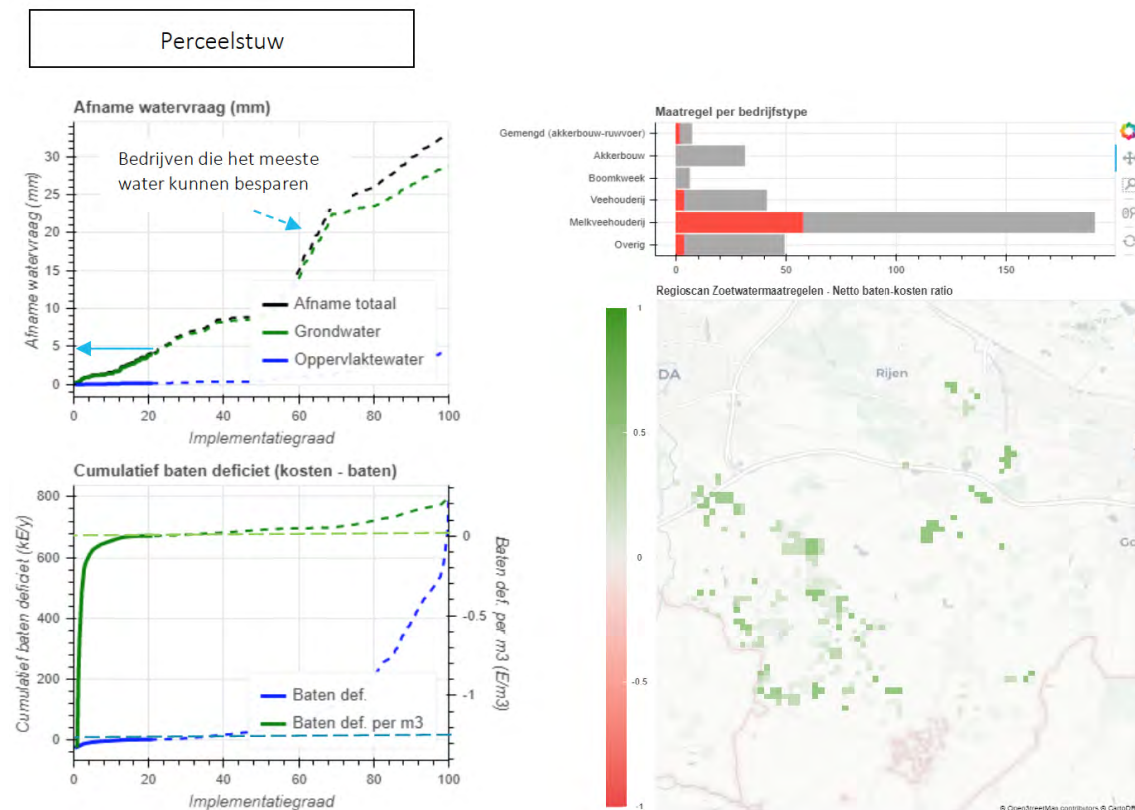
3.1 MAATREGELEN GERICHT OP BEDRIJFSRESULTAAT

Volgens de toepassing van de Regioscan op het stroomgebied van de Chaamse beken kunnen de maatregelen ‘perceelstuw’, ‘bodemverbetering’, ‘druppelirrigatie oppervlakte’ en ‘druppelirrigatie verdiept’ zichzelf op een deel van de modelbedrijven terugverdienen, of kunnen ze daar kostenneutraal worden ingevoerd. De resultaten voor deze maatregelen worden hieronder samengevat. Omdat de resultaten voor ‘perceelstuw’ en ‘bodemverbetering’ weinig onderscheidend zijn, worden ze gezamenlijk beschreven. Hetzelfde geldt voor de maatregelen ‘druppelirrigatie oppervlakte’ en ‘druppelirrigatie verdiept’. Merk op dat de andere maatregelen in de Regioscan zich voor geen van de modelbedrijven vanzelf terugverdienen. Deze maatregelen worden daarom in deze paragraaf buiten beschouwing gelaten.

3.1.1 PERCEELSTUW

Volgens de Regioscan is de maatregel perceelstuw voor 21% van de modelbedrijven interessant, omdat de baten daar hoger zijn dan de kosten (Figuur 6). Wel zijn voor de meeste van deze modelbedrijven de netto baten beperkt (vrijwel €0/j). Het betreft vooral melkveebedrijven in het zuidwesten van het stroomgebied. De toepassing van perceelstuwen op deze 21% modelbedrijven levert zo'n 5 mm uitgespaard water op, gerekend over alle modelbedrijven binnen het stroomgebied van de Chaamse Beken. Ofwel: voor 21% van de modelbedrijven verdient de perceelstuw zichzelf terug (nuttig voor de boer) en hiermee wordt in het agrarisch gebied 5 mm water uitgespaard (nuttig voor het waterschap).

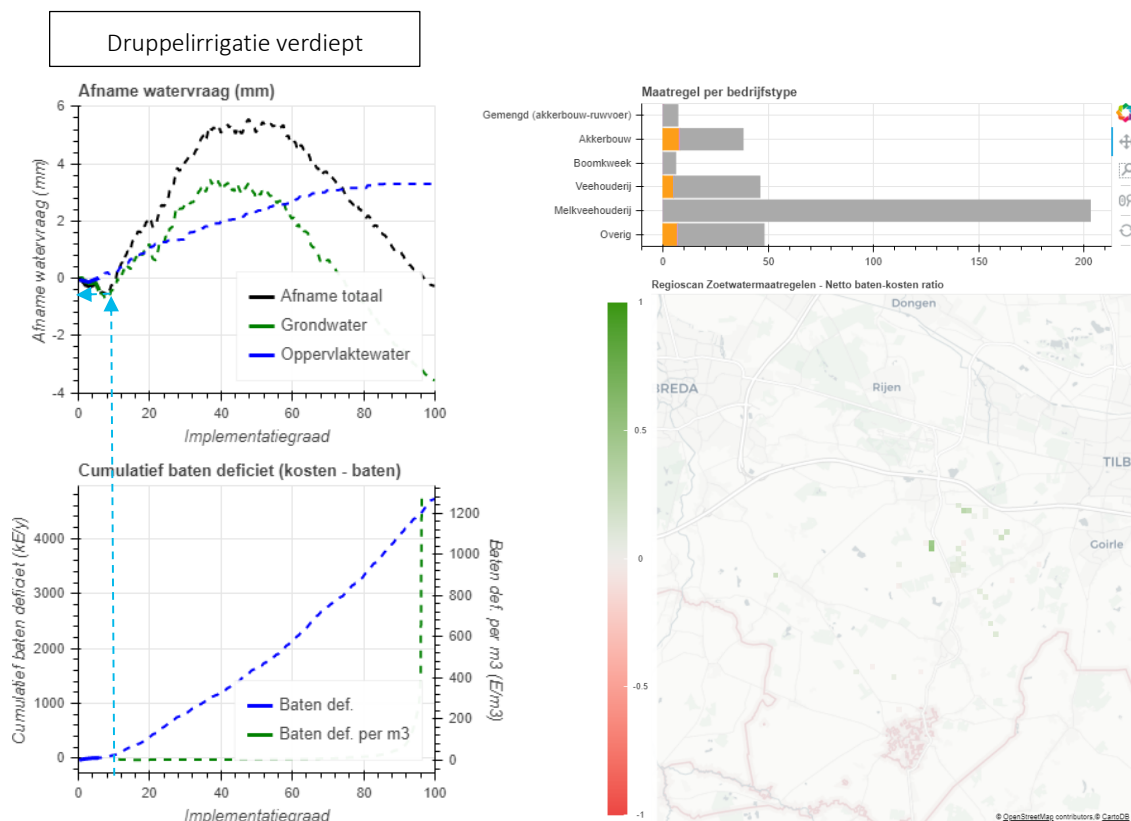
FIGUUR 6 BEREKENDE AFNAME IN WATERVRAAG EN BATENDEFICIET VOOR HET TOEPASSEN VAN DE MAATREGEL 'DRUPPELIRRIGATIE VERDIEPT' (LINKS). RECHTS ZIJN DE BEREKENDE BEDRIJFSTYPEN WEERGEGEVEN EN DAARNAAST DE LOCATIE VAN DEZE BEDRIJFSTYPEN (RECHTSONDER). DE MAATREGEL IS GENOMEN OP BASIS VAN 'NETTO BATEN/KOSTEN'



3.1.2 DRUPPELIRRIGATIE VERDIEPT

Volgens de Regioscan kan zo'n 10% van de modelbedrijven de maatregel "druppelirrigatie verdiept" kostenneutraal toepassen (Figuur 7): de kosten van de maatregel wegen voor deze modelbedrijven op tegen de baten uit verhoogde opbrengst. Het betreft akkerbouwbedrijven, veehouderijbedrijven en overige landbouw die verspreid over het stroomgebied zijn gelegen. Op geen van deze bedrijven wordt in de uitgangssituatie berekening toegepast. Door de gewassen te gaan irrigeren kan een hogere opbrengst worden gerealiseerd die opweegt tegen de kosten van druppelirrigatie. Hierdoor zal de watervraag wel met 0,2 mm toenemen ten opzichte van de uitgangssituatie zonder berekening en gerekend over alle agrarische percelen binnen het stroomgebied van de Chaamse Beken. Omdat deze 0,2 mm toename van de watervraag door slechts 10% van de modelbedrijven zal worden gerealiseerd, zal de watervraag op bedrijfsniveau fors hoger uitpakken; bij gelijke bedrijfsomvang met 2 mm.

FIGUUR 7 BEREKENDE AFNAME IN WATERVRAAG EN BATENDEFICIET VOOR HET TOEPASSEN VAN DE MAATREGEL 'DRUPPELIRRIGATIE VERDIEPT' (LINKS). RECHTS ZIJN DE BEREKENDE BEDRIJFSTYPEN WEERGEGEVEN EN DAARNAAST DE LOCATIE VAN DEZE BEDRIJFSTYPEN (RECHTSONDER). DE MAATREGEL IS GENOMEN OP BASIS VAN 'NETTO BATEN/KOSTEN'



3.2 MAATREGELEN GERICHT OP ZOETWATEROPGAVE

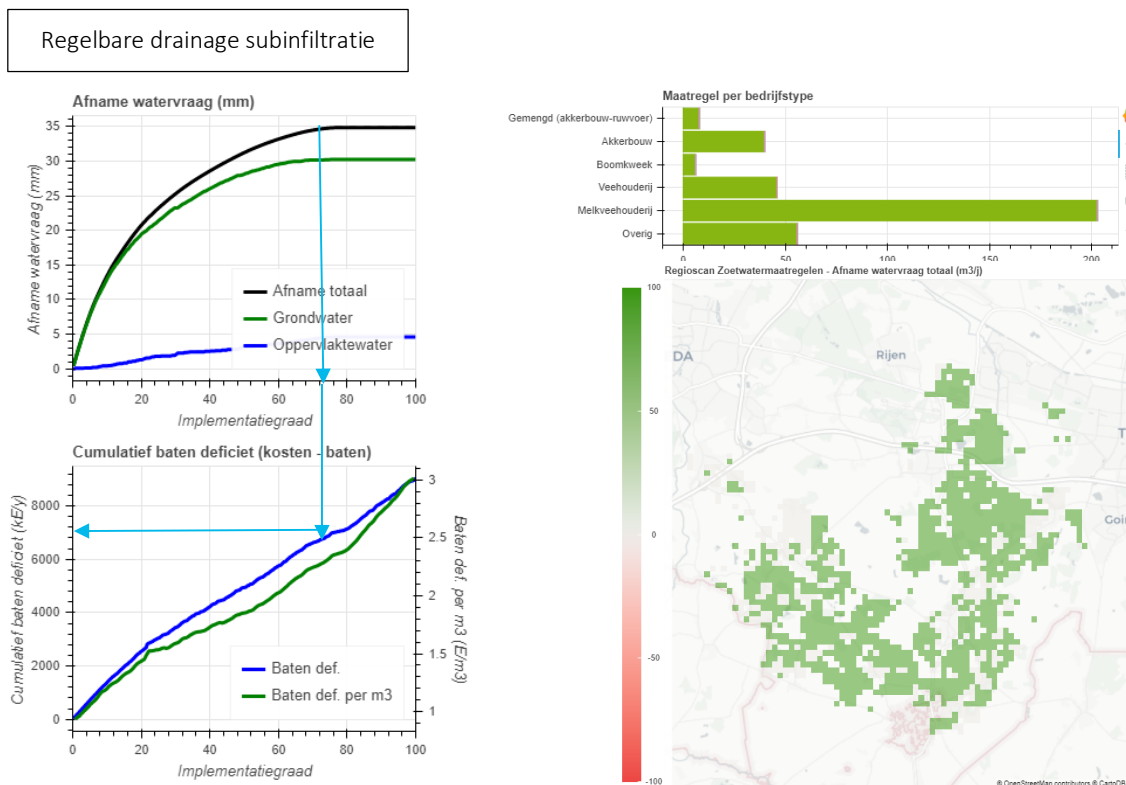
Volgens de Regioscan zijn er meerdere maatregelen die bij kunnen dragen aan het verminderen van de watervraag voor beregening. Deze maatregelen zijn regelbare drainage, regelbare drainage met subinfiltratie, perceelstuw en bodemverbeteringsmaatregelen. De maatregelen regelbare drainage subinfiltratie (35 mm) en bodemverbeteringsmaatregelen (35 mm) leveren het meeste op en worden hieronder kort toegelicht.

3.2.1 REGELBARE DRAINAGE MET SUBINFILTRATIE

Volgens de Regioscan kan met regelbare drainage en subinfiltratie zo'n 35 mm water bespaard worden, waarvan 5 mm uit oppervlaktewater en 30 mm uit grondwater (Figuur 8). Deze waterbesparing kan worden gerealiseerd indien zo'n 70% van de modelbedrijven regelbare drainage aanlegt, daar subinfiltratie op toepast én stopt met beregenen. Op bedrijfsniveau verdient deze maatregel zich nergens terug. De kosten bij deze implementatiegraad bedragen ongeveer 2,60 €/m³, ofwel bijna 7 M€/j voor het hele stroomgebied van de Chaamse Beken.

Agrariërs die in de uitgangssituatie niet beregenen, kunnen volgens de Regioscan geen bijdrage leveren aan waterbesparing omdat de beregeningsvraag het uitgangspunt van de berekeningen is. Tevens is bij deze waterbesparing niet inbegrepen de voorraadvorming die met regelbare drainage met subinfiltratie kan worden gerealiseerd. Anderzijds neemt de Regioscan aan dat er ten allen tijde voldoende water beschikbaar is voor subinfiltratie. In de Chaamse beken is daar op dit moment geen sprake van en kan dat alleen bij stedelijke kernen worden gerealiseerd door hemelwater af te koppelen en op te slaan voor later gebruik.

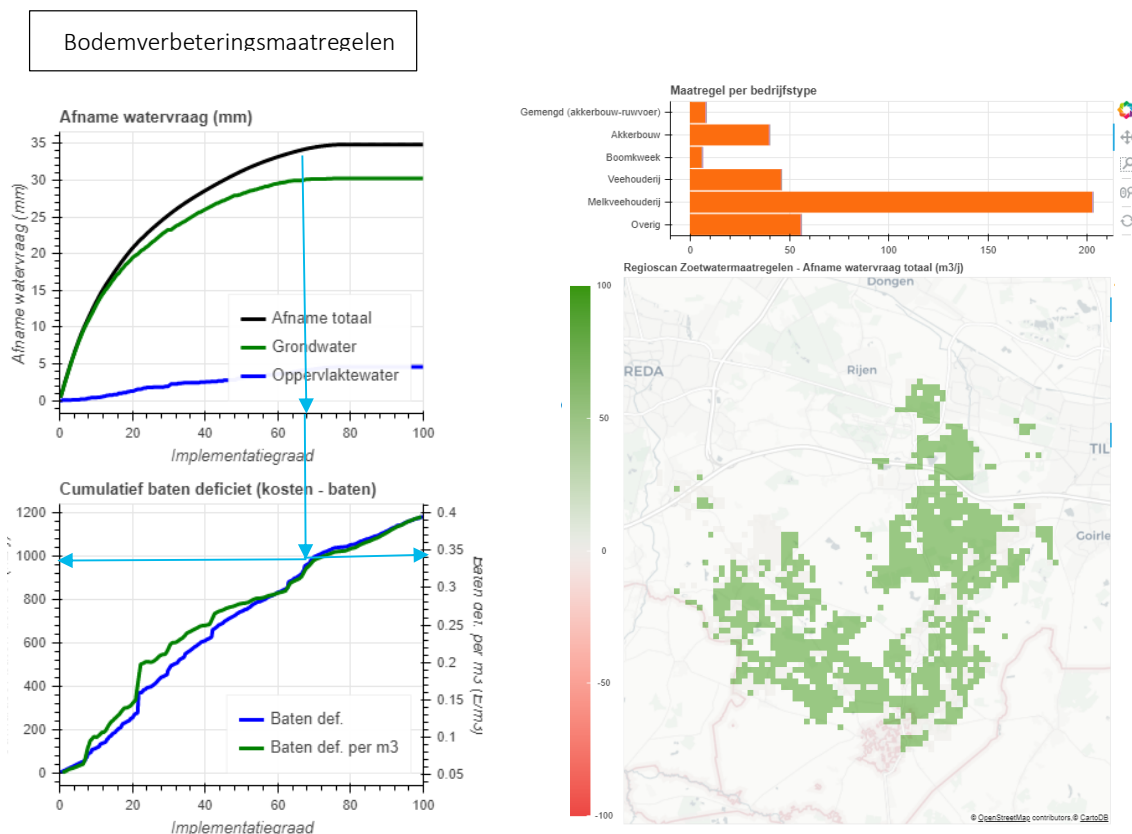
FIGUUR 8 BEREKENDE AFNAME IN WATERVRAAG EN BATENDEFICIËT VOOR HET TOEPASSEN VAN DE MAATREGEL 'REGELBARE DRAINAGE SUBINFILTRATIE' (LINKS). RECHTS ZIJN DE BEREKENDE BEDRIJFSTYPEN WEERGEGEVEN EN DAARNAAST DE LOCATIE VAN DEZE BEDRIJFSTYPEN (RECHTSONDER). DE MAATREGEL IS GENOMEN OP BASIS VAN 'AFNAME WATERVRAAG'



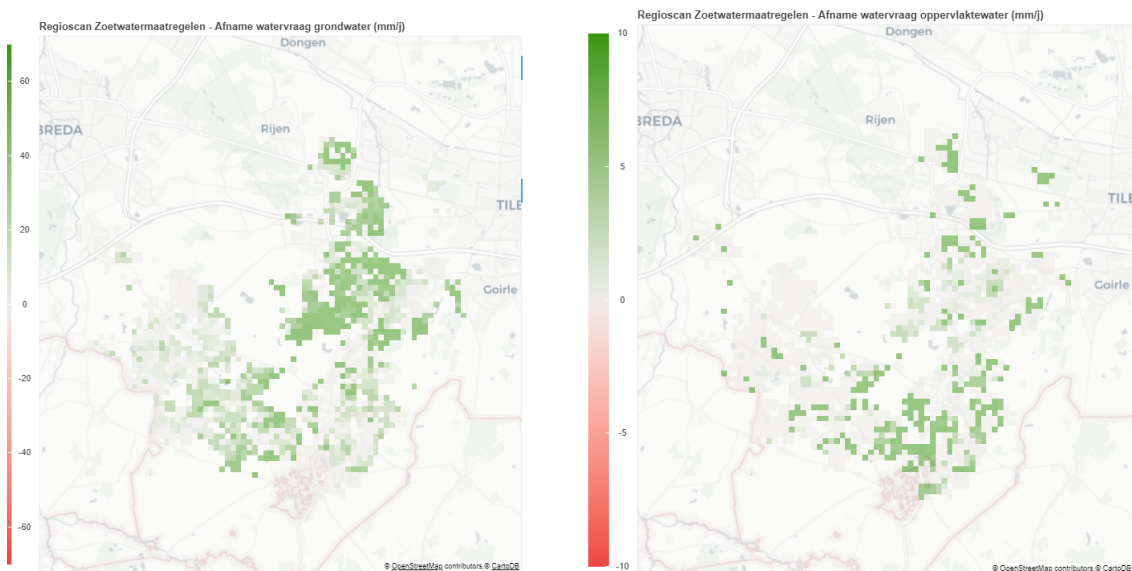
3.2.2 BODEMVERBETERINGSMATREGELEN

Volgens de Regioscan verloopt de afname van de watervraag bij implementatie van bodemverbeteringsmaatregelen in volgorde van effectiviteit (in mm) op vergelijkbare wijze als die van regelbare drainage met subinfiltratie (Figuur 9). Dit komt doordat de waterbesparing is gemaximeerd tot de watervraag voor beregening. Hierdoor rangschikt de Regioscan de modelbedrijven van hoge naar lage watervraag voor beregening. Wel zijn de kosten beduidend lager dan bij regelbare drainage met subinfiltratie, namelijk zo'n 0,35 €/m³ en 1 M€ (zie Figuur 9) voor alle modelbedrijven in het stroomgebied van de Chaamse Beken. Hierbij dient echter opgemerkt te worden dat bodemmaatregelen pas op de middellange termijn effect sorteren, terwijl regelbare drainage met subinfiltratie direct effect kan hebben, mits voldoende water beschikbaar is.

FIGUUR 9 BEREKENDE AFNAME IN WATERVRAAG EN BATENDEFICIET VOOR HET TOEPASSEN VAN DE MAATREGEL 'SLOOTBODEMVERHOOGING' (LINKS). RECHTS ZIJN DE BEREKENDE BEDRIJFSTYPEN WEERGEGEVEN EN DAARNAAST DE LOCATIE VAN DEZE BEDRIJFSTYPEN (RECHTSONDER). DE MAATREGEL IS GENOMEN OP BASIS VAN 'AFNAME WATERVRAAG'



FIGUUR 10 AFNAME IN WATERVRAAG NAAR GRONDWATER (LINKS) EN AFNAME NAAR OPPERVLAKTEWATER (RECHTS) VOLGENS DE REGIOSCAN BIJ HET TOEPASSEN VAN DE MAATREGEL BODEMVERBETERINGSMATREGELEN BIJ EEN 100% IMPLEMENTATIEGRAAD

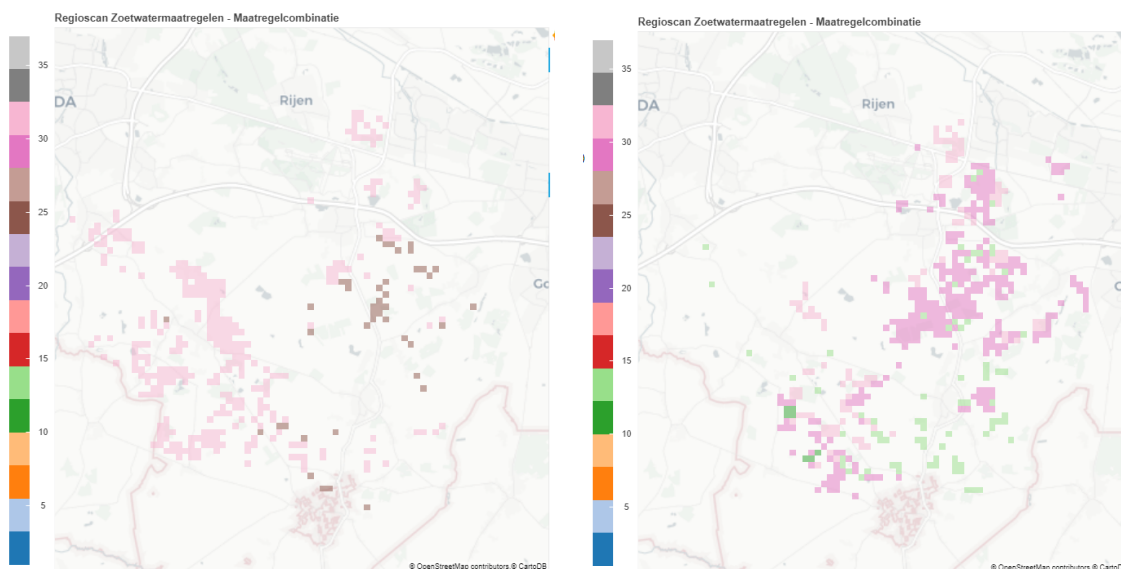


3.3 SYNERGIE TUSSEN BELANGEN

Volgens de Regioscan past alleen de maatregel perceelstuw zowel bij de belangen van de agrariër, als die van het waterschap. De modelbedrijven waar deze maatregel zichzelf terugverdient overlappen echter voor een beperkt deel met de modelbedrijven waar deze maatregel leidt tot waterbesparing. Perceelstuwen verdienen zichzelf namelijk vooral terug voor melkveehouderij in het westen van het stroomgebied van de Chaamse Beken, terwijl ze juist effectief zijn voor waterbesparing op melkveehouderij- en akkerbouwbedrijven in het noorden en oosten van het stroomgebied. Deze beperkte ruimtelijke overlap in de belangen van agrariërs en het waterschap wordt voor een groot deel veroorzaakt door de aan- en afwezigheid van berekening in de huidige situatie en heeft daarmee volgens de Regioscan een generiek karakter.

Volgens de Regioscan overlappen de belangen van het waterschap en agrariërs elkaar niet alleen ruimtelijk beperkt, maar ook wat voorkeursmaatregel betreft. Figuur 11 geeft daar een indruk van. Vooral perceelstuwen verdienen zichzelf bij veel modelbedrijven terug, terwijl voor waterbesparing juist bodemmaatregelen het beste renderen volgens de Regioscan.

FIGUUR 11 LOCATIE MODELBEDRIJVEN WAAR EEN MAATREGEL HET MEEST GUNSTIGST IS OP BASIS VAN NETTO BATEN/KOSTEN (LINKS) EN EEN MAATREGEL OP BASIS VAN AFNAME WATERVRAAG (RECHTS), BIJ EEN IMPLEMENTATIEGRAAD VAN 26%. LICHT PAARS = PERCEELSTUW, DONKER PAARS = BODEMVERBETERINGSMATREGELN, BRUIN = DRUPPELIRRIGATIE VERDIEPT, GROEN IS REGELBARE DRAINAGE SUBINFILTRATIE



4

CONCLUSIES

4.1 INFORMATIEWAARDE VOOR DE ZOETWATERSTRATEGIE

De resultaten van de Regioscan geven informatie over de relatieve effectiviteit en kosten van waterbesparende maatregelen. De maatregelen regelbare drainage, bodemverbetering, perceelstuwen en slootboderverhoging komen boven drijven, maar verdienen zichzelf voor de agrarische modelbedrijven niet terug. De maatregelen perceelstuwen en bodemverbeteringsmaatregelen verdienen zichzelf wel terug voor ongeveer 20% van de modelbedrijven, maar voor de resterende bedrijven kosten deze maatregelen meer dan dat ze uiteindelijk opleveren.

Volgens de Regioscan hebben de belangen van het waterschap en agrariërs bij zoetwatermaatregelen slechts beperkte ruimtelijke overlap: de modelbedrijven waar een maatregel zichzelf terugverdient liggen vooral in het westen van het stroomgebied van de Chaamse Beken, terwijl de modelbedrijven waar een maatregel leidt tot waterbesparing vooral in het noorden en oosten zijn gelegen. Dit patroon hangt direct samen met huidige berekening: modelbedrijven die thans niet berekend worden, maar waar dat bedrijfseconomisch wel rendabel is komen wat kosten-baten boven drijven. Alleen de modelbedrijven waar thans berekening plaatsvindt, kunnen besparen op de beregeningsvraag.

Ook wat voorkeursmaatregel betreft zijn er verschillen tussen beide belangen zichtbaar: vooral perceelstuwen verdienen zichzelf terug, terwijl voor waterbesparing juist bodemaatregelen het beste renderen volgens de Regioscan. Deze verschillen bieden goede aanknopingspunten voor een ruimtelijk gedifferentieerde zoetwaterstrategie binnen het stroomgebied van de Chaamse Beken. Hierbij kan in het zuidwestelijk deel van het stroomgebied volstaan worden met het opstellen van kaders voor maatregelen zodat die in het verlengde liggen van de belangen van het waterschap, aangezien het voor agrariërs bedrijfseconomisch interessant is om op eigen initiatief zoetwatermaatregelen te treffen. In het noordoostelijk deel kan beter een proactief beleid worden gevoerd, bijvoorbeeld door waterbesparende alternatieven voor beregening aan te reiken of wellicht zelfs subsidiëren.

4.2 FUNCTIONALITEITEN VAN DE REGIOSCAN

De Regioscan berekent de kosten, baten en waterbesparing voor modelbedrijven op basis van globale kennisregels en ervaringsgetallen. Standaard wordt de invoerdata van de Regioscan ontleend aan het LHM, maar deze invoer kan worden vervangen met regionale kaarten en resultaten van regionale grondwatermodellen, zodat de uitkomsten beter overeenkomen met de praktijk. Het instrument is ontwikkeld voor verkennende analyses van de effectiviteit van agrarisch waterbeheer als onderdeel van de landelijke of regionale zoetwaterstrategie. De resultaten van de Regioscan zijn minder geschikt voor directe planvorming en informatievoorziening aan agrariërs. Deze doelen vereisen detailstudies op basis van lokale gebiedskennis en informatie.

Uit de case Chaamse beken zijn de volgende lessen te trekken voor de regionale toepassing van de Regioscan Zoetwatermaatregelen:

- De Regioscan Zoetwatermaatregelen is een veelzijdig instrument dat een schatting geeft van de kosten en baten van maatregelen om het watergebruik voor beregening te verlagen. Daarmee kan het enerzijds voorzien in de behoefte van waterbeheerders om bij de ontwikkeling van zoetwaterstrategieën beter in te spelen op de belangen van agrariërs. Daarnaast kunnen inzichten uit de Regioscan door agrariërs benut worden om de bedrijfsvoering te optimaliseren door gewassen efficiënter of beter van water te voorzien. Omdat deze twee benaderingen tot andere conclusies leiden, is bij toepassingen noodzakelijk om ze goed van elkaar te onderscheiden.
- De interface van de Regioscan Zoetwatermaatregelen heeft de bediening van het instrument sterk vereenvoudigd. Hierdoor kan de maatregeleninformatie snel ontsloten worden en toegepast op specifieke situaties. De resultaten spreken echter niet altijd voor zichzelf (zie volgend punt) en door de veelheid aan resultaten blijft het zoeken naar de gewenste informatie.
- Voor de interpretatie van de resultaten is een goed begrip van de uitgangspunten en aannames achter de Regioscan Zoetwatermaatregelen noodzakelijk. Deze uitgangspunten en aannames zijn gedocumenteerd, maar niet altijd eenvoudig te doorgronden. Zo is de batenberekening van een maatregel voor modelbedrijven met huidige beregening vrij complex: aangenomen wordt dat met beregening de droogteschade volledig wordt opgeheven, en het effect van de maatregel wordt berekend ten opzichte van een referentiesituatie zonder beregening.
- De waterbesparing die de Regioscan berekent is gemaximeerd tot de watervraag voor beregening in de uitgangssituatie. Bij de interpretatie van de resultaten is het van belang te beseffen dat daarbij niet zijn inbegrepen de netto voorraadvorming die met sommige maatregelen kan worden gerealiseerd. De grondwaterstandsverhoging door drainage-maatregelen, bijvoorbeeld, kan de grondwatervoorraad verder verhogen dan noodzakelijk is om een beregeningsvraag op te kunnen vangen. Deze extra grondwatervoorraad komt echter niet ten goede aan diegene die de maatregel neemt, maar aan gebruikers benedenstrooms. Daarnaast maakt de Regioscan geen onderscheid in de termijn waarop maatregelen effect sorteren en wordt er bij opslagmaatregelen vanuit gegaan dat er voldoende water uit andere bronnen beschikbaar is.
- De Regioscan Zoetwatermaatregelen levert een globale, verkennende schatting van de kosteneffectiviteit van landbouwmaatregelen. Daarmee is de Regioscan Zoetwatermaatregelen niet inzetbaar voor bedrijfsadvisering. Het instrument kan wel van waarde zijn voor het verkennen van de invulling van een zoetwaterstrategie waarin voor agrarisch waterbeheer een rol is weggelegd. Zo kan de Regioscan ingezet worden voor een eerste selectie van waterbesparende maatregelen die zichzelf terugverdienen en daarmee complementair zijn aan grootschalige en ingrijpende maatregelen, zoals het afkoppelen en diep-infiltreren van hemelwater (Biesheuvel e.a., 2020). Voordat maatregelen ook daadwerkelijk geïmplementeerd worden, is het van belang detailanalyses/modellering uit te voeren om de werking van maatregelen voor een bedrijf en de doorwerking op regionaal niveau inzichtelijk te maken.
- Het valt op dat in de output van de Regioscan het verschil in kosten voor beregening uit grond- en oppervlaktewater niet zichtbaar is. Mogelijk worden de kosten van aanleg en onderhoud van beregeningsputten door de Regioscan onderschat. Anderzijds gelden beregeningsverboden vaak wel voor oppervlaktewater, maar niet voor grondwater. Geadviseerd wordt om de achterliggende aannames te verifiëren en indien nodig te verbeteren.

- Voor regionale toepassingen wordt aanbevolen om de invoer van de Regioscan te ontleen aan regionale informatie en grondwatermodellen. Standaard voorziet de regioscan in invoerdata op basis van het LHM. Zo ook de uitgangssituatie voor de aanwezigheid en aard van beregening. De beregeningskenmerken kunnen op regionale schaal echter aanzienlijk afwijken. Dit werkt direct door in de output van de Regioscan, omdat de bijdrage aan de regionale wateropgave wordt uitgerekend op basis van de watervraag voor beregening in de uitgangssituatie. Bovendien kan dit tot gevolg hebben dat het verschil in kosten tussen beregening uit grondwater en beregening uit oppervlaktewater onvoldoende doorwerkt in de berekende kosten:baten-verhouding.
- De Regioscan Zoetwatermaatregelen is in deze casus parallel aan het modelleringspoot (Biesheuvel e.a., 2020) uitgevoerd. Door de instrumenten interactief toe te passen, hadden gerichtere maatregelen doorgerekend kunnen worden. Bijvoorbeeld, het maatregelenpakket voor peilgestuurde drainage en LOP-stuwen dat door Biesheuvel e.a. (2020) is doorgerekend had specifiekere gedefinieerd kunnen worden door eerst het perspectief van deze maatregel met de Regioscan te verkennen. Wellicht hadden dan ook percelen die lager in de gradiënt (hogere grondwaterstand) tot het scenario gerekend kunnen worden en was de berekende effectiviteit hoger geweest. Daarnaast kan de Regioscan ingezet worden om de hydrologisch meest effectieve maatregelen door te rekenen, zodat inzicht wordt verkregen in de kosten en baten van de maatregel.

REFERENTIES

Biesheuvel, A., Broekhoven, F.J.G. van, en Smidt, J.D., 2020. Klimaatrobuuste Bovenlopen Beekstelsysteem Hoge Zandgronden. Witteveen+Bos, rapport 114394

Delsman, J., van Boekel, E. Reinhard, S., te Winkel, A., van Loon, A., Bartholomeus, R., Mulder, M., Massop, H., Plman, N., Schasfoort, F., 2018. Regioscan Zoetwatermaatregelen. STOWA-2018-13

BIJLAGE D

NASLAG WERKINGSMECHANISME IN REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELLEN OPGENOMEN MAATREGELLEN

D.1 ALGEMENE REKENWIJZE BEREKENING EFFECTEN, KOSTEN EN BATEN

In algemeen werkt Regioscan Zoetwatermaatregelen als volgt, een specifieke uitwerking per maatregel volgt hieronder.

De Regioscan weegt kosten en baten met elkaar af, gemiddeld over de gekozen rekenperiode. Voor de standaard hydrologische invoer (Landelijk Hydrologisch model (www.nhi.nu)) is dit 30 jaar, 1974 – 2003. Deze periode is vrij te kiezen.

De Regioscan werkt met kennisregels en maatregel-effectrelaties op plotniveau (normaal gesproken: 250x250 m). Er is geen (hydrologische) relatie met de omgeving. De hydrologische situatie per plot is invoer. Deze hydrologische invoer is standaard gebaseerd op berekeningen met het Landelijk Hydrologisch model, maar kan ook worden gebaseerd op een regionaal hydrologisch (iMODFLOW-METASWAP) model.

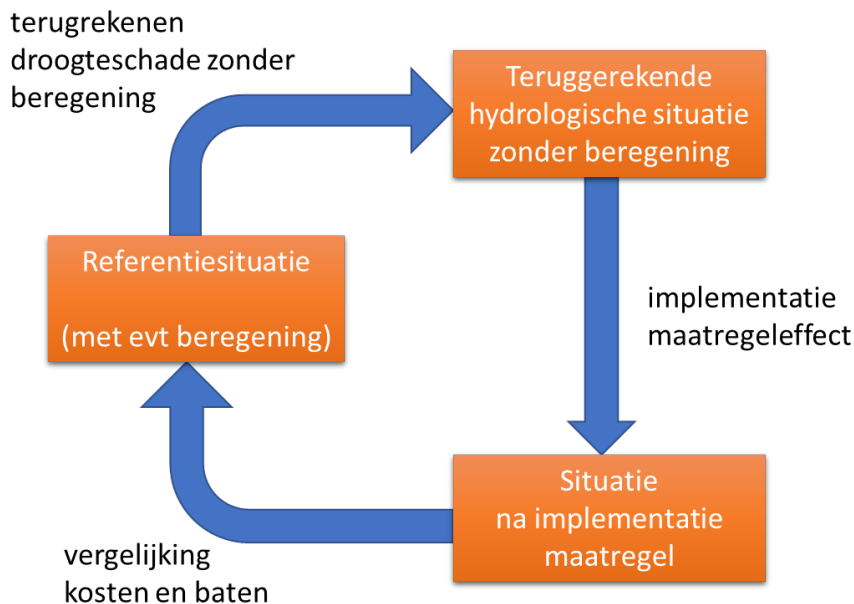
De kosten en baten worden op bedrijfsniveau berekend. De bedrijven in de Regioscan zijn zodanig samengesteld uit plots dat het bedrijfsareaal en landgebruik zoveel mogelijk overeenkomt met het gemiddelde areaal en landgebruik voor een bedrijfstype in een regio. Het landgebruik is gebaseerd op het referentiescenario uit de Deltascenario's (Hunink et al., 2018). De bedrijven zijn daarmee *niet* de daadwerkelijke bedrijven in een gebied. Dit om te specifieke interpretatie (voor het bedrijf van dhr. Jansen zijn ...) te voorkomen.

Uitgangspunt voor de kosten en baten is de referentiesituatie. Dit is de uitgangssituatie zonder maatregelen in een gebied. Dit is de huidige situatie, of eventueel de toekomstige situatie in een klimaatscenario. Als onderdeel van de referentiesituatie wordt er berekend op plots waar dit volgens de hydrologische invoer voorkomt en ligt op verschillende plots conventionele drainage.

Voor de berekening van het hydrologische maatregel-effect wordt eerst de hydrologische situatie zonder eventuele berekening teruggerekend. Waar berekening plaatsvond in de referentie-situatie, wordt uitgerekend wat de droogteschade zou zijn wanneer de berekening niet had plaatsgevonden. Zie ook Figuur D.1.

FIGUUR D.1

STAPPEN IN REKENWIJZE REGIOSCAN ZOETWATERMAATREGELEN



- Een maatregel kan alleen worden toegepast als deze kansrijk is volgens de in de Regioscan Zoetwatermaatregelen opgenomen FWOO kansrijkheidskaarten (Van Bakel et al., 2014). Hierbij geldt om pragmatische redenen dat als een maatregel ergens op het bedrijf ‘mag’, dat deze dan overal op het bedrijf kan worden geïmplementeerd. Het areaal waarover maatregelen mogen worden geïmplementeerd is daarmee vaak groter dan de FWOO kansrijkheidskaarten. De kansrijkheid kan worden opgeroepen in het ‘Maatregel effect’ scherm van de gebruikersinterface.
- De Regioscan gaat impliciet uit van de beschikbaarheid van water voor het uitvoeren van de maatregelen. Grenzen aan beschikbaarheid moeten worden verdisconteerd in de kansrijkheidskaarten. Dit is deels verwerkt in de landelijke kansrijkheidskaarten, zo is perceelstuw niet kansrijk op droge zandruggen bijvoorbeeld. Maar voor bijvoorbeeld Regelbare drainage met subinfiltratie, dat alleen rondom bedrijven met een wateroverschot kan, moet dit per specifieke studie worden ingevuld.
- Kosten worden bepaald door de dimensionering van een maatregel:
 - Over hoeveel hectare wordt de maatregel aangelegd (grootte representatieve bedrijven)
 - Of: hoeveel water is benodigd (opslagmaatregelen)
 - Kosten voor reguliere berekening worden berekend met Agricom, aan de hand van de berekende beregeningsgift (lopende kosten voor arbeid en energie per mm berekening).
- Baten bestaan uit vermeden droogteschade (en in de verziltingsgevoelige kustregio ook zoutschade) en eventueel vermeden beregeningskosten. Voor drainage- en slootmaatregelen wordt gecorrigeerd voor eventueel optredende natschade.
 - Door het toepassen van een maatregel wordt de droogteschade beperkt ten opzichte van de teruggerekende situatie zonder maatregel.
 - Er zijn verschillende typen maatregel-effect relaties, hieronder worden ze per maatregel behandeld.
 - De gewasbaten worden vergeleken met de referentiesituatie (dus inclusief eventuele berekening als die toegepast wordt).
 - Doordat de baten worden bepaald ten opzichte van deze referentiesituatie (en er dus eventueel in de referentie wél en na toepassing van de maatregel geen berekening

- plaatsvond), kan het voorkomen dat er negatieve baten ontstaan. Het toepassen van de maatregel leidt dan tot meer droogteschade dan in de referentiesituatie met berekening.
- Droogteschade wordt met Agricom met vaste gewasprijzen vertaald naar euro's.
 - De baten zijn het verschil in opbrengst (in euro's) tussen de situatie met de maatregel en de referentiesituatie. Ook eventuele vermeden kosten voor berekening die in de referentiesituatie wél en in de situatie met maatregel niet wordt uitgevoerd zitten in de berekende baten.
 - Jaarlijkse kosten worden over de rekenperiode berekend aan de hand van investeringskosten, jaarlijkse onderhoudskosten, de levensduur van een maatregel en een in te stellen discontovoet. De maatregel wordt altijd aangenomen te worden geïmplementeerd op dag 1 van de rekenperiode. Investeringskosten vinden dan plaats, plus na elke verstreken levensduur. Wanneer de levensduur doorloopt tot voorbij de rekenperiode, worden de investeringskosten proportioneel verkleind.
 - Voor het bepalen welke maatregel een boer het beste kan nemen, zijn in de Regioscan Zoetwatermaatregelen verschillende opties mogelijk:
 - Netto baten / kosten. Deze heet in de Regioscan ook wel de 'NBC' en is de ratio tussen netto baten en kosten. $NBC = (baten - kosten) / kosten$. Dit is een eenvoudige maatstaf voor wat voor een boer zelf qua kosten en baten een goede keuze is. Een NBC groter dan nul is een voor de boer rendabele maatregel.
 - Afname van de watervraag. Hierbij worden de maatregelen genomen waarbij de grootte van de afname van de watervraag aan grond- en oppervlaktewater door berekening het grootst is. Bij gelijke afname wordt in tweede instantie op NBC gekozen.
 - Netto kosten per m³. Hierbij worden de maatregelen genomen waarbij de netto kosten per m³ het laagst zijn. De netto kosten per m³ worden berekend door de kosten minus de baten van de maatregel te delen door de afname van de watervraag aan grond- en oppervlaktewater door berekening. Bij gelijke kosten per m³ wordt in tweede instantie op NBC gekozen.
 - Baten gewasopbrengst. Hierbij worden de maatregelen genomen die de grootste toename veroorzaken van de gewasopbrengst van de boer, onafhankelijk van de kosten van de maatregel. Bij gelijke baten gewasopbrengst wordt in tweede instantie op NBC gekozen.
 - In de gebruikersinterface kunnen hierbij maatregelen aan- en uit worden geschakeld, deze worden dan wel of niet meegenomen in de analyse.
 - Voor het maatregelpakket (welke modelbedrijven nemen een maatregel en welke niet?) wordt hetzelfde keuzecriterium aangehouden als voor de keuze voor een maatregel per modelbedrijf. Voor alle bedrijven wordt eerst aangenomen dat zij de beste maatregel kiezen volgens het keuzecriterium. Daarna kijkt de Regioscan in het hele gebied welke bedrijven onderling het hoogste scoren op het keuzecriterium. Een implementatiegraad van 10% betekent dan een selectie van de 10% bedrijven met de hoogste score, waarbij binnen elk bedrijf de maatregel is geselecteerd met de hoogste score.
 - De gebruikte discontovoet in de berekeningen is 0. Kosten en baten worden hiermee niet verdisconteerd. Dit heeft als voordeel dat de (vaste) volgorde van de weerjaren niet uitmaakt voor het resultaat. Uit een gevoeligheidsanalyse blijkt de keuze voor de discontovoet weinig uit te maken voor de relatieve weging van de maatregelen (Delsman et al., 2020).
 - Voor de berekening van de kosten, worden de investeringskosten verrekend naar jaarkosten, door ze te delen door de levensduur. Deze jaarkosten worden ook gebruikt voor resterende periode als de levensduur korter is dan de analyse periode (30 jaar).

- De volgende maatregelen zijn beschikbaar in de Regioscan. De nummering is de interne codering in de Regioscan Zoetwatermaatregelen.

Toedieningsmaatregelen:

- Reguliere beregening (14)
- Druppelirrigatie aan de oppervlakte (23)
- Druppelirrigatie verdiept aangelegd (24)

Opslagmaatregelen:

- Aquifer Storage en Recovery (zoet) met reguliere beregening (3)
- Aquifer Storage en Recovery (zoet) met druppelirrigatie (1)
- Aquifer Storage en Recovery (zout) met reguliere beregening (6)
- Aquifer Storage en Recovery (zout) met druppelirrigatie (5)
- Freshmaker met reguliere beregening (4)
- Freshmaker met druppelirrigatie (2)
- Kreekruginfiltratie met reguliere beregening (7)
- Kreekruginfiltratie met druppelirrigatie (8)
- Lokale opslag zandperceel (21)
- Lokale opslag kleiperceel (22)

Drainagemaatregelen:

- Regelbare drainage (11)
- Regelbare drainage met reguliere beregening voor resterend tekort (25)
- Regelbare drainage met druppelirrigatie voor resterend tekort (27)
- Regelbare drainage met subinfiltratie (13)
- Drains2buffer (17)
- Anti-verziltingsdrainage (19)

Slootmaatregelen:

- Perceelstuwen (32)
- Perceelstuwen met reguliere beregening voor resterend tekort (33)
- Perceelstuwen met druppelirrigatie voor resterend tekort (34)
- Slootbodempverhoging (verondieping) (35)
- Slootbodempverhoging met reguliere beregening voor resterend tekort (36)
- Slootbodempverhoging met druppelirrigatie voor resterend tekort (37)

Bodemverbetering:

- Bodemverbetering - generiek (29)
- Bodemverbetering met reguliere beregening voor resterend tekort (30)
- Bodemverbetering met druppelirrigatie voor resterend tekort (31)
- Bodemverbetering door toediening organische stof (38)
- Organische stof met reguliere beregening voor resterend tekort (39)
- Organische stof met druppelirrigatie voor resterend tekort (40)
- Bodemverbetering door opheffen verdichting (41)
- Verdichting opheffen met reguliere beregening voor resterend tekort (42)
- Verdichting opheffen met druppelirrigatie voor resterend tekort (43)

D.2 SPECIFIEKE BEREKENINGSWIJZE VOOR DE VERSCHILLENDE MAATREGELEN

Onderstaande informatie is een puntsgewijze samenvatting van informatie opgenomen in (Delsman et al., 2018) en (Delsman et al., 2020). In deze rapporten is ook de volledige bronvermelding opgenomen.

D.2.1 TOEDIENINGSMATREGELEN

D.2.1.1 ALGEMEEN

- De hoeveelheid benodigde beregening wordt bepaald door het verdampingstekort van het gewas te vermenigvuldigen met een efficiëntiefactor. In deze efficiëntie zijn zowel verliezen 'bovengronds' (verwaaiing, beregening van weg en slootkanten etc.) als 'ondergronds' (bodemverdamping, weglekken naar drainage en dieper grondwater) meegenomen.

D.2.1.2 REGULIERE BEREGENING

- Voor reguliere beregening is de efficiëntiefactor ingesteld op 25%¹.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom, op basis van investeringskosten (1.000 €/ha) en arbeids- en energiekosten per mm beregeningsgift. Deze laatste zijn in 2019 herzien (Reinhard, 2019) en vastgesteld op respectievelijk 0,50 en 1,56 €/mm/ha.

D.2.1.3 DRUPPELIRRIGATIE AAN OPPERVLAKTE

- Voor Druppelirrigatie aan de oppervlakte is de efficiëntiefactor ingesteld op 76%.
- Druppelirrigatie aan oppervlakte kent vaste kosten van 675 €/ha/jaar.

D.2.1.4 DRUPPELIRRIGATIE VERDIEPT AANGELEGD

- Voor Druppelirrigatie verdiept aangelegd is de efficiëntiefactor ingesteld op 80%.
- Druppelirrigatie verdiept aangelegd kent vaste kosten van 780 €/ha/jaar.

D.2.2 OPSLAGMAATREGELEN

D.2.2.1 ALGEMEEN

- Bij opslagmaatregelen wordt aangenomen dat de hoeveelheid beregening die nodig is in een 1 op 10 droog jaar moet worden opgeslagen. Hierbij wordt rekening gehouden met de efficiëntiefactor van beregening en een terugwinpercentage. De buffer is ieder jaar opnieuw gevuld en wordt gedurende het groeiseizoen niet aangevuld.
- Zoutschade wordt volledig opgeheven.
- De benodigde dimensionering wordt berekend als:

$$\text{verdampingstekort } 1/10 \text{ jaar} * 100 / \text{terugwinpercentage} * 100 / \text{beregeningsefficiëntie}$$
- Voor bedrijven met hoogrenderende teelten wordt alleen voor de percelen met hoogrenderende teelten de opslag gedimensioneerd, voor andere bedrijven wordt voor het gehele bedrijfsareaal gedimensioneerd. Dit onderscheid wordt gemaakt omdat een dergelijke dure voorziening in de praktijk niet zal worden aangelegd om bijvoorbeeld het grasland van een bollenbedrijf te beregenen.

¹ Dit getal is gebaseerd op verkennende berekeningen in fase 1 (gemiddelde efficiëntie gebaseerd op berekening LHM mét en zonder beregening). Inmiddels lijkt 40% een gangbaarder getal te zijn (onder meer genoemd door Jan van Bakel op beregeningsdag Stowa 2019)

D.2.2.2 AQUIFER STORAGE EN RECOVERY (ZOET) MET REGULIERE BEREGENING

- Terugwinpercentage = 100%.
- De berekeningsefficiëntie van Reguliere beregening wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 0.5 E/m³ en 0.03 E/m³/jaar. De levensduur is 25 jaar. Plus de kosten van Reguliere beregening.

D.2.2.3 AQUIFER STORAGE EN RECOVERY (ZOET) MET DRUPPELIRRIGATIE

- Terugwinpercentage = 100%.
- De berekeningsefficiëntie van Druppelirrigatie aan de oppervlakte wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 0.5 E/m³ en 0.03 E/m³/jaar. De levensduur is 25 jaar. Plus de kosten van druppelirrigatie.

D.2.2.4 AQUIFER STORAGE EN RECOVERY (ZOUT) MET REGULIERE BEREGENING

- Terugwinpercentage = 90%.
- De berekeningsefficiëntie van Reguliere beregening wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 1.2 E/m³ en 0.12 E/m³/jaar. De levensduur is 25 jaar. Plus de kosten van reguliere beregening.

D.2.2.5 AQUIFER STORAGE EN RECOVERY (ZOUT) MET DRUPPELIRRIGATIE

- Terugwinpercentage = 90%.
- De berekeningsefficiëntie van Druppelirrigatie aan de oppervlakte wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 1.2 E/m³ en 0.12 E/m³/jaar. De levensduur is 25 jaar. Plus de kosten van Druppelirrigatie.

D.2.2.6 FRESHMAKER MET REGULIERE BEREGENING

- Terugwinpercentage = 100%.
- De berekeningsefficiëntie van Reguliere beregening wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 2.4 E/m³ en 0.104 E/m³/jaar. De levensduur is 25 jaar. Plus de kosten van reguliere beregening.
- Lokale mogelijkheden voor externe wateraanvoer om infiltratie mogelijk maken moeten worden verwerkt in de kansrijkeidskaart voor deze maatregel.

D.2.2.7 FRESHMAKER MET DRUPPELIRRIGATIE

- Terugwinpercentage = 100%.
- De berekeningsefficiëntie van Druppelirrigatie aan de oppervlakte wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 2.4 E/m³ en 0.104 E/m³/jaar. De levensduur is 25 jaar. Plus de kosten van Druppelirrigatie.
- Lokale mogelijkheden voor externe wateraanvoer om infiltratie mogelijk maken moeten worden verwerkt in de kansrijkeidskaart voor deze maatregel.

D.2.2.8 KREEKRUGINFILTRATIE MET REGULIERE BEREGENING

- Terugwinpercentage = 100%.
- De berekeningsefficiëntie van Reguliere beregening wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 2.07 E/m³ en 0.0675 E/m³/jaar. De levensduur is 15 jaar. Plus de kosten van Reguliere beregening.
- Lokale mogelijkheden voor externe wateraanvoer om infiltratie mogelijk maken moeten worden verwerkt in de kansrijkeidskaart voor deze maatregel.

D.2.2.9 KREEKRUGINFILTRATIE MET DRUPPELIRRIGATIE

- Terugwinpercentage = 100%.
- De berekeningsefficiëntie van Druppelirrigatie aan de oppervlakte wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 2.07 E/m³ en 0.0675 E/m³/jaar. De levensduur is 15 jaar. Plus de kosten van Druppelirrigatie aan de oppervlakte .
- Lokale mogelijkheden voor externe wateraanvoer om infiltratie mogelijk maken moeten worden verwerkt in de kansrijkeidskaart voor deze maatregel.

D.2.2.10 ONDERGRONDSE OPSLAG PERCEELSEIGEN WATER ZANDPERCEEL

- Terugwinpercentage = 90%.
- De berekeningsefficiëntie van Druppelirrigatie aan de oppervlakte wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 11000 €/haha (10200 €/haha als al buisdrainage aanwezig) en 450 €/ha/jaar. De levensduur is 20 jaar. Plus de kosten van Druppelirrigatie aan de oppervlakte.

D.2.2.11 ONDERGRONDSE OPSLAG PERCEELSEIGEN WATER KLEIPERCEEL

- Terugwinpercentage = 90%.
- De berekeningsefficiëntie van Druppelirrigatie aan de oppervlakte wordt toegepast.
- Investeringskosten en onderhoudskosten: 11000 €/haha (10200 €/haha als al buisdrainage aanwezig) en 450 €/ha/jaar. De levensduur is 20 jaar. Plus de kosten van Druppelirrigatie verdiept aangelegd.

D.2.3 DRAINAGEMAATREGELEN**D.2.3.1 ALGEMEEN**

- De maatregel wordt toegepast op het gehele areaal van het bedrijf.
- Voor verschillende combinaties van gewas en bodemtype zijn maatregel-effect relaties beschikbaar (Waterwijzer berekeningen), die een procentuele vermindering van de gewas-verdampingsreductie geven. De droogteschade neemt hierdoor navenant af.
- In deze maatregel-effectrelaties is het negatieve effect van eventueel optredende nat-schade verdisconteerd.
- Wanneer een drainagemaatregel wordt gecombineerd met beregening, wordt de na toepassing van de drainagemaatregel resterende verdampingstekort volledig opgeheven door de gegeven beregening. De droogteschade is in dit geval nul, ten koste van additionele kosten voor beregening en watergebruik.

D.2.3.2 REGELBARE DRAINAGE

- Kosten voor Regelbare drainage zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: 260 €/ha/jr (deze kosten zijn over dertig jaar, met investeringskosten en lopende kosten en vervangingskosten als levensduur verstreken is). Voor plots waar in de uitgangssituatie conventionele drainage aanwezig is worden de initiële kosten verminderd.

D.2.3.3 REGELBARE DRAINAGE MET REGULIERE BEREGENING

- Als Regelbare drainage.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door beregening. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor reguliere beregening.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom aan de hand van de benodigde beregeningsgift per jaar. In de huidige situatie ongeveer 30 €/ha/jr.

D.2.3.4 REGELBARE DRAINAGE MET DRUPPELIRRIGATIE

- Als Regelbare drainage.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door Druppelirrigatie. De droogteschade is nul, er worden wel kosten gemaakt voor Druppelirrigatie.
- Druppelirrigatie kent vaste kosten, deze zijn verrekend naar kosten per ha per jaar: 675 €/ha/jr.

D.2.3.5 REGELBARE DRAINAGE MET SUBINFILTRATIE

- Door subinfiltratie neemt het verdampingstekort verder af dan Regelbare drainage. De beschikbaarheid van water moet worden aangegeven met behulp van een kansrijkeidskaart.
- Investerings- en onderhoudskosten voor Regelbare drainage met subinfiltratie zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: respectievelijk 8500 €/haha en 250 €/ha/jr. Deze maatregel kent een levensduur van 10 jaar.
- Lokale mogelijkheden voor externe wateraanvoer om subinfiltratie mogelijk maken moeten worden verwerkt in de kansrijkeidskaart voor deze maatregel.

D.2.3.6 DRAINS2BUFFER

- Als traditionele drainage.
- Zoutschade wordt volledig opgeheven.
- Investerings- en onderhoudskosten voor drains2buffer zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: respectievelijk 2500 €/haha (1000 €/haha als al buisdrainage aanwezig) en 2.5 €/ha/jr. Deze maatregel kent een levensduur van 15 jaar.

D.2.3.7 ANTI-VERZILTINGSDRAINAGE OF SYSTEEMGERICHTE DRAINAGE

- Als Regelbare drainage.
- Zoutschade wordt volledig opgeheven.
- Jaarlijkse kosten voor anti-verziltingsdrainage zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: 267.50 €/ha/jr (167.50 €/ha/jr als al buisdrainage aanwezig). Deze maatregel kent een levensduur van 20 jaar.

D.2.4 SLOOTMAATREGELEN**D.2.4.1 ALGEMEEN**

- De maatregel wordt toegepast op het gehele areaal van het bedrijf.
- Sloopmaatregelen zijn vertaald naar een maximale opzet van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Deze maximale opzet is afhankelijk van de fysieke kansrijkeheid (grondsoort bijvoorbeeld), de maximale opzet van de GVG in het perceel zonder natschade te veroorzaken en de maximale opzet in de sloot of maximale verhoging van de slootbodem.
- Deze GVG is via Waterwijzer berekeningen per grondsoort/gewas gerelateerd aan de optredende droogte- en natschade. Veranderingen in de GVG zijn daarmee te vertalen in veranderingen in optredende droogte- en natschade.

D.2.4.2 PERCEELSTUW

- Een perceelstuw is vertaald naar een maximale opzet van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Deze maximale opzet is afhankelijk van de fysieke kansrijkeheid (grondsoort bijvoorbeeld), de maximale opzet van de GVG in het perceel zonder natschade te veroorzaken en de maximale opzet in de sloot.

- Er blijkt een goede relatie tussen GVG en de gewasverdampingsreductie. Voor verschillende gewassen en bodemtypen is deze relatie afgeleid. De maximale opzet van de GVG wordt hiermee vertaald in een vermindering van de gewasverdampingsreductie. De droogteschade neemt hierdoor navenant af.
- Kosten voor Perceelstuwen zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: 20 €/ha/jr.

D.2.4.3 PERCEELSTUW MET REGULIERE BEREGENING

- Als perceelstuw.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door beregening. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor reguliere beregening.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom aan de hand van de benodigde beregeningsgift per jaar. In de huidige situatie ongeveer 30 €/ha/jr.

D.2.4.4 PERCEELSTUW MET DRUPPELIRRIGATIE

- Als perceelstuw.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door Druppelirrigatie. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor Druppelirrigatie.
- Druppelirrigatie kent vaste kosten per ha: 675 €/ha/jr.

D.2.4.5 SLOOTBODEMVERHOOGING (OF VERONDIEPING)

- Sloopbodemverhoging is vertaald naar een maximale stijging van de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand (GVG). Deze maximale opzet is afhankelijk van de fysieke kansrijkheid (grondsoort bijvoorbeeld) en de maximale opzet van de GVG in het perceel zonder natschade te veroorzaken en de maximale verhoging van de slootbodem.
- Er blijkt een goede relatie tussen GVG en de gewasverdampingsreductie. Voor verschillende gewassen en bodemtypen is deze relatie afgeleid. De maximale opzet van de GVG wordt hiermee vertaald in een vermindering van de gewasverdampingsreductie. De droogteschade neemt hierdoor navenant af.
- Kosten voor Sloopbodemverhoging zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: 226 €/ha/jr.

D.2.4.6 SLOOTBODEMVERHOOGING MET REGULIERE BEREGENING

- Als Sloopbodemverhoging.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door beregening. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor reguliere beregening.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom aan de hand van de benodigde beregeningsgift per jaar. In de huidige situatie ongeveer 30 €/ha/jr.

D.2.4.7 SLOOTBODEMVERHOOGING MET DRUPPELIRRIGATIE

- Als Sloopbodemverhoging.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door Druppelirrigatie. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor Druppelirrigatie.
- Druppelirrigatie kent vaste kosten per ha: 675 €/ha/jr.

D.2.5 BODEMVERBETERINGSMATREGELEN

D.2.5.1 ALGEMEEN

- De maatregel wordt toegepast op het gehele areaal van het bedrijf.
- Bodemverbetering is geïmplementeerd als een additionele buffer in de bodem.
- Deze extra buffer is beschikbaar voor gewasverdamping aan het begin van het groeiseizoen en kan gaande het groeiseizoen door neerslag worden aangevuld (jaar-specifiek). De droogteschade neemt hierdoor navenant af.

D.2.5.2 BODEMVERBETERING

- In deze eenvoudige implementatie worden de veelheid aan mogelijke bodemverbeterende maatregelen samengevat (bijvoorbeeld niet-kerende grondbewerking, rijden met een lage bandenspanning, spitmachine). Hierbij wordt uitgegaan van 5mm in zandbodems en 2mm in klei.
- Kosten voor bodemverbetering zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: 93 €/ha/jr.

D.2.5.3 BODEMVERBETERING MET REGULIERE BEREGENING

- Als bodemverbetering.
- De na de maatregel overblijvende droogteschade wordt vermeden door beregening. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor reguliere beregening.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom aan de hand van de benodigde beregeningsgift per jaar. In de huidige situatie ongeveer 30 €/ha/jr.

D.2.5.4 BODEMVERBETERING MET DRUPPELIRRIGATIE

- Als bodemverbetering.
- De na de maatregel overblijvende droogteschade wordt vermeden door Druppelirrigatie. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor Druppelirrigatie.
- Druppelirrigatie kent vaste kosten per ha: 675 €/ha/jr.

D.2.5.5 BODEMVERBETERING DOOR TOEDIENING EXTRA ORGANISCHE STOF

- Bodemverbetering door toediening extra organische stof is geïmplementeerd als een kaart met de additionele buffer in de bodem. Deze varieert aan de hand van bodemeigenschappen en is – waar kansrijk – in de orde van 1 mm.
- Deze extra buffer is beschikbaar voor gewasverdamping aan het begin van het groeiseizoen en kan gaande het groeiseizoen door neerslag worden aangevuld. De droogteschade neemt hierdoor navenant af.
- Kosten voor bodemverbetering door toediening extra organische stof zijn afhankelijk van het aantal ha aangelegd: 95 €/ha/jr.

D.2.5.6 BODEMVERBETERING DOOR TOEDIENING EXTRA ORGANISCHE STOF MET REGULIERE BEREGENING

- Als bodemverbetering door toediening extra organische stof.
- De na de maatregel overblijvende droogteschade wordt vermeden door beregening. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor reguliere beregening.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom aan de hand van de benodigde beregeningsgift per jaar. In de huidige situatie ongeveer 30 €/ha/jr.

D.2.5.7 BODEMVERBETERING DOOR TOEDIENING EXTRA ORGANISCHE STOF MET DRUPPELIRRIGATIE

- Als bodemverbetering door toediening extra organische stof.
- De na de maatregel overblijvende droogteschade wordt vermeden door Druppelirrigatie. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor Druppelirrigatie.
- Druppelirrigatie kent vaste kosten per ha: 675 €/ha/jr.

D.2.5.8 BODEMVERBETERING DOOR OPHEFFEN VERDICHTING

- Bodemverbetering door opheffen verdichting is geïmplementeerd als een kaart met de additionele buffer in de bodem. Deze varieert aan de hand van bodemeigenschappen en risico op bodemverdichting en is – waar kansrijk – in de orde van 15 mm.
- Deze extra buffer is beschikbaar voor gewasverdamping aan het begin van het groeiseizoen en kan gaande het groeiseizoen door neerslag worden aangevuld. De droogteschade neemt hierdoor navenant af.
- Kosten voor bodemverbetering door opheffen verdichting zijn afhankelijk van het aantal ha waarvoor de maatregel wordt uitgevoerd: 50 €/ha/jr.

D.2.5.9 BODEMVERBETERING DOOR OPHEFFEN VERDICHTING MET REGULIERE BEREGENING

- Als bodemverbetering door opheffen verdichting.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door beregening. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor reguliere beregening.
- De kosten voor reguliere beregening worden berekend door Agricom aan de hand van de benodigde beregeningsgift per jaar. In de huidige situatie ongeveer 30 €/ha/jr.

D.2.5.10 BODEMVERBETERING DOOR OPHEFFEN VERDICHTING MET DRUPPELIRRIGATIE

- Als bodemverbetering door opheffen verdichting.
- De overblijvende droogteschade wordt vermeden door Druppelirrigatie. De droogteschade is nul, maar er worden wel kosten gemaakt voor Druppelirrigatie.
- Druppelirrigatie kent vaste kosten per ha: 675 €/ha/jr.