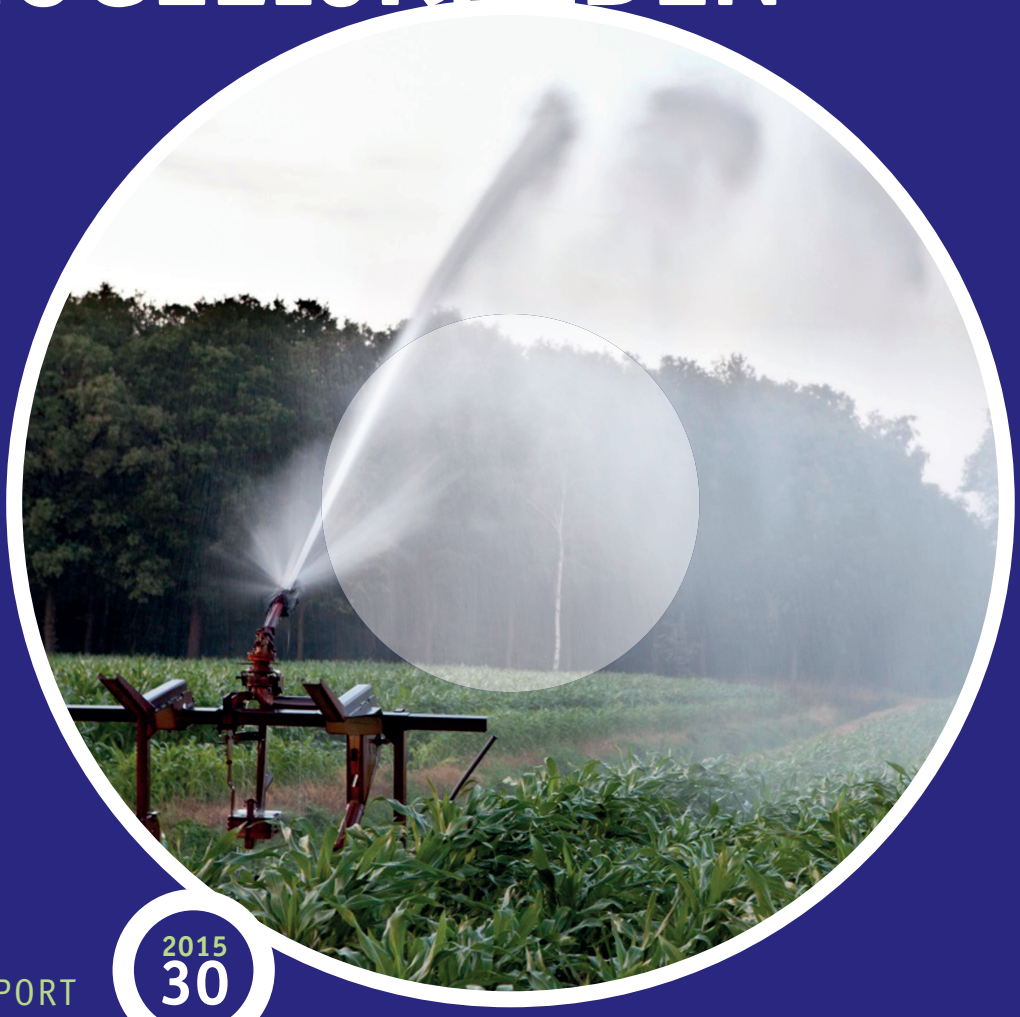
stowa

KLEINSCHALIGE OPLOSSINGEN VOOR EEN ROBUUSTERE REGIONALE ZOETWATERVOORZIENING

ZELFVOORZIENEND IN ZOETWATER: ZOEK DE MOGELIJKHEDEN



RAPPORT 2015 30

stowa

ZELFVOORZIENEND IN ZOETWATER: ZOEK DE MOGELIJKHEDEN

KLEINSCHALIGE OPLOSSINGEN VOOR EEN ROBUUSTERE REGIONALE ZOETWATERVOORZIENING

RAPPORT 2015 30

ISBN 978.90.5773.694.0

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS Ad Jeuken (Deltares), Lieselotte Tolk (Acacia Water), Lodewijk Stuyt (Alterra), Joost Delsman, Perry de Louw, Esther van Baaren (Deltares), Marcel Paalman (KWR Water)

Dit rapport is geschreven in opdracht van STOWA onder begeleiding van Steven Visser (Deltaprogramma Zoetwater), Bas Worm (waterschap Vechtstromen), Maarten Verkerk, Frank van der Bolt (waterschap Aa en Maas), Esmee Vingerhoed (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier) en Rob Ruijtenberg (bureau WeL namens STOWA).
Contact: ruijtenberg@stowa.nl, ad.jeuken@deltares.nl
Foto omslag: beregening landbouw 2010 (deltares.nl)

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau
STOWA STOWA 2015-30
ISBN 978.90.5773.694.0

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

Het klimaat verandert. Dat heeft onder meer tot gevolg dat ons land te maken krijgt 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. Dit sluit aan bij de ambities die in het Deltaprogramma zijn geformuleerd om de watertekorten die in de toekomst worden verwacht niet alleen via maatregelen in het hoofdwatersysteem, maar ook met lokale maatregelen in de regio te ondervangen.

Deze publicatie geeft een overzicht van deze maatregelen, zoals peilgestuurde drainage, ondergrondse zoetwateropslag, efficiënte irrigatie e.d. De maatregelen worden belicht vanuit de technische en fysieke mogelijkheden, maar ook vanuit de economische haalbaarheid, de neveneffecten en de eventuele mogelijkheden en beperkingen bij implementatie.

Hoewel er al het nodige bekend is over al deze aspecten, zijn er op dit ogenblik ook nog een aantal belangrijke vragen onbeantwoord. Vragen die wel een antwoord nodig hebben, willen we dit soort maatregelen over de volle breedte kunnen gaan inzetten als kosteneffectieve maatregelen om de zoetwatervoorziening op peil te houden. Zo moeten de kosten en baten van de maatregelen nog beter in beeld worden gebracht, en moeten de vermeende positieve effecten van lokale maatregelen op regionaal niveau beter worden onderzocht. Dit rapport geeft daarom ook inzicht in de belangrijkste resterende kennisvragen voor succesvolle implementatie.
Het is de bedoeling dat veel van deze vragen worden opgepakt binnen het Nationaal Kennisprogramma Water en Klimaat dat in het voorjaar van 2015 van start is gegaan.

Joost Buntsma
Directeur

SAMENVATTING

In deze STOWA publicatie *Zelfvoorzienend in zoetwater: zoek de mogelijkheden* wordt een overzicht gegeven van de maatregelen die waterbeheerders en watergebruikers in de regio kunnen treffen om de zelfvoorzienendheid op het gebied van zoetwater te vergroten. Dit sluit aan bij de ambities die in het Deltaprogramma zijn geformuleerd om de watertekorten die in de toekomst worden verwacht naast de maatregelen in het hoofdwatersysteem met lokale maatregelen in de regio te ondervangen. Er is een groot aantal van dit soort maatregelen beschikbaar om de neerslag die in een gebied valt beter te benutten, waarmee de zelfvoorzienendheid kan worden vergroot. Een flink aantal pilot studies loopt nog of zijn in het recente verleden afgerond.

Het doel van deze publicatie is drieledig: (1) een overzicht bieden van de huidige stand van de kennis over kleinschalige oplossingen voor een robuustere regionale zoetwatervoorziening, (2) een beschrijving geven van de voor- en nadelen van de verschillende mogelijkheden op basis van deze kennis en (3) inzicht geven in de belangrijkste resterende kennisvragen. De volgende categorieën van maatregelen komen aan bod: 'ontmengen' zoet en zout water in het regionale watersysteem (hoofdstuk 2); vergroten opslag van zoetwater in percelen met behulp van drains (hoofdstuk 3); vergroten opslag van zoetwater in percelen door aanpassingen in het oppervlaktewater (hoofdstuk 4); vergroten waterefficiëntie met efficiënte irrigatie (hoofdstuk 5); vergroten zoetwaterbeschikbaarheid door ondergrondse opslag (hoofdstuk 6); vergroten zoetwaterbeschikbaarheid door bovengrondse opslag (hoofdstuk 7); alternatieve waterbronnen (hoofdstuk 8); zouttoleranties (hoofdstuk 9);

De nadruk ligt daarbij vooral op 'water' gerichte maatregelen in het landelijk gebied en niet op 'bodem' gerichte maatregelen of op maatregelen in stedelijk gebied. Vanwege het belang van bodembeheer voor de zoetwatervoorziening wordt dit onderwerp kort nog aangestipt in hoofdstuk 10.

Tabel A geeft een overzicht van de belangrijkste conclusies ten aanzien van deze clusters van maatregelen. Het gaat daarbij om de technisch/fysieke mogelijkheden, de economische haalbaarheid, neven effecten en mogelijkheden en beperkingen bij implementatie van maatregelen.

TECHNISCHE EN FYSIEKE HAALBAARHEID VAN DE MAATREGELEN

De conclusie is dat er door het doen van de vele pilots in de afgelopen jaren een flinke stap is gezet naar goed inzicht in de werking en effectiviteit van de maatregelen. Met behulp van geschiktheidskaarten is ook een goed beeld verkregen op welke andere plekken buiten de pilot gebieden de maatregelen in principe kunnen worden ingezet voor een betere lokale zoetwaterbeschikbaarheid.

Het klimaat is grillig en deze grilligheid wordt versterkt door klimaatverandering. Van belang voor een ondernemer is om de risico's en de afname ervan als gevolg van het inzetten van maatregelen toch zo goed mogelijk te kunnen calculeren. Een dergelijke risicobenadering is nog beperkt gevolgd in de onderzoeken van de afgelopen jaren. Daarnaast kunnen sommige maatregelen een beperkte hoeveelheid zoetwater voor een beperkte tijd leveren terwijl andere maatregelen aanzienlijk langer effectief kunnen zijn en ook flexibeler kunnen worden ingezet. Zo kan met regelbare drainage wat meer regenwater in het perceel worden opgeslagen. Deze in omvang beperkte hoeveelheid water kan echter niet op elk gewenst

tijdstip in het seizoen worden aangewend zoals bij ondergrondse en bovengrondse opslag soms wel het geval is. Om met dit soort vragen te kunnen omgaan zijn modellen/tools/services nodig om op bedrijfsniveau de risico's op zoetwatertekorten in beeld te brengen over de relevante investeringsperiodes.

TABEL A **OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE EIGENSCHAPPEN VAN DE VERSCHILLENDE MAATREGELEN. 'STATUS' GEEFT AAN OF ER VEEL (DONKERBLAUW) WEINIG (LICHTBLAUW) OF GEEN (WIT) STUDIES OF TOEPASSINGEN ZIJN. 'WAAR' GEEFT AAN OF MAATREGEL BETREKKING HEEFT OP HOOG OF LAAG NEDERLAND. DE 'TOEPASSING' GEEFT AAN OF DE MAATREGEL MOET WORDEN UITGEVOERD OP PERCEEL, LOKAAL OF REGIONAAL NIVEAU. 'KOSTEN' GEEFT EEN EERSTE INDICATIE VAN DE KOSTEN VAN DE MAATREGEL. 'BESCHIKBAARHEID' GEEFT AAN OF DE MAATREGEL ZORGT VOOR EEN BESPARING (B), WATER DAT SLECHTS IN EEN DEEL VAN HET JAAR (OPEN BOLLETJES) OF ALTIJD (DICHTE BOLLETJES) BESCHIKBAAR IS, EN OF DE LEVERINGSCAPACITEIT GENOEG IS OM BEPERKT (ÉÉN BOLLETJE) OF VOLLEDIG (TWEE BOLLETJES) AAN DE PIEKVRAAG TE VOLDOEN. IN 'NEVENEFFECTEN' WORDT AANGEGEVEN WELKE EXTRA BATEN EEN MAATREGEL NAAST ZOETWATER OPLEVERT. 'WET- EN REGELGEVING' LAAT ZIEN OF EEN MAATREGEL DOOR HET BESTAANDE BELEID WORDT BEPERKT OF GESTIMULEERD. *DE KOSTEN ZIJN EEN ZEER GLOBALE SCHATTING OP BASIS VAN DE BESCHIKBARE INFORMATIE**

Maatregel	Status			Waar		Toepas-baarheid			Kosten * (€/m3)	Capaciteit / beschikbaarheid (m3/h)	Neveneffecten							Wet- en regel-geving
	desk-study	veldproef	Dagelijkse praktijk	Laag Nederland	Hoog Nederland	Perceel	Lokaal - gezamenlijk	Regionaal	€: < 0,5 €€: 0,5-1 €€€: > 1	o tijdelijk ● beperkt ●● volledig ●●● groot b besparing	Slootkwaliteit verbetering	Bodemdaling reductie	Piekafvoer reductie	Ruimtebesparing	Bacteriologische zuivering	Extra gewaskwaliteit	Waterbeheer voordeel	- beperkend o neutraal + stimulerend
2 Slimmer doorspoelen in het regionale watersysteem							●	●	€-€€€	b	●						●	o
3 Perceelsopslag mbv drainage maatregelen						●			€-€€	o	●	●	●	●				o/+
4 Perceelsopslag mbv maatregelen in de sloten						●	●	●	€	o	●	●	●					o/+
5 Vergroten water efficiëntie met 'Precisie landbouw'						●			€ - €€	b						●		o
6 Ondergrondse opslag						●	●		€ - €€€	●●(●)			●	●	●			-
7 Bovengrondse opslag						●	●	●	€€ - €€€	●●(●)			●					o
8 Gebruik alternatieve waterbronnen						●			(€) - €€€	●(●)							●	o
9 Gebruik zouttoleranties gewassen						●		●		b	●						●	-/o

De waterbeheerder heeft echter behoefte aan inzicht in risico's op tekorten en de (kosten) effectiviteit van lokale maatregelen op de schaal van zijn beheersgebied om een goede afweging te maken met maatregelen die hij zelf kan nemen. Met geschiktheidskaarten kunnen we de geschiktheid van gebieden voor bepaalde maatregelen in beeld brengen. Maar wat betekent het nu als dit potentieel ook daadwerkelijk voor een groot deel zou worden benut? Wat levert dat in totaal op? In eerder onderzoek naar de opschaling van lokale maatregelen wordt gesteld dat maatregelen elkaar in hydrologische zin kunnen versterken of tegenwerken (interferentie effecten) maar in welke mate is nog onduidelijk. Het is daarom nodig om het landelijke en regionale modelinstrumentarium geschikt te maken om beter de effecten van lokale maatregelen in beeld te brengen. Het gaat dan niet om specifieke uitspraken op specifieke locaties maar om een betere schatting te geven van de bijdrage aan de regionale zoetwatervoorziening ter ondersteuning van, realisatie van, gebiedsplannen.

BEDRIJFSECONOMISCHE HAALBAARHEID VOOR DE AGRARISCHE ONDERNEMER

Voor het schatten van de bedrijfseconomische haalbaarheid zijn naast de fysieke effectiviteit (zeg m^3 water) goede kosteninschattingen nodig van de benodigde investeringen en het onderhoud. Daarnaast moet er zekere meeropbrengst (extra baten) gegenereerd worden als gevolg van het inzetten van de maatregel. Voor de meeste maatregelen kunnen de kosten redelijk in beeld worden gebracht het zij met vaak grote marges vanwege lokaal wisselende omstandigheden en schaal van toepassing. Deze publicatie geeft hiervan een overzicht. Een vraag die een ondernemer zich zal stellen is of er goedkopere alternatieven beschikbaar zijn voor de maatregelen hier genoemd. Uit directe kosteneffectiviteit die genoemd worden in de pilots blijkt vaak dat een maatregel enkel bij hoogrenderende teelten of bij extreme omstandigheden zoals droogtes (waarvan onzeker is hoe die door klimaatverandering gaan toenemen) uit kunnen. Voor een bedrijfseconomische afweging is het nodig om de directe kosten en baten over een langere periode beter te kennen inclusief een goede inschatting van klimatologische risico's. Ook is het nodig om een aantal extra baten die voor een ondernemer van belang zijn, zoals het reduceren van ziektekiemen, minder bestrijdingsmiddelen etc., goed te kwantificeren. Toekomstige pilot projecten zouden daarom veel meer de bedrijfseconomische aspecten in beschouwing moeten nemen in aanvulling op directe kosteneffectiviteit.

REGIONALE KOSTEN EN BATEN

Naast directe voordelen van extra m^3 bieden de lokale maatregelen nog andere voordelen. Uit het overzicht in deze publicatie komt naar voren dat er vele mogelijke positieve neveneffecten zijn te verwachten van de maatregelen. Deze effecten zijn veelal slechts zeer kwalitatief bekend en zijn zelden de kern van onderzoek geweest. Naast de extra baten zoals hierboven genoemd voor de agrariër zijn er ook positieve neveneffecten te verwachten voor de waterbeheerder (bijvoorbeeld extra baten als wateroverlast bestrijding en verbetering van de waterkwaliteit en ecologie). Kleinschalige maatregelen kunnen dus waarschijnlijk worden ingezet om bij te dragen aan meerdere doelstellingen naast de zoetwatervoorziening (zoals de Kaderrichtlijn water). Om hier een beter idee van te krijgen ligt het daarom voor de hand om regionale studies uit te voeren en daarbij expliciet aandacht te schenken aan de extra baten die voortkomen uit de maatregelen. Let wel, deze baten kunnen soms ook negatief zijn zoals het versneld uitspoelen van nutriënten bij bepaalde vormen van drainage en het vergroten van wateroverlast door het verhogen van slootbodems. Het eerder genoemde modelinstrumentarium zou daar bij ingezet en uitgebreid kunnen worden.

IMPLEMENTATIE

Het overzicht van kleinschalige maatregelen in deze publicatie geeft aan dat er potentie is voor meer lokale maatregelen om de zelfvoorzienendheid van gebieden te vergroten. De ondernemers en waterbeheerders hebben elkaar hierbij nodig om tot opschaling te komen en regionale kosten en baten te verzilveren. De overheid werkt aan het ontwikkelen van voorzieningenniveaus, waarin met regelgeving en afspraken kleinschalige maatregelen kunnen worden gestimuleerd. Het bedrijfsleven kan zelf ook zorgen voor een efficiencyslag bijvoorbeeld door op grotere schaal samen te werken of door het stimuleren van de maatregelen via eigen professionele en sociale netwerken. Daarbij vallen doelen van het waterbeheer niet vanzelf samen met business cases voor agrariërs. Een gebiedsgerichte aanpak is nodig. Tools die de effecten voor de agrariërs en waterbeheerders in beeld moeten brengen kunnen daarbij worden ingezet voor de ondersteuning van strategische afwegingen.

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 onderzoekslijnen 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 van 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.

ZELFVOORZIENEND IN ZOETWATER: ZOEK DE MOGELIJKHEDEN

INHOUD

	TEN GELEIDE	
	SAMENVATTING	
	STOWA IN HET KORT	
1	INLEIDING	1
2	ONTMENGEN EN SLIMMER DOORSPOELEN IN HET REGIONALE WATERSYSTEEM	6
3	VERGROTEN OPSLAG VAN ZOETWATER IN PERCELEN MET BEHULP VAN DRAINS	11
4	VERGROTEN OPSLAG VAN ZOETWATER IN PERCELEN DOOR AANPASSINGEN IN HET OPPERVLAKTEWATER	18
5	VERGROTEN WATEREFFICIËNTIE MET EFFICIËNTE IRRIGATIE	23
6	VERGROTEN ZOETWATERBESCHIKBAARHEID DOOR ONDERGRONDSE OPSLAG	27
7	VERGROTEN ZOETWATERBESCHIKBAARHEID DOOR BOVENGRONDSE OPSLAG	35
8	GEBRUIK VAN ALTERNATIEVE WATERBRONNEN	38
9	ZOUTTOLERANTIE	42
10	OVERIGE MAATREGELEN	48
11	CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN	52
12	REFERENTIES	57

1

INLEIDING

CENTRALE VRAAG

In deze STOWA publicatie *Zelfvoorzienend in zoetwater: zoek de mogelijkheden* wordt een overzicht gegeven van de maatregelen die waterbeheerders en watergebruikers in de regio kunnen treffen om de zelfvoorzienendheid op het gebied van zoetwater te vergroten. Dit sluit aan bij de ambities die in het Deltaprogramma zijn geformuleerd om de watertekorten die in de toekomst worden verwacht naast met maatregelen in het hoofdwatersysteem met lokale maatregelen in de regio te ondervangen (Deltaprogramma Zoetwater, 2014). Er is een groot scala aan maatregelen beschikbaar om de neerslag die in het gebied valt beter te benutten, waarmee de zelfvoorzienendheid kan worden vergroot.

In deze publicatie wordt voor verschillende categorieën van maatregelen onderbouwd wat hun bijdrage kan zijn aan de vergroting van de zelfvoorzienendheid. Daarbij komen onder andere aan bod wat de voor- en nadelen zijn van de verschillende maatregelen, waar ze toegepast kunnen worden en welke (orde van grootte) kosten ze met zich meebrengen.
Deze publicatie behandelt achtereenvolgens de volgende categorieën van maatregelen:

- ’ontmengen’ zoet en zout water in het regionale watersysteem (hoofdstuk 2);
- vergroten opslag van zoetwater in percelen met behulp van drains (hoofdstuk 3);
- vergroten opslag van zoetwater in percelen door aanpassingen in het oppervlaktewater (hoofdstuk 4);
- vergroten waterefficiëntie met efficiënte irrigatie (hoofdstuk 5);
- vergroten zoetwaterbeschikbaarheid door ondergrondse opslag (hoofdstuk 6);
- vergroten zoetwaterbeschikbaarheid door bovengrondse opslag (hoofdstuk 7);
- Alternatieve waterbronnen (hoofdstuk 8);
- zouttoleranties (hoofdstuk 9);
- overige maatregelen (hoofdstuk 10).

De nadruk ligt daarbij vooral op ‘water’ gerichte maatregelen in het landelijk gebied en niet op ‘bodem’ gerichte maatregelen of op maatregelen in stedelijk gebied. Vanwege het belang van bodembeheer voor de zoetwatervoorziening wordt dit onderwerp kort nog aangestipt in hoofdstuk 10. Andere publicaties zoals het maatregelenboek van het project Landbouw op peil (Landbouw op peil, 2014) geven wat dit betreft echter een vollediger overzicht.

Het doel van deze publicatie is drieledig: (1) een overzicht bieden van de huidige stand van de kennis over kleinschalige oplossingen voor een robuustere regionale zoetwatervoorziening, (2) een beschrijving geven van de voor- en nadelen van de verschillende mogelijkheden en (3) inzicht geven in de belangrijkste resterende kennisvragen.

VAN SCEPSIS NAAR VERWACHTING NAAR BELEID

Bij de start van het Deltaprogramma in 2010 was er op de hogere zandgronden al beleid ontwikkeld rond kleinschalige, lokale maatregelen voor een betere zoetwatervoorziening. Nu, in 2015, zijn er grote stappen gezet. De voorkeurstrategie voor zoetwater van het Deltaprogramma verwacht van vrijwel alle regio’s een grotere of kleinere bijdrage aan efficiënter en zuiniger watergebruik door middel van diverse lokale maatregelen. Door een kennispro-

gramma als 'Kennis voor Klimaat' en allerlei pilotprojecten in hoog- en laag-Nederland weten we nu ook veel beter hoe lokale maatregelen in de praktijk toegepast moeten worden, wat ze kosten en wat ze aan zoetwater opleveren. Hiermee is de verwachting gewekt dat kleinschalige maatregelen inderdaad kunnen bijdragen aan het verkleinen van de zoetwateropgave. Een volgende stap is om deze verwachtingen waar te maken en de nieuw ontwikkelde kennis te benutten voor verdere implementatie in het regionale waterbeleid.

DOELSTELLING VAN ROBUUSTERE REGIONALE ZOETWATERVOORZIENING

Waarom zouden we willen streven naar meer regionale zelfvoorziening met zoetwater?
Voor gebieden met wateraanvoer biedt het een *kans* om minder afhankelijk te zijn van het hoofdwatersysteem. Voor gebieden die geen aanvoer kennen is het simpelweg een *noodzaak*. De urgentie wordt versterkt wegens de veranderende klimatologische omstandigheden. Door meer efficiëntie in gebruik en lokale buffers te vergroten kunnen grotere baten worden behaald en kan er bespaard worden in de beheerskosten voor wateraanvoer en verziltingsbestrijding. Een regio die door verschillende maatregelen en bronnen van water wordt voorzien is vaak beter bestand tegen extreme droogte dan een regio die afhankelijk is van én bron.

Het *doel van meer zelfvoorziening* is om de regionale zoetwaterbeschikbaarheid te verbeteren. Dit doel kan worden bereikt door:

- efficiënter en/of zuiniger waterbeheer op *regionale* schaal;
- een mix van *lokale* innovatieve maatregelen waardoor meer water langer beschikbaar blijft of waardoor het water efficiënter wordt benut.

Uit het voorgaande mag duidelijk zijn dat we onderscheid maken tussen gebieden met en zonder externe wateraanvoer, en twee niveaus van zelfvoorziening, namelijk op lokale en op regionale schaal. Er wordt gekeken naar maatregelen die kunnen leiden tot een waterbesparing, een vergroting van de (lokale) zoetwatervoorraad, en efficiënter gebruik van het water. Hierbij komen ook maatregelen aan bod die kunnen leiden tot een vergroting van de gewasopbrengst door effectief gebruik van zoetwater. Dit is van belang voor het draagvlak bij de agrariërs (op wiens percelen een aantal van de maatregelen moet worden uitgevoerd), en het levert een bijdrage aan het (in)directe doel van voldoende zoetwater, namelijk om de agrarische productie in een gebied te faciliteren.

In welke omvang maatregelen moeten worden ingezet is nog onduidelijk. Expliciete doelen voor te bereiken niveaus van voorziening ontbreken nog. Dit vergt een nadere analyse van verdrogings- en verziltingsrisico's (onder een veranderend klimaat) en een kwantificering van de potentiele afname van deze risico's als gevolg van lokale en regionale maatregelpakketten en een gebiedsproces waarbij op basis van actuele en verwachte problemen i.c.m. kosten en baten van mogelijke maatregelen het *voorzieningenniveau* in de toekomst afgesproken gaat worden met de inwoners en gebruikers in zo'n gebied.

AANPAK VAN DEZE PUBLICATIE

Om de grote hoeveelheid aan maatregelen overzichtelijk weer te geven zijn ze in deze publicatie in een tiental categorieën ingedeeld. Daarbij zijn de maatregelen zo samengevoegd dat maatregelen die technisch vergelijkbaar zij één categorie vormen, waarbij ook zoveel mogelijk is gezorgd dat de maatregelen binnen een categorie betrekking hebben op hetzelfde schaalniveau (perceelniveau of regionaal). Per categorie aan maatregelen wordt een algemene beschrijving gegeven en een zoveel mogelijk uitputtend een lijst van maatregelen die in deze

categorie vallen. Hieruit zijn per categorie exemplarische voorbeelden geselecteerd die verder worden uitgewerkt in de hoofdstukken, deze geven een gedetailleerde beeld te geven van de stand van de kennis en de voor- en nadelen van de maatregelen. Vervolgens wordt uitgezoomd naar de huidige stand van zaken op het gebied van zelfvoorzienendheid en worden de resterende kennisvragen geduid.

Omdat de maatregelen zijn zo geclusterd dat ze per categorieën vergelijkbare eigenschappen hebben, kan voor elk van de categorieën de huidige status, waar ze kunnen worden toegepast, de orde van grootte van de kosten en de positieve dan wel negatieve neveneffecten worden samengevat. Dit is gedaan in tabel 2 (hoofdstuk 11), die zo een snel overzicht geeft van de verschillende maatregelen.

Opgemerkt moet worden dat het doel van deze publicatie is om een overzicht op landelijk niveau te geven. Door deze landelijke focus is het detailniveau echter beperkt. De exacte eigenschappen van de maatregelen kunnen door (zeer) kleinschalige factoren worden beïnvloedt. Een exacte specificatie van de maatregelen valt dan ook buiten de doelstelling van deze publicatie. Het overzicht dat hier wordt gepresenteerd biedt een landelijk georiënteerd denkkader voor kleinschalige maatregelen, dat verder per gebied kan worden uitgewerkt.

LEESWIJZER

Deze publicatie behandelt achtereenvolgens de volgende categorieën van maatregelen:

- ’ontmengen’ zoet en zout water in het regionale watersysteem (hoofdstuk 2);
- vergroten opslag van zoetwater in percelen met behulp van drains (hoofdstuk 3);
- vergroten opslag van zoetwater in percelen door aanpassingen in het oppervlaktewater (hoofdstuk 4);
- vergroten waterefficiëntie met efficiënte irrigatie (hoofdstuk 5);
- vergroten zoetwaterbeschikbaarheid door ondergrondse opslag (hoofdstuk 6);
- vergroten zoetwaterbeschikbaarheid door bovengrondse opslag (hoofdstuk 7);
- Alternatieve waterbronnen (hoofdstuk 8);
- zouttoleranties (hoofdstuk 9);
- overige maatregelen (hoofdstuk 10).

Elk hoofdstuk behandelt een cluster van maatregelen.
In elk hoofdstuk komen dezelfde tien deelvragen aan bod om een systematisch overzicht en onderlinge vergelijking mogelijk te maken:

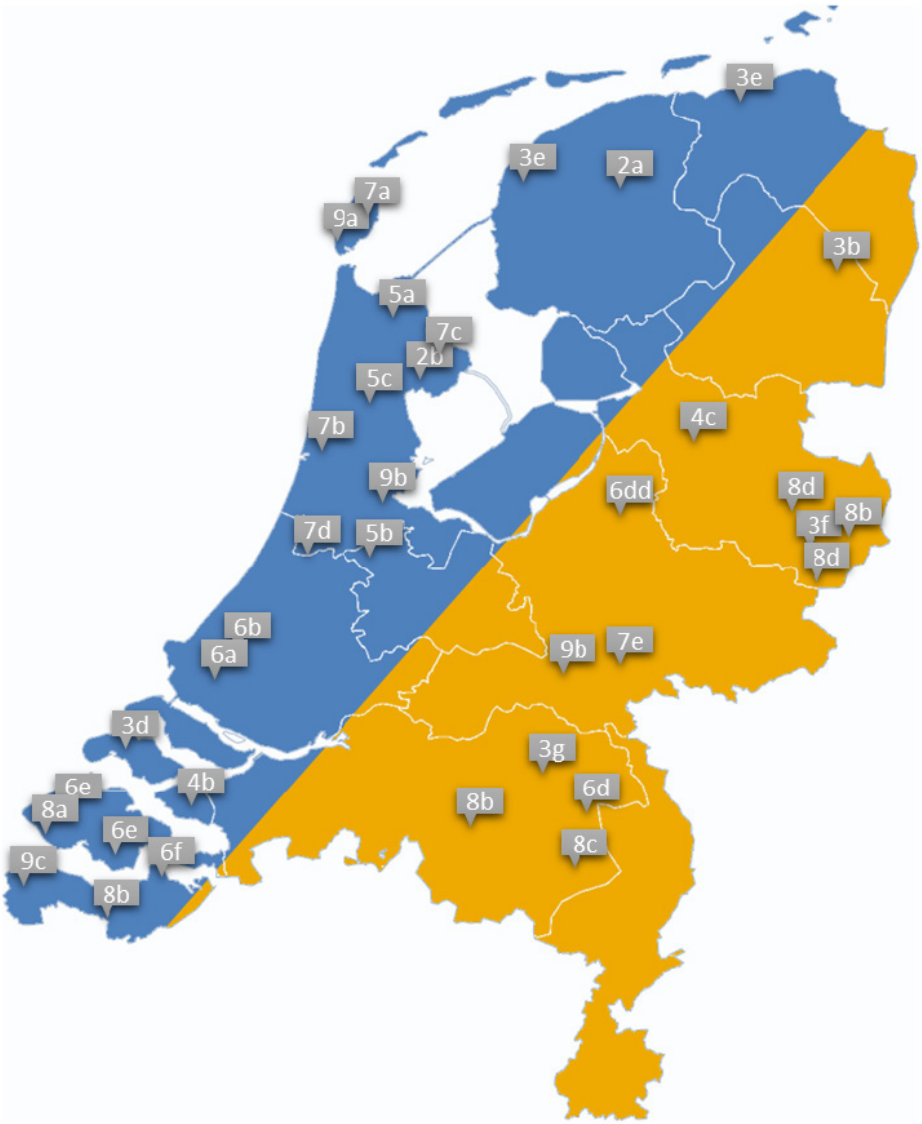
1 Wat houdt de maatregel in en hoe vergroot deze de zelfvoorzienendheid?
2 Wat is de status van de maatregel?
3 Waar kan de maatregel worden toegepast?
4 Op welk schaalniveau vergroot de maatregel de zelfvoorzienendheid?
5 Heeft de maatregel belangrijke neveneffecten?
6 Wat zijn de kosten en baten van de maatregel?
7 Wat zijn aandachtspunten m.b.t. beheer en onderhoud?
8 Past de maatregel in bestaand beleid?
9 Welke stappen zijn nodig om deze maatregel gerealiseerd te krijgen?
10 Belangrijkste referenties

In hoofdstuk 11 worden de antwoorden op de verschillende deelvragen samengevat en worden conclusies getrokken en aanbevelingen gedaan.

PILOT LOCATIES

Veel van de kleinschalige maatregelen worden al uitgevoerd. De onderstaande kaart en tabel geven een overzicht van de toepassingen van kleinschalige maatregelen, verspreid over heel Nederland.

FIGUUR 1 **LOCATIE VAN LOPENDE EN UITGEVOERDE PILOTS GEBRUIKT IN DIT RAPPORT**



TABEL 1 **OVERZICHT VAN DE LOPENDE EN AFGERONDE PILOTS GEBRUIKT IN DIT RAPPORT. NUMMERS CORRESPONDEREN MET LOCATIES OP DE KAART IN FIGUUR 1**

Onderwerp	nr	Pilot naam	Pilot locatie	website / referentie
2 Ontmengen zoet en zout in het regionale watersysteem				
Scheiden van aan- en afvoerstromen	2a	Hoogwatercircuits	Friese veenweidegebieden	
Slimmer doorspoelen	2b	Inlaat op Maat	Provincie Noord Holland	www.acaciawater.com/nw-28008-7-3564891/nieuws/inlaat_op_maat.html
	2c	BOS Brabant		
	2d	RWsOS-FEWS Waterbeheer		
Scheiden zoete en zoute waterstromen	2e	Waterhouderij Walcheren	Walcheren	www.waterhouderij.nl
3 Vergroten opslag van zoetwater in				
Regelbare drainage	3a	KAD		
	3b	Regelbare drainage	Exloo	www.hunzeenaas.nl/nieuwsbrief/landbouw-juni-14/Paginas/Pilot-regelbare-drainage.aspx
Drainage Nieuwe Stijl (DNS)	3c			
Vergroting zoetwaterlens	3d	Drains2buffer	Kerkwerve (Zeeland)	www.go-fresh.info
	3e	Spaarwater	Herbaijum, Hornhuizen	
Regelbare drainage (DROP en Landbouw op Peil)	3f	Regelbare drainage	De Lutte, Reutum (Overijssel)	- www.vechtstromen.nl/projecten/projecten/water-collectief/ en www.dropproject.eu/waterschap-vechtstromen/ en
Peilgestuurde drainage	2e	Waterhouderij Walcheren	Walcheren	www.waterhouderij.nl
	3g	Peilgestuurde drainage	Aa en Maas	www.aaenmaas.nl/pagina/bij-u-in-de-buurt/werk-in-uitvoering/gebiedsbrede-
4 Vergroten opslag van zoetwater in				
Waterconservering door stuwtjes	4a	Waterconservering in het Benelux		
	4b	Stuwtjes project	Zeeland	
Automatisch getrapt stuwen in hellend gebied	4c	Slimme stuw (SAWAX)	Arrien (Ommen)	www.knowh2o.nl/projecten/sawax-slimme-adaptieve-waterbeheer-extender/ en www.knowh2o.nl/sawax-stuw-met-wateraanvoer-bij-droogte/
Profielverkleining	4d			
	4e	Hermeandering		
5 Vergroten watereffficiëntie met				
Druppelirrigatie	5a	Spaarwater	Breezand (Noord Holland),	Spaarwater.nl
Infiltratie via drainage	5b	Sturen met Water	Zegveld (Zuid Holland)	VIC.nl
	5c	Ecoboeren	Schermer (Noord Holland)	Ecoboeren.nl
Precisie-irrigatie	5d			
6 Vergroten zoetwaterbeschikbaarheid				
Ondergrondse opslag in watervoerende	6a	Ondergrondse opslag in de	Kassengebied Westland	KWR.nl
	6b	Kennis voor Klimaat ASR	Nootdorp	
	6c	Spaarwater	Breezand, Borgsweer	Spaarwater.nl
	6d	Stippelberg	Gemert	www.kwrwater.nl/droogennat/stippelberg/
	6dd	De Blauwe bron	Epe	
De 'Freshmaker'	6e	Fresh maker	Overzande, Zuid Beveland	www.go-fresh.info
		Fresh keeper		
Infiltratie zoetwater in kreekruggen	6f	Kreekrug Infiltratie Systeem	Serooskerke, Walcheren	www.go-fresh.info
Kwelvoorziening ter bescherming / vergroting zoetwaterbel	6g	Kwelvoorziening Perkpolder	Perkpolder (Zeeland)	www.deltares.nl/nl/nieuws/kwelvoorziening-beschermt-zoetwaterbel-perkpolder/
7 Vergroten zoetwaterbeschikbaarheid				
Regenwaterbassin	7a	Zoetwater Berging	Texel	zoetwaterberging.nl
Waterberging in natuurgebied	7b	Schoonwatervallei Castricum	Castricum	www.landschapnoordholland.nl/project/schoonwatervallei
Meervoudig ruimtegebruik	7c	Achteroever	Koopmans-polder	www.noord-holland.nl/web/Themas/Groen/Groenprojecten/Koopmanspolder.htm
	7d	Seizoensberging	Haarlemmermeer	
	7e	Waterrijk Park Lingezege	Arnhem	
8 Gebruik van alternatieve				
Milde Ontzilting	8a	FOURCE #1 - Cap-DI	Serooskerke (Walcheren)	
Hergebruik afvalwater van RWZI's	8b	diverse locaties	Efteling, Ootmarsum,	STOWA rapport 2012-12
Hergebruik afvalwater van AWZI	8c	Bier-boer-water	Lieshout	www.boerbierwater.nl
Subinfiltratie effluent via KAD in de	8d	Subinfiltratie effluent	Haaksbergen	landbouwoppeil.nl/nieuws/maatregelenboek/
9 Zouttolerantie				
Onderzoeken zouttolerantie	9a	Zilte proefbedrijf	Texel	www.ziltproefbedrijf.nl/
Veredeling van landbouwgewassen	9b	WUR, VU	Amsterdam, Wageningen	
Onderzoek zout-tolerante aardappel	9c	Zoektocht naar zout-tolerante	Nieuw-Namen (Zeeland)	

Daarnaast heeft het DP Zoetwater een aantal regionale pilots opgezet: Proeftuin Regio IJsselmeer (o.a. zelfvoorzienende zoetwaterberging en systeemgerichte drainage); Proeftuin Regio Zuidwestelijke Delta; Regio Hoge Zandgronden; Zoetwaterfabriek Groote Lucht - Regio West Nederland; Duurzaam gebruik ondiep grondwater - Regio Rivierenland. Deze overlappen gedeeltelijk met de lokale initiatieven in deze tabel.

2

ONTMENGEN EN SLIMMER DOORSPOELEN IN HET REGIONALE WATERSYSTEEM

In west Nederland, waar zout grondwater zich dicht aan de oppervlakte bevindt, spoelt zout grondwater uit naar de sloten en verzilt het oppervlaktewater. Waar zoet oppervlaktewater kan worden aangevoerd, wordt het regionale watersysteem doorgaans doorgespoeld met zoet oppervlaktewater, om zoutconcentraties in het oppervlaktewater tot een acceptabel niveau te verdunnen. Doorspoelen gebeurt vooral omwille van zoutconcentraties, maar in vooral stedelijk gebied zijn andere kwaliteitsparameters van belang (zuurstofverbruik, stank). De gangbare praktijk komt neer op weinig sturing, met vaste doorspoelhoeveelheden van april tot oktober. Door deze beheerpraktijk, door snelle menging van ingelaten water met zout grondwater, door grote ruimtelijke variatie in zoutconcentraties, door een gebrek aan kennis van-, en inzicht in het eigen watersysteem en door weinig of geen afstemming met zoetwatergebruikers (agrariërs) is de gangbare praktijk van doorspoelen doorgaans weinig efficiënt. Daarom kan zoetwater efficiënter worden ingezet en bespaard door toepassing van de volgende maatregelen:

- Scheiden van aan- en afvoerstromen
- Slimmer doorspoelen (of synoniemen als inlaat op maat)

FIGUUR 2 **VOORBEELD VAN EEN INLAAT IN DE HAARLEMMERMEERPOLDER (KELDERMAN, 2015)**

Op de hoge zandgronden is er vooral doorspoelbehoefte ten aanzien van andere parameters dan zout. Het voorkomen van stank, zuurstofloosheid, algen, flab en kroos bijvoorbeeld. Dit doel van watermanagement wordt hier verder niet behandeld.

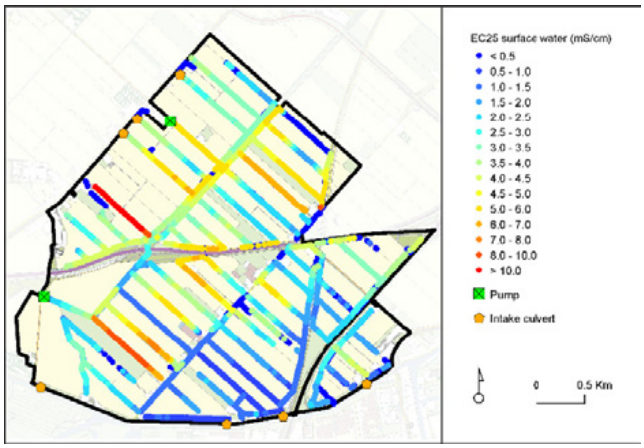
WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Bij 'slimmer' doorspoelen wordt doorgespoeld op basis van continue gemeten, en telemetrisch doorgegeven zoutconcentraties, of bijvoorbeeld schattingen van-, en/of gemelde beregeningsbehoeften, en wordt alleen het daadwerkelijk benodigde water ingelaten. Deze maatregel bespaart water doordat de inlaat wordt afgestemd op de behoefte en verspilling wordt vermeden. Dit wordt gerealiseerd door inlaten te automatiseren en te regelen met behulp

van gekoppelde metingen van het zoutgehalte en het waterpeil in sloten. Uit onderzoek blijkt overigens dat juist in droge perioden de doorspoelbehoefte kleiner kan zijn dan gedacht, omdat er dan ook minder zout water uitspoelt dat verdund moet worden (Delsman et al., 2014).

Een manier om inlaatwater beter te benutten is het zo lang mogelijk voorkómen van bijmenging met zout grondwater. Immers, door deze bijmenging is het water in de sloot op een gegeven afstand van het inlaatpunt niet langer geschikt voor beregening. Bij uitvoer van de maatregel 'scheiden aan- en afvoer' worden de stromen zoet inlaatwater en zout kwelwater zo lang mogelijk van elkaar gescheiden. De behoefte aan inlaatwater is dan minder groot, of wordt effectiever ingezet in het achter de inlaat liggende gebied. Dit kan grootschalig worden toegepast bij ruilverkavelingen, door aanpassing van het slootpatroon. Met veel minder aanpassingen kunnen slim geplaatste duikers en stuwtjes de stroming in sloten echter ook in belangrijke mate beïnvloeden. Hiervoor is wel gedetailleerde kennis van zout en stroming in sloten nodig. Een goedkope 'EC-routing', waarbij de ruimtelijke variatie in het zoutgehalte wordt gemeten met een EC-meter gekoppeld aan GPS, is hierbij een goed hulpmiddel (Figuur 3).

FIGUUR 3 **VOORBEELD VAN DE GROTE VARIATIE IN HET ZOUTGEHALTE BINNEN EEN PEILVAK IN DE HAARLEMMERMEER (BLAUW IS ZOET, GROEN IS BRAK, EN GEEL-ROOD IS ZOUT OPPERVLAKTE WATER) (DELSMAN, 2015)**



WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGELEN?

Maatregel	Desk-study / model	Veldproef	Dagelijkse praktijk
Scheiden aan- en afvoer			
'Slimmer' doorspoelen			

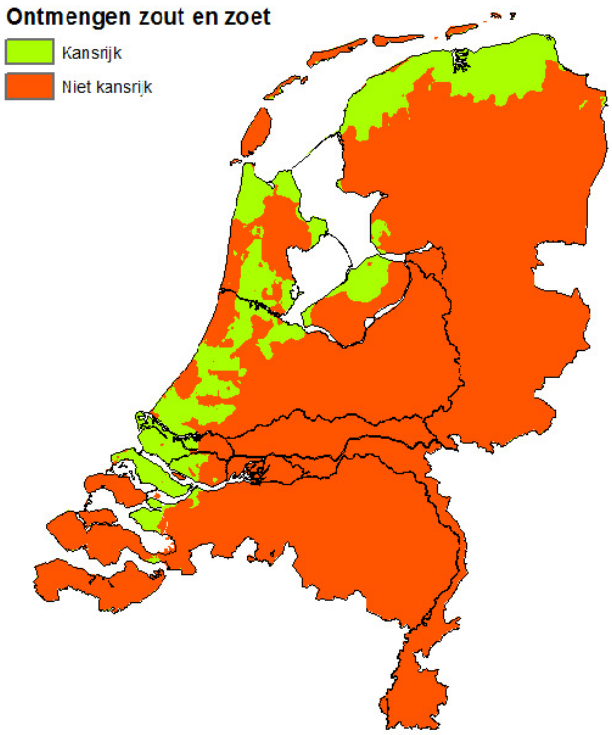
Het scheiden van aan- en afvoer wordt al geruime tijd genoemd als mogelijk zinvolle maatregel in zoute kwelgebieden. De maatregel is echter nog nergens daadwerkelijk geïmplementeerd. Een vergelijkbare maatregel waarbij water via een apart aanvoerstelsel wordt aangevoerd zijn de hoogwatercircuits in de Friese veenweidegebieden, gericht op bescherming van kwetsbare bebouwing (Wetterskip Fryslân, 2014). Door toenemende peilverschillen tussen de hoogwatercircuits en de omliggende landbouwgebieden kost het in stand houden van deze circuits steeds meer inspanning. De les voor het scheiden van aan- en afvoer is dat door voortschrijdende ontwikkelingen de toekomstige afweging van kosten en baten anders kan uitvallen dan in de huidige situatie.

Ook 'slimmer' doorspoelen is nog in de studiefase. De verschillende technieken die nodig zijn voor slimme sturing van inlaten worden wel steeds gangbaarder en meer toegepast. Voorspelsystemen voor hoogwater en steeds meer ook laagwater worden breed toegepast (bijvoorbeeld BOS Brabant, RWsOS-FEWS Waterbeheer). Daarbij komen steeds vaker ook regelsystemen voor peilsturing, met real-time dataverzameling (telemetrie), modelberekeningen en automatische bediening van gemalen en stuwen. Telemetrie is ook beschikbaar voor zoutmetingen, bodemvocht en andere voor slimmer doorspoelen relevante parameters.

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

De maatregelen kunnen worden toegepast in gebieden met zoute kwel, waar extern aangevoerd zoetwater beschikbaar is. Grofweg gaat het dan om polders in Zuid- en Noord-Holland, en het kustgebied van Friesland en Groningen. Op basis van deze twee kenmerken (zoute kwel en aanvoer mogelijk) toont Figuur 2 de kansrijkheid van de maatregel in Nederland.

FIGUUR 4 LOCATIEGEBONDEN PERSPECTIEF VAN MAATREGEL 'ONTMENGEN ZOUT EN ZOET'



OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Maatregel	Perceel	Lokaal	Regionaal	Rijk
Scheiden aan- en afvoer				
'Slimmer' doorspoelen				

Beide maatregelen vinden plaats in het regionale systeem, met gevolgen voor de zoutconcentratie op slootniveau, en gevolgen voor de totale regionale waterbehoefte. Hoewel beide maatregelen nog altijd uitgaan van extern aangevoerd water, kan door optimalisatie van het gebruik van dit water de behoefte waarschijnlijk sterk beperkt worden, en de zelfvoorzienendheid op regionaal niveau vergroot.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Bij het scheiden van aan- en afvoer kan ook het oppervlaktewaterpeil worden gevarieerd. In het aanvoersysteem kan een hoger peil worden gehanteerd, waardoor eventuele zoute kwel wordt onderdrukt en bijmenging wordt beperkt. Het afvoersysteem kan op een lager peil worden gehouden. De vochtsituatie in aangrenzende percelen wordt bij aanwezigheid van buisdrainage bijna volledig bepaald door deze buisdrainage (Van Bakel et al., 2013). Door perceeldrainage te laten afwateren op de sloten met een lager peil, kan het peil in de aanvoersloten tamelijk ongestraft worden verhoogd, zonder dat drains onder water komen te liggen en zo de vochtsituatie in het perceel nadelig beïnvloeden (natschade). Slimmer doorspoelen, met telemetrische aansturing van kunstwerken, heeft als neveneffect een grotere controle over kunstwerken in het gebied, en minder werk voor peilbeheerders.

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Beide maatregelen richten zich op het zorgdragen voor zoet oppervlaktewater bij agrariërs, vooral ten behoeve van beregening. Als dit zoete water nu niet beschikbaar is, heeft de boer beter water tot zijn beschikking, met mogelijk minder zoutschade. Waar met minder water dezelfde waterkwaliteit kan worden gegarandeerd ligt de winst bij het waterschap, doordat minder hoeft te worden uitgemalen, en / of het bespaarde water elders kan worden ingezet.

De kosten voor het aanpassen van een gangbaar ontwateringsstelsel naar een gescheiden aan- en afvoersysteem zijn aanzienlijk. Het vergt immers grootschalige ingrepen in het watersysteem. Ook de automatisering van kunstwerken (schatting enkele 10k€'s/inlaat (Vink, 2010)), de ontwikkeling van een voorspellings- en regelsysteem, en telemetrie zijn duur. Mogelijk is er met kleinere aanpassingen aan het bestaande watersysteem (bijvoorbeeld simpele stuwtjes) ook al winst te behalen qua afname van zoutschade in de landbouw- en afname van maalkosten. Verkennend modelonderzoek lijkt dit te bevestigen (Kelderman, 2015), maar daadwerkelijke toepassing vergt nader praktijkonderzoek. Gebrek aan inzicht in vooral de daadwerkelijk te behalen baten maakt de inschatting van de kosten / batenverhouding onzeker. Verschillen in lokale omstandigheden doen de verwachte kosten per m^3 bespaard water verder uiteenlopen.

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

Kleinschalige aanpassingen, gericht op het scheiden van aan- en afvoerstromen zijn lastig in de beheerpraktijk, wegens toename van het aantal te beheren objecten. Het beheer en onderhoud van kleine objecten kan echter worden gedeeld met agrariërs. Automatisering voor slimmer doorspoelen kan juist leiden tot afname van gangbaar beheer en onderhoud, doordat objecten zelf hun status kunnen monitoren. B&O hiervan ligt bij het waterschap.

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

Er zijn geen redenen om aan te nemen dat de bestaande wet- en regelgeving stimulerend, of juist belemmerend is.

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

De maatregel zit nog in de fase van een deskstudie. Daarom zijn kennisvragen nog van belang als: wat is de werking van het systeem, wat levert het op regionale schaal op en hoe meet je het succes? Voor een goede afweging mist nog kennis over met name de frequentie van droge perioden, van sluiting van inlaten en ook de mogelijke variabiliteit binnen een jaar, is nog een grote onbekende.

Succesvolle implementatie vergt het goed uitwerken van een business case voor implementatie. Wat zijn de kosten en baten, bij wie komen die terecht? Aanbevolen wordt om hier een pilot voor te ontwikkelen. Vertrekpunt zou kunnen zijn een recente analyse in het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland, met metamodel €ureyeopener 1.0 (Stuyt et al., 2013).

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Delsman, J. R. (2015). Saline groundwater - surface water interaction in coastal lowlands. PhD thesis, VU University Amsterdam. 198 pp. doi: 10.3233/978-1-61499-518-0-i
- Delsman, J. R., Waterloo, M. J., Groen, M. M. A., Groen, J., & Stuyfzand, P. J. (2014). Investigating summer flow paths in a Dutch agricultural field using high frequency direct measurements. Journal of Hydrology, 519, 3069–3085. doi:10.1016/j.jhydrol.2014.10.058
- Rozemeijer, J. C., Siderius, C., Verheul, M., & Pomarius, H. (2012). Tracing the spatial propagation of river inlet water into an agricultural polder area using anthropogenic gadolinium. Hydrology and Earth System Sciences, 16(8), 2405–2415. doi:10.5194/hess-16-2405-2012
- L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper, 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland; onderzoek met hulp van €ureyeopener 1.0. 2013. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2439
- Deltafact effectiviteit van waterinlaat (deltaproof.stowa.nl)

3

VERGROTEN OPSLAG VAN ZOETWATER IN PERCELEN MET BEHULP VAN DRAINS

Een aanpassingen in het drainageontwerp kan zorgen voor een vergroting van de zoetwatervoorraad in de percelen. Met deze maatregelen wordt het grondwaterregime aangepast om verdroging of verzilting te bestrijden. Hierbij wordt over het algemeen gestuurd op het opzetten van het peil wanneer dat mogelijk is of de drainage wordt op een hoger niveau dan gebruikelijk gelegd om alleen de hoogst pieken in de grondwaterstand af te toppen. Daardoor wordt zo veel mogelijk (neerslag)water vastgehouden en gaat zo weinig mogelijk water van goede kwaliteit via afvoer verloren. In hoog-Nederland is dit vooral relevant om verdroging te bestrijden, in laag-Nederland kan het tevens worden toegepast om verzilting te bestrijden. Maatregelen om met behulp van drainage de opslag van zoetwater in percelen te vergroten zijn:

- Regelbare drainage (of synoniemen als peilgestuurde drainage, klimaat adaptieve drainage)
- Drainage nieuwe stijl (of synoniemen als ondiep en intensief draineren)
- Vergroting zoetwaterlens (of synoniemen als drains2buffer, systeemgerichte drainage)

De toepassing van drainage geeft ook aanvullende voordelen om de zoetwatervoorziening te vergroten, daarbij kan worden gedacht aan het beschikbaar maken van zoetwater uit de drains voor irrigatie en sub-infiltratie van zoetwater of effluent, deze komen in de volgende hoofdstukken aan bod.

FIGUUR 5 **REGELPUT REGELBARE DRAINAGE (BRON: STUYT, 2012)**

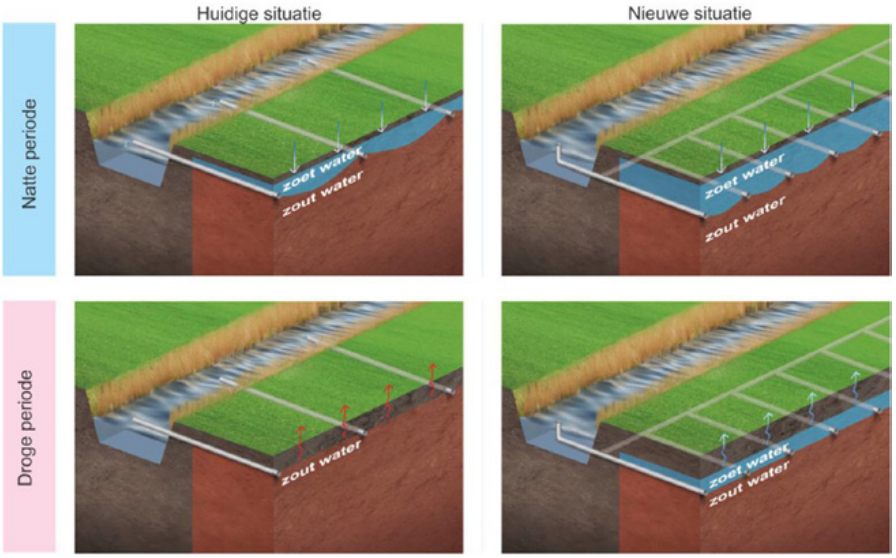
WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Om verdroging te bestrijden kan door het opzetten van het grondwaterpeil, als de omstandigheden dit toelaten, het uitzakken van het grondwater onder de wortelzone worden vertraagd waardoor meer bodemvocht wordt vastgehouden. Daarnaast kan de drainage ondieper

worden aangelegd zodat alleen de hele hoge grondwaterstanden worden afgevlakt (Drainage nieuwe stijl, DNS). Dit kan worden ingezet om droogteschade te beperken, zodat minder beregening nodig is. De maximaal realiseerbare peilopzet en grondwaterstand wordt bepaald door de beschikbaarheid van water, het risico op gewasschade en structuurbederf en de draagkracht van het perceel. Met DNS wordt de drainage minder diep gelegd dan traditioneel en wordt eventueel dieper gelegen drainage buiten gebruik gesteld, de drainage kan dichter bij elkaar worden gelegd om snel de pieken te kunnen afvoeren. Op deze manier worden alleen de hoogste pieken in de grondwaterstand afgevoerd, en blijft er meer water in het perceel.

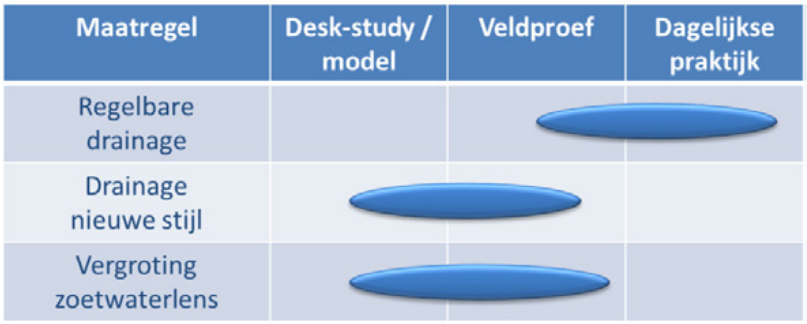
Om verzilting te bestrijden kunnen de zoetwaterlenzen die op het zoute grondwater 'drijven' in sommige gevallen door aanpassing van het drainageontwerp worden vergroot. In een deel van de zoute kwelgebieden (zuidwestelijke delta en het noordelijk kustgebied) zijn de regenwaterlenzen direct onder het maaiveld geregeld al zo dun dat zout via capillaire opstijging in de wortelzone kan komen. De regenwaterlenzen zijn daarom erg kwetsbaar voor droge(re klimaat)omstandigheden. Door een aanpassing van draindiepte, drainafstand en/of het gehandhaafde peil in de drains kan meer zoetwater in het perceel worden vastgehouden, waardoor de kans dat brak/zout water de wortelzone bereikt kleiner wordt.

FIGUUR 6 TOEPASSING VAN REGELBARE DRAINAGE OM VERZILTING TE BESTRIJDEN (GO-FRESH: DRAINS2BUFFER). DEZE MAATREGEL KAN WORDEN INGEZET OM HET GRONDWATERPEIL TE BEHEREN EN/OF OM DE ZOETWATERLENS TE OPTIMALISEREN. LINKS DE SITUATIE ZONDER-, EN RECHTS MET PEILGESTUURDE REGELBARE DRAINAGE, IN DE NATTE PERIODE (BOVEN) EN DE DROGE PERIODE(ONDER). (BRON: OUDE ESSINK, 2014)



WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGEL?

Regelbare drainage is in Nederland in een aantal proeven getest en wordt verplicht gesteld door waterschap Peel en Maasvallei. Ook in het buitenland zijn voorbeelden voorhanden waarin regelbare drainage wordt toegepast (Stuyt, 2013). De effectiviteit van de systemen is wisselend, want afhankelijk van de oorspronkelijke drainagesituatie en de geohydrologische omstandigheden. Of het een effectieve maatregel is om droogteschade te voorkomen is afhankelijk van de mogelijkheid om de grondwaterstand voorafgaand aan een droge periode voldoende te verhogen door aanvulling met neerslag, kwel en/of oppervlaktewater.



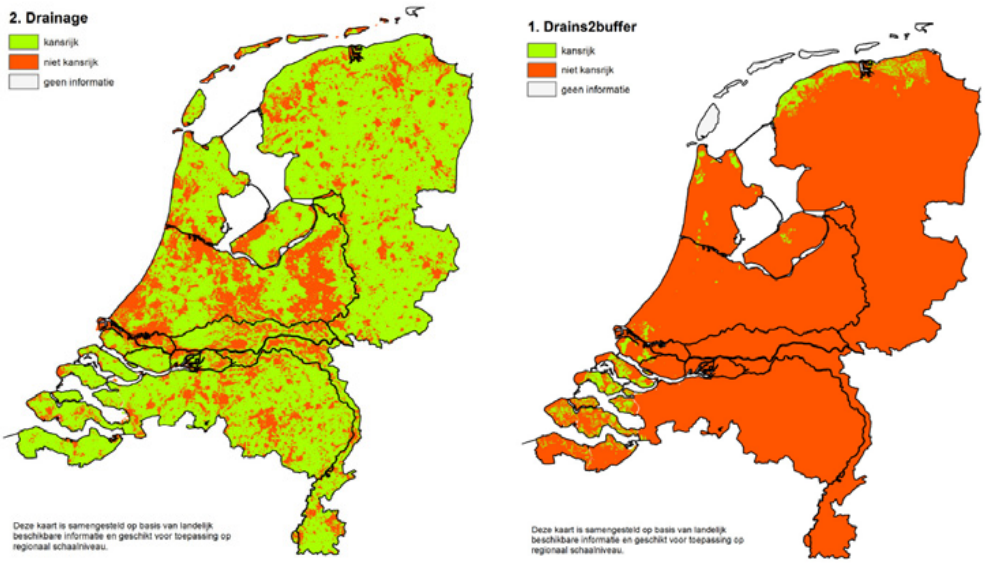
Voor de vergroting van de zoetwaterlens met behulp van aanpassingen van het drainageontwerp zijn onlangs de eerste pilots gestart (Spaarwater, Go-Fresh: Drains2buffer). Innovatief hierin is dat de drainage niet alleen wordt ontworpen op waterkwantiteit, maar ook op -kwaliteit. De effectiviteit om verzilting te voorkomen is in theorie aangetoond en wordt op dit moment in de praktijk onderzocht (Velstra et al., 2015; Oude Essink et al., 2014).

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

De maatregelen kunnen zowel in hoog-, als in laag-Nederland worden toegepast. Daarbij is de toepassing om verzilting te bestrijden specifiek voor laag-Nederland. Dit is kansrijk op locaties waar verzilting wordt verwacht omdat het zoet-zout grensvlak ondiep zit (op < 5m diepte) en tegelijkertijd sprake is van aanzienlijke kwel.

Voor de bestrijding van verdroging zijn de maatregelen het meest effectief wanneer er wateraanvoer is via kwel of het oppervlaktewater. De maatregelen hebben weinig tot geen effect wanneer er sprake is van wegzijging (neerwaartse grondwaterstroming). Om de drains effectief te laten functioneren is het essentieel dat de drainageweerstand niet te hoog is, en moeten ondoorlatende veenlagen en zware kleilagen worden vermeden.

FIGUUR 7 **LINKS DE GESCHIKTHEID VOOR (REGELBARE) DRAINAGE, RECHTS VOOR VERZILTINGSBESTRIJDING MET BEHULP VAN DRAINS2BUFFER (HOOGVLIET ET AL., 2014)**



OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Maatregel	Perceel	Lokaal	Regionaal	Rijk
Verdrogingbestrijding mbv peilgestuurde drainage	→			
Verziltingbestrijding mbv drainage	→			
Zoetwater uit de drains	→			

Aanpassing van de drainage is een maatregel die op perceelsniveau wordt genomen en daarmee direct effect heeft op het bewuste perceel. De aard van zulke effecten (positief, negatief, tijdafhankelijkheid, veel of weinig water etc.) is maatwerk. In generieke zin is er een effect op hogere schaalniveaus een verandering in oppervlakkige afspoeling, en (ondergrondse) drainage van het perceel naar het lokale watersysteem. Als de maatregel grootschalig wordt ingevoerd kan deze de watervraag en de piekafvoer beïnvloeden. Omgekeerd kunnen maatregelen in het regionale watersysteem, waarbij de regionale drainagebasis wordt verhoogd, doorwerken tot op het perceelsniveau als hiermee de afwatering van de percelen wordt beïnvloed. Met deze maatregelen kan de afvoer naar- en de watervraag van het hoofdwatersysteem worden beïnvloed.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Door de waterafvoer anders in te richten kan uitspoeling van nutriënten worden tegengegaan. Een afname van de uitspoeling is in theorie mogelijk door betere benutting van nutriënten bij een beter groeiend gewas, een grotere kans op denitrificatie en weinig fosfaatuitspoeling wanneer de grondwaterstand onder de fosfaatverzadigde laag wordt gehouden. De modelresultaten zijn veelbelovend, maar veldproeven hebben tot nu toe nog geen eenduidig beeld kunnen geven van deze effecten.

De bodemdaling in veengebieden kan worden beperkt door het tegengaan van oxidatie van het veen door peilopzet, in combinatie met installatie van drainbuizen die voor infiltratie worden gebruikt. In het veenweidegebied wordt deze toepassing ‘onderwaterdrainage’ genoemd, waarmee uitzakken van de grondwaterstand in het midden van het perceel wordt gereduceerd.

De afvoer van zoute kwel via de drains naar de sloten kan worden beperkt door gerichte peilopzet waarmee de zoetwaterlens wordt vergroot. De eerste resultaten van de veldproeven geven positieve resultaten, maar de meetreeksen zijn nog te kort om definitieve conclusies te trekken.

Het creëren van extra bergingscapaciteit in de bodem, door doelbewuste verlaging van de grondwaterstand voor een verwachte piekbui, kan de afvoerpiek afvlakken en daarmee wateroverlast tegengaan. Uit observaties in de VS blijkt dat vooral onder droge omstandigheden de piekafvoer sterk kan worden verlaagd, maar dat het onder natte omstandigheden niet werkt (Stuyt, 2012, Evens et al., 1995).

Deze maatregelen kunnen ook extra ruimte creëren. Voor de landbouw, omdat door het toepassen van een verzamelleiding kavelsloten kunnen worden gedempt. Voor natuurontwikkeling door vernatting, omdat met regelbare drainage het peil in de omgeving gericht kan worden opgezet. Bottle-neck blijft daarvoor wel het voorjaar: dan moeten voor natuur de grondwaterstanden hoog zijn en voor de landbouw juist laag voor grondbewerking, bemesting en inzaai.

Het opzetten van het peil kan leiden tot een groter risico op natschade. Van oudsher wordt drainage ingezet om percelen te ontwateren, en stuurt de agrariër op het creëren van voldoende droge omstandigheden. Daarom kan peilverhoging als contra-intuïtief worden ervaren. Het risico op natschade moet daarom een belangrijk onderdeel van het ontwerp en beheer van de maatregelen zijn; de grondwaterstand kan snel worden verlaagd door het veranderen van het drainageniveau (op de hoge zandgronden wordt de vuistregel aangehouden dat dit circa 3 dagen duurt).

Het water dat uit de drainage stroomt, is vaak van goede kwaliteit. Dit water kan worden opgevangen en opgeslagen om het als irrigatiewater te gebruiken. Het opvangen van drainagewater wordt in een aantal pilots toegepast (Spaarwater (Velstra et al., 2015), Zelfvoorzienende zoetwaterberging Texel (Oord, 2015)). Aangetoond is dat hiermee water van goede kwaliteit kan worden opgevangen, en dat meer dan 90% hiervan kwalitatief goed genoeg is om op te slaan en later te gebruiken voor irrigatie.

Drainage kan worden ingezet voor de infiltratie van effluent. Op deze wijze kan in gebieden met beperkte aanvoer gebruik worden gemaakt van alternatieve waterbronnen (zie ook hoofdstuk 8). Dit is bijvoorbeeld al succesvol toegepast in het project Landbouw op Peil.

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

De maatregelen om meer water in het perceel vast te houden door de afvoer te beperken zijn relatief klein. Het ombouwen van conventionele drainage naar regelbare drainage met een verzameldrain kost in de orde van €600 - 1250 /ha. Het aanleggen van het totale systeem, inclusief drains kost ongeveer €1000-2400 /ha. Met extra drainbuizen voor een kleinere drainageweerstand kan er maximaal circa €1600 /ha bij komen (Tolk, 2013).

De maatregelen kunnen leiden tot een opbrengstvermeerdering voor de agrariër dankzij een reductie van verziltings- of verdrogingschade, en er kan minder beregening nodig zijn. Mogelijk bieden zij ook de mogelijkheid om over te stappen op een minder zouttolerant gewas of ras, maar dit moet verder worden onderzocht. De verwachting is dat met het vergroten van de zoetwaterlens verzilting grotendeels kan worden tegengegaan.

In de droogteperiodes kan het moment van uitzakken door regelbare drainage worden vertraagd. Met het ondiep aanleggen van DNS kan worden voorkomen dat water onnodig wordt afgevoerd. Daarmee kan droogteschade mogelijk worden verkleind en/of beregening kan worden uitgesteld. Op locaties waar nu nog niet gedraineerd wordt (voornamelijk in hoog Nederland) moet de aanleg van drainage worden gecombineerd met hogere slootpeilen om de waterberging te vergroten (Kuijper et al., 2015). Zonder extra aanvoer kunnen deze maatregelen het sterk uitzakken van het grondwater echter niet (volledig) voorkomen.

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

De aanleg en het onderhoud liggen in principe bij de agrariër, die vervolgens ook operationeel beheerder is. Het beheer betekent dat de peilen actief kunnen worden aangepast op basis van de weersomstandigheden of verwachtingen, de werkzaamheden die op het land moeten worden uitgevoerd, en de vereisten van het gewas en voor de bodemstructuur.
Daarnaast bestaan er initiatieven om de peilsturing centraler te regelen om daarmee sterker te kunnen sturen op een grondwaterstand waarbij de piekafvoer het best kan worden gereduceerd, Bijvoorbeeld met Klimaat Adaptieve Drainage (KAD) (Stuyt, 2012). In dat geval verschuift (een deel) van het operationeel beheer naar de waterbeheerder.

Er worden initiatieven genomen, bijvoorbeeld de CoP ('Community of Practice') Innovatieve Drainagesystemen, waarin werkafspraken rond regelbare-, en andere innovatieve vormen van drainage op de agenda staan. Bijvoorbeeld om te kijken hoe boer en waterbeheerder afspraken kunnen maken over het gebruik van dergelijke systemen, waarbij zowel de doelen van de boeren als van de waterbeheerder optimaal worden gediend (Stowa.nl).

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

In het Deltaplan worden deze maatregelen specifiek benoemd in de voorkeursstrategie Zoetwater. In de klimaatpilots van het Deltaprogramma Zoetwater is een aantal toepassingen van sturing door middel van drainage opgenomen, namelijk: i) Spaarwater Fase 2: bestrijding van verzilting door het vergroten van de zoetwaterlens met systeemgerichte drainage, en ii) Proeftuin Zuidwestelijke Delta: waterconservering in de bodem, en iii) efficiënt watergebruik op hoge zandgronden: regelbare drainage afgestemd op spaarzaam watergebruik, in combinatie met subinfiltratie van effluentwater.

Bij Waterschap Peel en Maas is regelbare drainage verplicht gesteld in de keur. In de algemene regels is bepaald dat nieuwe drainage regelbaar moet worden aangelegd en dat bestaande drainage moet worden omgebouwd. Voor verschillende vormen van landgebruik zijn peilen gespecificeerd

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

Verziltingbestrijding met behulp van drainage wordt op een aantal plaatsen getest. Het is belangrijk dat deze proeven doorlopen om een langere meetreeks te krijgen en ook de effecten in droge jaren te kunnen meten. Voor een volledige uitrol moet het optimale drainageontwerp voor verschillende bodems en kwelregimes verder worden uitgewerkt. De effectiviteit van regelbare drainage is afhankelijk van de lokale omstandigheden. Hiervoor kan gedetailleerder in kaart worden gebracht waar het effect positief is, zodat de maatregel gericht kan worden ingezet. Een belangrijke kennishiaat is het effect van de groei van de lens op het zoutgehalte in de wortelzone, en de (gewas)schade die door verzilting wordt veroorzaakt.

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Kuijper, M., De Louw, P.G.B., Worm, B., Roelofsen, F., van Bakel, J., 2015. Regionale effecten van regelbare drainage op stroomgebiedsschaal, H20-online.
- Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., Zuurbier, K.G., Velstra, J., Veraart, J., Brouwer, W., Faneca Sànchez, M., Pauw, P.S., de Louw, P.G.B., Vreke, J., Schoevers, M., 2014. GO-FRESH: Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening, KvK 151/2014, ISBN EAN 978-94-92100-12-2, 84 p.
- Snepvangers, J., A. Peters, P. de Louw en B. Geenen, 2004. 'Drainage nieuwe stijl': drainage

- ten behoeve van waterconservering. TNO-rapport NITG-04-100-B, Utrecht.
- Stuyt, L.C.P.M., 2013. Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer. Bundeling van resultaten van onderzoek, ervaringen en indrukken, opgedaan in binnen- en buitenland. Rapport 2370 / STOWA rapport 18/2013.
- Velstra, J., Tolk, L., Te Winkel, T., Burger, S., Verbruggen, M., Hu-a-ng, K., 2015. Rendabel en duurzaam agrarisch gebruik in een verziltende omgeving. Resultaten eerste jaar – 2014. Acacia Water, www.spaarwater.com.
- Deltafact regelbare drainage (deltaproof.stowa.nl)

4

VERGROTEN OPSLAG VAN ZOETWATER IN PERCELEN DOOR AANPASSINGEN IN HET OPPERVLAKTEWATER

Bij waterconservering wordt water in de periodes van neerslagoverschot bovenstrooms, in de zgn. haarvaten van het watersysteem vastgehouden. Dit wordt gerealiseerd door:

- Waterconservering door stuwtjes (o.a. slimme stuw, knijpstuw i.c.m. flexibel beheer)
- Waterconservering door profielverkleining (voornamelijk slootbodemverhoging)

Een maatregel die een aanvullend effect kan hebben is 'hermeandering' van beken: door vergroten weglengte neemt het verhang af. Dit draagt ook bij aan een verminderde afvoer. Deze op de eerste plaats ecologische herstel maatregel wordt hier verder niet besproken.

FIGUUR 8 'SLIMME STUW' SAWAX, ONTWORPEN DOOR CONSORTIUM VAN BAKELSE STROOM, KNOWH2O, AVALLO. DEZE STUW IS BEGIN 2015 GEPLAATST EN DIENT BETERE PEILSTURING IN M.N. HELLENDE GEBIEDEN EN BEEKDALEN MOGELIJK TE MAKEN (BAS WORM, PERS. COM.)

WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

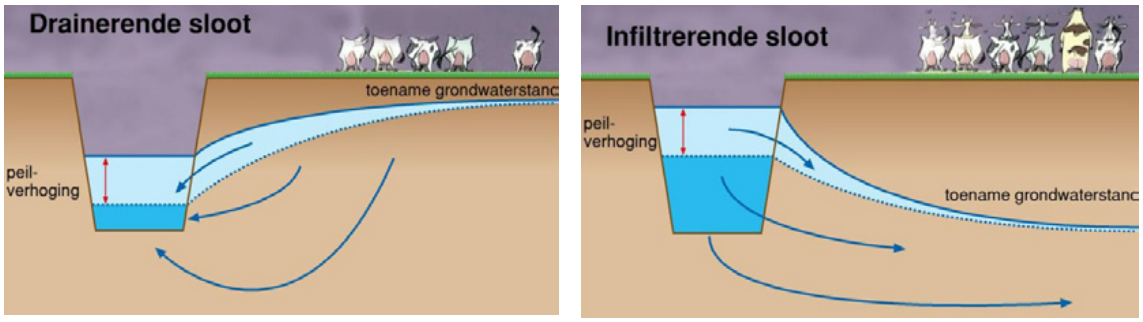
Door deze maatregelen stijgt het drainageniveau van de omliggende terreinen. Door peilopzet of slootbodemverhoging wordt de drainagebasis verhoogd waardoor meer grondwater in de ondergrond worden vastgehouden. Het belangrijkste doel van de maatregel is het verhogen van de grondwaterstand tijdens het groeiseizoen waardoor er minder droogteschade optreedt, en één of twee beregeningsbeurten kunnen worden overgeslagen.

Bij waterconservering door stuwtjes worden stuwtjes in perceelsloten geplaatst en kan de boer het stuwpeil zelf regelen. Hierdoor kan de boer de waterhuishouding van zijn perceel zelf regelen en verbeteren waardoor zijn zelfvoorzienendheid wordt vergroot. Niet onbelangrijk is de berging van oppervlaktewater achter de stuw. Dit is met name van belang voor de

vlakke gebieden waar met één stuw een groter volume aan oppervlaktewater kan worden geborgen dan in meer geaccidenteerde gebieden. Een neveneffect van de plaatsing van stuwtjes is een reductie van piekafvoeren, als dergelijke stuwtjes daar actief voor ingezet worden.

De maatregel kan effectief aan waterconservering bijdragen mits stuwbeheer goed wordt uitgevoerd. De meeste perceelsloten vallen met het vorderen van het groeiseizoen droog omdat de grondwaterstand onder de slootbodem zakt en waardoor het stuwpeil niet gehandhaafd kan blijven. Waterconservering begint daarom al in de winter om dit moment van droogvallen zo lang mogelijk uit te stellen, en moet niet teniet worden gedaan in het vroege voorjaar, wanneer de agrariër zijn land wil bewerken. . Daarnaast is het van belang dat de ondergrond relatief goed doorlatend is zodat het effect van de peilverhoging voldoende ver het landbouwperceel in trekt. In infiltratiegebieden met een grote wegzijgingscomponent zal het effect op voor het landbouwperceel zeer beperkt zijn. Echter, dan profiteert het regionale watersysteem door de extra wegzijging van grondwater naar het diepere grondwatersysteem. De maatregel heeft extra effect als bestaande drainage door de stuwpeilverhoging onder water komt te staan. Hierdoor neemt het drainerende effect van drains af. Dit is een soort vorm van regelbare drainage. Het effect van de peilverhoging werkt dan sneller en verder in het perceel door.

FIGUUR 9 **WATERCONSERVERING DOOR PEILVERHOGING IN EEN DRAINERENDE EN INFILTRERENDE SLOOT**



Bij waterconservering door slootbodemverhoging wordt het peil niet aangepast met behulp van stuwtjes, maar door verondieping van sloten. De voordelen ten opzichte van toepassing van stuwtjes is dat de ontwateringsbasis permanent wordt verhoogd, waardoor de maatregel onafhankelijk is van de beschikbaarheid van water, het effect onafhankelijk is van het verhang van de sloot, en er daardoor in de meeste situaties meer grondwater kan worden geborgen. Hier staat tegenover dat de boer niet kan sturen op natte situaties zoals bij stuwtjes wel het geval is. De slootbodemverhoging dient daarom te worden toegepast in gebieden met te diepe sloten die een duidelijk verdrogend effect hebben op de omgeving en waar de huidige GHG nog kan worden verhoogd. Of combineren met regelbare drainage/ drainage nieuwe stijl. Ook in natuurgebieden kan (sterke) slootbodemverhoging worden toegepast om de grondwaterstand te verhogen.
In tegenstelling tot waterconservering met stuwtjes kan geen extra oppervlaktewater worden geborgen. Sterker nog, de ruimte voor oppervlaktewaterberging neemt door de maatregel af. Dit probleem kan worden opgelost door de sloot breder te maken, bijvoorbeeld door middel van een accoladeprofiel. Hierbij kan de drainageweerstand echter weer afnemen, door een toegenomen nat oppervlak.

De maatregel slootbodemverhoging kan effectief bijdragen aan waterconservering en verdrogingbestrijding wanneer de slootbodem significant wordt verhoogd (> 0,2 m). In infiltratiegebieden met een grote wegzijgingscomponent zal het effect op bodemvocht in het landbouwperceel beperkt zijn. Echter, dan profiteert het regionale watersysteem door de extra

wegzijging van grondwater naar het diepere grondwatersysteem. Voor een significante bijdrage / winst van deze maatregel voor het regionale grondwatersysteem dienen maatregelen worden uitgevoerd voor een groot gebied en al dan niet in combinatie met regelbare drainage / drainage nieuwe stijl.

WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGELEN?

Maatregel	Desk-study / model	Veldproef	Dagelijkse praktijk
Waterconservering door stuwtjes			●
Waterconservering slootbodemverhoging			●

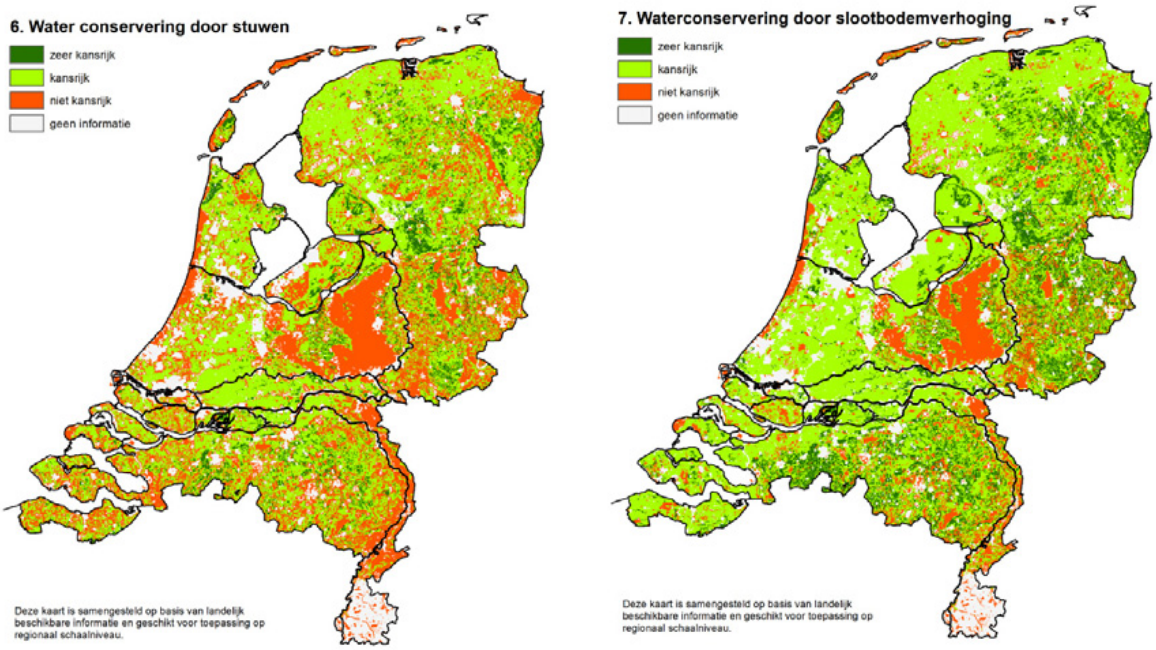
Beide maatregelen worden op de hoge zandgronden al toegepast om droogte op landbouwpercelen en verdroging van natuurgebieden te verminderen. Een impuls aan de toepassing van stuwtjes werd gegeven tijdens het Interreg-project 'Waterconservering in het Benelux-middengebied' (1998-2000) waarin diverse maatregelen zijn uitgevoerd en model- en veldonderzoek is gedaan naar de effecten van deze manier van waterconservering.

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

Beide maatregelen kunnen in principe overal op landbouwpercelen worden toegepast mits er water beschikbaar is, en er voldoende ruimte is voor verondieping van grondwaterstanden. Dat is het geval als de huidige GHG lager is dan de maximaal toelaatbare grondwaterstand. Voor gedraineerde percelen waar de eindbuizen in de sloot uitmonden (enkelvoudige drainage) geldt een fysieke beperking: in zulke gevallen kan de slootbodem maximaal worden verhoogd tot de onderkant van de eindbuizen van de drains. Bij samengestelde drainagesystemen, dat zijn systemen waarin de drains uitmonden in een ondergrondse verzameldrain, bijvoorbeeld bij regelbare drainage hebben we in een sloot slechts te maken met één uitmonding; nu van een verzameldrain. Dit soort gevallen kan technisch gemakkelijk worden opgelost. - Ook in natuurgebieden kunnen peilopzet en slootbodemverhoging worden toegepast om vernatting te realiseren. In alle gevallen geldt dat de maatregelen alleen effect heeft als er geen sprake is van wegzijging naar het diepe grondwater. In infiltratiegebieden zijn de maatregelen wellicht weinig effectief en dus zinloos.

Binnen het project FWOO (Hoogvliet et al., 2014) zijn op landelijke schaal kansenkaarten vervaardigd voor het toepassen van Waterconservering door zowel stuwtjes als slootbodemverhoging.

FIGUUR 10 **KANSRIJKHEID VAN DE MAATREGELEN VOOR WATERCONSERVERING**



OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Maatregel	Perceel	Lokaal	Regionaal	Rijk
Waterconservering door stuwtjes	→			
Waterconservering slootbodemverhoging	→			

De maatregelen vergroten de zelfvoorzienendheid op perceelsniveau. Daarbij is de agrariër min of meer onafhankelijk van zijn buren, waterschap of rijk. wegens uitstralingseffecten is afstemming met buren aan te raden.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Een belangrijk nadeel van water conserveren met stuwtjes voor vooral de grotere sloten is de fysieke blokkade voor vissen en andere waterfauna. Daarnaast kan het stilstaan van water achter een stuw tot ongewenste waterkwaliteit leiden, zeker wanneer het slootwater veel meststoffen bevat. Genoemde blokkade geldt niet voor slootbodemverhoging, evenmin als verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit door stilstaand water. Een belangrijk positief neveneffect van deze maatregel is de bijdrage aan waterconservering op regionaal niveau. Naast berging van grondwater op perceelsniveau, komt een deel van het geconserveerde grondwater ten goede aan het regionale, diepere grondwatersysteem. Daarnaast kan waterconservering leiden tot minder piekafvoeren en een hogere basisafvoer. Echter, dit is sterk afhankelijk van de lokale situatie en (voor conservering met stuwtjes) het stuwbeheer dat wordt gevoerd.

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Zowel het plaatsen van een stuwtje (plaatsing regelbare klepstuw, 1m breed: €2000), als verondiepen van perceelsloten is relatief goedkoop. De baten zijn afhankelijk van het aantal beregeningsbeurten dat kan worden overgeslagen en hoeveel droogteschade kan worden voorkomen. Baten zijn, bij uitsparing van één beregeningsbeurt, zo'n €100/ha/jaar (Waterconservering 2e Generatie, 2003). Daarnaast zijn er baten voor het regionale grondwatersysteem en/of natuurgebieden in de nabijheid van het verhoogde peil (Kuijper et al., 2015).

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

Bij conservering met stuwen wordt het stuwpeilbeheer door de agrariër zelf gevoerd. Het is van groot belang dat de agrariër het stuwbeheer zo uitvoert dat zoveel mogelijk water wordt geconserveerd zonder dat er natschade optreedt. Door angst voor natschade is de boer vaak geneigd het stuwpeil te snel te laten zakken. Ook denken agrariërs niet altijd aan het beheren van deze stuwen. Vuistregels voor de stuwbeheerder zijn nodig voor een optimale werking.
De stuwtjes vergen weinig onderhoud. Verondiepte sloten vergen extra beheer en onderhoud in verband met het sneller dichtgroeien van deze sloten. Bij uitblijven van dit onderhoud neemt de kans op wateroverlast toe.

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

De maatregel past in bestaand beleid om de zelfvoorzienendheid te vergroten en verdroging van landbouwpercelen en natuur tegen te gaan.

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

Maak inzichtelijk welke landbouwpercelen baat hebben bij waterconservering. Daarbij kan de FWOO-methodiek (Hoogvliet, 2014) worden toegepast, waarbij een eerste inschatting plaats vindt op basis van kaarten van de belangrijkste voorwaarden. Het waterschap zal met de boer moeten afstemmen waar stuwtjes kunnen worden geplaatst of slootbodemverhoging kan worden toegepast. Daarnaast dient afstemming plaats te vinden met gebruikers van aangrenzende percelen.

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Van Bakel, Jan, Bart Bardoel, Dick Boland, Niels Entzinger, Ingrid Menger en Chris van Rens, 2013. Water vasthouden aan de bron. Praktijkonderzoek om wateroverlast te verminderen door bovenstrooms water vast te houden. Eindrapport.
- Hoogvliet, M., L.C.P.M. Stuyt, P.J.T. van Bakel, J. Velstra, P. de Louw, H. Massop, L. Tolk, C. van Kempen, M. Nikkels. 2014. Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten 'Fresh Water Options Optimizer'. Stowa rapportnummer 2014-43. KvK rapportnummer KvK141/2014. ISBN 978.90.5773.650.6.
- Kuijper, M., De Louw, P.G.B., Worm, B., Roelofsen, F., van Bakel, J., 2015. Regionale effecten van regelbare drainage op stroomgebiedsschaal, H20-online.
- Handboek Agrarisch Stuwpeilbeheer, opgesteld in het kader van het
- project "Integrale gebiedsgerichte aanpak waterconservering Limburg en
- Noord-Brabant" (Waterconservering 2e Generatie), 2e herziene druk, januari 2003.
- Waterconservering 2^{e} generatie, 2003. Handboek agrarisch stuwpeilbeheer.26 pp

5

VERGROTEN WATEREFFICIËNTIE MET EFFICIËNTE IRRIGATIE

Met slim irrigeren kan de efficiëntie van het watergebruik door landbouwgewassen worden vergroot. Hiervoor kan gebruik worden gemaakt van boven- of ondergrondse druppelirrigatie of van de (bestaande) buisdrainage, met of zonder combinatie met bodemvocht metingen. De volgende maatregelen kunnen worden toegepast voor het vergroten van de waterefficiëntie door efficiënte irrigatie:

- Druppelirrigatie
- Infiltratie via drainage (of synoniemen als drainage-infiltratie (DI-systemen), sub-infiltratie, subirrigatie, onderwater drainage)
- Precisie-irrigatie (of synoniemen als sturen op bodemvocht, slim beregenen)

FIGUUR 11 **AANLEG EN GEBRUIK VAN DRUPPELIRRIGATIE (SPAARWATER; FOTO'S J. DOGTEROM)**

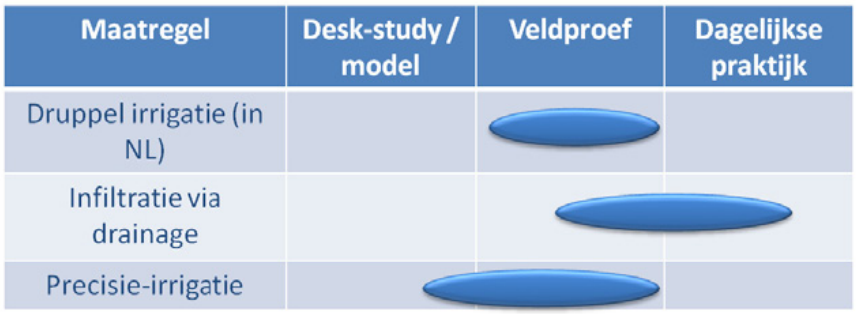
WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Met precisie-irrigatie kan de efficiëntie van het watergebruik worden vergroot. Hierbij wordt de irrigatiegift locatiespecifiek bepaald, op basis van gewas- en bodemeigenschappen, zodat het optimale bodemvochtgehalte zo goed mogelijk wordt gehandhaafd. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van weersverwachtingen, bodemvochtmetingen met behulp van vochtsensoren[1] en satellietgegevens[2]. In toenemende mate zetten agrariërs drones in om de ontwikkeling van hun gewassen beter te monitoren.

1 Zie bijvoorbeeld www.dacom.nl
2 www.eleaf.nl

Door het gericht toedienen van het irrigatiewater in de wortelzone wordt voorkomen dat water verloren gaat door verdamping, uitspoeling of verstuiving zoals het geval kan zijn bij traditionele beregening met behulp van sprinklers. Dit kan leiden tot een waterbesparing en/of een toename van de gewasopbrengst. Wanneer wordt gestuurd op een optimaal bodemvochtgehalte in de wortelzone kan dit in bepaalde gevallen ook tot een toename van de watervraag leiden. Het water wordt in zulke gevallen dan wèl effectiever benut, waardoor de gewasopbrengst wordt vergroot ('more crop per drop').

WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGELEN?



Toediening van water via druppelirrigatie is een wereldwijd veelgebruikte techniek, vooral in de geïrrigeerde landbouw in droge gebieden. In een gematigd klimaat zoals in Nederland is het gebruik van druppelirrigatie nog in ontwikkeling. Bij vaste teelten zoals de fruit en boomteelt wordt het al geregeld toegepast. Bij de vollegrondsteelt waarbij elk seizoen geploegd moet worden zijn experimenten gaande met het gebruikt van bovengrondse en ondergrondse druppelirrigatie[3] (DLV (Reindsen, 2015; Beekman, 2014), Spaarwater (Velstra et al., 2015)), hierbij wordt ook de toepassing op verschillende bodems en bij verschillende gewassen getest. Het gericht inbrengen van water via de drainage op een effectieve en waterbesparende manier wordt nog verder ontwikkeld. Voorbeelden hiervan zijn de klimaatpilot van Deltaprogramma Zoetwater voor efficiënt watergebruik op de hoge zandgronden, de toepassing van onderwaterdrainage in het veenweidegebied (VIC) waarmee vooral gestuurd wordt op het beperken van bodemdaling, de toepassing van een drainage-infiltratie systeem, waarmee drainagewater wordt opgevangen, bij voldoende laag zoutgehalte ('EC') in een bassin wordt opgeslagen en op een later moment via dezelfde drains weer wordt toegediend (Oord, 2015).

Precisielandbouw is in opkomst. Er zijn operationele systemen beschikbaar (bijvoorbeeld 'Beregenen op Maat'), maar die zijn vaak te duur (Schipper et al., 2014). De ontwikkeling van vochtsensoren loopt door, maar er is nog geen techniek beschikbaar om de benodigde informatie over bodemvocht en weersverwachting voor de agrariër laagdrempelig (aanschaf, beheer, onderhoud, kosten) beschikbaar te maken. Het optimale bodemvochtregime voor gewasontwikkeling en hoe dit met verschillende vormen van watertoediening het best kan worden bereikt is onderdeel van lopend onderzoek (bijvoorbeeld Beekman, 2014; Reindsen, 2015; Velstra et al., 2015; Deltaprogramma, 2014).

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

De maatregelen kunnen in beginsel bij veel (grondgebonden) teelten worden toegepast. Zij zijn vooral kansrijk op locaties met beperkte of dure zoetwaterbronnen en op locaties waar de maatregelen voor een vergroting van de gewasopbrengst kunnen zorgen.

3 http://www.praktijknetwerkenindelandbouw.nl/Producten/aug2012%20verslag%20bezoek%20demo%20druppelirrigatie%20Agrico.pdf

Er wordt nog onderzocht hoe het water het beste kan worden toegediend om te sturen op het bodemvocht in de wortelzone. In goed doorlatende bodems kan het water gemakkelijker doordringen in de bodem, maar is er ook een groter risico op verlies naar diepere bodemlagen, terwijl in kleibodems bijvoorbeeld gebruik kan worden gemaakt van de capillaire werking.

OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Maatregel	Perceel	Lokaal	Regionaal	Rijk
Druppel irrigatie (in NL)				
Infiltratie via drainage				
Precisie-irrigatie				

Deze maatregelen worden genomen op het perceel van de agrariër. De effecten kunnen doorwerken naar een hoger schaalniveau omdat de maatregelen effect hebben op de watervraag. Dit kan zowel een afname van de watervraag aan het lokale systeem zijn als een toename (waarbij meer gewasopbrengst wordt gegenereerd).

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Belangrijke neveneffecten van precisielandbouw zijn de vergroting van de gewasopbrengst, en reductie van de benodigde hoeveelheid meststoffen en eventueel gewasbeschermingsmiddelen wanneer het wordt gecombineerd met fertigatie[4]. Dit heeft als voordeel dat de agrariër minder kosten heeft voor de mest en gewasbeschermingsmiddelen en dat er minder ongewenste stoffen af- of uitspoelen naar het oppervlaktewater. Dit kan helpen om de waterkwaliteit te verbeteren en bijdragen aan de doelstellingen van de kaderrichtlijn water.

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Met druppelbevloeiing kan in theorie het water dat bij traditionele beregening verloren gaat aan verdamping voordat het water de bodem heeft bereikt (in de orde van 10-20%) worden bespaard, plus de besparing die kan worden gerealiseerd doordat het water alleen dicht bij de wortel hoeft te worden toegediend. In de decision support tool '€ureyeopener' wordt gewerkt met de aanname dat precisielandbouw een besparing van watergebruik oplevert, de mogelijkheden voor het besparen van water door efficiëntere irrigatie verschilt per teelt; de gemiddelde waterbesparing is geschat op 20% (Schipper et al., 2014). De waterbesparing is nog niet in de Nederlandse praktijk bewezen.

Voor het rendement van de druppelbevloeiing zijn vooral ook bovengenoemde neveneffecten van belang. Zowel voor druppelbevloeiing als precisielandbouw is de vergroting van de opbrengst, door bijvoorbeeld kwalitatief betere producten en daardoor hogere marktprijzen, naast waterbesparing een belangrijke opbrengst.

De investering in irrigatie- en fertigatiesystemen (aanvoer- en druppelslangen, pomp met meststofdoseersysteem, sensoren en automatisering) varieert van €500 tot €2500 per hectare. De slangen moeten elke twee à drie jaar worden vervangen en hier komen nog arbeid en

4 Fertigatie (een samentrekking van irrigatie en fertilisatie) is de toepassing van kunstmest, bodemverbeteraars of andere organische of anorganische in water oplosbare producten door middel van een irrigatiesysteem. Fertigatie wordt toegepast in de tuinbouw, de akkerbouw en in toenemende mate in parken en tuinen (bron: Wikipedia).

energiekosten. De kosten van infiltratie door middel van bestaande drainage zijn lager (zie hoofdstuk 3), maar hiermee kan ook minder precies worden gestuurd op het bodemvocht en kan geen fertigatie worden toegepast waardoor de baten ook lager liggen.

Het 'Beregenen op maat' principe geldt vooral voor de gewassen tulpen, vollegrondsgroenten, boom/sierteelt en fruitteelt. Een belangrijke kostencomponent bij precisieberegening is een abonnement op 'Beregenen op maat'. Uit een rekenvoorbeeld voor de Mark-Vlietpolders blijkt dat de baten niet opwegen tegen de kosten van een abonnement voor beregenen op maat à €20/ha per jaar (Schipper et al., 2014).

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

Aanleg, het beheer en systeemonderhoud rond deze maatregelen zijn in handen van de agrariër. Het is afhankelijk van het systeem waarvoor wordt gekozen of dit leidt tot meer actieve sturing door de agrariër, of dat het systeem automatisch de irrigatiegiften afstemt op de omstandigheden. De wensen hiervoor verschillen per agrariër.

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

Op dit moment worden deze maatregelen in Nederland door bestaand beleid gestimuleerd noch belemmerd. Wel wordt precisielandbouw in proeven met onder andere overheidsfinanciering getest en verder ontwikkeld. Door de mogelijke reductie van de belasting van het oppervlaktewater met meststoffen door de toepassing van precisielandbouw met druppelbevloeiing kan een koppeling met de kader richtlijn water doelstellingen interessant zijn.

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

Er is behoefte aan veldexperimenten om vast te kunnen stellen hoe het beste gestuurd kan worden op het bodemvocht met druppelirrigatie of via de drains, op verschillende bodems en voor verschillende gewassen. Verder is er behoefte aan kennisvermeerdering rond de volgende vragen: Hoe werkt een (druppel)irrigatiegift in verschillende bodems door op het bodemvocht? Wat is het optimale bodemvochtregime voor verschillende gewassen? In hoeverre kan gelijktijdig worden gestuurd op opbrengstvergroting en waterbesparing? Wat zijn de mogelijkheden van het inzetten van drones voor monitoring van gewasgroei en van kostenreductie rond de toepassing van remote sensing data, metingen van bodemvocht of abonnementen op 'Beregenen op maat'?

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Beekman, J., 2014. Meeropbrengst vergoedt investering – Toepassing druppelslangen opnieuw onderzocht. Boerderij 99 – no. 16 (14 januari 2014).
- Reindsen, H. 2015. Kansen voor Dripirrigatie in akkerbouw. Nieuwe Oogst 14 maart 2015. Nr. 37.
- Schipper, P.N.M., G.M.C.M. Janssen, N.B.P. Polman, V.G.M. Linderhof, P.J.T. van Bakel, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, G.H.P. Oude Essink en L.C.P.M. Stuyt, 2014. *€ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden.* Wageningen, Alterra Wageningen UR (University &Research centre), Alterra-rapport 2510, Wageningen.
- Velstra, J., Tolk, L., Te Winkel, T., Burger, S., Verbruggen, M., Hu-a-ng, K., 2015. Rendabel en duurzaam agrarisch gebruik in een verziltende omgeving. Resultaten eerste jaar – 2014. Acacia Water, www.spaarwater.com
- Deltafact Bodemvochtgestuurd beregenen (deltaproof.stowa.nl)

6

VERGROTEN ZOETWATERBESCHIKBAARHEID DOOR ONDERGRONDSE OPSLAG

Om extra zoetwater beschikbaar te maken kan water opgeslagen worden in de ondergrond. Dit kan worden gerealiseerd in gebieden met een diepe grondwaterspiegel via kunstmatige infiltratie, in gebieden waar het grondwater van nature van onvoldoende kwaliteit is en waar door infiltratie van zoetwater een ondergrondse zoetwaterbel wordt gevormd, of in gebieden waar met infiltratie een van nature aanwezige zoetwaterbel wordt vergroot zodat zoetwater beschikbaar komt voor winning. We onderscheiden de volgende maatregelen:

- Ondergrondse opslag in watervoerende pakketten (of synoniemen als Artificial Storage and Recovery (ASR), Managed Aquifer Recharge (MAR))
- De 'Freshmaker'
- Infiltratie in kreekruggen

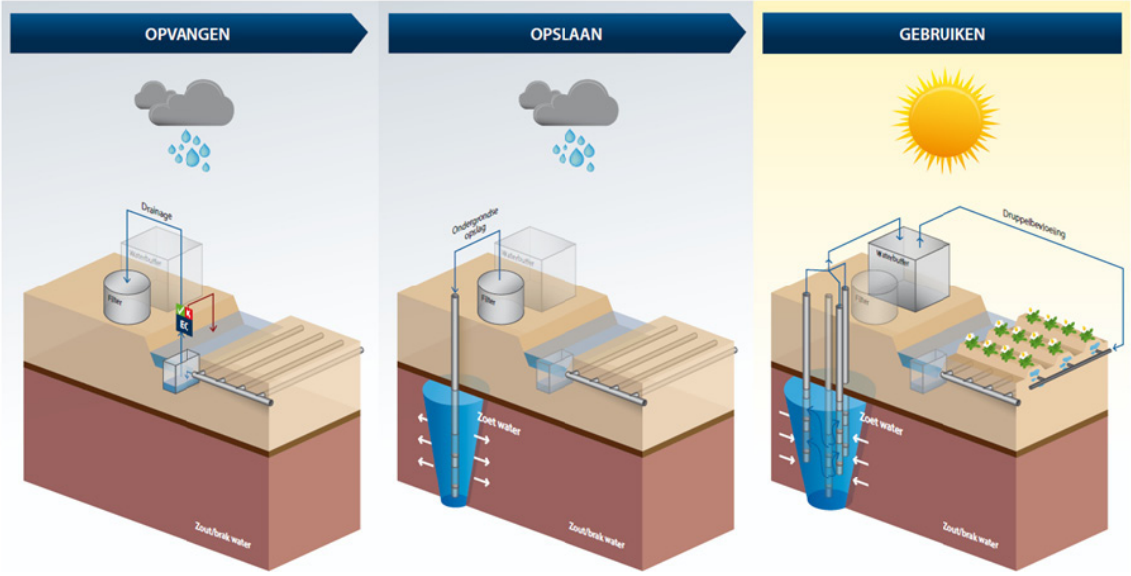
WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Wanneer in de natte tijd water ondergronds wordt opgeslagen kan het beschikbaar worden gemaakt voor perioden van droogte of onvoldoende waterkwaliteit (verzilt water). Bij een ASR-systeem wordt water via putten in de aquifer (meestal het eerste watervoerende pakket) gebracht. Voor de onttrekking kan dezelfde put als voor de infiltratie worden gebruikt, of er kunnen specifieke onttrekkingsputten worden geplaatst. Wanneer het grondwater van mindere kwaliteit (bv. zout) is, wordt dit door het zoete infiltratiewater weggedrukt, waardoor er een zoete bel in de ondergrond ontstaat. Bij kreekruginfiltratie worden de zoetwaterbellen die van nature in kreekruggen aanwezig zijn vergroot door infiltratie van slootwater via drains (door middel van peilopzet) zodat het zoet-zout grensvlak wordt verlaagd. De Freshmaker maakt van een vergelijkbaar principe gebruik, maar zorgt tevens voor opheffing van opdrijving van zoetwater op zout grondwater door het afvangen van zout water met een diepe horizontale put, zodat de zoetwaterbel sneller kan groeien en later (deels) kan worden teruggewonnen. Essentieel voor deze maatregelen is dat er op een bepaald moment water van voldoende kwaliteit aanwezig is om te infiltreren. Denk hierbij aan het gebruik van regenwater, oppervlaktewater, water dat wordt opgevangen uit de drains, gezuiverd effluent etc. Voordelen van ondergrondse opslag zijn de grote capaciteit, het beperkte bovengrondse ruimtebeslag, en het feit dat het water is afgeschermd voor verdamping en vervuiling via bovengrondse bronnen.

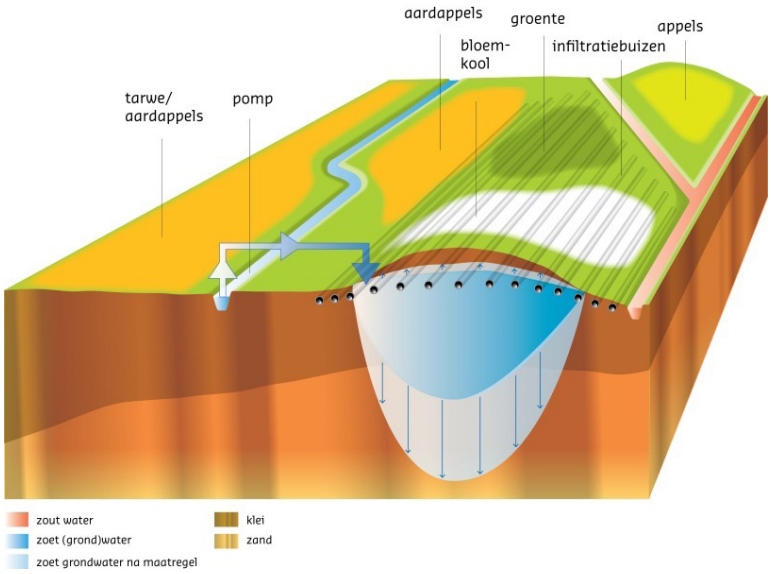
Op de hoge zandgronden kan ondergrondse waterberging een belangrijke bijdrage leveren aan het voorraadbeheer en is (ondergrondse) voorraadvorming onderdeel van een maatregelpakket om de zoetwatervoorraad te vergroten (Bleumink, 2014). Deze maatregelen hebben betrekking op:

- Water langer vasthouden en/of infiltreren. Door inrichtingsmaatregelen in natuur- en landbouwgebieden, zoals het plaatsen van stuwen in waterlopen en regelbare drainage wordt minder water oppervlakkig afgevoerd en neerslag langer vastgehouden (zie hoofdstuk 3 en 4);
- Vermindering van de verdamping in natuurgebieden;
- (Her)infiltratie van gebiedseigen water (Managed Aquifer Recharge). Bij sprengen[5] komt water van goede kwaliteit boven kwellen. Dit hoogwaardige water kan weer in het systeem worden gebracht door (her)infiltratie. Drinkwaterbedrijf Vitens past deze techniek toe rondom de winput in Epe (Blauwe Bron). Ook voor de Stippelberg in Brabant is deze techniek nader onderzocht (van Loon et al., 2014).

FIGUUR 12 **SCHEMATISCHE WEERGAVE VAN ONDERGRONDSE WATERBERGING EN TERUGWINNEN VAN ZOETWATER (SPAARWATER.NL)**



FIGUUR 13 **KREEKRUG INFILTRATIE SYSTEEM (OUDE ESSINK, 2014)**



5 Een spreng, sprang of sprengebeek is een door mensen gegraven of verlegde beek met zodanige gegraven bronnen dat er onder druk staand grondwater aan de oppervlakte wordt gebracht (bron: Wikipedia).

WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGEL?

Maatregel	Desk-study / model	Veldproef	Dagelijkse praktijk
Ondergrondse wateropslag			
Freshmaker			
Kreekruginfiltratie			

Grootschalige ondergrondse opslag van water is een wereldwijd veel toegepaste techniek. In Nederland wordt grondwater veel gebruikt voor drinkwaterwinning, waarbij in gevallen waar de natuurlijke grondwateraanvulling onvoldoende is infiltratie van water wordt ingezet om te compenseren voor de grondwateronttrekking. Daarnaast wordt in de Nederlandse glastuinbouw het infiltreren van neerslag vanaf het kasdek door middel van kleinschaliger ASR systemen op enkele locaties al enkele decennia toegepast. De kennisvragen liggen vooral op de ontwikkeling van technologieën om ook voor complexere grondwatersystemen (bv. brak/zout grondwater) op een kosteneffectieve manier zoetwater in de ondergrond te kunnen opslaan en in voldoende mate weer terug te winnen. De laatste jaren is hieraan onderzoek verricht. De ontwikkeling van het multiput systeem, zoals de Freshmaker en de Freshkeeper zijn hier goede voorbeelden van (Zuurbier et al., 2015). Met kreekruginfiltratie en de Freshmaker worden op dit moment praktijkproeven uitgevoerd op twee locaties op Walcheren (Oude Essink et al., 2014).

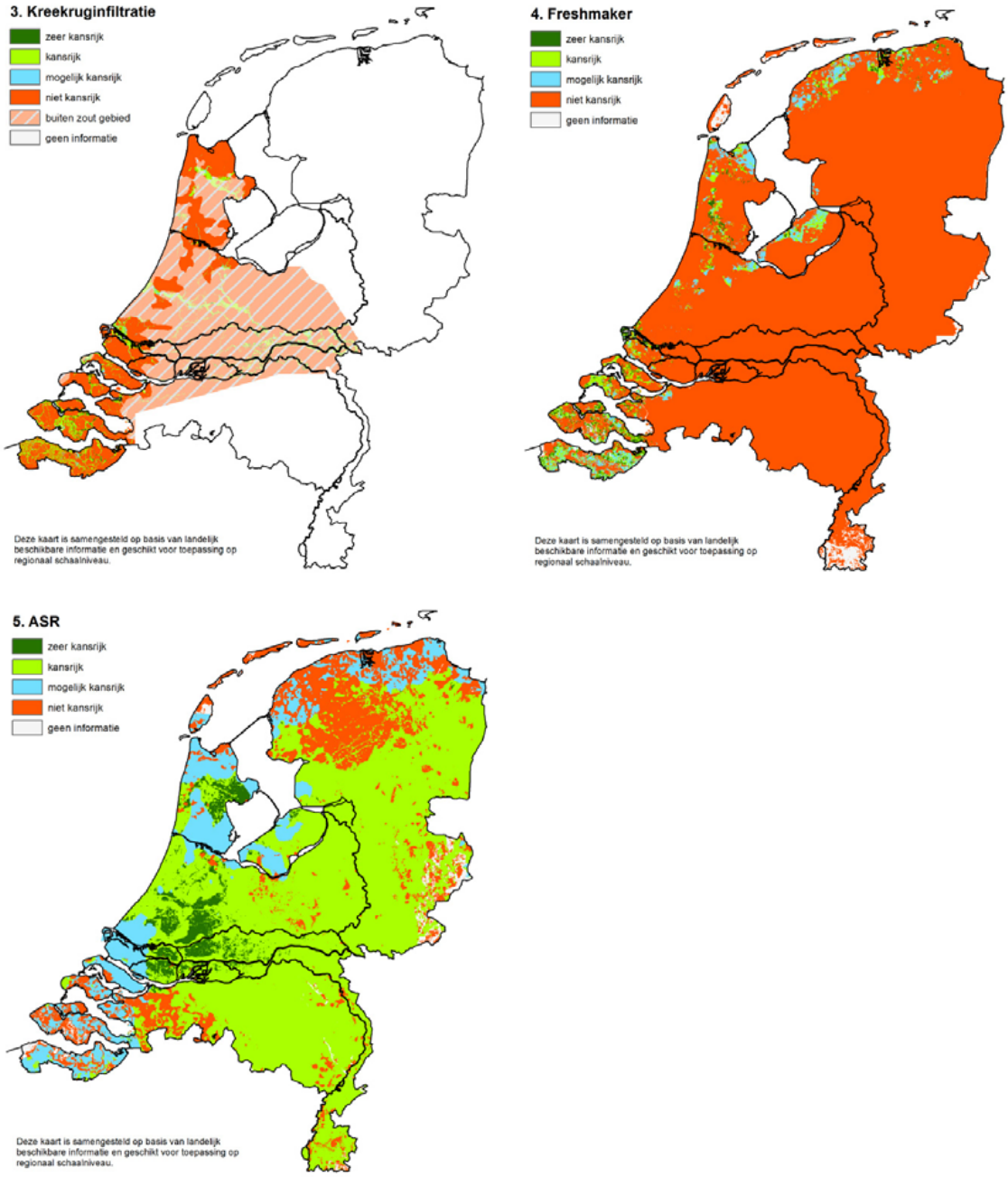
Systemen zoals toegepast in het kassengebied zijn voor gebruikers buiten de glastuinbouw duur. Op dit moment wordt onderzocht of de systemen op een efficiëntere wijze kunnen worden ontwikkeld zodat ondergrondse opslag ook als oplossing kan worden ingezet voor vollegrondsteelten. Op dit moment lopen er proeven voor bollen en pootaardappelen (Velstra et al., 2015). Vernieuwend hierbij is ook dat hier water uit de drains wordt gebruikt voor de ondergrondse opslag, zodat water beschikbaar wordt gemaakt in gebieden zonder zoetwateraanvoer en waar de sloten ook 's winters zout zijn. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de kennis die is opgedaan in Bangladesh, waar met eenvoudige middelen ongeveer 100 kleinschalige ASR systemen zijn gebouwd tegen relatief lage kosten (Tolk et al., 2014).

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

Voor ondergrondse opslag zijn drie onderdelen essentieel: (1) er moet (tijdelijk) water van voldoende kwaliteit voor opslag beschikbaar zijn, en (2) er moet een grondwaterlichaam zijn waaraan het water kan worden toegevoegd zonder dat dit verloren gaat door afstroming en/of opdrijving of doordat het door vermenging een onacceptabele kwaliteit krijgt, en (3) de technologie moet toegestaan zijn in het kader van de Waterwet, waarin eisen worden gesteld aan infiltratiewaterkwaliteit en effecten op de omgeving.

In laag Nederland zijn kreekruggen, strandwallen, duinen en andere zandlichamen geschikt voor zoetwateropslag, door middel van infiltratie, al dan niet via drainage. Daarnaast kan op plaatsen met een dikkere deklaag water via putten (ASR) in diepere zoete of brakke watervoerende pakketten worden opgeslagen. In hoog Nederland (hoge zandgronden) kan ondergrondse opslag worden toegepast om gebiedseigen water langer vast te houden en om de grondwaterhoeveelheid aan te vullen.

FIGUUR 14 **LINKSBOVEN DE GESCHIKTHEID VOOR KREEKRUGINFILTRATIE, RECHTSBOVEN DE GESCHIKTHEID VOOR DE FRESHMAKER, LINKSONDER DE GESCHIKTHEID VOOR TOEPASSING VAN ASR (HOOGVLIET ET AL., 2014)**



OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Maatregel	Perceel	Locaal	Regionaal	Rijk
Ondergrondse wateropslag				
Freshmaker				
Kreekruginfiltratie				

Maatregelen ten behoeve van ondergrondse opslag kunnen voor de landbouw en industrie worden genomen op het schaalniveau van een bedrijf, zoals bijvoorbeeld bij de ondergrondse opslag in de glastuinbouw of bij kreekruginfiltratie. De kansrijkheid van deze maatregelen kan verder worden vergroot wanneer ze iets grootschaliger worden toegepast, omdat de kosten per m^3 dan dalen, en de beheersbaarheid en de robuustheid worden vergroot.

Door gebruik te maken van ondergrondse waterberging wordt de gebruiker minder afhankelijk van water uit het oppervlaktewatersysteem. Door dit grootschaliger en regionaal toe te passen zal de regionale waterbeheerder minder afhankelijk worden van water uit het hoofdwatersysteem. Ook kunnen opgeslagen watervoorraden worden benut om het regionale oppervlaktewatersysteem van zoetwater te voorzien.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Ruimte is in Nederland schaars en duur. Zo ook ruimte voor (tijdelijke) opslag van water. Ondergrondse wateropslag bespaart bovengronds ruimtebeslag. Daarnaast kan het worden ingezet voor (piek)berging.

Belangrijke *schakel in de watercyclus*. Afvalwater dat op de ene locatie vrijkomt kan na zuivering op een andere locatie worden ingezet. Meestal is echter sprake van een disbalans in het aanbod en de vraag naar water. Ondergrondse waterberging kan voor betere afstemming zorgen. In Brabant wordt bijvoorbeeld gewerkt aan een technologie om water afkomstig van een suikerfabriek te hergebruiken in de glastuinbouw. Bij de verwerking van suikerbieten komt in het najaar veel water vrij, terwijl de tuinbouw het water vooral in de zomer nodig heeft. Ondergrondse waterberging kan in deze keten daarom een belangrijke schakel vormen.

Ondergrondse waterberging kan een bijdrage leveren aan het *combineren van functies*. Door regenwater van daken af te koppelen en in de diepe ondergrond te injecteren wordt een bijdrage geleverd aan zowel de zoetwatervoorziening als het beperken wateroverlast. Een kennisvraag hierbij is hoe grote hoeveelheden regenwater in korte tijd te infiltreren zonder putverstopping (Zuurbier et al., 2015).

Door water in de ondergrond te brengen wordt dit microbieel gezuiverd. Ook worden bepaalde stoffen in de ondergrond omgezet en/of afgebroken. In de aardappelteelt geldt op plaatsten een beregeningsverbod vanwege het risico op bruinrot. Ondergronds opgeslagen water is naar verwachting na drie maanden bruinrotvrij. Deze methode maakt daarom dat beregenen binnen de aardappelteelt op termijn weer mogelijk kan worden. Wat voor bruinrot geldt, geldt ook voor andere ziektekiemen die een rol spelen bij andere vollgegrondsteelten en bloembollen. In het project Spaarwater worden deze kwaliteitsaspecten onderzocht (Velstra et al., 2015).

Bijkomend voordeel van kreekruginfiltratie is vermindering van droogteschade door de ondiepere grondwaterstanden in de percelen van de kreekrug.

Geohydrologische effecten. Ondergrondse waterberging kan leiden tot extra kwel en/of afstroming van (zout) water naar het oppervlaktewater, omdat het oorspronkelijk aanwezige grondwater door het geïnfiltreerde water wordt weggedrukt, of omdat de grondwaterstand wordt verhoogd. Ook kan interferentie optreden van meerdere putten die in elkaars omgeving worden geplaatst. Bij het ontwerp moet met deze effecten rekening worden gehouden.

Verontreiniging grondwater. Een risico is dat het infiltratiewater verontreinigd is met milieuvreemde stoffen, met nadelige gevolgen voor de kwaliteit van het grondwater. Bij ijzerrijk grondwater kan putverstopping optreden. De kans op verontreiniging door regenwater is doorgaans beperkt; hier kan worden volstaan met eenvoudige zuivering. Bij andere waterbronnen (oppervlaktewater, effluent, afvalwater) zal voorzuivering nodig zijn.

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Ondergrondse waterberging biedt perspectief om het gebiedseigen water langer vast te houden en de zelfvoorzienendheid van een regio of eindgebruiker (landbouw, industrie) van (zoet) water te vergroten. Het kan een belangrijke maatregel zijn voor het verkrijgen van een robuuster watersysteem en daarmee een gebied bestendiger maken voor klimaatverandering. Door het beter benutten van het gebiedseigen water en de daardoor grotere beschikbaarheid van zoetwater kan de afhankelijkheid van wateraan- en afvoer van het hoofdwatersysteem afnemen.

Ondergrondse opslag kan een betrouwbare bron zijn van goede waterkwaliteit. In de landbouw geeft dit een grotere zekerheid in de gewasopbrengst en dus een hoger inkomen. In hoeverre een investering in ondergrondse opslag rendabel is, is afhankelijk van het geteelde gewas. Voor hoog renderende teelten zoals de glastuinbouw is de meerwaarde van water van hoge kwaliteit groot, en worden ASR systemen commercieel toegepast. Wanneer door extra beschikbaarheid van zoetwater kan worden overgestapt op een hoog renderende teelt zoals fruitteelt kan een investering in ondergrondse opslag rendabel zijn. Het rendement is onder andere onderzocht met DSS €ureyeopener (Schipper et al., 2014), hierin wordt geconcludeerd dat de aanleg van een ASR systeem voor overstap op een hoogrenderende teelt in principe rendabel is.

De geschatte kosten van de pilots die op dit moment binnen project Go-Fresh worden uitgevoerd, zijn: €320-730 ha^{-1} jr^{1} voor de Freshmaker, en lager dan €200 ha^{-1} jr^{1} voor kreekruginfiltratie (Oude Essink et al., 2014). De kosten van aanleg van een ASR-systeem zijn in de glastuinbouw ongeveer €50.000,- tot €150.000;- de onderhouds- en exploitatiekosten zijn €10.000,- tot €30.000,- per jaar, afhankelijk van de schaalgrootte. Als water in de winterperiode wordt opgeslagen en in het groeiseizoen wordt teruggewonnen zijn de kosten per m^3, inclusief afschrijving en rente, tussen de €0,30 bij een groot volume en hoog rendement, en 1,38 euro/m^3 bij een klein volume en matig rendement (Zuurbier et al., 2012).

In Bangladesh zijn de systemen aangelegd voor minder dan €10.000,- per systeem (Tolk et al., 2015). Deze kosten zijn niet direct vergelijkbaar met de Nederlandse situatie, door bijvoorbeeld het verschil in arbeidskosten en mate van automatisering en capaciteit. Mogelijke innovaties, gericht op kostenreductie worden op dit moment onderzocht (Velstra et al., 2015).

FRESHMAKER (FOTO: WWW.WATERBUFFER.NET)

WAT ZIJN DE AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD

Voor ondergrondse opslag in de landbouw ligt het beheer doorgaans bij de agrariër en soms bij coöperaties. Belangrijk voor het terugwinrendement (% terug te winnen water ten opzichte van geïnjecteerd volume) is het putontwerp, in combinatie met het infiltratie en onttrekkingsregime.

Hiervoor zijn aanbevelingen ontwikkeld (en nog in ontwikkeling of ter validatie) in recente veldproeven binnen Spaarwater, Go-Fresh, Kennis voor Klimaat en het EU-project DESSIN. Gesignaleerde aandachtpunten hierbij zijn:

- Efficiënte, goedkope voorzuivering van verschillende typen infiltratiewater om putverstopping te voorkomen of operationeel te beheersen;
- Optimalisatie ontwerp en aanleg van de putten (zoals in Spaarwater)
- Optimalisatie gebruik van interceptieputten (zoals Freshkeeper) om terugwinning in sterke mate te verhogen, zodat kosten per kuub en watertekorten afnemen;
- Koppelen van de techniek aan watertechnologie voor duurzame en betrouwbare levering van drinkwater, hoogwaardig gietwater en industriewater. Introductie van (milde) ontzilting van geïnjecteerd zoetwater dat, gemengd met grondwater, wordt teruggewonnen.
- Monitoring van infiltratiewaterkwaliteit in het kader van de Waterwet;
- Koppeling met ICT om gebruikers te ontzorgen;
- Gebruik van ondergrondse waterberging om wateroverlast bovengronds te voorkomen (bv. in de stad of in glastuinbouwgebieden).

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

De huidige wet- en regelgeving werkt nog belemmerend, omdat wegens infiltratie van oppervlaktewater het Infiltratiebesluit van toepassing is. Dit besluit is specifiek ontwikkeld voor de drinkwatersector. Om de vergunningverleners te ondersteunen om meer maatwerk voor een specifieke toepassing en locatie te kunnen bieden is een handreiking ontwikkeld (Zuurbier et al, 2015 (in prep.).

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

Om gebiedseigen water langer vast te houden en te hergebruiken (watercyclus) is adequate voorzuivering voor de infiltratie nodig. Er is onderzoek nodig naar het perspectief: wat levert het op en wat kost het? Voor infiltratie van andere waterbronnen dan neerslag zoals gezuiverd effluent, oppervlaktewater of water uit de drainagesystemen.

Een volgende stap is om uit te zoeken wat ondergrondse waterberging kan betekenen voor de zoetwatervoorziening op regionale schaal. Nu wordt water vooral aan- en afgevoerd van en naar een regio via het oppervlaktewatersysteem. Door de gebiedseigen voorraad aan zoetwater slim te vergroten wordt de afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem verminderd en hoeft minder water worden gebruik t voor het doorspoelen van het regionale systeem. Dit zal verder worden onderzocht in het project Spaarwater 2.

Uit de proef bij de Stippelberg (van Loon et al., 2014) in Noord Brabant werd geconcludeerd actieve voorraadvorming in het natuurgebied uiteindelijk ten opzichte van de aanvoer van water een beperkte bijdrage kon leveren aan de regionale watervoorziening en dat aanvullende water conserverende maatregelen nodig zijn in de regio.

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., Zuurbier, K.G., Velstra, J., Veraart, J., Brouwer, W., Faneca Sànchez, M., Pauw, P.S., de Louw, P.G.B., Vreke, J., Schoevers, M. 2014. GO-FRESH: Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening, KvK 151/2014, ISBN EAN 978-94-92100-12-2, 84 p.
- Zuurbier, 2015. Innovatieve putconcepten maken zoetwaterreservoir in verzilte ondergrond mogelijk. Zuurbier K., Paalman M., van der Linde S., de Gelder D. en Meeuwse P. H2O , 11 maart 2015.
- Zuurbier et al, 2015. Handreiking beoordeling ondergrondse waterberging (Stowa, in prep.)
- Deltafact Ondergrondse waterberging (deltaproof.stowa.nl)

7

VERGROTEN ZOETWATERBESCHIKBAARHEID DOOR BOVENGRONDSE OPSLAG

Tijdens perioden met wateroverschot wordt overtollig water geborgen, om dit water tijdens droge perioden te kunnen gebruiken. Bij bovengrondse opslag gaat het over regenwaterbassins, of grootschaliger vormen van meervoudig ruimtegebruik, zoals het 'Achteroeverconcept' of ecosysteemdiensten zoals berging in (natte) natuurgebieden. De maatregelen die hierbij horen zijn:

- Regenwaterbassins op bedrijfsniveau
- Meervoudig ruimtegebruik

FOLIEBEKKEN (FOTO WATERPORTAAL.BE)

WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Regenwaterbassins worden binnen de glastuinbouw zeer regelmatig toegepast, gezien de gestelde hoge eisen aan irrigatiewater en het continue gebruik in een bijna gesloten kringloop (Alterra, 2014). Bij vollegrondsteelten worden zoetwaterbassins nauwelijks toegepast. Bassins blijken vanwege de relatief hoge kosten alleen interessant wanneer er geen alternatieven zijn (beregening uit grond- of oppervlaktewater), en zijn alleen rendabel te maken in de vollegrondsgroententeelt (Van Bakel en Poelman, 2009). In zoute gebieden kan een zoetwaterbassin, waarin naast neerslag ook zoet drainagewater wordt opgeslagen, een uitkomst zijn (Oord, 2015).

Meervoudig ruimtegebruik is een mogelijkheid om meerdere baten te realiseren, waardoor bovengrondse zoetwateropslag ook bij minder renderende teelten economisch haalbaar wordt. Het gaat er hier over het algemeen om de zoetwateropgave mee te laten liften met ruimtelijke ontwikkelingen die plaats vinden. Een voorbeeld van de combinatie van zoetwateropslag met andere functiecombinaties is het 'Achteroever-concept' (Van Ek en Doef, 2010). Hierbij wordt in een binnendijks gebied langs het IJsselmeer (Koopmans-polder) seizoensberging van water gerealiseerd, gecombineerd met functies als wonen en werken aan het water, natuurontwikkeling, recreatie, duurzame landbouw en visserij. Een ander voorbeeld van meervoudig ruimtegebruik is de seizoensberging in de Westflank van de Haarlemmermeer.

WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGEL?

Maatregel	Desk-study / model	Veldproef	Dagelijkse praktijk
Regenwaterbassins glastuinbouw			
Regenwaterbassins vollegrondsteelten			
Meervoudig ruimtegebruik			

In de glastuinbouw zijn regenwaterbassins gangbare praktijk; er zijn weinig kassen te vinden zonder bassin. Voor vollegrondsteelten is dit niet het geval. Door lagere eisen aan het beregeningswater en lagere gewasopbrengsten valt de kosten/batenafweging hier anders uit. Meervoudig ruimtegebruik, zoals het 'Achteroever-concept', kan de kosten/baten afweging veranderen. Zoetwaterberging in zoute gebieden, waarbij ook zoet drainagewater wordt geborgen, is in een pilotfase op Texel (Oord, 2015).

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

Maatregelen om water bovengronds op te slaan kunnen in principe overal worden toegepast. Dit geldt zeker voor de lokale variant (regenwaterbassins). Vormen van meervoudig ruimtegebruik vergen inpassing in provinciale structuurvisies, waarbij lokale kansen moeten worden benut.

OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Maatregel	Perceel	Lokaal	Regionaal	Rijk
Regenwaterbassins				
Meervoudig ruimtegebruik				

Plaatsing van regenwaterbassins vindt plaats op bedrijfsniveau. Meervoudig ruimtegebruik is een maatregel waarbij een groter gebied wordt heringericht ten behoeve van meerdere functies, waaronder zoetwatervoorziening. Het schaalniveau van deze maatregel is dan ook regionaal.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Regenwaterbassins hebben weinig neveneffecten op het regionale oppervlaktewater. Door de bijna gesloten kringloop in de glastuinbouw, waar regenwaterbassins een onderdeel van zijn, zijn zowel de lozing naar het oppervlaktewater, als de waterinname uit het oppervlaktewater beperkt.

De maatregel 'meervoudig ruimtegebruik' is juist gericht op het maximaliseren van positieve neveneffecten. Te denken valt daarbij aan verhoging van de natuurwaarde, recreatie, afbraak van nutriënten en de functie 'wonen'.

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Regenwaterbassins (aanlegkosten circa €3,50, plus €0,35 /jaar per m^3 capaciteit) zijn kosteneffectief voor de glastuinbouw, kunnen uit voor vollegronds-groenteteelt en zijn niet kosteneffectief voor laag renderende teelten (Van Bakel en Poelman, 2009). Vooral het ruimtebeslag maakt de bovengrondse opslag duur.

Meervoudig ruimtegebruik beoogt door middel van functiecombinaties tot een positief kosten / baten saldo te komen. Kosten en baten zijn zeer specifiek, een schatting kan daarom niet worden gegeven.

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

Regenwaterbassins worden uitgevoerd op bedrijfsniveau en zijn gangbare praktijk. Er is inmiddels dan ook voldoende kennis over aanleg en beheer en onderhoud. Bij meervoudig ruimtegebruik moeten goede afspraken worden gemaakt over verantwoordelijkheden.

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

Regenwaterbassins zijn al gangbare praktijk. Meervoudig ruimtegebruik past binnen bestaand beleid, maar vergt afstemming op verschillende bestuurlijke niveaus.

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

Het 'Achteroever-concept' zit momenteel in een pilotfase, waarin de meerwaarde van het concept wordt onderzocht. Meervoudig ruimtegebruik vergt identificatie van kansen in ruimtelijke ordening, en het samenbrengen van meerdere partijen en belangen op het juiste moment. Het mislukte voorbeeld van de Westflank Haarlemmermeer laat daarbij zien dat het geen eenvoudige opgave is[6].
Op basis van dit soort praktijkvoorbeelden en pilots moeten lessen worden getrokken en stappen voor verbeteringen in planvorming en implementatie worden voorgesteld.

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Bakel, P.J.T. van, A. Poelman, N. Kielen en J. Hoogewoud (2009). Waterreservoirs op bedrijfsniveau alternatief voor zoetwatervoorziening landbouw? H_2O 2007(18): 43-46.
- Van Ek en Doef, 2010. Achter de oever liggen de kansen. RWS / Deltares rapport wd0710td058
- Oord, A., Kolkman, W., Kuijper, W., 2015. Zelfvoorzienende zoetwaterberging in de land- en tuinbouw draagt bij aan zoetwaterbeschikbaarheid en het beperken van economische schade. H2O-online.
- Deltafact Waterreservoirs op bedrijfsniveau (deltaproof.stowa.nl)

6 http://www.rijnland.net/plannen/home-plannen-piekberging/haarlemmermeerpolder

8

GEBRUIK VAN ALTERNATIEVE WATERBRONNEN

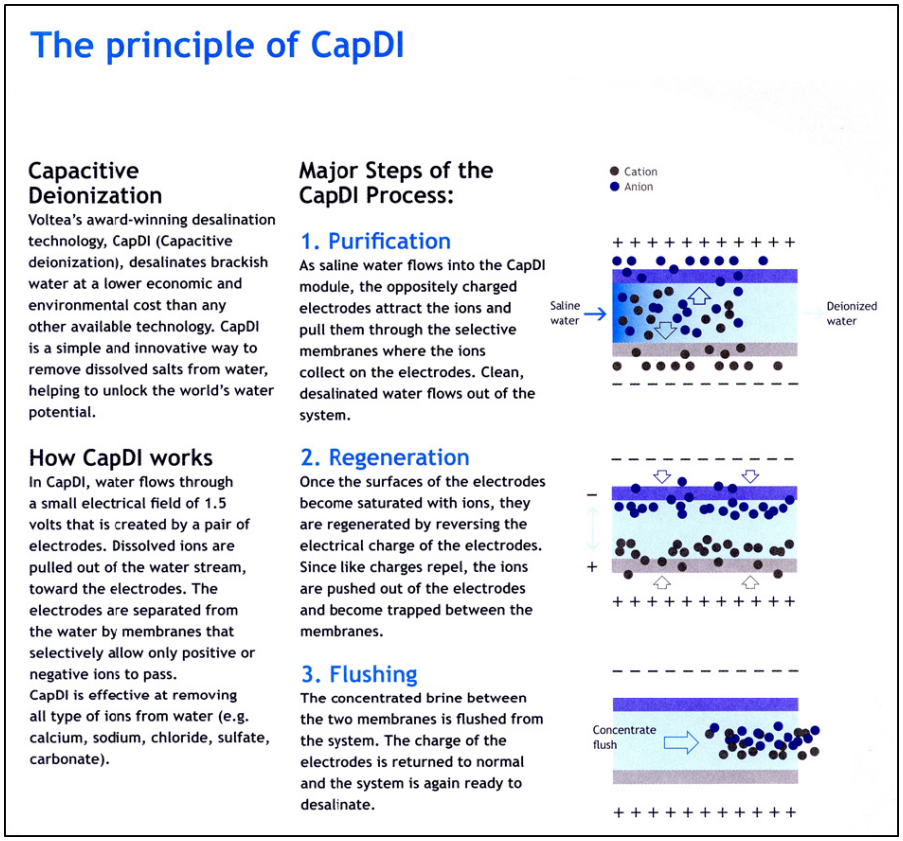
Vaak zijn in gebieden in Nederland alternatieve waterbronnen aanwezig die een alternatief kunnen bieden voor wateraanvoer mits de waterkwaliteit kan worden verbeterd. We hebben het dan over:

- Ontzilting
- Hergebruik afvalwater

WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

De zelfvoorzienendheid t.a.v. zoetwater kan worden vergroot door het gebiedseigen water beter te benutten en geschikt te maken voor gebruik. Dit betekent dat de kwaliteit van het water dan moet voldoen aan de gestelde gebruikseisen. Voor de zoetwater vragende functies (landbouw, industrie, drinkwater) betekent dit vooral:

FIGUUR 14 **PRINCIPESCHETS VAN CAPACITIEVE DEIONISATIE, EEN INNOVATIEVE VORM VAN MILDE ONTZILTING (BRON: VOLTEA.COM; FOURCE-NOW.COM)**



Onzilting van water. In kustgebieden is grondwater en/of oppervlaktewater soms te zout om geschikt te zijn als irrigatiewater of industriewater. Dit water kan (deels) ontzilt worden. Hiervoor zijn verschillende technieken beschikbaar, bijvoorbeeld omgekeerde osmose oftewel reverse osmosis (RO). Een innovatieve vorm van ontzilting is Capacitive Deionisatie (CapDI); zie Figuur 14.

Hergebruik van afvalwater: Afvalwater (RWZI, industrie) bevat nog vaak te hoge concentraties aan verontreinigende stoffen en/of nutriënten en wordt na beperkte zuivering vaak geloosd op het oppervlaktewater. Door verwijdering en/of hergebruik van stoffen uit dit afvalwater kan het water worden hergebruikt (resource recovery, watercyclus)

Ontzilten is in het westen van het land nodig voor zoutgevoelige teelten (bijvoorbeeld substraatteelt in de glastuinbouw) en industriële toepassingen. Zo stellen bepaalde teelten (telen op water) hoge eisen (lagere zoutconcentraties) aan de kwaliteit van het irrigatiewater.

De essentie van de maatregel is om gebiedseigen water door zuivering (ontzilting, verwijdering ongewenste stoffen) geschikt te maken voor de zoetwatervoorziening. Het gebiedseigen water (afvalwater, brak/zout grondwater of oppervlaktewater) wordt geschikt gemaakt voor gebruik als irrigatiewater of industriewater. De trend is om stoffen in het afvalwater te hergebruiken of om toegevoegde waarde te creëren ('het afval van vandaag is de grondstof van morgen'). Daarnaast kan ook worden gezocht om het water weer binnen het gebied of binnen het eigen bedrijf weer her te gebruiken (watercyclus sluiten). De beschikbaarheid van zoetwater neemt hiermee toe, de afhankelijkheid van water uit het hoofdwatersysteem neemt af.

Het langer vasthouden en kunnen benutten van het gebiedseigen water draagt bij aan een robuustere zoetwatervoorziening. Het perspectief met betrekking tot klimaatverandering is gunstig, omdat de verzilting de komende jaren naar verwachting toeneemt en de waterbeschikbaarheid trendmatig zal verminderen.

WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGELEN?

Maatregel	Desk-study / model	Veldproef	Dagelijkse praktijk
Ontzilting met Cap-DI			
Hergebruik afvalwater			

Binnen het programma TKI watertechnologie wordt een aantal onderzoeken uitgevoerd die gericht zijn op hergebruik van water, resource recovery en terugwinnen van energie. (http://www.kwrwater.nl/TKI/Turning_waste_into_resources/). Interessant is bijvoorbeeld het project bij het Waterschap Vechtstromen waarbij gezuiverd effluent wordt benut voor de droogtebestrijding in de landbouw. Nabij de RWZI Haaksbergen is de effluentstroom aangesloten op het Klimaat Adaptieve Drainagesysteem (KAD) in een aangrenzend akkerbouwperceel. Deze praktijkproef past in de vraag of effluentstromen uit industrieën en RWZI's beter te benutten en te hergebruiken zijn, waarmee een bijdrage wordt geleverd aan de zoetwatervoorziening en emissie van stoffen naar het oppervlaktewater wordt verminderd.

Met innovatieve en energie efficiënte techniek van capacitieve deionisatie ('Cap-DI') is in de landbouw nog g praktijkervaring opgedaan. Medio 2015 wordt op Walcheren een veldproef gestart met het eerste prototype van een hiertoe ontwikkelde installatie, Fource #1 genaamd (fource-now.com).

Innovatief is om hergebruik van afvalwater te koppelen aan *resource recovery*, waarbij uit afvalwater 'nieuwe waarde' wordt gecreëerd en het water wordt hergebruikt. Ook interessant is het gebruiken van duurzame energievormen zoals wind- en zonne-energie bij het ontziltings- of zuiveringsproces.

Een ander project is het project 'Bier-boer-water' in Noord Brabant waar onderzocht wordt hoe het water van een bierbrouwer weer hergebruikt kan worden.

Met betrekking tot het zuiveren en hergebruiken van stoffen uit afvalwater ontstaan steeds meer mogelijkheden (bijvoorbeeld eiwitproductie uit afvalwater), maar deze moeten in de praktijk nog worden geverifieerd en opgeschaald (pilots). Ook nieuwe ontziltingstechnieken en combinaties van het bergen van zoetwater in brak/zout grondwater en dit vervolgens terugwinnen (ASR/RO) bevinden zich in de pilot fase.

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

Hergebruik van afvalwater uit RWZI of AWZI kan in principe landelijk worden toegepast. Ontziltingstechnieken vinden vooral hun toepassing in laag Nederland (kustregio's).

OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

De Cap-DI techniek is vooral bedoeld voor gerichte ontzilting bij irrigatie uit sloten. Hiermee wordt de zelfvoorzienendheid van agrariers vergroot. Hergebruik van afvalwater van grote bedrijven of RWZI's kan ingezet worden voor de zelfvoorzienendheid van een groter gebied afhankelijk van capaciteit en behoefte.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

Uit afvalwater zijn stoffen terug te winnen en wordt waarde gecreëerd.

Brak water wordt bij Cap-DI ontmengd tot 'zoet' en zeer zout water. Beide watertypen kunnen worden gebruikt voor landbouwproductie; niet alleen de 90% van het watervolume dat is ontzilt. Het zoute water heeft een omvang van ca. 20% van het behandelde brakke water, en kan bijvoorbeeld worden gebruikt voor zilte teelten (*resource recovery*).

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Bij meer kapitaalintensieve teelten (bv. glastuinbouw), drinkwater en industrie wordt zuivering en/of ontzilting in de praktijk toegepast. Voor de minder kapitaalintensieve teelten (vollegronds teelten) is toepassing van deze technieken nog te duur. Daarom is het van belang te verkennen of benutten van bijvoorbeeld energieoverschotten uit wind- en/of zonne-energie deze maatregel goedkoper kunnen maken. Een opstelling van 4 CapDI modules kan momenteel over zijn geschatte levensduur (ongeveer 1400 uur) voor 26 cent per kubieke meter zoet water leveren (voorbeeld uit Fource #1). Dit is echter nog niet in de praktijk bewezen.

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

Zuivering van afvalwater vergt een organisatie om vraag en aanbod van afvalwater op elkaar af te stemmen en de leveringskwaliteit te waarborgen. Bestaande waterbedrijven kunnen deze rol vervullen en op gebiedsniveau ook afstemmen met de regionale waterbeheerder(waterschap). Ontzilting in de land- en tuinbouw vindt vooral op bedrijfsniveau plaats. De agrariër is zelf verantwoordelijk voor het beheer en onderhoud van de installaties.

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

Bestaand beleid werkt enigszins stimulerend. Er is steeds meer aandacht vanuit de EU voor hergebruik van (afval)water. Ook zijn bedrijven zich steeds meer bewust van duurzaam ondernemen en het verlagen van hun water footprint. Wettelijk bestaan er nog wel wat belemmeringen voor de onttrekking infiltratie en lozing van watersoorten die met dit soort maatregelen worden gebruikt en/of ontstaan.

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

In eerste instantie is het nodig de kwaliteitseffecten in de diverse pilots verder te onderzoeken. Bijvoorbeeld is een extra bodempassage gunstig voor de waterkwaliteit? Daarna zou er beleidsmatig: meer gestuurd kunnen worden op hergebruik van stoffen uit afvalwater bijvoorbeeld, als dat nodig blijkt, door het aanscherpen van emissie eisen van RWZI's en ander afvalwater. Stimuleren van onderzoek en opzetten en uitvoeren van pilots gericht op 'waardecreatie' uit afvalwater (resource recovery, energy uit afvalwater etc.) kan een beter beeld geven van additionele baten. Bevorderen van mobiele zuiveringsinstallaties en gebiedsgerichte hergebruik van gezuiverd water door vraag naar water en aanbod van gezuiverd water dichter bij elkaar te brengen kan de efficiëntie van de maatregel vergroten. Nu staan zuiveringsinstallatie vaak bij het oppervlaktewater. We zouden toe moeten willen naar meer zuiveringsinstallatie bij hergebruikslocatie.

BELANGRIJKE REFERENTIES

- http://Fource-now.com
- http://voltea.com
- http://www.kwrwater.nl/TKI/Turning_waste_into_resources
- http://www.boerbierwater.nl/boer-bier-water/

RIOOLWATER ZUIVERING HARNASCHPOLDER (FOTO DELFLUENT SERVICES BV/EVIDES INDUSTRIEWATER)

9

ZOUTTOLERANTIE

Als het zoutgehalte van beregeningswater voor grondgebonden teelten naar boven kan worden bijgesteld, neemt de jaarlijks beschikbare hoeveelheid beregeningswater toe. Dit kan in principe op de volgende manieren:

- Onderzoeken van de werkelijke zouttolerantie van gewassen
- Toepassen nieuwe inzichten m.b.t. zouttolerantie
- Veredeling van landbouwgewassen met een hogere zouttolerantie als doel

WAT HOUDT DE MAATREGEL IN EN HOE VERGROOT DEZE DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Toepassing van de nieuwste kennis met betrekking tot de zouttolerantie van landbouwgewassen, met als doel: optimaal gebruik maken van het op een agrarisch bedrijf voor de gewasgroei beschikbare water. Nieuwe kennis wordt ontwikkeld langs twee parallel lopende sporen: een operationeel-, en een wetenschappelijk spoor.

1. Operationeel spoor: verhogen van de zouttolerantienormen van grondgebonden, beregende gewassen, op grond van de constatering dat zoutschade aan deze categorie gewassen bij toediening van 'te brak' berekening water in verziltingsgevoelige regio's nagenoeg altijd uitblijft.
2. Wetenschappelijk: veredeling van landbouwgewassen tot nieuwe variëteiten, die minder gevoelig zijn voor brak en zout water.

Gegeven het bovenstaande, valt de maatregel in twee delen uiteen. *Verhogen zouttolerantie grondgebonden, beregende gewassen*: waterbeheerders hanteren, in overleg met 'de landbouw', al decennialang conservatieve normen voor de zouttolerantie van landbouwgewassen. Er zijn echter al geruime tijd steeds meer aanwijzingen dat diverse beregende vollegrondsteelten beter tegen hogere zoutgehalten bestand zijn dan de gebruikte zouttoleranties suggereren. De laatste tijd komen er vaker berichten van agrariërs die geen gewasschade konden vaststellen na beregend te hebben met water dat aanzienlijk zouter was dan de huidige 'normen' voorschrijven. Zij hebben dit vaak bewust gedaan, en hierdoor met succes droogteschade weten te voorkomen.

Veredeling van landbouwgewassen: er is steeds meer aandacht voor de vraag in hoeverre landbouwgewassen aan toenemende verzilting kunnen worden aangepast. Ontwikkeling van nieuwe, zouttolerantere rassen, en gewassen te dwingen zich aan hogere zoutgehalte aan te passen bieden perspectief. Ook wordt onderzocht waarom bepaalde gewassen veel zouttoleranter zijn dan andere. Kennis van de onderliggende processen en mechanismen kan worden gebruikt om de tolerantie van gevoelige gewassen door middel van veredeling te verminderen.

Als het maximaal toelaatbare zoutgehalte van beregeningswater voor grondgebonden teelten naar boven wordt bijgesteld, neemt de voor beregening beschikbare hoeveelheid water toe. Zo'n bijstelling kan worden gedaan op grond van de praktijkervaring dat een, ten opzichte van bestaande normen, (enigszins) verhoogd chloridegehalte bij deze gewassen geen zout-

schade veroorzaakt, maar kan ook worden gelegitimeerd door de introductie van nieuwe, zouttolerantere gewasvarianten. De beschikbare hoeveelheid beregeningswater is evenredig met het toelaatbaar geachte, maximum zoutgehalte.

WAT IS DE STATUS VAN DE MAATREGEL?

Maatregel	Wetenschappelijk onderzoek / modelstudie / bureaustudie	Veldproef	Dagelijkse praktijk
bijstelling zouttoleranties landbouwgewassen	●		
veredeling landbouwgewassen	●		

Van maatregelen door waterbeheerders is geen sprake. Er zijn echter agrariërs die incidenteel beregenen met water dat volgens de heersende zouttolerantienormen te brak is, omdat zij bang zijn voor droogteschade.

Bijstelling van zouttoleranties van landbouwgewassen naar hogere waarden is nieuw omdat dit een trendbreuk in het operationele regionale zoetwaterbeheer zou betekenen. Zeker als de maatregel zó zou worden ingericht, dat de regionale differentiatie in de in laag Nederland gehanteerde zouttolerantienormen zou verdwijnen. De bestaande normstelling is immers niet eenduidig, want op een onverklaarbare manier regiogebonden.

De maatregel kan tot innovatie leiden als de huidige, rigide normen zouden worden vervangen door flexibele equivalenten die gekoppeld zouden zijn aan het bodemtype en het groeistadium van gewassen. De zouttolerantie van de meeste gewassen typen neemt, naarmate het groeiseizoen vordert, toe. Veel agrariërs, onder andere in het noorden van het land, houden hier al rekening mee. Informatie hierover komt helaas slechts incidenteel beschikbaar. Betrokkenen weten dat het met de zoutschade van hun gewassen in de praktijk erg meevalt en dat beregenen met brak water in veel gevallen droogteschade kan voorkomen. Dat laatste is overigens al heel lang bekend. Al in 1987 stelde de toenmalige landbouwconsulent

Huinink: 'De hamvraag is: wat is groter, de huidige droogteschade of de door beregening veroorzaakte zoutschade? Dat droogteschade een factor groter is dan zoutschade, is bekend. Agrariërs die onder droge omstandigheden snel stoppen met beregenen omdat ze bang zijn voor gewasschade wegens verzilting, doen zichzelf tekort.' Recente signalen van het Zilt Proefbedrijf (Texel) wijzen in dezelfde richting. Onderzoeker De Vos: 'We worden hier nog regelmatig verrast door de gevonden zouttoleranties. Het verschilt per gewas, maar veel van de door ons geteste aardappelrassen zijn bijvoorbeeld een factor 2 tot 3 zouttoleranter dan de norm waarmee we in Nederland op dit moment rekenen.'

Overweging van deze maatregel is zinvol, omdat verstandiger/duurzamer wordt omgesprongen met het in een regio op enig moment beschikbare water, en de watervraag dus kan worden verminderd. Kostenreductie van inrichting en operationeel beheer van zoetwater liggen voor de hand. Het veredelingsonderzoek is per definitie innovatief, en speelt zich vooralsnog af in de sfeer van kleinschalige laboratoriumexperimenten.

Gerichte bijstelling van zouttolerantienormen van beregende, grondgebonden gewassen en introductie van zouttolerantere gewasvariëteiten heeft alles te maken met slim watermanagement. Want dit soort maatregelen draagt er toe bij dat we de beschikbare hoeveelheid water optimaal kunnen inzetten en we het water slimmer over verschillende regio's waar dit water nodig is, kunnen verdelen. Waterbeheerders moeten daarom, wellicht meer dan nu, over hun huidige beheergrenzen heen kijken.

WAT IS HET PERSPECTIEF VAN DE MAATREGEL?

Een agrariër die beseft dat zijn gewassen minder gevoelig zijn voor zoutschade dan hij tot nu toe veronderstelde beschikt - onder vergelijkbare condities - over meer beregeningswater dan voorheen. Dat is gunstig voor zijn bedrijfsvoering, omdat hij beter in staat is te zorgen voor optimale groeicondities in de wortelzone van zijn gewassen. Daarmee neemt de kans op hogere gewasopbrengsten toe, en dat betekent een beter bedrijfsresultaat. Hij kan beter plannen, drogere periodes beter overbruggen, en daarmee gemakkelijker voldoen aan verplichtingen aan opdrachtgevers (leveringsdatum contractteelt).

In maart 2015 zijn verkennende berekeningen gemaakt van het effect van toediening van brak beregeningswater op het zoutgehalte in de wortelzone van landbouwgewassen (Kroes et al., 2015). De berekeningen werden uitgevoerd voor de Anna Paulownapolder (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier). Gerekend werd tussen 1991 en 2010 met SWAP-WOFOST, aan tulpen, waarbij aanvoer van brak water (5000 mg Cl^-) naar de wortelzone werd gesimuleerd via beregening, kwel en subinfiltratie. De zoutconcentratie in de wortelzone varieerde van 40% van dat van het aangevoerde water onder natte omstandigheden tot 80% onder droge omstandigheden. De conclusie van deze modelexercitie is dat de actuele zoutconcentraties waaraan grondgebonden teelten (in de wortelzone) onder veldomstandigheden worden blootgesteld sterk gerelateerd is aan de hydrologie op perceelsniveau, de variabele weersomstandigheden tijdens het groeiseizoen, en slecht bekend is.

Beide aspecten van deze maatregel ('oprekken' van zouttolerantienormen en introductie van tolerantere gewasvariëteiten) betekenen in de praktijk dat een agrariër minder kwetsbaar wordt voor mogelijke ongunstige ontwikkelingen rond de zoetwatervoorziening (kwaliteit en kwantiteit) ten gevolge van autonome processen als klimaatverandering. De hieraan gekoppelde risico's nemen af, en dat is gunstig voor het bedrijfsresultaat van agrariërs. Als deze

ontwikkeling zich over een grotere regio voordoet, kan dit de economie van de streek versterken. Wellicht kan in vele gevallen worden overgestapt op gewassen die wegens een hogere geldelijke opbrengst voor een beter bedrijfsresultaat kunnen zorgen.

WAAR KAN DE MAATREGEL WORDEN TOEGEPAST?

De maatregel is zinvol in laag Nederland, op landbouwpercelen met beregende vollegrondsteelten, waaronder aardappelen, gerst, tarwe, ui, andijvie, knolselderij, prei, wortelen en witlof. Zeker op zavel- en kleigronden, omdat het effect van hogere zoutgehalten van beregeningswater landbouwgewassen op zware gronden structureel minder groot is dan op lichtere gronden als zandgrond. Voor deze maatregel kunnen regionale kansenkaarten worden gemaakt, op grond van de karteerbare kenmerken landgebruik ('Basis Registratie Percelen\ (BRP), gekoppeld aan de zogenoemde Meitellingen), bodemtype, verzilting van grond- en oppervlaktewater, wateraanvoer e.d..

OP WELK SCHAALNIVEAU VERGROOT DE MAATREGEL DE ZELFVOORZIENENDHEID?

Het 'oprekken' van zouttolerantienormen is een maatregel, die door regionale waterbeheerders wordt genomen, en heeft daarmee automatisch effect op regionale schaal. De agrariër beslist of hij veredelde, zouttolerantere gewasvariëteiten introduceert. Als hij vervolgens tijdens droge perioden daadwerkelijk met brakker water beregent betekent dit dat zijn verbruik van dit water toeneemt. In een ideale situatie zullen veel agrariërs dit doen; dit betekent dat in de regio meer beregend zal worden met brakker water. De regionale waterbeheerder zal het voorzieningenniveau hieraan kunnen aanpassen, en de waterinlaat minder snel hoeven te onderbreken als het zoutgehalte 'aan de poort' in droge perioden oploopt. Bij droogte zal een regio daarom langer van het beschikbare beregeningswater gebruik maken. Dit heeft ook consequenties voor het beheer van het hoofdsysteem waaruit het beregeningswater wordt onttrokken. Het effect van een maatregel straalt daarom uit tot in het hoofdsysteem. Dit soort overwegingen zijn van belang voor het (getrapt) vaststellen van voorzieningenniveaus van oppervlaktewater van Rijk via waterbeheerders naar de uiteindelijke gebruikers.

HEEFT DE MAATREGEL BELANGRIJKE NEVENEFFECTEN?

De maatregelen vergroten bij alle betrokkenen het inzicht dat de bruikbaarheid van beregeningswater voor de teelt van veel grondgebonden landbouwgewassen groter is dan lange tijd is aangenomen.

Voor Rijkswaterstaat betekent dit meer flexibiliteit in het waterbeheer, met name in droge perioden. Ook staat Rijkswaterstaat voor een grote vervangings- en uitbreidingsopgave van diverse schut- en spuisluizen nu en de komende decennia. Om het zoutlek tegen te gaan worden hierbij investeringen gedaan in zoutlek beperkende maatregelen. Bij het accepteren van hogere zoutgehalten kunnen deze maatregelen wellicht minder strikt uitgevoerd worden of vervangen worden door waterbeheer maatregelen. Dit kan vele miljoenen euro's in aanleg, beheer en onderhoudskosten schelen.

Ontwikkeling van nieuwe gewasvariëteiten is een belangrijk exportproduct.

In de landbouw speelt de vrees dat hogere zoutgehalte tot schade lijdt aan gewassen een belangrijke rol bij de wens om water met een laag zoutgehalte. De maatregel kan niet worden ingevoerd zonder zorgvuldige ontwikkeling van draagvlak bij betrokkenen.

ZOUTTOLERANT GEWAS STRANDBIET

WAT ZIJN DE KOSTEN EN BATEN VAN DE MAATREGEL?

Via een groot aantal waterakkoorden zijn in de loop der jaren afspraken gemaakt over de inspanningen die waterbeheerders moeten leveren om water zo min mogelijk zout te laten bevatten. Het accepteren hogere chloridegehalten in beregeningswater biedt echter kansen voor een efficiënter en flexibeler waterbeheer. De waterschappen krijgen een robuuster systeem. Als het oppervlaktewater iets zouter wordt ten gevolge van droogte, zoute kwel en/of indringing van zouttongen vanuit zee dan hoeft niet 'vanzelfsprekend' intensiever doorgespoeld te worden en/ of water via alternatieve routes worden aangevoerd. In de huidige situatie kan wellicht ook al minder intensief doorgespoeld worden (zie Hoofdstuk 2). Daarnaast hoeven er wellicht minder investeringen gedaan te worden in alternatieve zoetwatervoorziening die enkel gericht is op het tegengaan van zoutschade.

De kosten/baten zouden, voor elke regio/beheersgebied/polder kunnen worden geschat met behulp van het hiervoor ontwikkelde metamodel/DSS '€ureyeopener'; het meest recente uitwerking betreft de zoetwatervoorziening van de Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden (Schipper et al., 2014).

Stel dat de zouttoleranties van beregende vollegrondsteelten twee keer zo groot zouden zijn als nu wordt aangenomen. Wat zou dat bedrijfseconomisch betekenen? Om hiervan een indruk te krijgen, is met behulp van metamodel €ureyeopener een verkennende modelstudie uitgevoerd. Per waterschap/regio in laag Nederland zijn gewasopbrengsten berekend met de anno 2013 gehanteerde en met verhoogde toleranties. De uitkomst was dat een aangenomen verdubbeling van zouttoleranties leidt tot een afname van de zoutschade met 59 miljoen euro per jaar. Dat lijkt veel geld, maar is niet significant, want het is slechts 3 procent van de totale gewasopbrengst in laag Nederland (1,7 miljard euro). Omgekeerd betekent dit resultaat

dat het zoutgehalte van beregeningswater in veel gevallen mag worden verdubbeld om de 59 miljoen zoutschadereductie weer teniet te doen. Een opmerkelijk resultaat dat de vraag oproept waarom onze rigide 'tolerantieteugels' eigenlijk niet gevierd zouden kunnen worden.

WAT ZIJN AANDACHTSPUNTEN M.B.T. BEHEER EN ONDERHOUD?

Het operationele beheer verandert nauwelijks: de waterbeheerder zal zijn criteria bij het sturen op chloridegehalte van aangevoerd oppervlaktewater bijstellen. De door hem gebruikte infrastructuur hoeft niet te worden aangepast. Het zoutgehalte van het beregeningswater neemt in de praktijk slechts incidenteel en in geringe mate toe, en heeft daarom geen invloed op het onderhoud van de door de agrariërs voor beregening gebruikte installaties.

PAST DE MAATREGEL IN BESTAAND BELEID?

Een agrariër kan nieuwe gewasvariëteiten probleemloos introduceren. Als een waterbeheerder het bestaande voorzieningenniveau van aangevoerd oppervlaktewater wil aanpassen zal dit in overleg met de ingelanden moeten gebeuren.

WELKE STAPPEN ZIJN NODIG OM DEZE MAATREGEL GEREALISEERD TE KRIJGEN?

Voor het vinden van oplossingen is een gedeeld begrip en commitment van alle betrokkenen (wetenschap, praktijk en beleid) nodig en de bereidheid om concessies te doen aan eigen belangen en/of waarden. Daaraan kunnen *Communities of Practice* een bijdrage leveren. Onlangs zijn op initiatief van Alterra, STOWA en RWS daarom bestaande kennis en inzichten samengebracht in een gezamenlijke kennisinfrastructuur, de 'Kennistafel Zoet-Zout'. In maart 2015 is deze Kennistafel gehouden. Conclusies uit het ingezette proces kunnen nog niet worden getrokken.

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Abell, L.F., 1954. De Zoutgevoeligheid van Zaadteeltgewassen. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Centrum voor Landbouwdocumentatie, Literatuurlijst Nr. 13. Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage, 32 pp.
- Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen, op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen. Wageningen, Alterra-rapport 2201.
- Hissink, D.J., 1906. De chemische en physische inwerking van zout water op den bodem. In: Reprint from Chemisch Weekblad 3, 9 pp.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper, 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland; onderzoek met hulp van €ureyeopener 1.0. 2013. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2439
- Deltafact Zouttolerante teelten (deltaproof.stowa.nl)

10

OVERIGE MAATREGELEN

Hoofdstukken 2 t/m 10 hebben een systematische opsomming gegeven van de status en voor en nadelen van verschillende afzonderlijk maatregelen. Het geleverde overzicht geeft een vrij volledig beeld van de huidige Nederlandse praktijk voor hydrologische maatregelen met het specifieke doel om de zoetwatervoorziening te verbeteren. Daarnaast zijn er vooral op de hoge zandgronden een aantal meer bodemgerichte maatregelen beschikbaar die in dit rapport niet aan bod zijn gekomen. Een overzicht van deze maatregelen kan worden gevonden in het maatregelenboek van het roject Landbouw op peil (Landbouw op peil, 2014). In dit hoofdstuk wordt daarnaast nog kort ingegaan op het belang van bodembeheer voor een goede zoetwatervoorziening.
Verder wordt in dit hoofdstuk met de waterhouderij een voorbeeld gegeven van een coöperatieve aanpak waarin meerdere maatregelen in samenhang worden beschouwd en vanuit verschillende doelen.

- Beter bodembeheer
- Gebiedsgerichte coöperatieve aanpak

BETER BODEMBEHEER DRAAGT OOK BIJ AAN EEN BETERE ZOETWATERVOORZIENING

De conditie van landbouwbodems gaat aanwijsbaar achteruit. Gevolgen zijn o.a. dat meer en langer plassen op het land blijven staan en gewasproductie sinds decennia niet langer toeneemt. Voor preventie van wateroverlast voldoen de meeste waterschappen aan het Nationaal Bestuursakkoord Water, maar klimaatverandering betekent een extra opgave. Klimaatverandering vergroot ook de zoetwatertekorten die waterbeheerders, agrariërs en terreinbeheerders nu al in de praktijk ervaren. Diffuse belasting vanuit landbouwbodems is nog steeds een belangrijk knelpunt voor de waterkwaliteit. Het besef groeit dat maatwerk en uitgekiend bodembeheer nodig zijn om deze belasting verder terug te dringen.

Oorzaak én oplossing liggen bij hoe wij omgaan met de landbouwbodems. De helft van de landbouwbodems kampt met verdichting als gevolg van zware machines en intensieve bewerkingen; beworteling en bodemleven laten te wensen over en het organisch stofgehalte is suboptimaal. Hevige neerslag infiltreert daardoor niet snel genoeg in de bodem waardoor plassen op het land komen en regenwater snel naar de sloot stroomt. Zo gaan (zoet)water en meststoffen verloren en nemen emissies naar het oppervlaktewater toe. Bij droogte houdt een schrale bodem niet genoeg water vast en door verdichting kunnen wortels niet genoeg grondwater opnemen. Een ‘goede grond’ biedt handelingsperspectieven voor de agrariër en waterbeheerder. Pilots waar aan bodemverbetering wordt gewerkt leveren bemoedigende resultaten. Maar hoe groot de gunstige effecten op het watersysteem zijn is onbekend.

Waterbeheerders, LTO en kennisinstituten hebben het initiatief genomen voor het onderzoek *‘Goede grond voor een duurzaam watersysteem’*. De 1e fase hiervan bestond uit een synthese van alle beschikbare onderzoeksresultaten en een verkenning van effecten van bodemverbete-

rende maatregelen op perceel- en stroomgebiedniveau in de Gelderse Vallei en Achterhoek. Conclusies zijn dat bodemmaatregelen: piekafvoeren kunnen reduceren; tot 15% in de winter en zelfs tot 50% in de zomer; de beregeningsbehoefte met één derde kunnen reduceren; gewasopbrengsten tot meer dan 10 % kunnen toenemen; verlies van meststoffen en emissies van bestrijdingsmiddelen via oppervlakkige afspoeling sterk kunnen beperken waardoor kwaliteit van oppervlaktewater verbetert.
Dit biedt een enorm potentieel aan agrarische ondernemers, waterbeheerders en grondeigenaren voor uitvoering van o.a. het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer, het Deltaplan Zoetwater, de regionale opgaven voor de zoetwatervoorziening op de Hoge Zandgronden in Oost- en Zuid Nederland en realisatie van de gewenste waterkwaliteit (Kader Richtlijn Water).

Uit het onderzoek van fase 1 van "Goede grond voor een duurzaam watersysteem" blijkt dat de positieve verwachtingen t.a.v. het effect van bodem verbeterende maatregelen op piekafvoeren en vermindering van droogte-effecten worden bevestigd door resultaten van de modelstudies. Daarom wordt geconcludeerd dat het voor zowel de agrariër als waterbeheerder zinvol is om mee te werken aan bodem verbeterende maatregelen, te meer daar er diverse signalen zijn dat de conditie van landbouwbodems onder druk staat. Een goede bodemkwaliteit (ofwel goede bodem conditie) is gunstig voor zowel de agrarische productie en –bedrijfsvoering als het watersysteem, waardoor bodem verbeterende maatregelen voor zowel waterschap als agrariër perspectief bieden. Een verdere kennis uitwisseling op het gebied van bodem, water en agrarische bedrijfsvoering is daarom wenselijk.

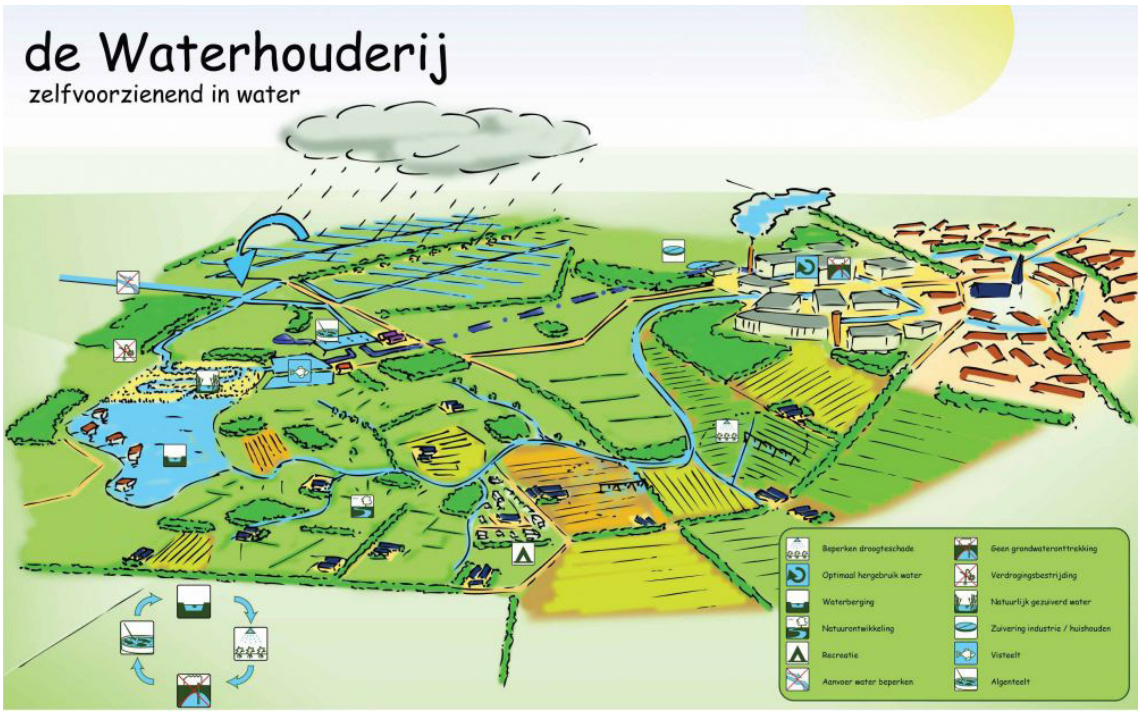
EEN GEBIEDSGERICHTE COÖPERATIEVE AANPAK

Hiervan bestaan verschillende invullingen. Waterschappen in Nederland werken zoeken in de praktijk al naar het combineren van verschillende maatregelen en doelen (zoals waterveiligheid, watervoorziening, natuur en waterkwaliteit) in hun beheersplannen daarbij draagvlak zoekend bij de relevante belanghebbenden in het gebied. De vraag daarbij is in hoeverre kleinschalige maatregelen als genoemd in voorgaande hoofdstukken hieraan bij kunnen dragen. In het 'Lumbricus' programma wordt hier komende jaren onderzoek naar gedaan.

Een andere invulling is de 'Waterhouderij' waarbij het streven is naar een volledige en duurzame zelfvoorziening in zoetwater voor de deelnemende partijen en het gebied. Een Waterhouderij is een samenwerkingsverband van boeren, terreinbeheerders, andere grondeigenaren, gemeente, waterschap en gebiedsbewoners. Zij beheren (ontvangen, bewaren, bergen, gebruiken, bewerken, leveren) het water in het gebied zodanig dat geen water van elders aangevoerd hoeft te worden. Daarbovenop is samenwerking met betrekking tot meststoffen en biomassa een voor de hand liggende optie is waarmee de organisatie nog duurzamer wordt.

Het concept Waterhouderij is in 2007 ontworpen door InnovatieNetwerk, TransForum en Aequator Groen & Ruimte. In 2010 hebben Deltares, Aequator, ZLTO, RWS en InnovatieNetwerk de pilot Waterhouderij Walcheren gestart. Nu in 2015 is de Waterhouderij Walcheren een stichting van agrarische ondernemers die maatregelen hebben ontworpen en geïmplementeerd voor het verbeteren van de zoetwatervoorziening. De stichting werkt samen met Waterschap Scheldestromen en is in gesprek met lokale en regionale partijen over samenwerking voor het vergroten van zoetwateraanvoer en opslag.

FIGUUR 15 **DE WATERHOUDERIJ (BRON: CONCEPTWIJZER WATERHOUDERIJ)**



De maatregel Waterhouderij heeft op Walcheren geleid tot een beter begrip van het (grond) watersysteem en de beschikbaarheid en aanwezigheid van zoetwater. Dit begrip heeft geleid tot een gezamenlijk advies voor peilbeheer welke is uitgevoerd in samenwerking met Waterschap Scheldestromen. In combinatie met regelbare drainage heeft dit geleid tot betere berging van zoetwater in de percelen. Ook is een start gemaakt met het scheiden van zoete en zoute sloten door het plaatsen van schotten en een nieuwe duiker (zie ook hoofdstuk 2). Op deze manier wordt voorkomen dat zoute kwel mengt met het zoete neerslagoverschot en kan een zoetwaterweg gecreëerd worden voor irrigatie van gewassen en naar een locatie waar het zoete water opgeslagen kan worden. De opslag van zoetwater vindt plaats in een kreekrug met behulp het Kreekrug Infiltratie Systeem. Infiltratie via regelbare drainage met water uit een zoete sloot heeft geleid tot groei van de zoetwaterlens onder de percelen van twee ondernemers van de Waterhouderij Walcheren (Baaren et al, concept 2015).

In elk gebied met partijen met een urgente watervraag en tenminste één waterbron kan gezamenlijk gezocht worden naar een aanpak die in de gemeenschappelijke en individuele behoefte aan zoetwater voorziet.

Een Waterhouderij start met een bottom-up proces: er is een lokale watervraag op perceelsniveau. Om dit individuele doel te bereiken kan het nodig zijn om lokaal samen te werken en dus lokaal de zoetwatervoorziening te regelen. Dit maakt de agrariërs zelfvoorzienend. Deze maatregel heeft een regionaal effect indien meerdere Waterhouderijen gaan samenwerken met bijvoorbeeld een waterschap of indien investeringen in de externa aanvoer van zoetwater in de toekomst zullen uitblijven. Dit kan in de toekomst zorgen voor en minder grote afhankelijkheid van de regio van wateraanvoer vanuit het hoofdsysteem.

Op basis van een model-waterhouderij bij Coevorden is berekend dat de bedrijfseconomische basis van de deelnemers wordt versterkt (Peter Sloot, Aequator, pers. comm.). Op termijn kan een Waterhouderij extra inkomsten genereren door het mogelijk maken van andere teelten en het leveren/distribueren van water aan boeren, industrie, natuur of nieuwe agribusiness (diensten, visteelt, waterzuivering, biomassa).

BELANGRIJKE REFERENTIES

- Conceptwijzer Waterhouderij: http://www.innovatienetwerk.org/nl/bibliotheek/rapporten/525/ConceptwijzerWaterhouderijWaterhoudenvoorlater.
- Baaren, E.S., Ottow, B.T., Arts, M., Pauw, P.S.., Oude Essink, G.H.P., 2015 concept. The Water Farm: an innovative process + content approach to fresh water management for agriculture. Ingediend bij water resources management journal.
- Pieter S. Pauw, Esther S. van Baaren, Martijn Visser, Perry G.B. de Louw en Gualbert H.P. Oude Essink, 2015. Increasing a freshwater lens below a creek ridge using a Controlled Artificial Recharge and Drainage (CARD) system: a Dutch case study. Hydrogeology Journal.
- http://www.stowa.nl/projecten/Goede_grond_voor_een_duurzaam_watersysteem__Deltaproof_.
- Deltafact Bodem als buffer (deltaproof.stowa.nl)
- Landbouw op Peil, 2014. Optimalisatie bodem en water Uitgave: project Landbouw op Peil, maart 2014 ((http://landbouwoppeil.nl/nieuws/maatregelenboek/)).

11

CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Deze publicatie geeft een overzicht van verschillende soorten maatregelen die kunnen worden genomen om de zelfvoorzienendheid op het gebied van zoetwater te vergroten. Hieruit komt naar voren dat er een groot scala aan maatregelen beschikbaar is. De belangrijkste conclusies zijn in tabel 2 bij elkaar gezet.

In dit hoofdstuk wordt de conclusies besproken aan de hand van een aantal onderwerpen die aansluiten op de kolommen in Tabel 2. Van links naar rechts gaat het daarbij om de technisch/fysieke mogelijkheden, de economische haalbaarheid, neven effecten en mogelijkheden en beperkingen bij implementatie. Daarbij zal steeds zowel het perspectief van de ondernemer, die in veel gevallen de genoemde maatregelen moet nemen en hier ook in investeert, als het perspectief van het waterschap worden belicht.

TABEL 2 **OVERZICHT VAN DE BELANGRIJKSTE EIGENSCHAPPEN VAN DE VERSCHILLENDE MAATREGELEN. 'STATUS' GEEFT AAN OF ER VEEL (DONKERBLAUW) WEINIG (LICHTBLAUW) OF GEEN (WIT) STUDIES OF TOEPASSINGEN ZIJN. 'WAAR' GEEFT AAN OF MAATREGEL BETREKKING HEEFT OP HOOG OF LAAG NEDERLAND. DE 'TOEPASSING' GEEFT AAN OF DE MAATREGEL MOET WORDEN UITGEVOERD OP PERCEEL, LOKAAL OF REGIONAAL NIVEAU. 'KOSTEN' GEEFT EEN EERSTE INDICATIE VAN DE KOSTEN VAN DE MAATREGEL. 'BESCHIKBAARHEID' GEEFT AAN OF DE MAATREGEL ZORGT VOOR EEN BESPARING (B), WATER DAT SLECHTS IN EEN DEEL VAN HET JAAR (OPEN BOLLETJES) OF ALTIJD (DICHTE BOLLETJES) BESCHIKBAAR IS, EN OF DE LEVERINGSCAPACITEIT GENOEG IS OM BEPERKT (ÉÉN BOLLETJE) OF VOLLEDIG (TWEE BOLLETJES) AAN DE PIEKVRAAG TE VOLDOEN. IN 'NEVENEFFECTEN' WORDT AANGEGEVEN WELKE EXTRA BATEN EEN MAATREGEL NAAST ZOETWATER OPLEVERT. 'WET- EN REGELGEVING' LAAT ZIEN OF EEN MAATREGEL DOOR HET BESTAANDE BELEID WORDT BEPERKT OF GESTIMULEERD. *DE KOSTEN ZIJN EEN ZEER GLOBALE SCHATTING OP BASIS VAN DE BESCHIKBARE INFORMATIE**

Maatregel	Status			Waar		Toepas-baarheid			Kosten * (€/m3)	Capaciteit / beschikbaarheid (m3/h)	Neveneffecten							Wet- en regel-geving
	desk-study	veldproef	Dagelijkse praktijk	Laag Nederland	Hoog Nederland	Perceel	Lokaal - gezamenlijk	Regionaal	€: < 0,5 €€: 0,5-1 €€€: > 1	o tijdelijk ● beperkt ●● volledig ●●● groot b besparing	Slootkwaliteit verbetering	Bodemdaling reductie	Piekafvoer reductie	Ruimtebesparing	Bacteriologische zuivering	Extra gewaskwaliteit	Waterbeheer voordeel	- beperkend o neutraal + stimulerend
2 Slimmer doorspoelen in het regionale watersysteem							●	●	€-€€€	b	●						●	o
3 Perceelsopslag mbv drainage maatregelen						●			€-€€	o	●	●	●	●				o/+
4 Perceelsopslag mbv maatregelen in de sloten						●	●	●	€	o	●	●	●					o/+
5 Vergroten water efficiëntie met 'Precisie landbouw'						●			€ - €€	b						●		o
6 Ondergrondse opslag						●	●		€ - €€€	●●(●)			●	●	●			-
7 Bovengrondse opslag						●	●	●	€€ - €€€	●●(●)			●					o
8 Gebruik alternatieve waterbronnen						●			(€) - €€€	●(●)							●	o
9 Gebruik zouttoleranties gewassen						●		●		b	●						●	-/o

TECHNISCHE EN FYSIEKE HAALBAARHEID VAN DE MAATREGELEN

De maatregelen bevinden zich een verschillend ontwikkelingsstadium. Bij een aantal is het concept nog op het niveau van een desk-study of worden de eerste proeven in het veld gedaan om te testen of het concept werk. Voor de maatregelen in de desk-study fase (bijvoorbeeld bij ontmengen en slimmer doorspoelen, milde ontzilting, en het aanpassen van de zouttolerantie normen) wordt aangeraden om na een positieve evaluatie van de resultaten een technische test op een of twee pilot locaties te doen om te onderzoeken of het concept ook in praktijk werkt.

Voor andere maatregelen zijn al meer veldproeven gedaan en komen er de eerste resultaten over op welke wijze en in welke situaties het concept technisch werkt (bijvoorbeeld bij drainage maatregelen, ondergrondse opslag, en precisielandbouw). Voor de maatregelen in de proeffase wordt geadviseerd om de veldproeven voldoende lang door te laten lopen om de invloed van (weers)variaties en de langdurige werking van de systemen te testen. Enkele maatregelen worden al op grotere schaal toegepast (bijvoorbeeld het gericht opzetten van slootpeilen, en bovengrondse opslag).

Voor de opschaling van een groot aantal van de maatregelen zijn geschiktheidskaarten voor heel Nederland beschikbaar. Deze geven een eerste beeld van de toepasbaarheid van de maatregelen buiten de huidige pilot gebieden.

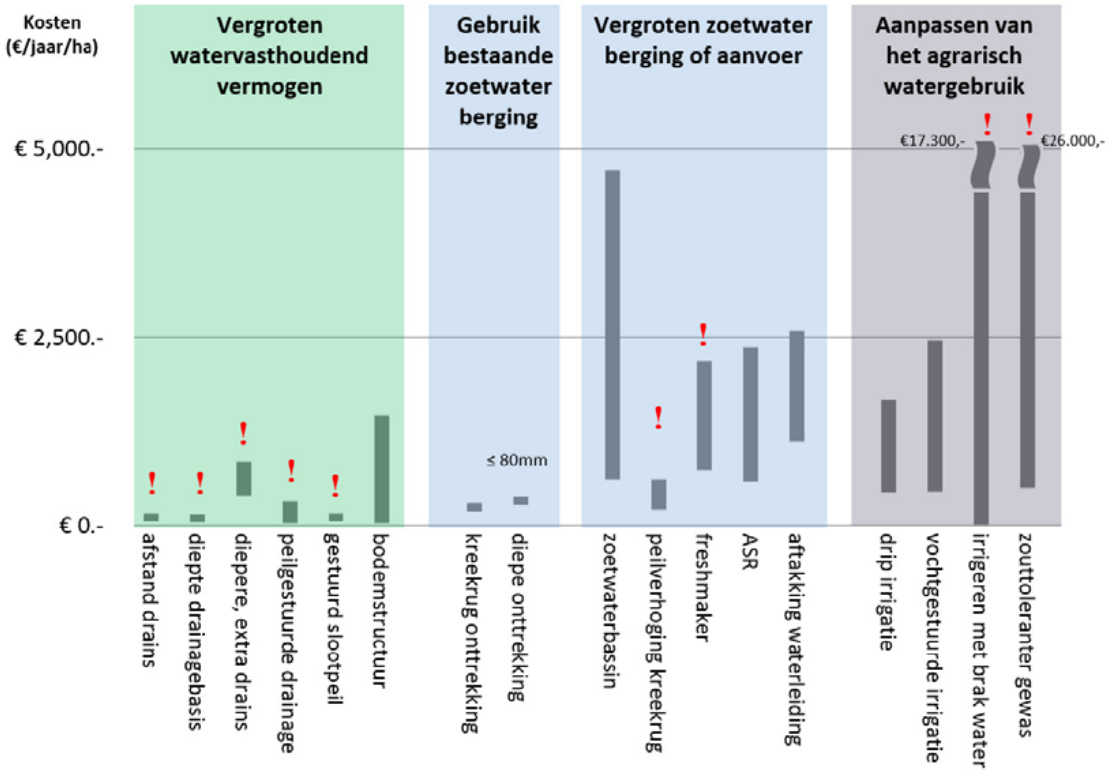
Het klimaat is grillig en deze grilligheid wordt versterkt door klimaatverandering. Van belang voor een ondernemer is om de risico's en de afname ervan als gevolg van het inzetten van maatregelen toch zo goed mogelijk te kunnen calculeren. Een dergelijke risicobenadering is nog maar beperkt gevolgd in de onderzoeken van de afgelopen jaren. Daarnaast kunnen sommige maatregelen een beperkte hoeveelheid zoetwater voor een beperkte tijd leveren terwijl andere maatregelen aanzienlijk langer effectief kunnen zijn en ook flexibeler kunnen worden ingezet. Zo kan met regelbare drainage wat meer regenwater in het perceel worden opgeslagen. Deze in omvang beperkte hoeveelheid water kan echter niet op elk gewenst tijdstip in het seizoen worden aangewend, maar alleen in een korte periode na een neerslagoverschot. Ondergrondse en bovengrondse opslag kunnen vaak wel het hele jaar zoetwater leveren, maar zijn duurder in aanleg. Om een investeringsafweging te maken zijn modellen/tools/services nodig om op bedrijfs- en/of regioniveau de risico's op zoetwatertekorten en de opbrengsten van de maatregelen in beeld te brengen. Dit kan bijvoorbeeld worden ontwikkeld door een consortium van economen, technisch specialisten, agrariërs en banken (zoals in het project Spaarwater 2 gebeurt voor de Waddenregio).

De waterbeheerder heeft echter behoefte aan inzicht in risico's op tekorten en de effectiviteit van lokale maatregelen op de schaal van zijn beheersgebied om een goede afweging te maken met maatregelen die hij zelf kan nemen. Op regionale schaal wil hij kunnen zien wat de effecten van breed uitgerolde lokale maatregelen (kunnen) zijn. Met geschiktheidskaarten kunnen we de geschiktheid van gebieden voor bepaalde maatregelen in beeld brengen. Maar wat betekent het nu als dit potentieel ook daadwerkelijk voor een groot deel zou worden benut? Wat levert dat in totaal op? In eerder onderzoek (Hoogvliet et al., 2014) naar de opschaling van lokale maatregelen wordt gesteld dat maatregelen elkaar in hydrologische zin kunnen versterken of tegenwerken maar in welke mate is nog onduidelijk. Het is daarom nodig om het landelijke en regionale modelinstrumentarium geschikt te maken om beter de effecten van lokale maatregelen in beeld te brengen. Het gaat dan niet om specifieke uitspraken op specifieke locaties maar om een betere schatting te geven van de bijdrage aan de regionale zoetwatervoorziening ter ondersteuning van gebiedsplannen.

BEDRIJFSECONOMISCHE HAALBAARHEID VOOR DE AGRARIËR

Voor het schatten van de bedrijfseconomische haalbaarheid zijn naast de fysieke effectiviteit (zeg m^3 water) goede kosteninschattingen nodig van de benodigde investeringen en het onderhoud. Daarnaast moet er zekere meeropbrengst (extra baten) gegenereerd worden als gevolg van het inzetten van de maatregel. Wat opvalt is dat de meeste (veld)studies en toepassingen gericht zijn op inzicht in de technische werking en effectiviteit van de maatregelen. In de afgelopen jaren is daardoor een flinke stap is gezet naar verdere technische ontwikkeling, maar is slechts zijdelings de (bedrijfseconomische) haalbaarheid van de maatregelen in beeld gebracht.

FIGUUR 16 WATERMAAT, KOSTEN VAN VERSCHILLENDE MAATREGELEN (OVERGENOMEN UIT 'ZOETWATER VERHELDERD', TOLK ET AL., 2013). OM MAATREGELEN WAARBIJ WATER WORDT VASTGEHOUDEN IN DE BODEM (GROENE VLAK), VRIJ BESCHIKBAAR KOMT (BLAUWE VLAK), OF WORDT BESPAARD GOED TE KUNNEN VERGELIJKEN WORDT GEKEKEN NAAR DE KOSTEN PER HECTARE. HIERIN IS AANGENOMEN IS DAT VOOR BEREGENING (MET WATER DAT VRIJ BESCHIKBAAR KOMT) 1500 M3/HA NODIG IS. DE AANLEG EN GEBRUIKSKOSTEN ZIJN OMGEREKEND NAAR GEMIDDELDE KOSTEN PER JAAR OP BASIS VAN DE LEVENSDUUR VAN DE SYSTEMEN. VOOR MEER DETAILS ZIE TOLK ET AL. (2013)



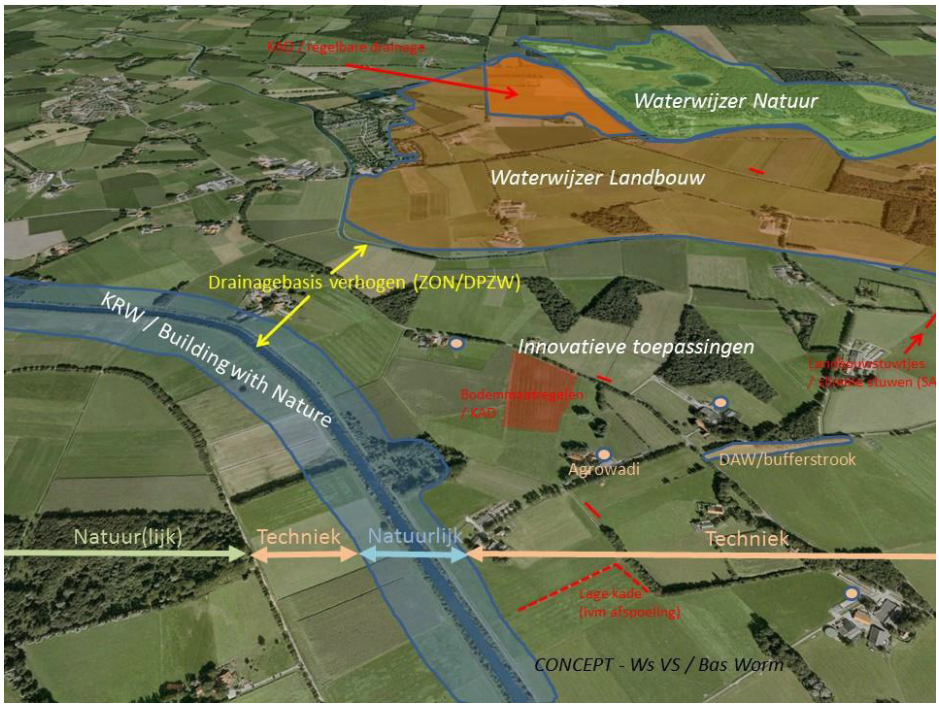
Voor de meeste maatregelen kunnen de kosten in beeld worden gebracht, zij het met vaak grote marges vanwege lokaal wisselende omstandigheden en door schaal van toepassing, of omdat innovaties nog niet uitontwikkeld zijn. De eerdere studie Zoetwater Verhelderd (Tolk, 2013) geeft hiervan een overzicht (zie Figuur 16). De baten zijn over het algemeen moeilijker te monetariseren. Een vraag die de ondernemer zich zal stellen is of er goedkopere alternatieven beschikbaar zijn voor de maatregelen hier genoemd. Uit directe kosteneffectiviteit die genoemd wordt in de pilots blijkt vaak dat het nog onzeker is of een maatregel uit kan. In het huidige ontwikkelingsstadium kan dit soms alleen bij hoogrenderende teelten (zoals bijvoorbeeld bij ontzilting of ondergrondse opslag), maar wordt onderzocht of er innovaties mogelijk zijn om de maatregelen voor een breder scala aan teelten kosteneffectiever te maken. Voor een bedrijfseconomische afweging is het nodig om deze directe kosten en effectiviteit (en hieraan gekoppelde directe baten) over een langere periode beter te kennen inclu-

sief een goede inschatting van klimatologische risico's. Ook is het nodig om een aantal extra baten die voor een ondernemer van belang zijn goed te kwantificeren zoals het reduceren van ziektekiemen, minder bestrijdingsmiddelen en meststoffen (bijvoorbeeld ondergrondse opslag, precisielandbouw en evt. bij drainage aanpassingen; zie tabel 2) en de vergroting van de bedrijfszekerheid (verwacht bij alle maatregelen). Toekomstige pilot projecten zouden daarom veel meer de bedrijfseconomische aspecten in beschouwing moeten nemen in aanvulling op directe kosteneffectiviteit.

REGIONALE KOSTEN EN BATEN

Naast directe voordelen van extra m^3 bieden de lokale maatregelen nog andere voordelen. Uit het overzicht in deze publicatie komt naar voren dat er mogelijke positieve neveneffecten zijn te verwachten van de maatregelen. Deze effecten zijn veelal slechts zeer kwalitatief bekend en zijn zelden de kern van onderzoek geweest. Naast de extra baten zoals hierboven genoemd voor de agrariër zijn er ook positieve neveneffecten te verwachten voor de waterbeheerder (bijvoorbeeld extra baten als wateroverlast bestrijding en verbetering van de waterkwaliteit en ecologie). Kleinschalige maatregelen kunnen dus waarschijnlijk worden ingezet om bij te dragen aan meerdere doelstellingen naast de zoetwatervoorziening (zoals de Kaderrichtlijn water). Om hier een beter idee van te krijgen ligt het daarom voor de hand om regionale studies uit te voeren en daarbij expliciet aandacht te schenken aan de extra baten die voortkomen uit de maatregelen. Let wel deze baten kunnen soms ook negatief zijn zoals het versneld uitspoelen van nutriënten bij bepaalde vormen van drainage en het vergroten van wateroverlast door het verhogen van slootbodems. Het eerder genoemde modelinstrumentarium zou daar bij ingezet en uitgebreid kunnen worden om alle regionale kosten en baten in beeld te brengen.

FIGUUR 17 **VOORBEELD VAN EEN INTEGRALE GEBIEDSGERICHTE BENADERING EN TOEPASSING VAN VERSCHILLENDE INNOVATIES EN TECHNIEKEN, DOELEN EN MIDDELEN ZOALS NU IN HET ONDERZOEKSPROGRAMMA I.O. 'LUMBRICUS' EEN PLEK KRIJGEN (SCHETS: WATERSCHAP VECHTSTROMEN / BAS WORM)**



IMPLEMENTATIE

De toepassing van kleinschalige oplossingen voor een robuustere regionale zoetwatervoorziening brengt een aantal uitdaging met zich mee voor de implementatie. Zoals hierboven beschreven wordt aangeraden om in veel gevallen de (bedrijfs-)economische haalbaarheid verder te onderzoeken. Verwacht wordt dat de baten niet altijd specifiek voor degenen zijn waar(door) de investeringen moeten worden gedaan. De maatregelen zullen daarom door een aantal verschillende partijen moeten worden genomen (agrariërs en waterbeheerders), dit sluit aan bij de huidige ontwikkeling van het voorzieningenniveau.

Het valt op dat de meeste maatregelen in principe niet beperkt worden door wet- en regelgeving (tabel 2). Uitzonderingen hierop zijn het injecteren van gebiedsvreemd water (en concentraat) ondergronds, en het onttrekken en lozen van water bij milde ontzilting en het hergebruik van afvalwater. Voor deze maatregelen kan het bevoegd gezag ondersteuning bieden in het versoepelen van wetgeving waar mogelijk en het meedenken met oplossingen.

Het overzicht van kleinschalige maatregelen in deze publicatie geeft aan dat er potentie is voor meer lokale maatregelen om de zelfvoorzienendheid van gebieden te vergroten. De ondernemers en waterbeheerders hebben elkaar hierbij nodig om tot opschaling te komen en regionale kosten en baten te verzilveren. De overheid werkt aan het ontwikkelen van voorzieningenniveaus, waarin met regelgeving en afspraken kleinschalige maatregelen kunnen worden gestimuleerd. Het bedrijfsleven kan zelf ook zorgen voor een efficiencyslag bijvoorbeeld door op grotere schaal samen te werken of door het stimuleren van de maatregelen via eigen professionele en sociale netwerken. Daarbij vallen doelen van het waterbeheer niet vanzelf samen met business cases voor agrariërs. Een gebiedsgerichte aanpak is nodig zoals bijvoorbeeld met het Lumbricus programma (zie figuur 17) is ingezet en eerder in de Waterhouderij in Walcheren. Bovengenoemde tools, die de effecten voor de agrariërs en waterbeheerders in beeld moeten brengen kunnen daarbij worden ingezet voor de ondersteuning van strategische afwegingen.

12

REFERENTIES

Abell, L.F., 1954. De Zoutgevoeligheid van Zaadteeltgewassen. Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselvoorziening, Centrum voor Landbouwdocumentatie, Literatuurlijst Nr. 13. Staatsdrukkerij- en Uitgeverijbedrijf, 's-Gravenhage, 32 pp.

Acacia Water, Spaarwater. Rendabel en duurzaam agrarisch gebruik in een verziltende omgeving. Resultaten eerste jaar – 2014. www.spaarwater.com

Baaren, E.S., Ottow, B.T., Arts, M., Pauw, P.S.., Oude Essink, G.H.P., 2015 concept. The Water Farm: an innovative process + content approach to fresh water management for agriculture. Ingediend bij water resources management journal.

Bakel, P.J.T. van en L.C.P.M. Stuyt, 2011. Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen, op basis van literatuuronderzoek, expertkennis en praktische ervaringen. Wageningen, Alterra-rapport 2201.

Bakel, P.J.T. van, Schaap, J. en Van Essen, Everhard, 2013. Is peilverhoging in een kleipolder agrohydrologisch neutraal te realiseren? Toepassing van klassieke agrohydrologische kennis op een modern vraagstuk. Stromingen, 19, 1.

Bakel, J. van, 2004. Werkt vasthouden? H2O nr 37: 19-21.

Bakel, J.van, B. Bardoel, D. Boland, N. Entzinger, I. Menger en C. van Rens, 2013. Water vasthouden aan de bron. Praktijkonderzoek om wateroverlast te verminderen door bovenstrooms water vast te houden. Eindrapport.

Bleumink M. (2014). Bouwstenen voor een duurzame klimaatadaptatie in hoog Nederland (kennis voor klimaat, 140/2014).

Conceptwijzer Waterhouderij: http://www.innovatienetwerk.org/nl/bibliotheek/rapporten/525/ConceptwijzerWaterhouderijWaterhoudenvoorlater

Delsman, J. R. (2015). Saline groundwater - surface water interaction in coastal lowlands. PhD thesis, VU University Amsterdam. 198 pp. doi: 10.3233/978-1-61499-518-0-i

Delsman, J. R., Waterloo, M. J., Groen, M. M. A., Groen, J., & Stuyfzand, P. J. (2014). Investigating summer flow paths in a Dutch agricultural field using high frequency direct measurements. Journal of Hydrology, 519, 3069–3085. doi:10.1016/j.jhydrol.2014.10.058

De Louw, P.G.B., 2013. Zoute kwel in delta's. Preferente kwel via wellen en interacties tussen dunne regenwaterlenzen en zoute kwel. Academisch proefschrift, Vrije Universiteit Amsterdam, ISBN/EAN 9789461085429.

De Louw, P.G.B., P.T.M. Vermeulen, R.J. Stuurman, J. Reckman, 2001. Waterconservering en peilbeheer in het Benelux-middengebied. Deelrapport 3: Bepaling van de effecten van waterconservering. TNO-rapport NITG 01-55-B.

De Louw, P.G.B., J. van Bakel, J. Buma, H. Hakvoort, A. Veldhuizen, 2006. Vergroting retentiewerking. TNO-Altera-WL Delft Hydraulics rapport 2006-U-R122/A.

DLV, 2014. Meeropbrengst vergoedt investering – Toepassing druppelslangen opnieuw onderzocht. Boerderij 99 – no. 16 (14 januari 2014).

Dorsman, C., Wattel, M., 1951. Zoutschade bij tuinbouwgewassen. De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw Deel VII. In: Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 57.8, 54 pp.

Handboek agrarisch stuwpeilbeheer / Waterconservering 2e generatie. 2003.

Hissink, D.J., 1906. De chemische en physische inwerking van zout water op den bodem. In: Reprint from Chemisch Weekblad 3, 9 pp.

Hissink, D.J., 1907a. Het Zoutgehalte van de op 12 Maart 1906 Ondergeloopen Zeeuwsche Polders. Van Langenhuysen, 's-Gravenhage, 29 pp.

Hissink, D.J., 1907b. De invloed van verschillende zoutoplossingen op het doorlatingsvermogen van den bodem. Chemisch Weekblad 4, 663–673 (Translation in German, including an introductory note:

Hissink, D.J., 1916. Die Einwirkung verschiedener Salzlösungen auf die Durchlässigkeit des Bodens. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde. Verlag für Fachliteratur, Berlin, 1907, 10 pp.

Hissink, D.J., Zijlstra, K., 1922. Verslag van het onderzoek naar de oorzaken vanden slechten stand van eenige gewassen in Zeeland. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 27, 1–12.

Hoogvliet, M., L. Stuyt, J. van Bakel, J. Velstra, P. de Louw, H. Massop, L. Tolk, C. van Kempen, M. Nikkels. 2014. Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten 'Fresh Water Options Optimizer'. Stowa rapportnummer 2014-43. KvK rapportnummer KvK141/2014. ISBN 978.90.5773.650.6.

Huinink, J.T.M. 1978. Waterkwaliteit en landbouwproductie. Ad Fundum, februari 1987

Huinink, J.T.M. 1993. Bodemgeschiktheidstabellen voor landbouwkundige vormen van bodemgebruik. IKC-AT, Ede

Huinink, J.T.M. 1998. Het economisch belang van water in de landbouw. Informatie en Kennis Centrum Landbouw (IKC-Landbouw), Ede

Hoogvliet, M., L. Stuyt, J. van Bakel, J. Velstra, P. de Louw, H. Massop, L. Tolk, C. van Kempen, M. Nikkels. 2014. Methode voor het selecteren van lokale zoetwateroplossingen en het afwegen van hun effecten 'Fresh Water Options Optimizer'. Stowa rapportnummer 2014-43. KvK rapportnummer KvK141/2014. ISBN 978.90.5773.650.6.

Kelderman, I., 2015. Slimmer inlaten in de Haarlemmermeerpolder - Efficiënter doorspoelen en beperken van verzilting van het oppervlaktewater door zoute kwel. Deltares / WUR stageverslag.

Kroes, J. P.N.M. Schipper en A.A. Veldhuizen. 2015. Enkele berekeningen voor Anna Paulowna t.b.v. Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. Interne notitie, Alterra, Wageningen.

Kuijper, M.J.M., H.P. Broers en J.C. Rozemeijer, 2012. Effect van peilgestuurde drainage op natuur. Rapport 1206925, Deltares.

Kuijper, M., De Louw, P.G.B., Worm, B., Roelofsen, F., van Bakel, J., 2015. Regionale effecten van regelbare drainage op stroomgebiedsschaal, H20-onlineLoon van A., R. Lapperre, J. Mensink. en M. Paalman, 2014. Voorraadvorming van water in de Stippelberg (Noord-Brabant) (H20, 11 juni 2014)

Landbouw op Peil, 2014. Optimalisatie bodem en water Uitgave: project Landbouw op Peil, maart 2014 (http://landbouwoppeil.nl/nieuws/maatregelenboek/)

Mayer, A., 1877. Verslag aan den Minister van Binnenlandse Zaken, Betreffende de Proefnemingen op door Zeewater Overstroomde Gronden, 18 pp.

Nobel, C., 1921. De overstrooming van 13 en 14 Januari 1916 en haar gevolgen voorden landbouw in Waterland. In: Verslagen en Mededeelingen van de Directie van den Landbouw 1, pp. 26–51.

Oord, A., Kolkman, W. en Kuijper, R., 2015. Zelfvoorzienende zoetwaterberging in de land- en tuinbouw draagt bij aan zoetwaterbeschikbaarheid en het beperken van economische schade. H2O-online 12 maart 2015. www.proefzoetwaterberging.nl

Oude Essink, G.H.P., van Baaren, E.S., Zuurbier, K.G., Velstra, J., Veraart, J., Brouwer, W., Faneca Sànchez, M., Pauw, P.S., de Louw, P.G.B., Vreke, J., Schoevers, M. 2014. GO-FRESH: Valorisatie kansrijke oplossingen voor een robuuste zoetwatervoorziening, KvK 151/2014, ISBN EAN 978-94-92100-12-2, 84 p.

Pauw, P. S., E. S. van Baaren, M. Visser, P. G.B. de Louw en G. H.P. Oude Essink, 2015. Increasing a freshwater lens below a creek ridge using a Controlled Artificial Recharge and Drainage (CARD) system: a Dutch case study. Hydrogeology Journal.

Ponse, H., 1808. Kleine verhandeling over de beste en minst kostbare middelen door proeven gestaafd, om de met zout water overstroomd geweest zijnde klei-, zand- als veen gronden, tot hunne vorige vruchtbaarheid te herstellen, met een kort voorberigt van J. v. Geervliet, 1808, Pols; Rotterdam.

Raats, P.A.C., Salinity management in the coastal region of the Netherlands: A historical perspective. Agric. Water Manage. (2015), http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.08.022

Rowaan, P.A., 1951. Overzicht van inundatie-onderzoek in Nederland tot 1944. De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw Deel III. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 57.3, 36 pp.

Rozemeijer, J. C., Siderius, C., Verheul, M., & Pomarius, H. (2012). Tracing the spatial propagation of river inlet water into an agricultural polder area using anthropogenic gadolinium. Hydrology and Earth System Sciences, 16(8), 2405–2415. doi:10.5194/hess-16-2405-2012

Schipper, P.N.M., G.M.C.M. Janssen, N.B.P. Polman, V.G.M. Linderhof, P.J.T. van Bakel, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, G.H.P. Oude Essink en L.C.P.M. Stuyt, 2014. €ureyeopener 2.1: Zoetwatervoorziening Zuidwestelijke Delta en Rijnmond-Drechtsteden. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University &Research centre), Alterra-rapport 2510, Wageningen.

Smeding, S., 1921. De overstrooming van den Anna-Pauwlownapolder in Januari 1916 en haar gevolgen voor den landbouw. In: Verslagen en Mededeelingen van de Directie van den Landbouw 1, pp. 52–139.

Smeding, S., 1919–1920. Ervaringen omtrent de cultuur op de in 1916 overstroomde gronden in den Anna Paulownapolder. Cultura 31, 406–430,32, 2–29; 32, 60–67.

Snellen, B., Van Essen, E., Kroes, J., en Stuyt, L. 2012. Sociaal-economisch spoor verzilting Noord-Nederland. Rapport Acacia Water; Project N20110424 Klimaat voor Ruimte

Snepvangers, J., A. Peters, P. de Louw en B. Geenen, 2004. 'Drainage nieuwe stijl': drainage ten behoeve van waterconservering. TNO-rapport NITG-04-100-B, Utrecht.

Stuyt, 2012. Meer water met regelbare drainage? Stowa 2012-33. ISBN 978.90.5773.570.7.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper, 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland; onderzoek met hulp van €ureyeopener 1.0. 2013. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2439

Stuyt, L.C.P.M., 2013. Regelbare drainage als schakel in toekomstbestendig waterbeheer. Bundeling van resultaten van onderzoek, ervaringen en indrukken, opgedaan in binnen- en buitenland. Rapport 2370 / STOWA rapport 18/2013.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, P.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J. van der Voort, M. de Wol en W.A. Brandenburg, 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel en H.T.L. Massop, 2011. Basic Survey Zout en Joint Fact Finding effecten van zout. Naar een gedeeld beeld van het zoetwaterbeheer in laag Nederland. Alterra-rapport 2200.

Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P. Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper, 2013. Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap Rijnland verduidelijkt met behulp van €ureyeopener 1.0. Alterra rapport 2439.

Stuyt, L.C.P.M, C. Schuiling, P.J.T. van Bakel, H.T.L. Massop, G.H.P. Oude Essink, M. Faneca Sanchez, J. Velstra, N.B.P. Polman en A.C. de Vos. 2014. Mogelijke effecten van actualisatie van zoutschadefuncties van grondgebonden, beregende landbouwgewassen. KV-rapport 116/2014, ISBN 978-94-90070-82-3

Tolk, 2013. Zoetwater verhelderd - Maatregelen voor zoetwater zelfvoorzienendheid in beeld. KvK rapportnummer KvK 90/2013.

Tolk, L.F., Tuinhof, A., Te Winkel, T., Ahmed, K.M., Bolton, M., 2014. Underground fresh water storage, a practical solution to increase water security in saline deltas.

Velstra, J., Tolk, L., Te Winkel, T., Burger, S., Verbruggen, M., Hu-a-ng, K., 2015. Rendabel en duurzaam agrarisch gebruik in een verziltende omgeving. Resultaten eerste jaar – 2014. Acacia Water, www.spaarwater.com

Van den Berg, C., 1950. De reactie van landbouwgewassen op het zoutgehalte van de bodem. De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw Deel VI. In: Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 56.16, 87 pp.

Van den Berg, C., 1952. De invloed van opgenomen zouten op de groei en productie van landbouwgewassen op zoute gronden. De inundaties gedurende 1944–1945 en hun gevolgen voor de landbouw Deel XII. In: Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 58.5 Staatsdrukkerij Uitgeversbedrijf, 's-Gravenhage, 118 pp.

Velstra, J., G. Braam, S. Burger, A. Oord, M. Verbruggen, 2014. Rapportage project Spaarwater, locatie Breezand; locatie Borgsweer. Acacia-535.(in groslijst)

Vink, R, 2010. Een analyse van doorspoelen in de Haarlemmermeer. Deltares/UU stageverslag.

Zijlstra, K., 1946. Over de gevoeligheid van eenige landbouwgewassen voor zeewater. Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 52 (2), 25–51.

Zuurbier, K.G., Paalman, M. and Zwinkels, E., 2012. Haalbaarheid Ondergrondse Waterberging Glastuinbouw Westland. KWR 2012.003, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein. (in groslijst)

Zuurbier, 2015. Innovatieve putconcepten maken zoetwaterreservoir in verzilte ondergrond mogelijk. Zuurbier K., Paalman M., van der Linde S., de Gelder D. en Meeuwse P. H2O , 11 maart 2015.

RELEVANTE DELTAFACTS (DELTAPROOF.STOWA.NL/PUBLICATIES/ DELTAFACT.ASPX?PID=1739)

- Bodem als buffer
- Bodemvochtgestuurd beregenen
- Brakke kwel
- Effecten klimaatverandering op landbouw
- Effectiviteit van waterinlaat
- Ondergrondse waterberging
- Regelbare drainage
- Regenwaterlenzen
- Waterreservoirs op bedrijfsniveau
- Zoetwatervoorziening
- Zoutindringing
- Zouttolerante teelten