



# Zoetwater verhelderd

Maatregelen voor zoetwater zelfvoorzienendheid in beeld



Copyright © 2012

Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat (KvK). Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd, in geautomatiseerde bestanden opgeslagen en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm, geluidsband of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat. In overeenstemming met artikel 15a van het Nederlandse auteursrecht is het toegestaan delen van deze publicatie te citeren, daarbij gebruik makend van een duidelijke referentie naar deze publicatie.

Aansprakelijkheid

Hoewel uiterste zorg is besteed aan de inhoud van deze publicatie aanvaarden de Stichting Kennis voor Klimaat, de leden van deze organisatie, de auteurs van deze publicatie en hun organisaties, noch de samenstellers enige aansprakelijkheid voor onvolledigheid, onjuistheid of de gevolgen daarvan. Gebruik van de inhoud van deze publicatie is voor de verantwoordelijkheid van de gebruiker.



# Zoetwater verhelderd

Maatregelen voor zoetwater zelfvoorzienendheid in beeld

Lieselotte Tolk <sup>(1)</sup>



<sup>(1)</sup> Acacia Water, Jan van Beaumontstraat 1, 2805 RN, Gouda, [lieselotte.tolk@acaciawater.com](mailto:lieselotte.tolk@acaciawater.com)

KvK 90/2013

KvK 90/2013

Met dank aan het KvK-thema2 consortium, ZLTO, Stowa, Provincie Zeeland, Barth Drainage, Meeuwse Goes, Waterschap Scheldestromen en het Afstemoverleg Zuid Westelijke Delta.

Dit onderzoeksproject (projectnummer 1202389; projecttitel Zoetwatervoorziening en Waterkwaliteit) wordt uitgevoerd in het kader van het Nationaal Onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat ([www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)). Dit onderzoeksprogramma wordt medegefinancierd door het Ministerie van Infrastructuur en Milieu.





## Inhoudsopgave

Inhoudsopgave .....	5
1 Inleiding .....	7
2 Achtergrond .....	9
2.1 Zoetwaterbeheer, -gebruik en -systeem in de ZW Delta .....	9
2.2 Beheer in de ZW Delta op verschillende schaal niveaus .....	9
2.3 Het watersysteem in de ZW Delta .....	10
3 Methode .....	14
3.1 Selecteren en categoriseren van de maatregelen .....	14
3.2 Bepaling van de kosten van de maatregelen .....	14
3.3 Methode voor vergelijking van maatregelen .....	14
4 De maatregelen geordend .....	16
5 Systeem maatregelen .....	19
5.1 Vergroten zoetwater vasthoudend vermogen .....	19
5.1.1 Vergroten van de zoetwaterlens: optimaliseren afstand van de drainagemiddelen .....	21
5.1.2 Optimaliseren diepte van de drainagebasis .....	23
5.1.3 Vergroten van de zoetwaterlens: afvangen brakke kwel met (diepe) drains .....	25
5.1.4 Vergroten van de zoetwaterlens: peilgestuurde drainage .....	27
5.1.5 Vergroten van de zoetwaterlens: op maat opzetten/verlagen van het slootpeil .....	29
5.1.6 Bodemvocht vasthouden en afstroming reduceren door verbeteren bodemstructuur .....	32
5.2 Gebruik van bestaande zoetwaterberging .....	34
5.2.1 Zoetwater onttrekking uit natuurlijke berging: kreekruigen / strandwallen .....	35
5.2.2 Zoetwater onttrekking uit natuurlijke berging: watervoerend pakket onder de deklaag .....	37
5.3 Vergroten zoetwaterberging .....	39
5.3.1 Zoetwaterberging in bassins op het perceel .....	40
5.3.2 Vergroten van de zoetwaterberging: peilaanpassing in kreekruigen / strandwallen .....	43



5.3.3	Vergroten van de zoetwaterberging: afvangen brakke kwel met behulp van een grote, diepe drain: freshmaker.....	45
5.3.4	Vergroten van de zoetwaterberging: zoet water injectie in diepe aquifers (ASR / LASR).....	47
5.4	Alternatieve watervoorziening .....	50
5.4.1	Aftakking van een bestaande aanvoerleiding realiseren .....	50
6	Gebruiksmatregelen; aanpassen agrarisch landgebruik.....	52
6.1.1	Efficiënt watergebruik: druppel- of sprinklerirrigatie .....	53
6.1.2	Efficiënt watergebruik: vochtbalans gestuurde irrigatie .....	56
6.1.3	Irrigeren met (licht) brak water; gebruiken tolerantie van reguliere gewassen .....	58
6.1.4	Overstap op zout- of droogtetolerantere gewassen.....	61
6.1.5	Overstap op zoutminnende gewassen / aquacultuur .....	63
7	De Watermaat .....	65
8	Conclusies .....	67
9	Literatuur .....	69
	Bijlage 1 Korte beschrijving van de maatregelen .....	73
	Bijlage 2 Overzicht van de inschatting van de effectiviteit en kosten van de maatregelen .....	76
	Bijlage 3 Gedetailleerd maatregeloverzicht op verschillende schaalniveaus ....	78
	Bijlage 4 Overzicht uitvoeringsstadia maatregelen.....	79



## 1 Inleiding

De zoetwatervoorziening voor de landbouw in Nederland zal naar verwachting onder druk komen te staan door klimaatverandering en socio-economische ontwikkelingen. Daarom wordt in Kennis voor Klimaat (KvK) onderzoek gedaan naar het toekomstbestendig maken van de zoetwatervoorziening. De voorliggende studie is onderdeel van het KvK project thema 2 “Zoetwatervoorziening en waterkwaliteit op nationale en regionale schaal”. In dit project worden vernieuwende maatregelen om de veranderingen in de waterbeschikbaarheid het hoofd te bieden onderzocht en wordt onderzoek gedaan naar de implementatie van deze maatregelen onder de onzekerheid van een veranderend klimaat. De nadruk in dit project ligt op relatief kleinschalige maatregelen voor het opslaan van zoetwater of het aanpassen van de teelt. Toepassing van het onderzoek wordt binnen het thema verder uitgewerkt in drie cases, waaronder de case Zuidwestelijke Delta. Dit rapport is het eerste deel van een serie rapporten waarin de mogelijkheden van zoetwatervoorziening door kleinschalige maatregelen voor de Zuidwestelijke Delta worden samengebracht.

### *Zuidwestelijke Delta*

De Zuidwestelijke Delta is een van de hotspots voor het klimaatbeleid in Nederland. In dit gebied vindt veel landbouw plaats, waarvoor de beschikbaarheid van water van een goede kwaliteit van essentieel belang is. In de toekomst zal de zoetwatervoorziening echter onder druk komen te staan door een aantal belangrijke ontwikkelingen in en rondom dit gebied (Kennis voor Klimaat, 2009). Enerzijds neemt de hoeveelheid zoet water die in de toekomst beschikbaar is af, aangezien door klimaatverandering de frequentie van droge zomers toeneemt. Daarnaast staat de externe watertoevoer ook onder druk door beleidsbeslissingen zoals het mogelijk zout laten worden van het Volkerak-Zoommeer en het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen. Aan de andere kant zal de vraag naar water van een goede kwaliteit juist stijgen, zowel door de toename van verdamping en verzilting bij klimaatverandering, als door de trend naar meer hoogrenderende, zoutgevoelige en watervragende gewassen. Hierdoor kan in de toekomst de vraag naar zoet water het aanbod in de Zuid Westelijke delta overtreffen (Deltaprogramma Zoetwater, 2012).

### *Kleinschalige adaptatie*

Om de mogelijke watertekorten op te vangen moet beleid worden gemaakt voor de zoetwatervoorziening nu en in de toekomst. De ruimtelijke schaal speelt een belangrijke rol in de selectie van strategieën om de zoetwatervoorziening te waarborgen en de bijpassende maatregelen. In de case Zuidwestelijke Delta staat kleinschalige adaptatie op bedrijfsniveau centraal. Hiervoor kunnen maatregelen worden genomen zoals het vasthouden van zoetwater op het land en in de bodem, het overstappen op zouttolerantere gewassen en technische maatregelen om de waterkwaliteit te verbeteren zoals ontzilting. De hypothese van dit project is dat kleinschalige maatregelen relatief goedkoop kunnen zijn en dat de implementatietijd kort is. Hierdoor wordt verwacht dat zelfvoorzienendheid op bedrijfsniveau een flexibele en daarmee klimaatrobuuste aanpak is om de toekomstige ontwikkelingen, met bijbehorende onzekerheden, te ondervangen. Potentieel kunnen deze maatregelen bovendien bijdra-



gen aan de ontwikkeling van gebieden die geen toegang hebben tot externe zoetwater toevoer.

#### ***Dit rapport: overzicht van de maatregelen***

In deze studie hebben we de long lists van maatregelen die in omloop waren van de verschillende maatregelen voor de zoetwatervoorziening voor de landbouw samengebracht in een overzichtelijke schematisatie. Hierin wordt aangegeven of de maatregelen het systeem, het gebruik, of het beheer aanpassen. Dit is relevant voor een afwegingskader voor de maatregelen en wie de aanpassingen zal moet doorvoeren.

Over de afzonderlijke maatregelen is veel verschillende en soms tegenstrijdige informatie in omloop. Een doelstelling van dit rapport om deze maatregelen gemakkelijk met elkaar te kunnen vergelijken. Daarvoor hebben we de maatregelen voor zelfvoorzienendheid naast elkaar beschreven in factsheets. Bij elk van de maatregelen waarbij het water in de bodem wordt vastgehouden is een figuur toegevoegd die de werking van de maatregel verduidelijkt. Door de verschillende maatregelen op deze wijze naast elkaar te zetten wordt duidelijk hoe de verschillende maatregelen samenhangen, en hoe ze van elkaar verschillen.

Tot slot hebben we in deze studie een overzicht gemaakt het uitvoeringsstadium en de kosten van de verschillende maatregelen. Dit overzicht is een handvat voor de vergelijking van verschillende adaptieve maatregelen en vormt de basis voor verder onderzoek naar de mogelijke zelfvoorzienendheid van de Zuidwestelijke Delta, en overige gebieden met verziltings- of droogteoverlast.

#### ***Brede toepasbaarheid van de resultaten***

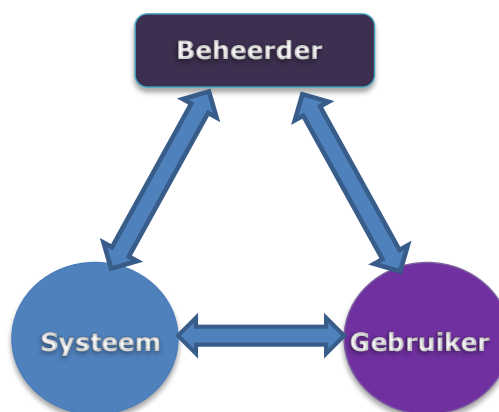
De maatregelen die in dit rapport worden besproken zijn geselecteerd voor de Zuidwestelijke Delta. Als voorbeeld van de achtergrond van de verziltings en verdrogingsproblematiek waartegen deze maatregelen effectief zijn is de situatie in dit gebied beschreven. De gegevens die in dit rapport zijn samengebracht zijn echter veel breder toepasbaar. De maatregelen kunnen ook voor andere gebieden met een risico op verdroging of verzilting effectief zijn en de prijzen die in dit rapport worden genoemd zijn algemene prijzen.



## 2 Achtergrond

### 2.1 Zoetwaterbeheer, -gebruik en -systeem in de ZW Delta

De zoetwaterbeschikbaarheid wordt bepaald door drie met elkaar samenhangende factoren: het fysische watersysteem, de beheerder en de gebruiker (figuur 1). Deze drie zijn bepalend voor de vraag of de zoetwatervoorziening voldoende is.



**Figuur 1** De drie componenten die het evenwicht in de zoetwatervoorziening bepalen.

Het watersysteem bepaald hoe groot het aanbod is, via de rivieren, de sloten, het grondwater of de aanvoerleidingen. De vraag wordt bepaald door de gebruiker. Dit is bijvoorbeeld de industrie, de drinkwaterconsument, de recreant of de agrariër. Het aanbod van zoetwater bepaald het gebruik, zoals de plaatsen waar agrarische ondernemingen zich vestigen en de gewaskeuze. De gebruiker op zijn beurt past het systeem aan, bijvoorbeeld door het aanleggen van drainage.

Tot slot kan de beheerder het systeem en de gebruiker beïnvloeden. Het eerste bijvoorbeeld door peilbeheer of het uitgeven van vergunningen voor grondwaterwinning. De tweede door zaken als bestemmingsplannen, of een verbod op het beregenen van bepaalde gewassen. De gebruiker, de beheerder en het systeem zijn dus niet los van elkaar te zien in het vraagstuk van de zoetwatervoorziening.

### 2.2 Beheer in de ZW Delta op verschillende schaal niveaus

In de aanpak die wordt toegepast in de case Zuidwestelijke Delta verschuift de nadruk naar een grotere zelfvoorzienendheid en worden de oplossingen gezocht binnen het systeem en door de gebruiker. In dat geval krijgt de gebruiker ook een rol als waterbeheerder. Binnen deze decentrale aanpak combineren (coöperaties van) agrariërs de rol van gebruiker enerzijds en kleinschalige beheerder anderzijds, waarbij om het watersysteem (deels) door hen in plaats van door een externe beheerder wordt gereguleerd voor een optimaal aanbod. Door de implementatie van de maatregelen die in dit rapport worden beschreven kan de beheerderkant van de agrariër een grotere rol gaan spelen.



**Figuur 2** verschillende schaalniveaus (links) en de bijbehorende beheerder of gebruiker op dat schaalniveau (rechts).

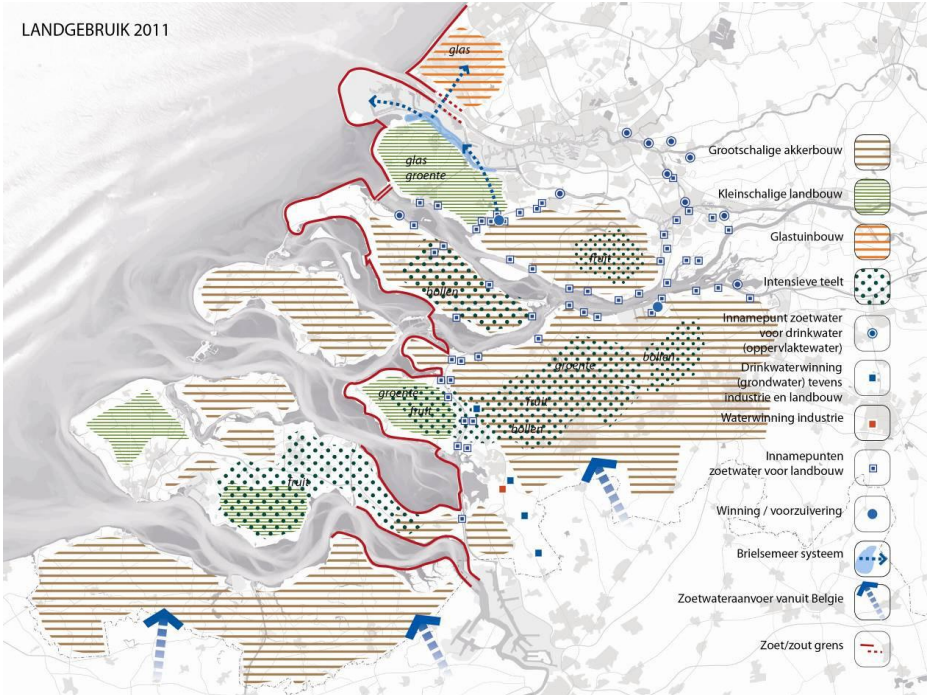
### 2.3 Het watersysteem in de ZW Delta

De Zuidwestelijke Delta is een van de gebieden met de hoogste zoutconcentraties in de sloten van Nederland. Ondanks dat wordt op grote schaal landbouw bedreven in dit gebied. Dit is mogelijk omdat er sprake is van 'zoete eilanden in zoute wateren'. Een deel van het gebied heeft toegang tot een externe zoetwateraanvoer, maar een ander deel is volledig aangewezen op het natuurlijk aanwezige interne zoetwater in de vorm van zoetwaterlenzen die zich bovenop het zoute water in de ondergrond bevinden.

De zoetwatervoorziening is in de Zuidwestelijke Delta op te delen in verschillende gebieden (figuur 3): (1) het noordelijke en oostelijke gedeelte van de Delta dat afhankelijk is van het Hollands Diep, Haringvliet en het Volkerak-Zoommeer, (2) de westelijke eilanden die geen externe aanvoer hebben en volledig afhankelijk zijn van regenwater (3) Zeeuws Vlaanderen dat deels een regionale wateraanvoer vanuit België heeft en (4) grote delen van Zuid-Beveland die worden voorzien van zoetwater vanuit de landbouwwaterleiding die water vanuit de Biesbosch toevoert.

De verschillen in de toegang tot water van goede kwaliteit wordt gereflecteerd in het landgebruik. Daar waar extern zoetwater beschikbaar is zijn intensieve teelten te vinden, terwijl in de gebieden zonder externe zoetwatertoevoer hoofdzakelijk grootschalige akkerbouw wordt bedreven (figuur 3). Het beter beschikbaar maken van zoetwater vergroot de potentie van de landbouw, terwijl een afname van het beschikbare zoetwater een bedreiging kan zijn voor de intensievere vormen van landbouw.

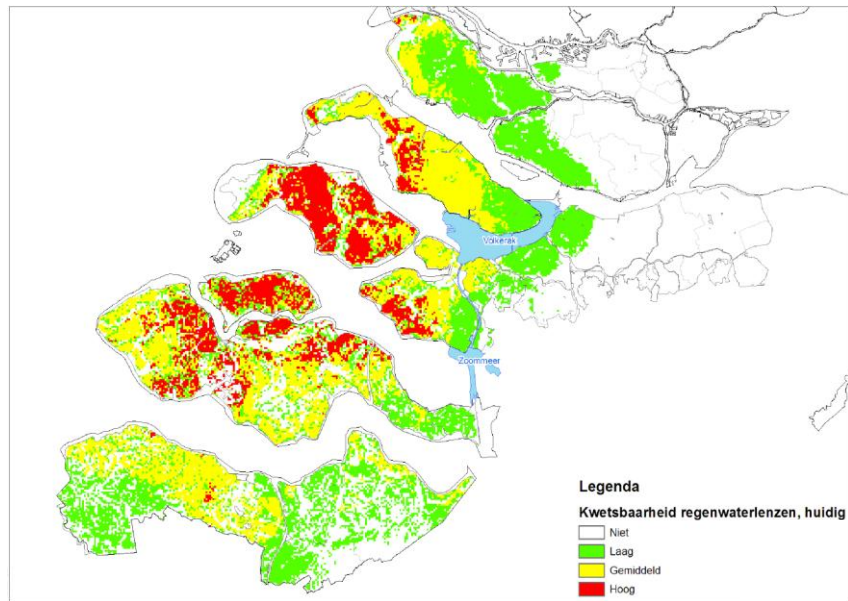
In de gebieden zonder externe zoetwater voorziening bestaat het risico op verdroging en, op plaatsen waar ondiep zout in de ondergrond zit, verzilting. Dit risico neemt door klimaatverandering verder toe. Voor de ZW Delta is in beeld gebracht waar de kwetsbaarheid van zoetwaterlenzen laag, gemiddeld of hoog is (figuur 4) en hoe dit in de toekomst naar verwachting gaat veranderen (figuur 5). Uit deze analyses blijkt dat een groot deel van de ZW Delta een gemiddelde tot grote kans heeft op het verdwijnen van de neerslaglenzen, en dat dit in de toekomst op veel plaatsen verder zal toenemen. De maatregelen beschreven in hoofdstuk 5.1 kunnen het risico van het verdwijnen van de neerslaglenzen op deze locaties verkleinen en daarmee verzilting tegengaan.



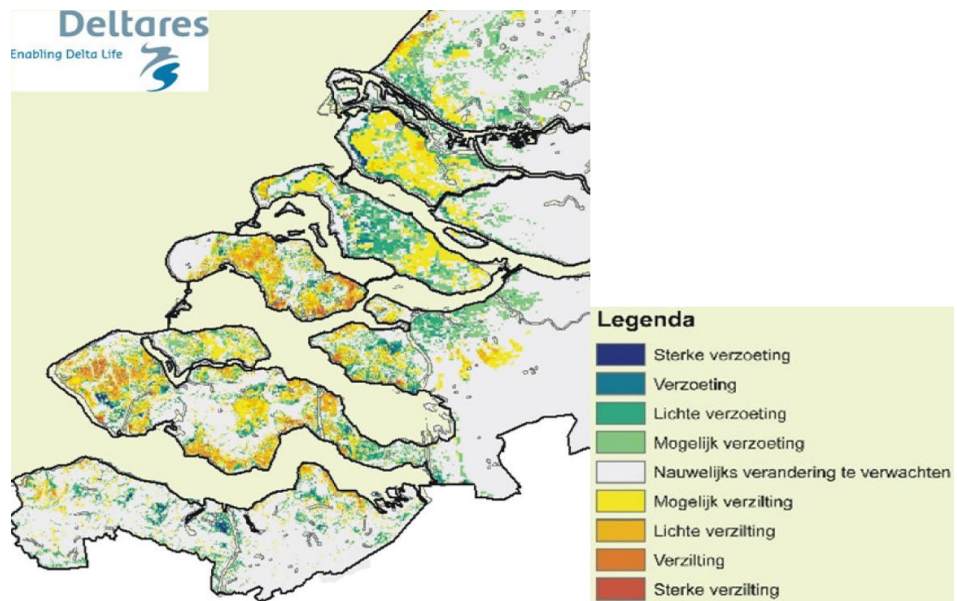
**Figuur 3** landgebruik in de Zuidwestelijke Delta (Stuurgroep Zuidwestelijke delta, 2009).



12



Figuur 4 kwetsbaarheid regenwaterlenzen huidige situatie (Deltaprogramma Zoetwater, 2012; Deltares, 2011a).



Figuur 5 verwachting van de toename van de verzoeting of verzilting van het ondiepe grondwater bij autonome ontwikkeling in 2100 (Deltaprogramma Zoetwater, 2012).

### Zoutschade

Voor de gewassen is het van belang dat zich tijdens de groeiperiode in de wortelzone zoet water bevindt. De onverzadigde wortelzone wordt van bovenaf gevoed door regenwater (of irrigatie) en van onderaf door de (capillaire) opstijging van grondwater. De mate van opstijging vanuit het grondwater verschilt per grondsoort en neemt over het algemeen af naarmate de grond zwaarder is (Acacia Water, 2011).

Zout grondwater vormt een probleem als het zoute water de wortelzone bereikt. Dit kan op meerdere manieren worden voorkomen. Ten eerste vormt zich in natte periodes een zoete neerslag lens boven op het zoute grondwater (Deltares, 2009, De Louw et al., 2011; Velstra et al., 2011). Als deze lens groot genoeg is, zodat deze in de droge periode niet geheel door verdamping en transpiratie verdwijnt, vormt dit een zoete buffer op het zoute grondwater. Het water dat in de droge periode omhoog wordt getransporteerd is bij aanwezigheid van een neerslaglens zoet.

Daarnaast kan worden voorkomen dat –indien de neerslaglens toch verdwijnt– het zoute grondwater door capillaire opstijging de wortelzone bereikt. Dit kan worden gedaan door het vergroten van de afstand tussen de wortelzone en het zoute water door het verlagen van het (zoute) grondwaterpeil. Tot slot is het mogelijk om het zoute water vanaf het oppervlak te verdringen door middel van beregening met water van goede kwaliteit.

Bij verzilting zijn er meerdere processen die bepalen of en wanneer er zoutschade optreedt. Daarbij zijn de volgende drie stappen te onderscheiden in het verziltingproces:

- (1) het verdwijnen van de neerslaglens
- (2) het optrekken van het zout in de onverzadigde zone
- (3) schade door zout in de plant.

Deze stappen zijn omgeven met onzekerheden en zijn allen onderdeel van onderzoek. Het verdwijnen van de neerslaglens (1) is afhankelijk van onder andere bodemsoort en sterkte van de zoute of brakke kwel, zie sectie 1.3.

De snelheid waarmee het zout in de onverzadigde zone naar boven wordt getransporteerd (2) is afhankelijk van de bodemsoort en de gewasverdamping. Bijvoorbeeld uit de studie van Acacia Water (2011) blijkt dat in een droogte periode van meer dan 30 dagen na het verdwijnen van de neerslaglens het zout de wortelzone kan bereiken.

Of indien het zout de wortelzone bereikt het ook daadwerkelijk schade aanricht aan de plant (3) is afhankelijk van het gewas, de lengte van de periode dat de plant aan het zout wordt blootgesteld en het ontwikkelingsstadium van de plant (Alterra, 2011).

Kortom, veel factoren spelen een rol in verziltingschade waardoor de grootte van de schade en de gerelateerde watervraag door verzilting in de toekomst onder klimaatverandering nog relatief onzeker is.



### 3 Methode

#### 3.1 Selecteren en categoriseren van de maatregelen

In dit rapport wordt een overzicht gemaakt van de maatregelen die kunnen worden getroffen voor de zoetwatervoorziening, en een selectie daarvan wordt in detail uitgewerkt. Voor het overzicht van de maatregelen is de studie van Acacia Water (2009) als uitgangspunt gebruikt. Deze maatregelen zijn vergeleken met de lijsten met maatregelen die vanuit het Deltaprogramma Zoetwater Zuidwestelijke Delta beschikbaar waren, en waar nodig daarmee aangevuld. Vervolgens is een ordening voor de maatregelen gezocht die de lange lijsten van maatregelen in een overzichtelijk format samenvatten. Het resultaat hiervan wordt gepresenteerd in hoofdstuk 4.

De selectie van maatregelen die verder worden uitgewerkt, met een omschrijving, een indicatie van de kosten en de vereisten, is gemaakt op basis van de focus van KvK-thema2: zelfvoorzienendheid van de agrariërs.

#### 3.2 Bepaling van de kosten van de maatregelen

De kosten van de verschillende maatregelen zijn bepaald op basis van beschikbare literatuur, aangevuld met expertkennis van het KvK-thema2 consortium, ZLTO en gespecialiseerde bedrijven in de aanleg van verschillende technieken zoals Meeuwse Goes en Barth Drainage. Daarnaast zijn de gegevens uit de Water Optimalisatie Plannen (WOP's) toegepast in deze studie. De kosten en voorwaarden voor de maatregelen zijn doorgenomen met ZLTO in een workshop met Carla Michielse, Hubert Visser en Henk van Damme. Naar specifieke aanvullingen hieruit wordt verder in dit rapport verwezen als ZLTO workshop, 2012.

De kosten zijn omgerekend naar jaarlijkse kosten door de totale kosten te delen door de levensduur. Er is een rentevoet van nul aangenomen, in dit rapport wordt dus de nominale waarde van de kosten weergegeven. Omdat de levensduur van de maatregelen over het algemeen in dezelfde orde van grootte liggen wordt verwacht dat een andere rentevoet de onderlinge verhouding tussen de kosten van de maatregelen niet sterk zal beïnvloeden.

#### 3.3 Methode voor vergelijking van maatregelen

Bij een aantal van de maatregelen komt water vrij beschikbaar, bijvoorbeeld bij de opslag van zoet water zodat dit in de droge tijd kan worden gebruikt voor beregening. In dat geval kunnen de kosten worden bepaald per m<sup>3</sup>. Bij andere maatregelen wordt het water vastgehouden in de bodem. In dat geval kunnen de kosten niet worden bepaald per m<sup>3</sup> maar worden de kosten bepaald per hectare. Om deze verschillende type maatregelen met elkaar te kunnen vergelijken is een omrekening nodig. Daarvoor wordt hier een inschatting gemaakt van de hoeveelheid die nodig is per hectare.

##### *Volume bepalend voor hoeveel hectare kan worden bediend*

Het volume voor de beregeningsvraag varieert tussen droge en natte jaren, en is afhankelijk het gewas, de bodemgesteldheid en de kweldruk. In de studie van Kennis voor Klimaat (2009) is een overzicht van kengetallen gegeven voor de





gemiddelde beregeningsbehoefte: In natte jaren hebben de percelen volgens de NHI berekeningen gemiddeld circa 50mm nodig en in droge jaren 150mm. De gerapporteerde kengetallen voor verschillende gewassen is in dezelfde orde van grootte, de gemiddelde beregeningsbehoefte voor bloembollen, -zaden en daggroenten ongeveer 156 mm/(voor)jaar en voor de overige teelten ongeveer 100 mm/(voor)jaar. De enige uitzondering weergegeven in Kennis voor Klimaat (2009) zijn de gewassen met grote beregeningsbehoefte van waterschap Hollandse Delta, met 5 mm/dag. De waterbehoefte in een zeer droog jaar voor de fruitteelt bedraagt 147 mm (ZLTO, 2011).

Voor de vergelijking van de verschillende maatregelen wordt een indicatie gegeven van de kosten die nodig zijn per hectare. Op basis van bovenstaande beregeningsgetallen wordt aangenomen dat voor beregening 150mm per droog jaar nodig is, dit staat gelijk aan 1500 m<sup>3</sup>/ha. De kosten waarbij het water vrij beschikbaar komt worden daarom gerapporteerd in €/1500m<sup>3</sup>, zodat ze vergelijkbaar zijn met de kosten in €/ha van de andere maatregelen. In de resultaten wordt per maatregel duidelijk aangegeven of het water al dan niet vrij beschikbaar komt.

#### ***Piekvraag bepalend voor hoeveel hectare kan worden bediend***

In het geval van onttrekking van water uit het een diepere laag is over het algemeen niet de hoeveelheid water beperkt is, maar de capaciteit van de leiding en de pomp. In dat geval wordt aan de hand van de piekvraag bepaald hoeveel hectare met deze capaciteit van water kan worden voorzien. Hierin worden de gegevens van de watervraag van fruitbomen gebruikt (ZLTO, 2011). De piekvraag is 8 L/boom per dag van volgroeide aanplant in een zeer droog jaar. Bij een gemiddelde van 3000 bomen/ha is de piekvraag 24 m<sup>3</sup>/dag/ha.

#### ***Oppervlak boven onttrekking bepalend voor hoeveel water kan worden onttrokken***

Bij kreekrug onttrekkingen is de hoeveelheid die mag worden onttrokken door vergunningen beperkt tot 3000 m<sup>3</sup>/kwartaal (dus 6000 m<sup>3</sup>/zomerhalfjaar), en tot maximaal 800 m<sup>3</sup> per jaar per hectare van het perceel (of de percelen) waarbinnen het onttrekkingmiddel is geplaatst (Waterschap Scheldestromen, 2010). Het maximum per hectare is dus lager dan de 1500 m<sup>3</sup>/droog jaar die hierboven is geïdentificeerd. Daarom nemen we aan dat ernaar wordt gestreefd in ieder geval de toegestane 800 m<sup>3</sup>/ha te realiseren in een zomerhalfjaar. Dan kan een onttrekking met 6000m<sup>3</sup>/zomerhalfjaar 7,5 ha bedienen. Aangenomen wordt daarom dat de kosten voor een kreekrugonttrekking gelden voor 7,5 ha. Voor maatregel vergroting van de zoetwaterberging in kreekruigen worden dezelfde aannames gedaan, indien de vergunningseisen worden aangepast kan dit veranderen.



## 4 De maatregelen geordend

Er bestaan veel verschillende maatregelen waarmee het risico op verdroging en/of verzilting kan worden tegengegaan. Deze maatregelen lopen uiteen van meer water beschikbaar maken vanuit bijvoorbeeld de rivieren, tot het aanpassen van het landgebruik naar bijvoorbeeld zout- of droogtetolerantere gewassen.

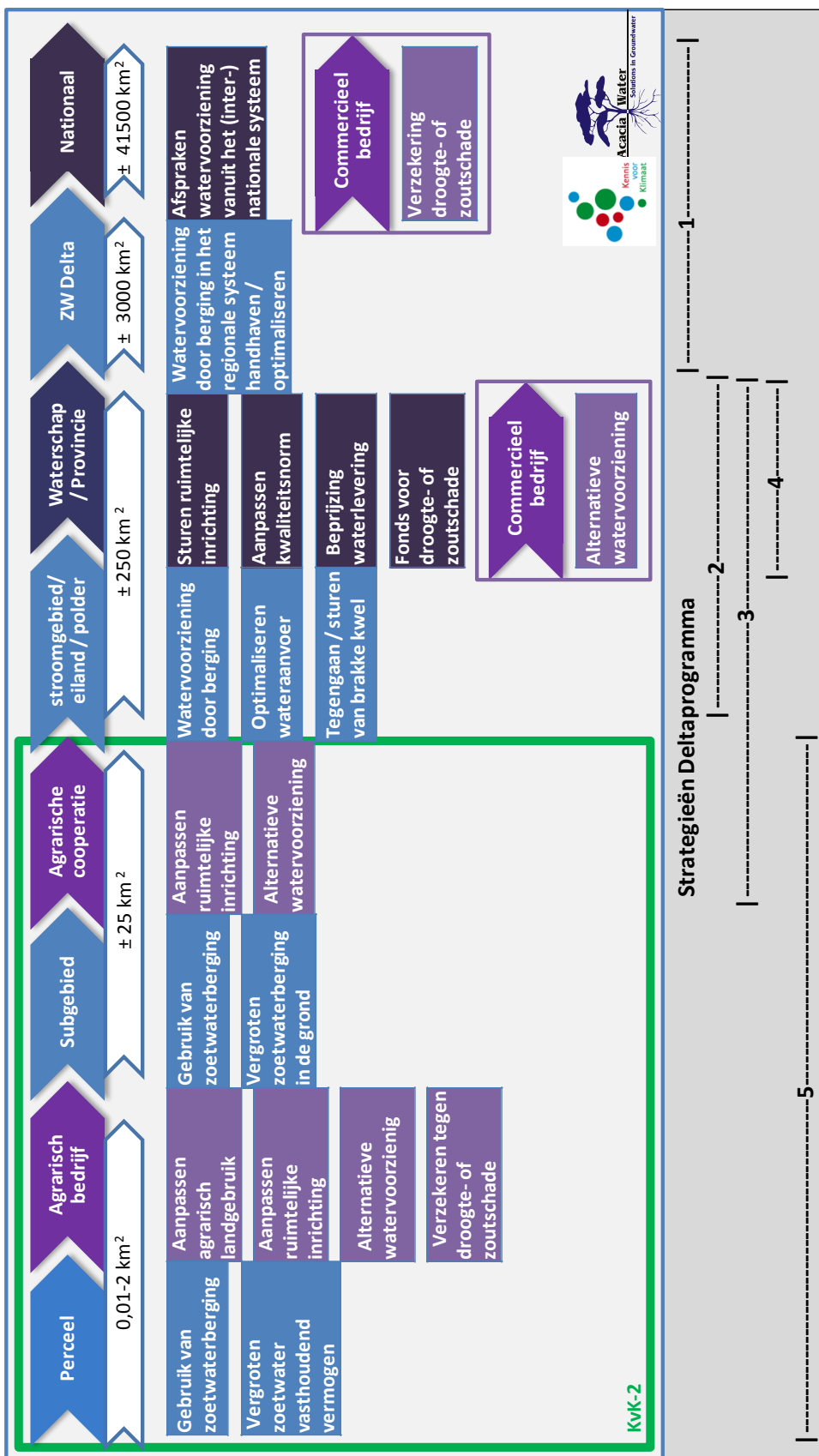
In het Deltaprogramma Zoetwater (2012) worden de mogelijke zoetwaterstrategieën in beeld gebracht, waarbij een strategie een set maatregelen en instrumenten is, dat een antwoord is op de in beeld gebrachte zoetwater opgave. In 2014 zal uiteindelijk voorstel voor een voorkeursstrategie worden gedaan. Hiervoor zijn als uitgangspunt vijf verschillende strategieën opgesteld: (1) Water volgt grootschalig: nationale overheid zorgt voor voldoende water, (2) Water volgt beperkt: grotere regionale zelfvoorzienendheid en optimaliseren van de huidige zoetwaterverdeling, (3) Water volgt beperkt, met inschakeling van marktpartijen, (4) Water stuurt ruimtelijke ordening: Het zoetwateraanbod als gevolg van klimaatverandering loopt terug en ruimtelijke ordening (waaronder grondgebruik door de economische gebruiksfuncties) past zich hieraan aan en (5) Water stuurt gebruiker: In deze strategie ligt het accent op grote eigen verantwoordelijkheid voor de zoetwatervoorziening bij de (economische) gebruikers.

Om de keuze tussen alle mogelijke maatregelen overzichtelijk te maken is in de studie van Acacia Water (2009) een ordening gemaakt naar gebruiker, beheerder en systeem maatregelen. In de voorliggende studie wordt nog een stap verder gegaan in het overzichtelijk maken van de verschillende maatregelen. We hebben hier een onderscheid naar schaalniveau toegevoegd (figuur 6). Op deze wijze zijn de lange lijsten van mogelijke maatregelen die beschikbaar zijn samengevat op een A4. Bovendien geeft dit direct inzicht in de verantwoordelijke bestuurder of beheerder op de verschillende schaalniveaus voor de implementatie van de maatregelen. Daarnaast is deze indeling naar schaalniveau een methode om de uiteenlopende maatregelen te relateren met de Deltaprogramma strategieën, die als ze naast dit maatregeloverzicht worden gelegd sterk schaalgerelateerd blijken te zijn.

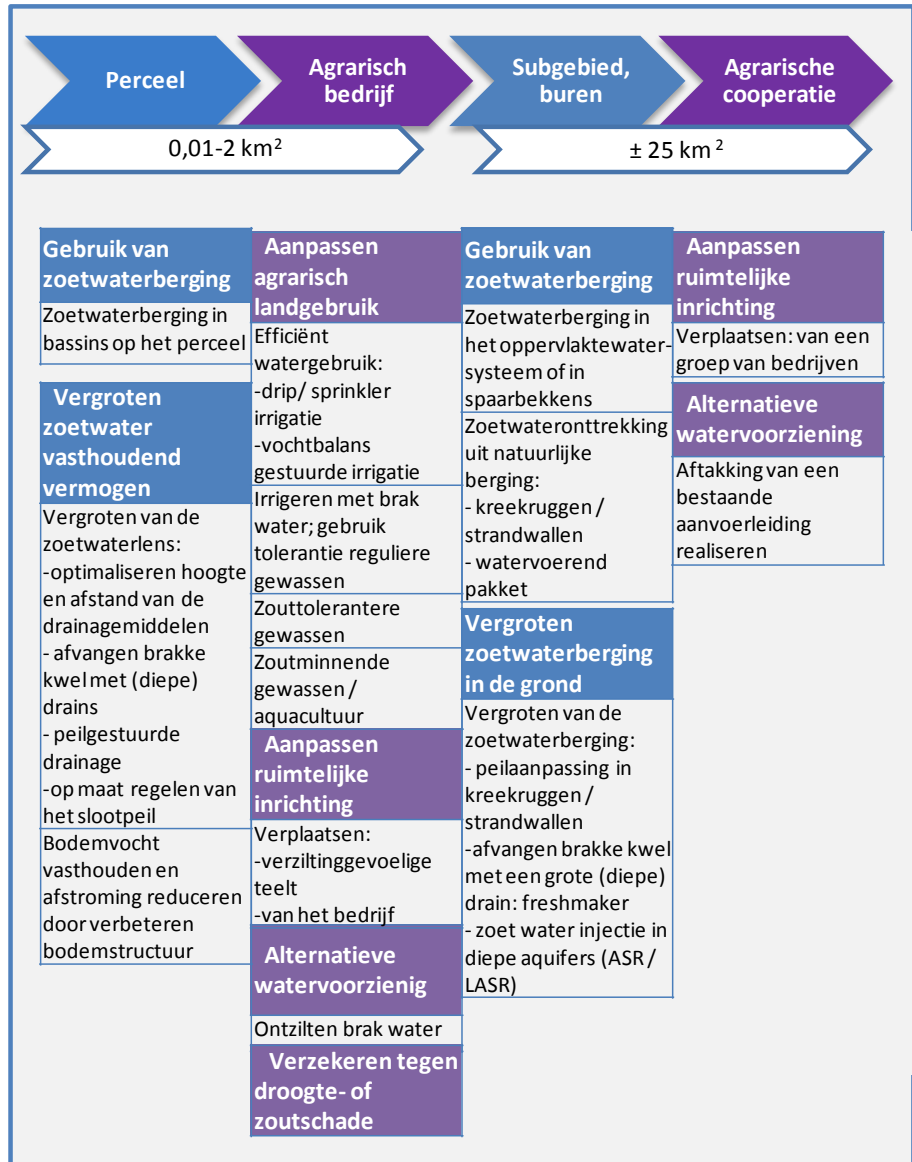
Kortom, hier presenteren we een overzichtelijke manier van classificeren van de zoetwatermaatregelen (figuur 6a en 6b). Dit nieuwe maatregelenoverzicht geeft een overzicht van de verschillende maatregelen voor de zoetwatervoorziening en een handvat voor beleidsbeslissingen.

**Figuur 6a, volgende pagina: Maatregeloverzicht voor het schaalniveau van perceel tot nationaal niveau. In dit overzicht worden de uiteenlopende soorten maatregelen die kunnen worden genomen voor een toekomstbestendige zoetwatervoorziening weergegeven. De maatregelen zijn geordend naar schaalniveau en systeem (blauw), gebruik (lichtpaars) en beheers (donkerpaars) maatregelen. In bijlage 2 is het volledige overzicht met gedetailleerdere maatregelen opgenomen.**





KVK-2



**Legenda:**  
■ System aanpassen    ■ Gebruik aanpassen    ■ Beheer aanpassen

**Figuur 6b** Maatregeloverzicht met gedetailleerde maatregelen voor het schaalniveau van perceel tot nationaal niveau.

## 5 Systeem maatregelen

Het watersysteem kan worden aangepast om droogte- en verziltingschade te voorkomen. Maatregelen die het systeem hiervoor optimaliseren zijn technieken die het zoete water beter vast te houden in het perceel (sectie 5.1), of meer zoet water beschikbaar te maken voor beregening (sectie 5.2 en 5.3). Dit kan door aanpassingen in de ondergrond van het perceel, door de onttrekking uit zoetwatervoorraden en door het vergroten van de ondergrondse waterberging.

### 5.1 Vergroten zoetwater vasthoudend vermogen

De bodem houdt water vast, dat vervolgens via de wortels beschikbaar kan komen voor de gewassen. Op plaatsen waar zich zout water in de ondergrond bevindt vormt zich een neerslaglens op het zoute water die kan voorkomen dat er zout water in de wortelzone terecht komt (Acacia Water, 2011; De Louw et al., 2011). In deze sectie worden de maatregelen besproken die deze zoetwaterlens vergroten door aanpassing aan het drainagesysteem of de bodemcondities.

Met maatregelen die tegengaan dat de neerslaglens verdwijnt kan worden voorkomen dat zoutschade aan de gewassen optreedt. Het zoete water dat door het vergroten van de neerslaglens wordt opgeslagen in de bodem komt over het algemeen niet vrij beschikbaar. Op sommige plaatsen met zandige afzettingen kan de lens zodanig toenemen in dikte dat het zoete grondwater kan worden opgepompt ten behoeve van beregening, deze technieken zijn beschreven in de sectie 'vergroten van de zoetwaterberging' (sectie 5.3). De baten van de maatregelen beschreven in deze sectie zitten in het voorkomen van directe zoutschade.

Naast voordelen brengen deze maatregelen enkele risico's met zich mee die nog nader worden onderzocht (Kennis voor Klimaat, 2012; Acacia Water, 2012), zoals het risico op natschade door het vergroten van de drainageafstand en het risico op droogteschade door het dieper aanleggen van de buizen. Nieuw is dat de drainage niet alleen wordt geoptimaliseerd wat betreft kwantiteit, maar ook wat betreft kwaliteit, waarbij ook rekening moet worden gehouden met de bodemstructuur en de rijping van de grond.

De verschillende effecten van de maatregelen die het zoetwatervasthoudend vermogen van de bodem vergroten zijn in onderstaande tabel samengevat. Opgemerkt moet worden dat maatregelen die het risico op schade door verzilting verkleinen niet altijd droogteschade kunnen te voorkomen. In de tabel is daarom onderscheid gemaakt tussen het voorkomen van zoutschade en droogteschade. Peilgestuurde drainage en het verbeteren van de bodemstructuur hebben een theoretisch positief effect. De overige maatregelen een positief effect voor het voorkomen van zoutschade, maar het risico op droogteschade kan theoretisch toenemen, of dit effect wordt gecompenseerd doordat de planten minder droogtegevoelig zijn door een verminderde zoutdruk is nog niet bekend.

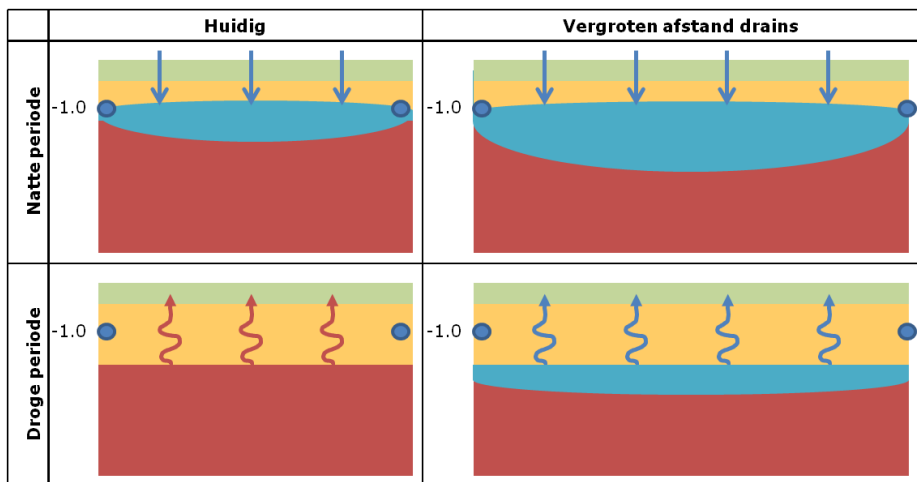


Voorkomen schade vanwege:	Theoretisch te verminderen door :				
	Verdiepen van de drains	Vergroten afstand drains	extra, diepe drain	peilgestuurde drainage	bodem structuur
Zout	+	+	+	+	+
Droogte	-	+/-	-	+	+

**Tabel 1** Overzicht van de effecten van verschillend maatregelen die het watervasthoudend vermogen van de bodem vergroten. '+' geeft een positief effect weer, oftewel een gereduceerd risico en '-' een negatief effect oftewel een toegenomen risico op zout- of droogte schade.

### 5.1.1 Vergroten van de zoetwaterlens: optimaliseren afstand van de drainagemiddelen

<b>Uitvoeringsstadium</b>							Deskstudie - Pilot
---------------------------	--	--	--	--	--	--	--------------------



**Figuur 3** Het effect van het vergroten van de afstand van de drainagebuizen op de theoretische ontwikkeling van de zoetwaterlens (rechts) ten opzichte van de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

#### Omschrijving

De neerslaglens kan worden vergroot door het vergroten van de afstand tussen de drainage buizen. Hierdoor wordt de opbolling, en daardoor de zoetwaterlens, theoretisch groter. Het verder uit elkaar leggen van de buizen kan de afvoer, en daardoor het verlies, van zoet water in de natte periode reduceren.

#### Opbrengst

Vergroten van de zoetwaterlens door het optimaliseren hoogte en afstand van de drainagemiddelen vermindert het risico op zoutschade en kan daardoor de gewasopbrengst vergroten. Het water komt niet vrij beschikbaar maar is in de grond aanwezig waar het een buffer vormt tegen verzilting.

#### Risico

Met het vergroten van de afstand tussen de buizen kan het risico op natschade toenemen. Het ontwerp van de drainage moet worden geoptimaliseerd op de combinatie van het risico op droogte en nat schade (Velstra et al., 2011).

#### Vereisten

Maatregelen voor het vergroten van de zoetwaterlens om verzilting tegen te gaan zijn van toepassing op plaatsen waar het risico bestaat dat de zoetwaterlens verdwijnt.

#### Kosten

Voor het optimaliseren van de hoogte en diepte van drainagemiddelen moeten nieuwe drainagebuizen worden aangelegd en de oude worden afgedicht. De aanleg van drainagebuizen kost ongeveer 1,- €/m ±20%. De levensduur is 15-20 jaar, afhankelijk van onder andere de hoeveelheid ijzer in de grond (pers. comm. Barthdrainage). Bij een drainageafstand van 15m zijn de aanlegkosten



van de drainage daarmee ongeveer 530,- to 800,- per ha. Voor deze prijs kunnen drains tot 1.2m onder maaiveld worden aangelegd.

Voorkomen moet worden dat oude drains blijven lopen. Een mogelijkheid daarvoor is het kappot trekken van alle buizen in de ondergrond op enkele meters vanaf de sloot. Na het kapot trekken blijft de transportroute in de drainagebuizen onder de rest van het veld bestaan. Wat dit voor effect heeft op de vorming van de neerslaglenzen moet nader onderzocht worden. Mogelijk moeten de buizen over de gehele lengte worden verwijderd wat extra kosten met zich mee zou brengen. Als eerste schatting is hiervoor dezelfde tot de dubbele prijs van het aanleggen van de drainage aangenomen.

Als de optimalisatie van de drainagemiddelen samenvalt met het reguliere vervangingsmoment zitten de extra kosten slechts in het afdichten of verwijderen van de oude drainagebuizen.

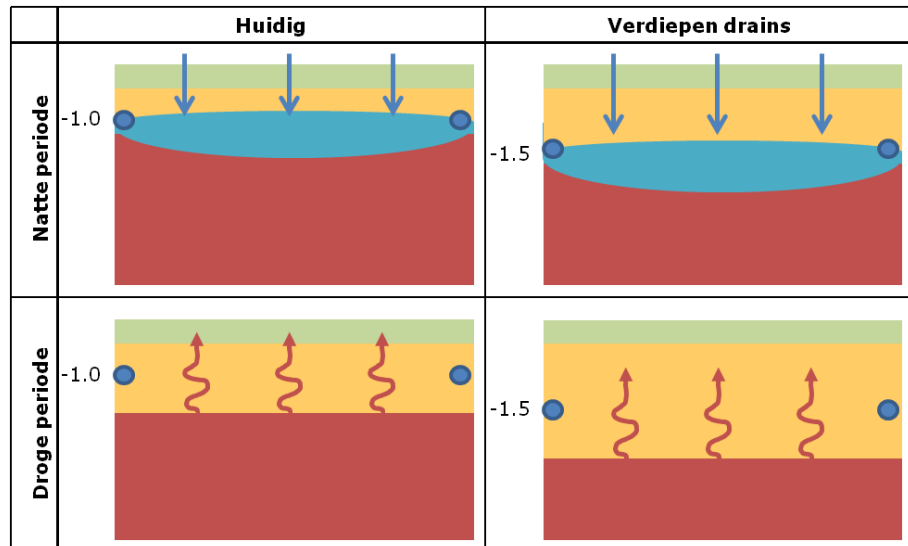
22

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Drainagebuizen op <1.2m diepte	10	20	533	800	27	80				
Afdichten oude buizen	>20		500	1600	25	80				
Geen extra exploitatiekosten; regulier doorspuiten							0	0		
<b>Totaal (gemiddeld)</b>									52	160

**Tabel 2 Kosten van het vergroten van de afstand van drainage middelen. Bron: Barth Drainage en schatting voor het kapottrekken van oude buizen.**

### 5.1.2 Optimaliseren diepte van de drainagebasis

Uitvoeringsstadium					Deskstudie - Pilot
--------------------	--	--	--	--	--------------------



**Figuur 4** Het effect van het dieper aanleggen van de drainagebasis op de theoretische ontwikkeling van de zoetwaterlens en de mate van zoute capillaire opstijging (rechts) ten opzichte van de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

#### Omschrijving

Indien de zoetwaterlens verdwijnt kan mogelijk worden voorkomen dat het zoute grondwater door capillaire opstijging de wortelzone bereikt, door het grensvlak van het grondwater voldoende diep onder de wortelzone te leggen (Alterra, 2006). In een droge periode van enkele maanden komt het grondwater, afhankelijk van de bodemsoort, maximaal enkele tientallen centimeters omhoog in de onverzadigde zone (zie box zoutschade). Door het verlagen van de drainagebasis kan daarom worden voorkomen dat het zout na het verdwijnen van de neerslaglens de wortelzone bereikt.

#### Opbrengst

Vergroten van de zoetwaterlens door het verlagen van de drainagebasis vermindert het risico op zoutschade en kan daardoor de gewasopbrengst vergroten. Er komt geen extra zoetwater beschikbaar, maar de negatieve effecten van zout grondwater worden verkleind.

#### Risico

Met het verlagen van de drainagebasis kan het risico op droogteschade toenemen. Of dit effect wordt gecompenseerd doordat de planten minder droogtegevoelig zijn door een verminderde zoutdruk is nog niet bekend.

#### Vereisten

Maatregelen om het risico op zoutschade tegen te gaan zijn van toepassing op plaatsen waar het risico bestaat dat de zoetwaterlens verdwijnt.

Bij het verlagen van de drainagebasis moet worden voorkomen dat de drains in ongerijpte grond worden gelegd, aangezien dan de functionaliteit van de drai-



nage dan sterk kan afnemen. Daarnaast is het noodzakelijk dat het peil in de watergang waarop wordt afgewaterd voldoende laag is om de drainagebasis te kunnen verlagen.

Drains moeten niet te diep geïnstalleerd worden omdat ze dan beschadigd kunnen raken, bijvoorbeeld omdat omhullingsmaterialen wegens de gronddruk ondoorlatend worden. De 'critical depth' waarop draineerbuizen nog veilig geïnstalleerd kunnen worden heeft te maken met de draineermachine, de mechanische eigenschappen van de buis, de bodemeigenschappen op draindiepte, etcetera (pers. comm. L. Stuyt, Alterra).

### Kosten

Voor het optimaliseren van de diepte van drainagemiddelen moeten nieuwe drainagebuizen worden aangelegd en de oude worden afgedicht. Voor de beschrijving hiervan wordt verwezen naar de kosten in de sectie optimaliseren afstand van de drainagemiddelen. Bij het verdiepen van de drainage tot 1.2m onder maaiveld zijn de aanlegkosten ongeveer 800,- 1200,- per ha.

Bij het verdiepen van de drains is het verwijderen van oude drains theoretisch van minder groot belang dan bij het vergroten van de drainafstand. Waarschijnlijk kan worden volstaan met het standaard kappot trekken van de buizen in de ondergrond op enkele meters vanaf de sloot.

Als de optimalisatie van de diepte van het drainagemiddelen samenvalt met het reguliere vervangingsmoment zitten de extra kosten slechts in het afdichten of verwijderen van de oude drainagebuizen.

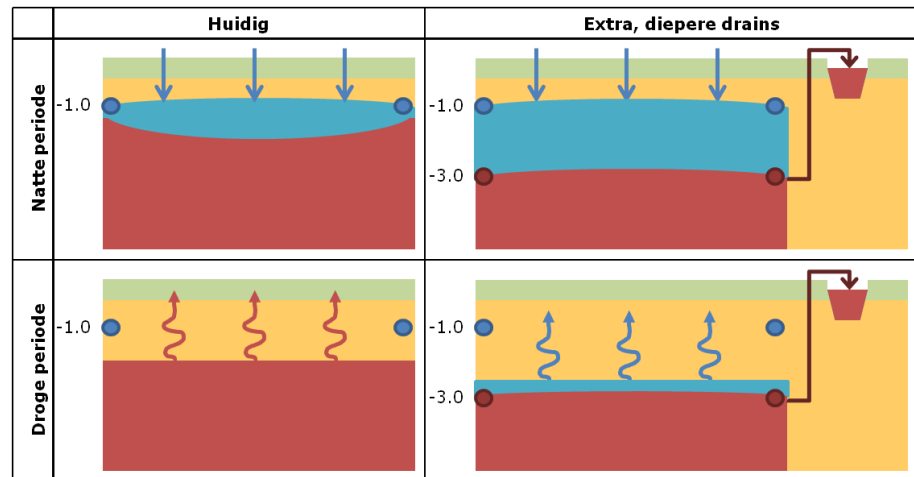
	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Drainagebuizen op <1.2m diepte	10	20	800	1200	40	120				
Afdichten oude buizen	>20			500	0	25				
Geen extra exploitatiekosten; regulier doorspuiten							0	0		
Totaal (gemiddeld)									40	145

Tabel 3 Kosten van het vergroten van de diepte van drainage middelen. Bron: Barth Drainage en schatting voor het kapottrekken van oude buizen.



### 5.1.3 Vergroten van de zoetwaterlens: afvangen brakke kwel met (diepe) drains

<b>Uitvoeringsstadium</b>					Pilot
---------------------------	--	--	--	--	-------



**Figuur 5** Het effect van het afvangen van brakke kwel op de theoretische ontwikkeling van de zoetwaterlens (rechts) ten opzichte van de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

#### *Omschrijving*

Door het gebruik van extra drainage op grotere diepte kan zoute kwel worden afgevangen en afgevoerd naar de sloten. De zoute kweldruk neemt hierdoor af, waardoor er boven de diepe drains een grotere zoetwaterbel kan ontstaan. De bestaande ondiepe ontwateringsdrains worden gehandhaafd, omdat de drainage weerstand tussen het maaiveld en de diepe drains waarschijnlijk te groot is voor goede ontwatering.

#### *Opbrengst*

Vergroten van de zoetwaterlens door het afvangen van brakke kwel vermindert het risico op zoutschade en kan daardoor de gewasopbrengst vergroten of beregening besparen. Het water komt niet vrij beschikbaar maar is in de grond aanwezig waar het een buffer vormt tegen verzilting.

#### *Risico*

Een nadeel van de extra, diepe drainage is dat het grondwaterpeil door de vermindering van de kweldruk verder kan uitzakken, wat leidt tot een verdrogingsrisico. Het risico hierop is vooral groot op plaatsen met een goed doorlatende deklaag. Een te grote verlaging van de grondwaterstand kan waarschijnlijk worden voorkomen door een goede vormgeving van het systeem met eventueel een vorm van peilgestuurde drainage (zie ook sectie 5.1.4).

Daarnaast leidt de extra afvoer van zoute kwel tot een toename van de zoutflux naar de sloten, daarom is mogelijk een vergunning nodig. Het zoutgehalte van de sloten, of de noodzaak voor doorspoelen, kan door deze maatregel toenemen.



### Vereisten

Maatregelen voor het vergroten van de zoetwaterlens om verzilting tegen te gaan zijn van toepassing op plaatsen waar het risico bestaat dat de zoetwaterlens verdwijnt.

De extra, diepe drains moeten worden gecombineerd met een bestaand ondiep drainage systeem voor de ontwatering. Het slootpeil moet lager zijn dan de kweldruk op het niveau van de diepe drains voor automatisch afvoer van het kwelwater zonder pomp.

### Kosten

De kosten van de aanleg van diepe drains zijn groter dan de aanleg van reguliere drains. Buisdrainage kan tot een diepte van maximaal 5m onder maaiveld worden aangelegd, bij grotere dieptes moeten andere technieken zoals horizontale boringen worden gebruikt. Bij drainage dieptes tussen de 2m en 5m kost de aanleg van drainage 5,- tot 8,- €/m afhankelijk van de diepte, hierbij wordt over het algemeen een diameter van 80mm ipv 60mm gebruikt. De levensduur is 15-20 jaar, afhankelijk van onder andere de hoeveelheid ijzer in de grond. Bij een drainafstand van 10m kost de aanleg van de extra, diepere drainage 5000,- tot 8000,- €/ha (pers. comm. Barthdrainage).

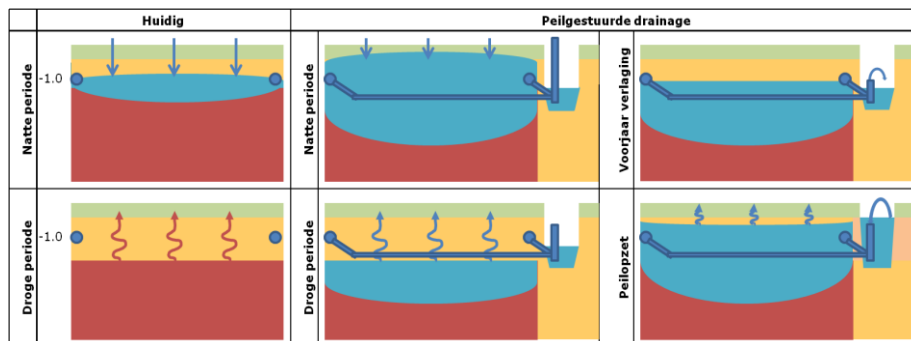
Voor het drainageonderhoud moeten de buizen ongeveer een keer in de 3 jaar worden doorgespoeld. Dit kost voor normale buizen ongeveer 0.25 tot 0.30 €/m (pers. comm. Knipscheer Infrastructuur). Bij dieper gelegen buizen kan de machine waarschijnlijk niet standaard de buizen doorspoelen, maar is er een extra persoon nodig om de machine op de dieper gelegen buizen aan te sluiten. Dit kost bij bijvoorbeeld een areaal van 5 ha ongeveer 0,10 tot 0,15 €/m (pers. comm. Knipscheer Infrastructuur). Bij een drainafstand van 10m zijn de extra doorspoelkosten ongeveer 115,- tot 150,- €/ha/jaar.

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Drainagebuizen op 3-5m	15	20	5000	8000	250	533				
Doorspoelen drainage op 3-5m diepte							117	150		
Peilgestuurde drainage: verzameldrain en put	15	20	600	2400	30	160				
Totaal (gemiddeld)									397	843

**Tabel 4 Kosten van de aanleg van extra drains op 3-5m. Bron: Barth Drainage en WPM.nl (drainage en verzameldrain en put) en Knipscheer Infrastructuur (doorspoelen diepere drains).**

### 5.1.4 Vergroten van de zoetwaterlens: peilgestuurde drainage

Uitvoeringsstadium	Pilot - Dagelijkse praktijk
--------------------	-----------------------------



**Figuur 6** Het effect van peilgestuurde drainage op de theoretische ontwikkeling van de zoetwaterlens (rechts) ten opzichte van de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

#### Omschrijving

Met peilgestuurde drainage wordt het peil in de drains actief gestuurd (Alterra, 2008; Alterra, 2009; Stowa, 2012). Hierdoor kan de grondwaterstand dynamisch geregeld worden. Dit heeft als grote voordeel dat de grondwaterstand gericht kan worden opgezet en verlaagd. Het peil in de winter en eventueel in de zomer kan door peilgestuurde drainage worden verhoogd, waardoor meer zoet water wordt gebufferd. Het peil kan op het moment dat de zware machines het land op gaan in het voorjaar worden verlaagd. In de zomer kan het peil worden opgezet met een kleiner risico op natschade dan bij het reguliere peilbeheer omdat het peil voor een voorspelde natte periode in zandgronden relatief snel kan worden verlaagd. Afhankelijk van het grondgebruik kan een peil worden gehandhaafd op 50 cm onder maaiveld voor bouwland of op 30 cm onder maaiveld voor grasland ([www.wpm.nl](http://www.wpm.nl)). Bij het systeem van peilgestuurde drainage monden de drains uit in een verzameldrain die is aangesloten op een verzamelput waarin het peil regelbaar is.

Dit systeem wordt al toegepast op zandgronden (bijvoorbeeld Grontmij, 2009). Waterschap Peel en Maas heeft bijvoorbeeld de volgende ambitie "In 2018 zou alle drainage in Noord- en Midden-Limburg, peilgestuurd moeten zijn" ([wpm.nl](http://www.wpm.nl)). De werking van peilgestuurde drainage in kleigronden is nog minder goed bekend. Op dit moment loopt er onderzoek naar de effectiviteit van peilgestuurde drainage in kleigronden (bijvoorbeeld Acacia Water, 2012; Provincie Noord-Holland, 2012 en PPO et al., 2010).

#### Opbrengst

De grondwaterstand kan op zandgronden door het peilgestuurd maken van conventionele drainage gemiddeld met 35-50cm verhoogd ([wpm.nl](http://www.wpm.nl)). Bij een proef in Limburg bleek met peilgestuurde drainage enkelen malen minder beregning nodig te zijn (Alterra, 2010). Tot nu is bij peilgestuurde drainage het water niet vrij beschikbaar, omdat het diffuus is opgeslagen in de grond. Op dit moment loopt er een proef (Provincie Noord-Holland, 2012) waarbij het water



dat uit de verzameldrain komt wordt opgevangen in een basin, zodat het zoete water wel vrij beschikbaar komt.

### Vereisten

Op zandgronden wordt peilgestuurde drainage al toegepast. Voor kleigronden is nog onbekend hoe effectief peilgestuurde drainage is. Peilgestuurde drainage heeft vooral potentie op plaatsen waar het risico bestaat dat de zoetwaterlens verdwijnt, maar kan ook zonder dat risico tot een verminderde beregeningsbehoefte leiden.

### Kosten

In aanschaf is peilgestuurde drainage duurder dan conventionele buisdrainage. Het is mogelijk om bestaande conventionele drainage om te bouwen naar peilgestuurde drainage, of om het totale systeem in een keer aan te leggen. Bij dat laatste wordt over het algemeen gekozen voor een kortere drainafstand dan bij conventionele drainage.

De folder peilgestuurde drainage van het waterschap Peel en Maasvallei geeft een relatief lage prijs. Hierin worden de extra kosten voor de aanleg van peilgestuurde drainage, bovenop de kosten van de drains, gesteld op ongeveer 450,- €/ha bij nieuwe aanleg. Bestaande buisdrainage kan worden omgebouwd tot peilgestuurde drainage voor 600,- €/ha. De firma Barth Drainage, die ervaring heeft met het aanleggen van peilgestuurde drainage bij de Rusthoeve in Zeeland geeft als indicatie dat de aanleg van peilgestuurde drainage met verzamelleiding en put ongeveer 2,5 keer zo duur is als reguliere drainage, dit is ongeveer 1000,- tot 2400,- €/ha. De levensduur is 15-20 jaar. In het Akkermagazine (Alterra, 2010) worden vergelijkbare kosten genoemd van 2400,- €/ha voor het totale systeem en 1250 €/ha wanneer het wordt aangesloten op een bestaande conventionele drainage.

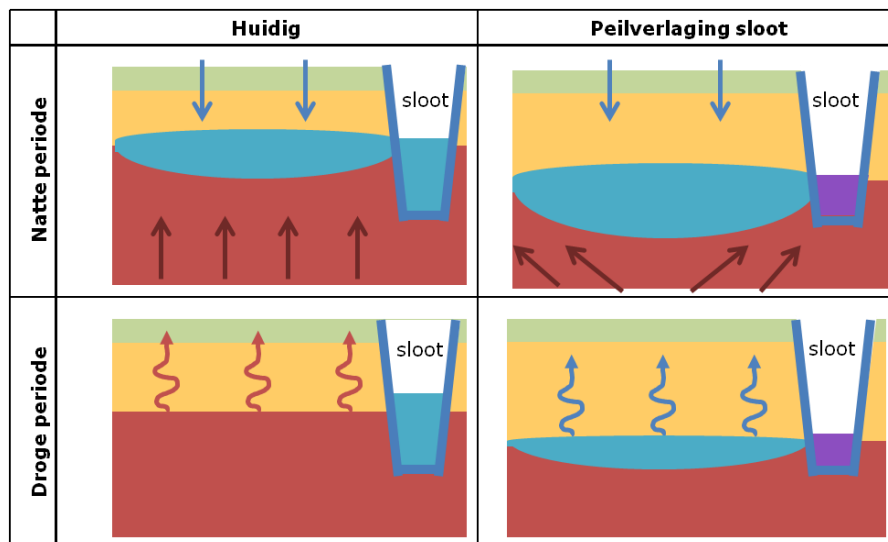
Bij peilgestuurde drainage is minder onderhoud nodig, omdat de buizen onder water liggen en omdat het systeem zichzelf schoonspoelt doordat het water er met een grotere snelheid uit kan lopen (Alterra, 2010).

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Drainagebuizen op <1.8m, kleinere drainageafstand	10	20	0	1600	0	160				
Peilgestuurde drainage: verzameldrain en put	15	20	600	2400	30	160				
Minder doorspoelen										
Totaal (gemiddeld)									30	320

**Tabel 5 Kosten van de aanleg van peilgestuurde drainage, aansluitend op de bestaande conventionele drainage, of inclusief de aanleg van nieuwe drainage met een kleinere drainage afstand. Bron: Barth Drainage, WPM.nl, Alterra (2010).**

### 5.1.5 Vergroten van de zoetwaterlens: op maat opzetten/verlagen van het slootpeil

Uitvoeringsstadium	■	■	■	Pilot
--------------------	---	---	---	-------



**Figuur 7** Een van de mogelijke effecten van aanpassing van het slootpeil (rechts) ten opzichte van de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode(onder).

#### Omschrijving

Met behulp van een verstelbare stuw kan het waterpeil van de sloot worden gereguleerd en kan de afwatering en irrigatie van de drains actief worden gestuurd. Het slootpeil in de kavelsloot kan bijvoorbeeld opgezet worden tot boven het niveau van de drains. Op deze manier zorgt de sloot voor peilgestuurde drainage en heeft de sloot een vergelijkbare functie als de verzameldrain met regelbaar peil bij peilgestuurde drainage (zie vorige sectie).

Door het verhogen van het peil kan de kwel naar de sloot worden gereduceerd waardoor de waterkwaliteit in de sloten beter wordt (Royal Haskoning, 2005; Maas, 2007). In de winter vergroot dit mogelijk de kansen om zoetwater vanuit de sloten in te nemen en biedt dit meekoppelkansen voor de maatregelen beschreven in sectie 5.3. In de zomer hoeft er bij een hoog peil theoretisch minder doorgespoeld te worden om de sloten zoet te spoelen. Door het peil te laten opkomen voor een droge periode kan een buffer worden gecreëerd en het grondwaterpeil langer op niveau worden gehouden (Royal Haskoning, 2005).

Met gerichte verlaging van het peil daarentegen, kan de brakke kwel juist meer naar de sloten worden gericht. Dit kan een goede optie zijn als de sloten in de winter niet zoet worden gehouden. Omdat de brakke kweldruk in het perceel afneemt kunnen de zoetwaterlenzen dikker worden (Acacia Water, 2009). Het kan verder ook gunstig om het slootpeil pas op te zetten en/of zoet te spoelen als er echt behoefte is aan beregeningswater. Vroeg opzetten kan later in het jaar tot een hogere doorspoelbehoefte leiden (Maas, 2007).



Het peilregime moet, rekening houdend met bovenstaande effecten worden geoptimaliseerd. Onderzoek naar de mogelijkheden om via peilopzet in de sloten het grondwaterpeil te sturen is gaande (Acacia Water, 2012).

### *Opbrengst*

Doel van het op maat regelen van het slootpeil is het vergroten van de zoetwaterlens en/of het verminderen van brakke kwel. In de factsheets op ZLTO.nl is te vinden dat conservering door middel van aanpassingen in het peilregime gemiddeld één gift van 20 millimeter bespaart. Indien het aanpassen van het slootpeil wordt gebruikt als peilgestuurde drainage zal, zoals ook bij de vorige maatregelen genoemd, dit water niet vrij beschikbaar zijn.

Sturing met het peil om de kwel te beïnvloeden bevordert de kwaliteit van de sloten. Door afname van de brakke kwel naar de sloten door peilopzet kan de benodigde wateraanvoer reduceren en daarmee tevens het energieverbruik van de gemalen.

### *Vereisten*

Net als bij peilgestuurde drainage heeft deze maatregel vooral potentie op plaatsen waar het risico bestaat dat de zoetwaterlens verdwijnt, maar kan ook zonder dat risico tot een verminderde beregeningsbehoefte leiden. Daarnaast kan de maatregel op plaatsen met brakke of zout kwel naar de sloten de verzilting van de sloten beperken. Bij peilopzet moet rekening worden gehouden met de afwatering en de status van de watergang (wpm.nl).

De effectiviteit van een stuw hangt af van onder andere (ZLTO.nl):

- de helling van de slootbodem: hoe vlakker het gebied, hoe groter het effect.
- de bodemopbouw: hoe beter doorlatend de bodem, hoe sneller en groter effect.
- de watervoerendheid: in kwel- of aanvoergebied zal het gewenste stuwpeil makkelijker te handhaven zijn.

### *Kosten*

In de factsheets op ZLTO.nl worden de kosten voor een stuw gegeven op basis van Handboek Agrarisch Stuwpeilbeheer en recente ervaringen, van 2000,- per stuw, met een invloedgebied van 5-40ha, deze kosten zijn bevestigd door ZLTO (ZLTO workshop, 2012). In de studie van Royal Haskoning (2005) worden veel hogere kosten voor de aanleg van een stuw aangegeven van ongeveer 25000,- €/stuk, terwijl volgens die studie voor een peilopzet van 0.3m vrijwel geen additionele investeringskosten vereist zijn. Waarschijnlijk is in Royal Haskoning (2005) uit gegaan van veel grotere stuwen dan de stuwen in de kavelsloot die hier bedoeld zijn, gezien het aantal hectares dat in hun studie met een stuw wordt beïnvloedt. In de hieronder gegeven kostenberekening is uitgegaan van de gegevens van ZLTO.nl, met 3 tot 5 stuwen per 25 ha, en een prijs van €2000,- per stuw.



	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/25ha		€/25ha/jr		€/25ha/jr		€/25ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Stuw	10	20	6000	10000	300	1000				
Aanpassen oevers	10	20	2000	10000	100	1000				
Beheer en onderhoud							1000	2000		
Totaal (gemiddeld)									1400	4000
€/ha/jr										
Totaal (gemiddeld)									56	160

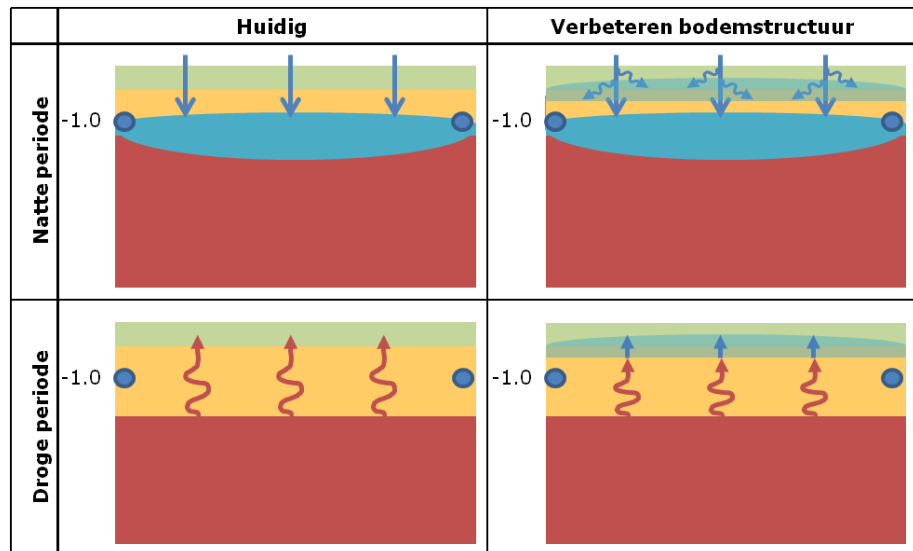
31

Tabel 6 Kosten van de aanleg van een stuw en de bijbehorende aanpassing aan de oevers, ten behoeve van het optimaliseren van het slootpeil, bovenste deel tabel: voor een invloedsgebied van 25 ha, onderste regel: kosten per ha. Bron: ZLTO.nl.



### 5.1.6 Bodemvocht vasthouden en afstroming reduceren door verbeteren bodemstructuur

Uitvoeringsstadium					Dagelijkse praktijk
--------------------	--	--	--	--	---------------------



**Figuur 8** Het effect van peilgestuurde drainage op de theoretische ontwikkeling van de zoetwaterlens (rechts) ten opzichte van de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

#### *Omschrijving*

Doel van het verbeteren van de bodemcondities is om de infiltratie van regenwater te bevorderen, het vochtvasthoudend vermogen van de bodem te vergroten en om verdamping tegen te gaan. Dit kan door bijvoorbeeld de hoeveelheid organisch materiaal in de grond te vergroten of door over vaste paden te rijden. Een voorbeeld hiervan is het aanbrengen van een laag compost, bij de fruitteelt alleen op de boomspiegel. De laag compost remt de verdamping en houdt vooral het vocht in de bovenlaag van de bodem vast. Voor landbouwkundig gebruik zijn voor verschillende bodemsoorten streefwaarden opgesteld voor het organische stofgehalte in de bodem (Vlaco, 2009; ZLTO, 2011).

Op dit moment is het door mestwetgeving echter beperkt mogelijk om extra organisch stof op de bodem te brengen en is deze maatregel niet goed toepasbaar (ZLTO workshop, 2012; PPO, 2012). Op het moment loopt in de Schermer een proef met het verbeteren van de bodemstructuur door het rijden op vaste sporen (Acacia Water, 2012).

#### *Opbrengst*

Het verbeteren van de bodemstructuur, bijvoorbeeld door middel van compost, zorgt ervoor dat het vochtvasthoudend vermogen van de bodem toeneemt. Hierdoor kan verdroging worden tegengaan en daardoor de gewasopbrengst vergroten of beregening tegengaan. Een verbeterde bodemstructuur kan de afspoeling van water vertragen en daardoor piekafvoeren beperken. In bijvoorbeeld de studie van de Vlaamse compost organisatie, Vlaco (2009) wordt een voorbeeld gegeven waarin negen jaar lang 15 ton gft-



compost/ha.jaar zorgt voor 1 vol% extra vocht in de bodem, een grotere compostdosis van 45 ton gft-compost/ha.jaar gedurende 9 jaar zorgt voor 4% extra water. Het toedienen van humuszuren kan de waterretentie van de bodem beïnvloeden en het vochtvasthoudend vermogen tot 9% verhogen, afhankelijk van de hoeveel organisch stof dat zich oorspronkelijk in de bodem bevindt (Vlaco, 2009; ZLTO, 2011).

Volgens de berekeningen van Vlaco (2009) komt 1% overeen met een extra 10 L water per m<sup>3</sup> grond, met een diepte van 0,3 m waarover de compost verdeeld is. Omgerekend komt dit neer op 3-27 mm, bij respectievelijk 1-9% toename van het vochtvasthoudend vermogen.

### Vereisten

Binnen de huidige mestwetgeving is gebruik van gft of compost niet ongelimiteerd mogelijk. Vanwege de aangescherpte gebruiksnormen voor stikstof en fosfaat is het voor telers lastiger geworden om voldoende bodemverbeteraars aan te voeren. Vaak wordt de ruimte die er is, opgevuld met mest, maar door sommige gebruikers wordt compost toegepast vanwege de positieve effecten ervan op de bodemvruchtbaarheid (Jonkheer en de Haan, 2010).

Het effect is het grootst op locaties waar zich oorspronkelijk weinig organisch stof in de bodem bevindt en bij gewassen waarbij de bodem (een deel van het jaar) niet volledig bedekt is. Het effect van organische stof op de hoeveelheid beschikbaar water varieert met het bodemtype. Op zandgronden is het effect het grootst, hierin zorgt het voor maximaal 15% van de variatie in het bodemvocht. In bodems met een fijne textuur zoals klei, zorgt organisch stof voor een afname in volumedichtheid, toename in poriegrootte en is een groter deel van de poriën gevuld met lucht, waardoor het vochthoudend vermogen zelfs kan afnemen (ZLTO, 2011).

### Kosten

De prijzen van compost verschillen per bron, in Vlaco (2009) wordt gerekend met een (vervangings)waarde van 16,16 euro per ton groenafval en 12,12 per ton GFT-afval, in bijvoorbeeld Jonkheer en de Haan (2010) wordt daarentegen aangegeven dat voor klasse I gft-compost moet momenteel tussen de 2,50 en 4,50 euro per ton moet worden betaald, en voor groencompost 8 euro per ton. Deze beide prijsinschattingen zijn opgenomen in onderstaande tabel, de kosten zijn berekend voor het toedienen van 15-90 ton/ha, voor 1% tot (met een extrapolatie) 9% extra water in de bodem.

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
GFT of compost: 15ton/ha; 2,50€/ton		9	338		38					
GFT of compost: 90ton/ha; 16,16€/ton	9			13090		1454				
Totaal (gemiddeld)									38	1454

**Tabel 7 Kosten van compost of GFT, gebaseerd op de hoeveelheden uit Vlaco (2009) en prijzen uit Vlaco (2009) en Jonkheer en de Haan (2010).**



## 5.2 Gebruik van bestaande zoetwaterberging

Berging van zoetwater in het grondwater vindt in principe op al op natuurlijke wijze plaats. In deze sectie wordt het gebruik van deze bestaande zoetwaterberging beschreven. In sectie 5.3 worden de mogelijkheden om extra berging van vrij beschikbaar water te realiseren behandeld.

In zilte gebieden leidt het neerslagoverschot tot de vorming van een zoetwaterbel. Dit kan een kleine lens onder het perceel zijn, waar de maatregelen zoals beschreven in sectie 5.1 betrekking op hebben, of een grote zoetwaterbel. Hoe groot de zoetwaterbel is, is afhankelijk van de bodem en het reliëf. Specifiek voor Zeeland zijn de kreekruggen. In deze zandige bodems met een (lichte) verhoging van het maaiveld kan een grote zoetwaterbel ontwikkelen, die kan worden gewonnen voor het gebruik als gietwater. Daarnaast is in de aquifer onder de deklaag ook grondwater aanwezig, dat –afhankelijk van de kwaliteit en de natuurlijke aanvulling- kan worden onttrokken.

### *Verdeling van het geborgen op opgepompte water over het land*

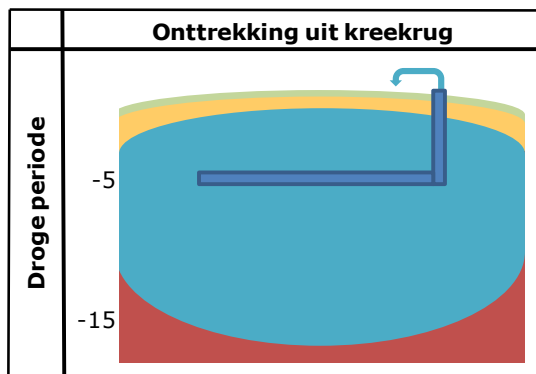
Om het water over het veld te verdelen door middel van reguliere beregening, is een beregeningshaspel met sproeikanon nodig. De prijs hiervan is niet opgenomen bij onderstaande maatregelen, omdat deze infrastructuur mogelijk al aanwezig is. Als voorbeeld worden wel hier de kosten van een beregeningshaspel weergegeven. Deze zijn afhankelijk van de capaciteit, bij 30m<sup>3</sup>/uur is de prijs van een haspel van 200m lengte en een sproeibreedte van 50-60m breedte ongeveer 15000,- (pers. comm. Meeuwse).

De kosten voor de leidingen om het water over een groter gebied beschikbaar te maken zijn wel bij de kosten opgenomen. Hierbij is de aanname gemaakt dat de percelen 100m breed zijn. De lengte van bovengenoemde haspel van 200m is dan toereikend om ongeveer 4 ha te bereiken indien de aansluiting in het midden van het perceel zit. Bij een langerekter perceel is aangenomen dat leidingen nodig zijn van 100m voor elke extra hectare om het water op de juiste locatie beschikbaar te maken. De kosten hiervoor zijn 15,- €/m (pers. comm. Meeuwse)

Als alternatief voor beregening kan gebruik worden gemaakt van druppel- of sprinklerirrigatie. Aangezien dit een waterbesparende maatregel is in vergelijking met de reguliere beregening, is deze opgenomen als maatregel. De kosten hiervoor zijn weergegeven in sectie 6.1.1.

### 5.2.1 Zoetwater onttrekking uit natuurlijke berging: kreekruigen / strandwallen

Uitvoeringsstadium				Dagelijkse praktijk
--------------------	--	--	--	---------------------



Figuur 93 Onttrekking van zoet water met een horizontale drain uit een zoetwaterbel in de kreekrug, tijdens de droge periode.

#### Omschrijving

Maatregelen om zoet water te onttrekken uit kreekruigen en dekzandgebieden waar de zoetwaterbel voldoende dik is worden geregeld toegepast. Indien de aquifer (vrijwel) tot aan het maaiveld reikt kan onttrekking van zoetwater gebeuren met horizontale drains.

Binnen de huidige algemene regels mag jaarlijks maximaal 80 mm grondwater voor beregening worden onttrokken in gebieden met een zoetwaterbel die dikker is dan 15 meter. De maximale hoeveelheid water die onttrokken mag worden is gebaseerd op de grondwateraanvulling, en is geformuleerd zodat de zoet/zoutscheiding niet te veel naar boven wordt getrokken, en het risico van verzilting niet vergroot. Door het neerslagoverschot wordt minstens 80 mm weer aangevuld. De zoet/-zoutscheiding wordt daardoor weer neerwaarts gedrukt naar de uitgangspositie (Waterschap Scheldestromen, 2010).

#### Opbrengst

Uit de kreekruigen kan zoet water worden opgepompt dat gebruikt voor het gebruik als gietwater. Het water wordt over het algemeen via een beregeningshaspel over het land verspreid. Indien er extra transportleidingen worden aangelegd kan het opgepompte water over een groter gebied worden toegepast.

De hoeveelheid water die kan worden opgepompt wordt beperkt door de algemene regelgeving, die moet voorkomen dat er verzilting optreedt. Er mag binnen de algemene regels maximaal 60 m<sup>3</sup>/uur, 3000 m<sup>3</sup>/kwartaal en 8000m<sup>3</sup>/jaar worden opgepompt. De te onttrekken hoeveelheid grondwater is gelimiteerd tot maximaal 800 m<sup>3</sup> per jaar per hectare van het perceel (of de percelen) waarbinnen het onttrekkingsmiddel is geplaatst (Waterschap Scheldestromen, 2010).

#### Vereisten

Deze maatregel kan worden toegepast op plaatsen waar een dikke watervoerende laag tot aan het oppervlak reikt, zoals het geval is in kreekruigen en



strandwallen. Water uit de kreekrug mag alleen worden onttrokken in gebieden met een zoetwaterbel die dikker is dan 15 meter (Waterschap Scheldestromen, 2010). In gebieden waar de zoetwaterbel nog in ontwikkeling is en dunner is dan 15 m, blijft onttrekking van zoet grondwater verboden. Als een dergelijke dunne zoetwaterbel tot aan de geohydrologische basis reikt, is onttrekking wel toegestaan. Dit is onder meer het geval in de dekzandgebieden in Zeeuws-Vlaanderen. Verder moet de onttrekking een minimale afstand tot de aanwezige waterlopen hebben van 25m en tot andere onttrekkingsmiddelen van 200 m.

### Kosten

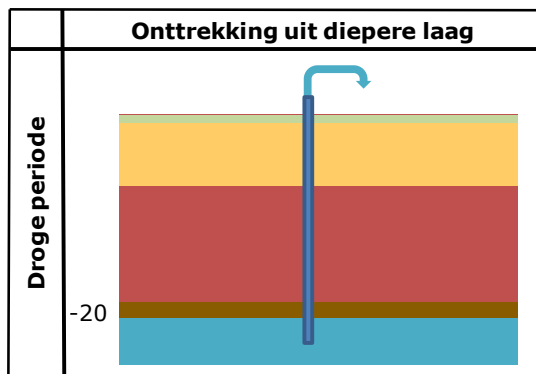
In de berekening is aangenomen dat 7,5 ha wordt berekend per onttrekking (zie methode: oppervlak boven onttrekking bepalend voor hoeveel water kan worden onttrokken). Het onttrekkingsmiddel moet bestaan uit een horizontale drain die ten hoogste 6 meter onder maaiveld mag liggen (Waterschap Scheldestromen, 2010). Meestal wordt een diep drain aangelegd op ongeveer 5m diepte, van 80-100m lengte (pers. comm. Meeuwse). De prijs hiervan is afhankelijk van de hoeveelheid die wordt aangelegd, aangezien de kosten voor een groot deel in het transport zitten. Een diepe drain van 80-100m lengte kost ongeveer €2000,- tot €2500,-. Om het water van die diepte omhoog te krijgen is een pomp nodig. Deze kost ongeveer 3000,- voor 30 m<sup>3</sup>/uur. Indien het water verder getransporteerd met worden, binnen een straal van een kilometer van de put, is een zwaardere pomp nodig die ongeveer 2000,- extra kost, en leidingen om het water te transporteren, a 15,- €/m. Voor 7,5 ha wordt aangenomen dat ongeveer 350m extra leiding nodig is (zie 5.2: Verdeling van het geborgen op opgepompte water over het land). Daarnaast zijn leidingen nodig, om het water van 5m diepte naar het oppervlak te krijgen a ongeveer 900,-. Het energieverbruik van de pomp is ongeveer 10 kWh voor 30m<sup>3</sup>/uur. De energieprij is 0,22 euro/kWh (Essent.nl).

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/7,5ha		€/7,5ha/jr		€/7,5ha/jr		€/7,5ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Horizontale drain	20	40	2000	2500	50	125				
Pompunit	10	25	5000	6000	200	600				
Leidingen	10	25	6150	6150	246	615				
Exploitatiekosten							395	440		
Energiekosten							440	440		
Totaal (gemiddeld)									1331	2220
									<b>€/ha/jr</b>	
Totaal (gemiddeld)									177	296
									<b>€/m<sup>3</sup>/jr</b>	
Totaal (gemiddeld)	max 80mm beregenen toegestaan								0,22	0,55

**Tabel 8 Kosten van de aanleg van een kreekrugonttrekking, bovenste deel tabel: onder minimum de kosten als de onttrekking 10 ha van water voorziet, onder maximum de kosten als de onttrekking 5 ha van water voorziet. Bron: Meeuwse, ZLTO workshop (2012).**

### 5.2.2 Zoetwater onttrekking uit natuurlijke berging: watervoerend pakket onder de deklaag

Uitvoeringsstadium				Dagelijkse praktijk
--------------------	--	--	--	---------------------



**Figuur 14** Onttrekking van zoet water met een verticale put uit een diepere laag in de droge periode.

#### *Omschrijving*

Indien het water in het watervoerend pakket in een diepere laag van voldoende kwaliteit is, kan dit door het aanleggen van een verticale put worden opgepompt voor het gebruik als gietwater. Voor duurzaam watergebruik is het van belang dat er voldoende aanvulling is in het watervoerend pakket. Dit is een methode die wereldwijd veelvuldig wordt toegepast. In de Zuidwestelijke Delta wordt dit voornamelijk toegepast aan de zuidzijde van het gebied, de dieptes van de boringen variëren van ongeveer 10-25m (pers. comm. Meeuwse).

#### *Opbrengst*

Uit de meeste onttrekkingen in de ZW Delta kan maximaal 5-10 m<sup>3</sup>/uur worden onttrokken (pers. comm. Meeuwse). Hierbij komt water vrij beschikbaar voor beregning. De kwaliteit is afhankelijk van het water dat zich in de ondergrond bevindt. Met een capaciteit van 5-10 m<sup>3</sup>/uur (oftewel 120-240 m<sup>3</sup>/dag) kan voor 5-10 ha aan de piekvraag voor fruitbomen worden voldaan (voor berekening zie methode sectie).

#### *Vereisten*

Voor het onttrekken van grondwater om het toe te passen als gietwater moet zoet water in de aquifer onder de deklaag aanwezig zijn, met een natuurlijke aanvulling. Dit is in de Zuidwestelijke Delta alleen in het zuiden het geval, naar het noorden neemt het zoutgehalte toe. In de ZW Delta zou de aquifer onder de boomse klei in aanmerking kunnen komen voor onttrekking.

Voor het oppompen van het water is de aanwezigheid (kracht-)stroom vereist. De hoeveelheid stroom die nodig is hangt af van de capaciteit van de pomp.

#### *Kosten*

De aanleg kan gebeuren met relatief goedkope materialen, waardoor de put een soort verticale drain wordt, of met een duurdere uitvoering, waarbij bijvoorbeeld een omstorting met grind wordt gebruikt. Deze twee opties zijn opgenomen in onderstaande kosten inschatting. De kosten van een verticale bo-



ring zijn ongeveer 1500,- en de pomp kost rond de 1000,- en aanvullend de pvc leiding ook zo'n 1000,-. Door het hoge ijzergehalte is de levensduur van de putten relatief kort in vergelijking met andere gebieden: zo'n 15-20 jaar (Meeuwse). Indien een put met omstorting wordt toegepast zijn de aanlegkosten van een put van rond de 20m diep in totaal ongeveer €6.000,- tot 8.000,- inclusief pomp. Dit gaat ongeveer 20 jaar mee (pers. comm. T. Kleinendorst, Acacia Water). Daarbij komen als vaste kosten nog de stroomkosten voor de pomp en als investeringskosten de vergunning. Met dat laatste zijn over het algemeen geen grote kosten gemoeid, maar het vergt vooral een tijdsinvestering van de agrariër. Indien het water verder getransporteerd met worden, binnen een straal van een kilometer van de put, is een zwaardere pomp nodig die ongeveer 2000,- extra kost, en leidingen om het water te transporteren, a 15,- €/m. Voor 5 ha wordt aangenomen dat ongeveer 100m extra leiding nodig is en voor 10 ha 600m (zie 5.2: Verdeling van het geborgen op opgepompte water over het land). Het energieverbruik van de pomp met een capaciteit van 10m<sup>3</sup>/uur is ongeveer 2,5 tot 5 kW (KSB), aangenomen is dat het eerste geldt bij de onttrekking van 5 m<sup>3</sup>/uur en de tweede voor 10 m<sup>3</sup>/uur. De energieprij is 0,22 euro/kWh (Essent.nl).

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/10ha		€/10ha/jr		€/10ha/jr		€/10ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Aanleg verticale boring	10	20	1500	2500	75	250				
Pomp	10	20	1000	2000	50	200				
Eenvoudige filterbuis	10	20	1000		50					
Filterbuis met omstorting	20	20		3500		175				
Leidingen	10	25	9000	1500	360	150				
Pomp verspreiding	10	20	2000		100					
Exploitatiekosten							435	285		
Energiekosten							1625	825		
Totaal (gemiddeld)							163	165	2695	1885
									<b>€/ha/jr</b>	
Totaal (gemiddeld)									270	377
									<b>€/m<sup>3</sup>/jr</b>	
Totaal (gemiddeld)									0,18	0,25

Tabel 9 Kosten van de aanleg van een verticale onttrekking, bovenste deel tabel: onder minimum de kosten als de onttrekking 10 ha van water voorziet, onder maximum de kosten als de onttrekking 5 ha van water voorziet. Bron: Meeuwse, Acacia Water.

### 5.3 Vergroten zoetwaterberging

Door berging van water op het moment dat het beschikbaar is, kan een buffer worden gecreeert voor de droge periode. Over het algemeen is in de winter meer zoetwater beschikbaar, wat kan worden vastgehouden voor gebruik in het voorjaar en de zomer. Ook binnen het groeiseizoen kunnen droge en natte periodes voorkomen, waarbij het water uit de natte periode mogelijk wordt vastgehouden. In deze sectie worden verschillende opties op water te bergen besproken. Water kan boven of onder de grond worden geborgen, in een oppervlaktewater bassin of in een aquifer als grondwater.

Zoetwaterberging op het perceel is een methode die al vaak wordt toegepast. Hierbij wordt een buffer gecreëerd door het bouwen van een bassin waarin het water wordt vastgehouden. Het zoetwater wordt op deze wijze beschikbaar gemaakt voor gebruik in de droge periode.

De zoetwaterlens in zilte gebieden kan worden vergroot op verschillende schaalniveaus. Als maatregelen om de zoetwaterlens te vergroten, zoals in de sectie 5.1 zijn beschreven, worden toegepast op plaatsen met een dikke watervoerende laag, zoals kreekruigen, kan de zoetwaterlens mogelijk zover worden uitgebreid dat het water via winning vrij beschikbaar kan komen. Met peilgestuurde drainage, irrigatie, of het afvangen van brakke kwel met behulp van horizontale of verticale onttrekkingen kan bijvoorbeeld in kreekruigen de hoeveelheid zoetwater actief worden vergroot.

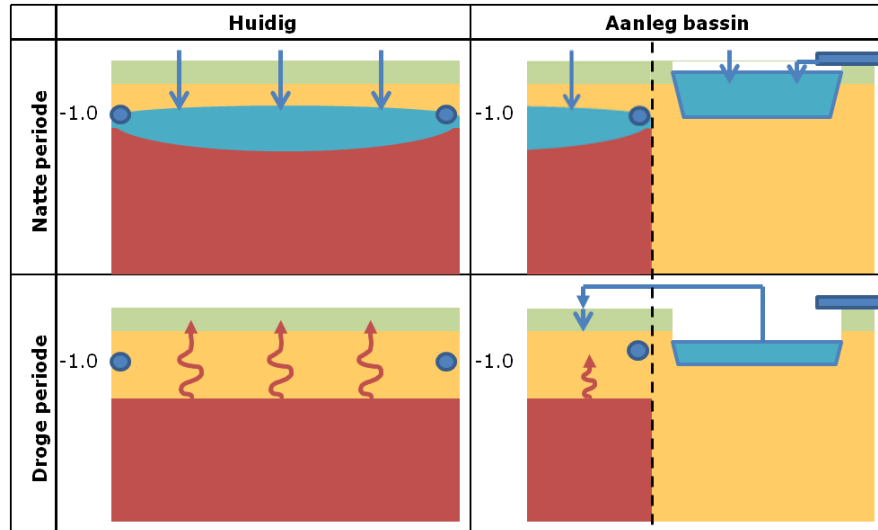
Zowel het onttrekken van grondwater, als het vasthouden van water in een oppervlakte water bassin wordt veel toegepast. Op dit moment lopen er onderzoeken naar de mogelijkheden van het vergroten van de waterbuffer in de grond (onder andere Kennis voor Klimaat-2 en Kennis voor Klimaat-3), en sommige technieken daarvoor, zoals de ASR techniek worden op andere plaatsen al toegepast. Deze technieken worden besproken in deze sectie.

We beperken ons hier tot de berging die technisch kan worden toegepast bij volle grond landbouw, maatregelen die specifiek bij glastuinbouw worden toegepast, zoals hercirculatie van het water in de kassen, en opslag van water onder de kas worden buiten beschouwing gelaten.



5.3.1 Zoetwaterberging in bassins op het perceel

Uitvoeringsstadium				Dagelijkse praktijk
--------------------	--	--	--	---------------------



**Figuur 15** De toepassing van een (rechts) en de huidige situatie (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

**Omschrijving**

Bij seizoensgebonden waterberging wordt een watervoorraad aangelegd die kan worden gebruikt in de droge periode voor beregening of irrigatie. Het water kan op verschillende manieren worden bewaard, een daarvan is in een bassin dat wordt gegraven in een perceel, of dat wordt gecreëerd door het maken van (aarden) wallen op het perceel. Het bassin wordt bekleed met plastic. Van deze methode worden hieronder de kosten gegeven, er bestaan ook andere opties voor opslag in bijvoorbeeld een watertank.

Het zoetwaterbassin moet gevuld worden met water van voldoende kwaliteit, bijvoorbeeld hemelwater van een dak, of water van goede kwaliteit uit de sloten tijdens de winterperiode. Op plaatsen met zoete kwel kan opgevangen en opgeslagen worden in bijvoorbeeld bassins (Deltares, 2011). Ook het water uit de drains kan van goede kwaliteit zijn om dit te gebruiken om het bassin mee te vullen, de mogelijkheden voor de opvang en opslag van water uit de drains worden op dit moment onderzocht (Noord-Holland, 2012).

**Opbrengst**

Door middel van een zoetwater bassin kan water worden bewaard voor de droge periode. De opbrengst is afhankelijk van de grootte van het bassin en de mogelijkheid om water van voldoende kwaliteit in te laten. Met de aanleg van het zoetwaterbassin wordt de optie gecreëerd om water beschikbaar te maken voor beregening, als slechts in een deel van het jaar voldoende zoetwater beschikbaar is. Het kan worden gebruikt om water uit een ander seizoen te bergen, of in combinatie met bijvoorbeeld een landbouwleiding, of pomp vanuit ondergrondse berging, waarvan de capaciteit onvoldoende is om aan de piekvraag te voldoen. Door te combineren met een bassin kan in dat geval een ex-



tra buffer worden gecreëerd waardoor wel aan de piekvraag kan worden voldaan.

### *Vereisten*

Het zoetwaterbasin moet gevuld worden met water van voldoende kwaliteit. Een vereiste hiervoor is ofwel de aanwezigheid van een groot verhard oppervlak, waarvan het water kan worden opgevangen, zoals bijvoorbeeld het dak van een schuur, een periode met water van goede kwaliteit in de sloten waar vanuit kan worden ingelaten. Mogelijk kan in een overigens zout gebied ook het water uit de drains worden gebruikt. Dit laatste wordt op dit moment onderzocht (Noord-Holland, 2012).

Er is ruimte nodig voor het zoetwater bassin. In de kostenberekening hieronder wordt aangenomen dat hiervoor landbouwgrond moet worden opgeofferd, maar dat geen gebouwen of bomen hoeven te worden verwijderd. Als er ruimte moet worden gemaakt door het weghalen van gebouwen of bomen moeten de kosten hiervoor worden toegevoegd.

### *Kosten*

De kosten voor aanleg bestaan uit graafwerk, zeil en taludbekleding. Daarnaast moet grond worden gebruikt voor het bassin dat daardoor niet meer beschikbaar is voor landbouw. Dit is bij een bassin met een diepte van een meter, 1 m<sup>2</sup> grond/ m<sup>3</sup> water.

De kosten voor de aanleg en het onderhoud van het bassin zijn afhankelijk van het volume van het bassin. In de tabel staan de kosten aangegeven voor een m<sup>3</sup> water aangegeven voor een bassin van 10.000m<sup>3</sup>, op basis van de kosten gerapporteerd in Royal Haskoning (2005), en voor een bassin van 500m<sup>3</sup> op basis van de kosten gerapporteerd in de WOP's (ZLTO, 2011).

De grondkosten zijn gebiedsafhankelijk. In de tabel is de hoogst toelaatbare pacht prijs in de pachtregio Zuidwestelijk akkerbouwgebied (Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, 2012) weergegeven. De getallen voor een basin van 10.000 m<sup>3</sup> zijn gecontroleerd met de gegevens uit het rapport Innovatienetwerk (2003) deze geven vergelijkbare resultaten. Ook de kosten die zijn bepaald in het rapport Van Bakel en Poelman (2009) liggen binnen de hieronder weergegeven range, zij hebben de kosten bepaald op 0,90-1,30 euro/m<sup>3</sup>.

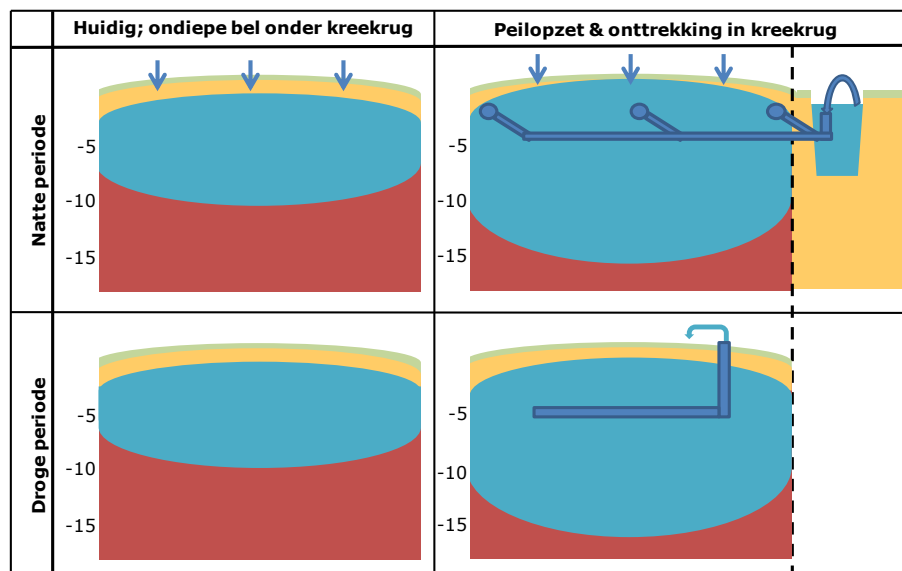


	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal		
	jaar		€/10.000m <sup>3</sup>		€/10.000m <sup>3</sup> /jr		€/10.000m <sup>3</sup> /jr		€/10.000m <sup>3</sup> /jr of €/500m <sup>3</sup> /jr		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Grondkosten (pacht)					742						
Aanleg bassin	20	20	30000		1500						
Leidingen	10	25	4000		229						
Pomp verspreiding	10	20	2000		133						
Exploitatie & energiekosten							1500				
Totaal (gemiddeld)									4104	1570	
									€/m <sup>3</sup> /jr		
Totaal (gemiddeld)										0,41	3,14
									€/1500m <sup>3</sup> /jr		
Totaal (gemiddeld)										616	4710

Tabel 10 Kosten van de aanleg van een oppervlaktewaterbassin, bovenste deel tabel: onder minimum de kosten voor de aanleg van een bassin van 10.000m<sup>3</sup> en in onder maximum de kosten voor de aanleg van een bassin van 500m<sup>3</sup>, onderste regel: kosten per 1500m<sup>3</sup> (gemiddelde piekvraag per ha). Bron: Royal Haskoning (2005), Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie (2012) en Innovatienetwerk (2003).

### 5.3.2 Vergroten van de zoetwaterberging: peil aanpassing in kreekruigen / strandwallen

Uitvoeringsstadium	■	■	■	Pilot
--------------------	---	---	---	-------



**Figuur 10** Het theoretische effect van peilgestuurde drainage op de verdikking van de zoetwaterlens in een kreekrug (rechts) ten opzichte van de huidige situatie waarbij de bel onder de kreekrug te dun is voor onttrekking (links), in de natte periode (boven) en de droge periode (onder).

#### Omschrijving

De lens die van nature aanwezig is in kreekruigen kan mogelijk worden vergroot door het opzetten van het peil (Deltares, 2011). Het streven is om de lens zodanig in dikte te laten toenemen dat voldaan wordt aan de voorwaarden om het zoete grondwater op te pompen ten behoeve van beregening (zie 5.2.1). Voor deze vergroting van de lens kunnen theoretisch de verschillende methodes beschreven in sectie 5.1 worden gebruikt. Het peil kan bijvoorbeeld worden vergroot door de drainage weerstand te verminderen door het verder uit elkaar leggen van de drains, of het kan actief worden gestuurd door peilgestuurde drainage of een verandering in het peil in de sloten. Hier wordt de optie waarbij peilgestuurde drainage wordt toegepast verder uitgewerkt voor de kosten. Of dit inderdaad het gewenste effect heeft op de ontwikkeling van de zoetwaterbel is een onderdeel van het KvK-thema2 onderzoek. De vergroting van de aanvulling van de zoetwaterlens kan eventueel ook de mogelijkheid geven voor het versoepelen van de regels voor de maximale onttrekking per jaar. Om het water te winnen is een onttrekking nodig zoals beschreven in 5.2.1.

#### Opbrengst

De opbrengst van het vergroten van de zoetwaterlens in de kreekruigen is dat op meer plaatsen zoetwater uit de kreekrug kan worden onttrokken en worden gebruikt als gietwater. Door het toepassen van deze maatregelen komt er daardoor mogelijk meer water vrij beschikbaar.



### Risico

Met het verhogen van het grondwaterpeil kan het risico op natschade toenemen. Door peilgestuurde drainage is het waarschijnlijk wel mogelijk om gericht het peil te verhogen en verlagen (zie ook sectie 5.1.4), maar doordat deze maatregelen betrekking hebben op een groter systeem dan op een perceel is de reactietijd waarschijnlijk trager. Het ontwerp van de drainage moet worden geoptimaliseerd op de combinatie van het risico op nat schade.

### Vereisten

Deze maatregel kan worden toegepast op plaatsen waar een dikke watervoevende laag tot aan het oppervlak reikt, zoals bijvoorbeeld het geval is in kreekruigen. Voor het volledig ontwikkelen van de lens is het van belang dat over de gehele breedte van de lens geen extra afvoer van water plaatsvindt. Als dat wel het geval is kan de opbolling zich namelijk weer instellen op de oorspronkelijke diepte, in plaats van dat het wordt verhoogd zoals bedoeld in deze maatregelen. Er moeten dus geen afvoerende sloten aanwezig zijn nabij de zoetwaterbel.

### Kosten

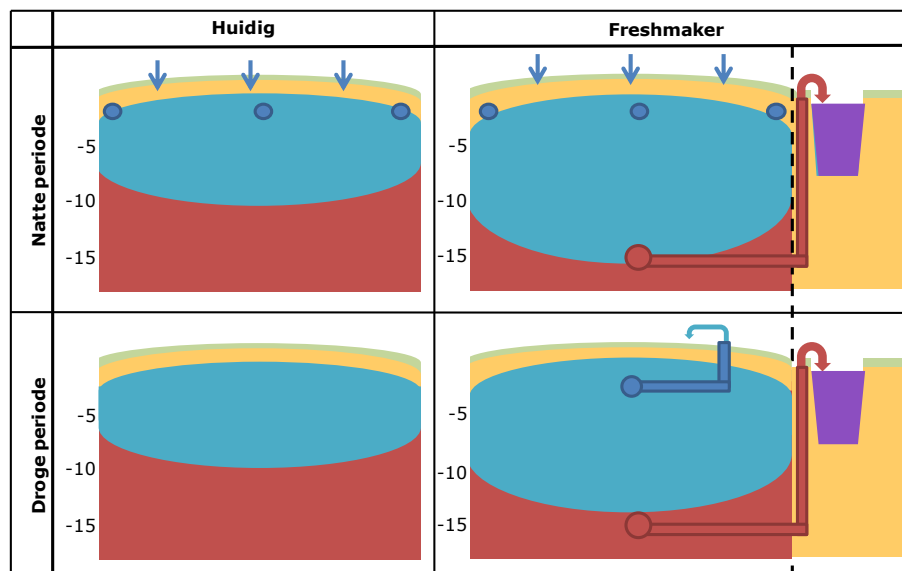
De kosten voor het aanleggen van peilgestuurde drainage zijn hetzelfde als de algemene peilgestuurde drainage kosten (zie 5.1.3). Daarnaast moet voor het beschikbaar maken van het water een systeem voor onttrekking uit de kreekrug worden aangelegd (zie 5.2.1).

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Peilgestuurde drainage									30	320
Onttrekken uit kreekrug									177	296
<b>Totaal (gemiddeld)</b>									<b>207</b>	<b>616</b>

**Tabel 8, Kosten van de aanleg van peilgestuurde drainage en een kreekrugonttrekking, zie voor specificaties sectie 5.1.4 en 5.2.1. Bron: Meeuwse, Barth Drainage, wpm.nl, Alterra (2010).**

### 5.3.3 Vergroten van de zoetwaterberging: afvangen brakke kwel met behulp van een grote, diepe drain: freshmaker

<b>Uitvoeringsstadium</b>	■ ■ ■ ■ ■	Pilot
---------------------------	-----------	-------



**Figuur 11** Het theoretische effect van de freshmaker met een diepe horizontale drain op 10-20m diepte en een ondiepere drain op ongeveer 2.5m diepte, links aan het begin van de natte periode, rechts aan het begin van de droge periode.

#### *Omschrijving*

In het freshmaker concept wordt gebruik gemaakt van het theoretische effect dat door het reduceren van de kweldruk de zoetwaterlens kan worden vergroot. Dit is hetzelfde principe als waar de maatregel van het afvangen van kwel op perceelsniveau op is gebaseerd (sectie 5.1.3). Bij de freshmaker wordt dit concept op een grotere (verticale) schaal toegepast. Hierbij wordt gebruik gemaakt van een diepe, horizontaal geboorde drain, op ongeveer 10-20m onder het maaiveld. Doordat de drain lager wordt aangelegd kan zich theoretisch een grotere zoetwaterlens vormen. Het streven is om de lens zodanig in dikte te laten toenemen dat voldaan wordt aan de voorwaardes om het zoete grondwater op te pompen ten behoeve van beregning (zie 5.2.1).

Uit eerdere praktijkproeven blijkt dat afvanging van opkegelend zoutwater onder de zoetwatervoorraad verzilting kan voorkomen (Stuyfzand en Raat, 2010). Verder is tot nu toe het Freshmaker concept voornamelijk theoretisch benaderd. Binnen KvK 3<sup>e</sup> tranche wordt een praktijkproef met de Freshmaker uitgevoerd waarin wordt onderzocht of dit inderdaad het gewenste effect heeft op de ontwikkeling van de zoetwaterbel.

#### *Opbrengst*

Per bedrijf is theoretisch de ondergrond van 5 tot 10% van het landbouwareaal voldoende om de jaarlijkse irrigatiewatervraag te bergen, en kan met het aanleggen van de freshmaker ongeveer 15ha worden beregnd (KWR, 2010).



### Vereisten

De meest gunstige omstandigheden voor de freshmaker bestaan uit: een aquifer direct onder het oppervlak met een dikte van 10-20 meter, matig tot slecht doorlatende lagen onder de doelaquifer en een gunstige verhouding van horizontale en verticale hydraulische doorlatendheid. De freshmaker kan waarschijnlijk het beste worden toegepast op plaatsen waar een aanzienlijke zoetwaterbel aanwezig is, maar die nu nog te dun is om te winnen (<15 m dik), bijvoorbeeld aan de randen van een kreekrug.

Naar het zich laat aanzien is de belangrijkste beperkende factor de mogelijkheid om in de winter brak water te mogen lozen op oppervlaktewater en de injectie van oppervlaktewater in de doelaquifer op basis van het Infiltratiebesluit Bodembescherming. Lozen van brakwater is in Zeeland alleen mogelijk in gebieden die grenzen aan buitenwater en in gebieden die in de zomer brak water bevatten (Acacia Water, 2009 en KWR, 2010).

### Kosten

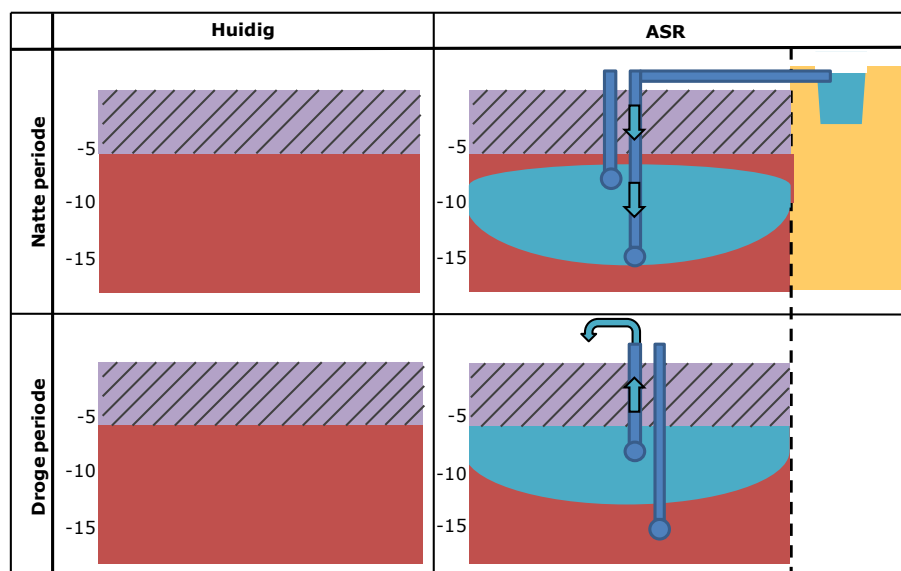
De kosten voor het Freshmaker concept zijn bepaald in de studie van KWR (2010). In die studie zijn de kosten voor een case met een bedrijf van 15 ha berekend, onder de aanname dat er 200mm/jaar beregent moet worden. De inschatting per hectare zijn uit het rapport (KWR, 2010) overgenomen. Omdat de terugwin rendamenten nog onzeker zijn wordt in onderstaande tabel onder de maximum kosten een scenario toegevoegd waarbij maar een derde van dat areaal kan worden beregend. Aangezien het concept nog niet in praktijk is gebracht zijn deze kosten een eerste inschatting. Kosten moeten worden gemaakt voor de aanschaf en installatie van de grondwaterputten, waterbassins, pompen en meet- en regel apparatuur (KWR, 2010). De kosten gerapporteerd in dat rapport zijn overgenomen in de onderstaande tabel.

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal		
	jaar		€/<15ha		€/<15ha/jr		€/<15ha/jr		€/<15ha/jr		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Horizontale putten incl. pompen		25	38800		1552						
Sensoren, regeleenheid		12	29100		2425						
Engineering		12	39000		3250						
Geologisch advies		25	5000		200						
Put-regeneratie							500				
Energiekosten							1300				
Onderhoud, monitoring							1700				
Totaal (gemiddeld)									10927		
											€/ha/jr
Totaal (gemiddeld)									728		2185

Tabel 8 Kosten van de aanleg van de freshmaker. Bron: Vink et al. (2010).

### 5.3.4 Vergroten van de zoetwaterberging: zoet water injectie in diepe aquifers (ASR / LASR)

Uitvoeringsstadium	■ ■ ■ ■ ■	Dagelijkse praktijk
--------------------	-----------	---------------------



**Figuur 12** Opslag van water in een diepe aquifer door injectie gedurende de natte tijd, het water kan in de droge tijd worden onttrokken en gebruikt als gietwater.

#### *Omschrijving*

Bij zoetwaterberging door injectie van water in (diepe) aquifers wordt actief water in de grond gebracht in tijden van overschot en bij tijden van watertekort weer onttrokken. Door het injecteren van zoet water kan een ondergrondse zoetwaterbel worden gecreëerd in een verder zoute omgeving. Zowel injectie als terugwinning gebeurt doorgaans via een of meerdere verticale put(ten). Deze techniek wordt wereldwijd toegepast onder de naam Aquifer Storage and Recovery (ASR) (Pyne, 2005).

In de Nederlandse glastuinbouw wordt deze techniek al sinds 1983 op kleine schaal toegepast, waarbij neerslag vanaf het kasdek wordt opgevangen in een klein bassin. Wanneer het water via een bekken aan het oppervlak wordt geïnfiltreerd wordt hiernaar gerefereerd als Lake Aquifer Storage and Recovery, oftewel LASR. Het voordeel van de laatste methode is dat water tijdens en na een regenbui kan worden vastgehouden en geïnfiltreerd, nadeel is dat het ruimte kost aan het oppervlak (zie 5.2.1).

#### *Opbrengst*

Door water te injecteren in de ondergrond en vervolgens terug te winnen komt zoetwater vrij beschikbaar voor beregening. Met een ASR systeem kunnen vrij grote hoeveelheden (orde van grootte: 10.000 - 500.000 m<sup>3</sup>) ondergronds geborgen worden, waarvan in een gunstig geval na een aantal jaren tot 100% kan worden teruggewonnen (KWR, 2012), op ongunstige locaties en/of operationele parameters kan het terugwinrendement echter bijzonder tegenvallen (i.e. geen of slechts een klein deel wordt teruggewonnen). Bijvoorbeeld in het geo-



logische en chemisch minder gunstige Westland lijken rendementen lager te blijven dan 50% (KvK-thema2).

### *Risico*

Het injecteren van zoetwater kan een risico op het verhogen van de kweldruk opleveren. In gebieden met zout water in de ondergrond, boven de geïnjecteerde waterbel, kan de zoute kwel, en daardoor de zoutlast mogelijk toenemen. De periode van deze verhoogde kweldruk valt samen met perioden van significante neerslag, wanneer de systemen overgaan tot injectie. In droge perioden vindt juist verlaging van de kweldruk plaats door actieve onttrekking van het zoete water, waarschijnlijk is het risico tijdens het groeiseizoen daardoor beperkt.

### *Vereisten*

Voor de toepassing van injectie van water in de ondergrond moet voldaan worden aan een reeks wetgevingen zoals de Waterwet, Wet Bodembescherming en moet rekening worden gehouden met de Kader Richtlijn Water.

Een ASR is nuttig indien het grondwater oorspronkelijk een te slechte kwaliteit heeft, of als er onvoldoende natuurlijke aanvulling plaatsvindt. Aanwezigheid van een aquifer geschikt voor wateropslag is een vereiste voor succesvolle ondergrondse wateberging. Het concept werkt het beste indien de waterbel is ingesloten door boven- en onderliggende ondoordringbare of slechtdoorlatende geologische formaties. In brakke of zoute gebieden zonder slechtdoorlatende, begrenzende kleilagen is opslag van zoetwater middels verticale putten doorgaans gekenmerkt door lage terugwinrendementen (Projectgroep Zoetwateronderzoek Goes, 1986). Daarnaast moet ook de horizontale stroming in de aquifer beperkt zijn om te grote rendementsverliezen te voorkomen. Zeker bij kleine injectievolumes kan geringe grondwaterstroming (>10 m/jaar) in een dikke brakke aquifer al tot een beperkt terugwinrendement leiden (KWR, 2012).

Voor de ondergrondse opslag van water moet in de natte periode voldoende zoet water beschikbaar zijn. Dit kan door het afvangen van verharde oppervlaktes, externe aanvoer via de sloten, of door het tijdelijk opvangen van regenwater in bekkens. Bij kassen vormt dit geen probleem door het grote dakoppervlak. Bij vollegrondslandbouw kan de beschikbaarheid van water van voldoende kwaliteit –waarvan binnen de wetgeving wordt toegestaan dat het in de grond wordt geïnjecteerd– een belangrijk knelpunt vormen. Voor de LASR toepassing is er daarnaast bovengronds ruimte nodig.

### *Kosten*

De kosten voor de aanleg zijn in de glastuinbouw ongeveer €50.000,- tot €150.000,- euro en de onderhoud en exploitatiekosten bedragen €10.000,- tot €30.000,- per jaar, afhankelijk van de schaalgrootte. Indien water wordt opgeslagen in de winterperiode en teruggewonnen in de zomerperiode zijn de kosten per m<sup>3</sup>, inclusief afschrijving en rente, tussen de €0.30 bij een groot volume en hoog rendement, en de 1.38 euro/m<sup>3</sup> bij een klein volume en matig rendement (KWR, 2012). Indien al het jaarlijkse hemelwater via het ASR systeem wordt geïnjecteerd en teruggewonnen (continu afwisseling opslag en terugwinning, zoals met bovengronds bassin) stijgt het aantal verpompte m<sup>3</sup>. Daardoor daalt de prijs per m<sup>3</sup> naar €0.17 bij een groot volume en hoog rendement,





en €0.63 bij een klein volume en matig rendement. Het grootste deel van de kosten zal in zo'n geval bestaan uit stroomkosten. Uit bovenstaande gerapporteerde bedragen blijkt dat het volume van de ASR enkele tienduizenden m<sup>3</sup> is, waarmee een groot areaal kan worden berekend. Daarom is een inschatting van de kosten voor de verspreiding toegevoegd in onderstaande tabel.

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal		
	jaar		€/eenheid		€/eenheid/jr		€/eenheid/jr		€/eenheid/jr		
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	
Aanlegkosten	15	25	50000	150000	2000	10000					
Onderhoud en Exploitatie							10000	30000			
Leidingen	10	25	34000	19000	1360	1900					
Pomp verspreiding	10	20	2000		133						
Energiekosten							2000	3000			
Totaal (gemiddeld)									15493	41900	
									<b>€/m<sup>3</sup>/jr</b>		
Totaal (gemiddeld)										0,38	1,58
									<b>€/1500m<sup>3</sup>/jr</b>		
Totaal (gemiddeld)										576	2364

Tabel 9 Kosten van de aanleg van een ASR systeem. Bron: KWR (2012), tuinbouw.nl



## 5.4 Alternatieve watervoorziening

### 5.4.1 Aftakking van een bestaande aanvoerleiding realiseren

<b>Uitvoeringsstadium</b>				Dagelijkse praktijk
---------------------------	--	--	--	---------------------

50



**Figuur 13** bestaande infrastructuur voor industriewater van Evides (Evides, 2011)

#### *Omschrijving*

Als in een gebied geen beschikking is over voldoende zoet water kan worden overwogen om zoetwater vanuit een ander gebied aan te voeren met een waterleiding. Het waterleidingnet bestaat uit enerzijds drinkwaterleidingen en anderzijds industriewaterleidingen. De laatste kunnen ook worden toegepast als landbouwwaterleiding. In de Zuidwestelijke Delta is een dergelijke landbouwwaterleiding aanwezig op Zuid-Beveland (zie figuur).

In de nabijheid van deze leiding is het mogelijk om een aftakking te realiseren en op deze wijze water naar percelen in die regio te leiden. Op plaatsen waar nog geen landbouwwaterleiding aanwezig is, is het waarschijnlijk niet rendabel om een volledig nieuwe aan te leggen (ZLTO workshop, 2012). In het rapport van Royal Haskoning (2005) is voor een ander gebied onderzocht wat de kosten en baten zijn van een aftakking (case Boskoop, voor een gebied van 942 ha). Ook voor die case concluderen zij dat de maatschappelijke kosten en baten een negatief saldo laat zien en dat de aanleg van een nieuwe waterleiding naar dat gebied niet rendabel is.

Op dit moment vindt waterlevering door de landbouwwaterleiding plaats door het waterleidingbedrijf Evides en betalen de gebruikers voor het water dat ze afnemen. Voor een groep bedrijven is berekend hoe duur het is om een nieuwe aftakking van de landbouwwaterleiding in Zuid-Beveland te realiseren (ZLTO, 2011). De kosten uit dit voorbeeld zijn hieronder opgenomen om een indicatie te geven van de kosten van de aftakking van de waterleiding.

#### *Opbrengst*

Via een waterleiding is water van goede kwaliteit aan te voeren uit een gebied waar dit voldoende voorradig is.

In de case voor de aftakking in Zuid-Beveland die in de WOP (ZLTO, 2011) is uitgewerkt wordt uitgegaan van een leiding met een capaciteit van 12 m<sup>3</sup>/uur. Dit is onvoldoende om aan de piekvraag van de deelnemende agrariërs te voldoen. Daarom wordt in dat voorbeeld voor de fruitteelt de aftakking gecombineerd met de aanleg van een bassin (zie sectie 5.3.1) zodat er voldoende water is voor nachtvorstberegening en druppelirrigatie voor de groep agrariërs.

### Vereisten

Een aansluiting op een landbouwwaterleiding lijkt op dit moment alleen rendabel indien het mogelijk is om van de bestaande infrastructuur voor industrie-water gebruik te maken. Aftakking van het drinkwaternet is erg duur in het watergebruik. Onder de huidige omstandigheden is een vereiste daarom dat een landbouwwaterleiding in de buurt aanwezig is.

### Kosten

De kosten van de aftakking van de waterleiding zijn overgenomen uit de WOP (ZLTO, 2011). Dit is een specifieke case. De kosten van de aanleg van de waterleiding worden voornamelijk bepaald door de lengte van de nieuw aan te leggen leidingen en of er obstakels zoals wegen moeten worden gepasseerd waardoor een horizontaal gestuurde boring en/of persing nodig is. De kosten in Royal Haskoning (2005) per ha zijn vrijwel hetzelfde als de case in de ZW Delta, alleen worden daarin extra jaarlijkse kosten opgevoerd voor personeel en energie die niet zijn opgenomen in de WOP (ZLTO, 2011). Deze zijn hieronder toegevoegd voor de berekening van de maximale kosten. Voor het gebruik is de prijs van het water bepalend, deze is vastgesteld op 0.55 €/m<sup>3</sup> (ZLTO workshop, 2012; Stuurgroep Water uit de Wal, 2012).

In de case van de WOP (ZLTO, 2011) wordt de aansluiting op de waterleiding gecombineerd met de aanleg van een bassin, in dat geval komen de kosten van een bassin nog bovenop de kosten voor de aanleg van de waterleiding.

Bij een langere leiding of een kleiner afnemersgebied kunnen de kosten per ha verder toenemen. De investeringskosten zijn erg groot, maar de levensduur van de landbouwwaterleiding is ook lang. In de berekening is met een levensduur van 25-50 jaar, in plaats van de waarschijnlijk langere werkelijke levensduur, om de investeringshorizon in dezelfde orde van grootte als bij de rest van de maatregelen te houden.

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Aansluiting landbouwwaterleiding	25	50	9100	13722	182	549	91	137		
Waterprijs							840	840		
Personeel en energie								1062		
<b>Totaal (gemiddeld)</b>									<b>1113</b>	<b>2588</b>

**Tabel 10** Kosten van de aanleg van de aanleg en het gebruik van een aftakking van de landbouwwaterleiding. Bron: ZLTO (2011), ZLTO workshop (2012), Royal Haskoning (2005).



## 6 Gebruiksmaatregelen; aanpassen agrarisch landgebruik

Naast het vergroten van de waterbeschikbaarheid, zoals beschreven in voorgaand hoofdstuk, kan ook het gebruik van het water worden aangepast. Hierdoor kan de watervraag worden gereduceerd, of kan met water van een lagere kwaliteit worden volstaan. Hiervoor zijn verschillende aanpassingen in het agrarisch gebruik mogelijk. Enerzijds bestaan de mogelijk maatregelen uit methodes om efficiënt met water om te gaan, bijvoorbeeld door drip of sprinkler irrigatie in plaats van beregening (sectie 6.1.1), door gericht, vochtgestuurd water toe te dienen (sectie 6.1.2), of door de normen voor de kwaliteit van het gietwater te optimaliseren (sectie 6.1.3). Anderzijds kan kunnen de gewassen worden aangepast aan veranderende omstandigheden, zoals met de overstap op zouttolerantere gewassen (sectie 6.1.4) of een totale verandering naar zoutminnende teelten (sectie 6.1.5).

Daarnaast is een ultieme aanpassing het verplaatsen of opheffen van agrarische bedrijven. Dit kan bijvoorbeeld gecombineerd worden met een andere gebiedsinrichting zoals het vergroten van het areaal voor natuur ontwikkeling en/of voor recreatie. Dit kan uiteraard worden toegepast binnen de Zuidwestelijke Delta. Deze mogelijkheden worden hier echter niet verder uitgewerkt, dit rapport beperkt zich tot maatregelen om de landbouw zoveel mogelijk zelfvoorzienend te maken. Mogelijkheden om landbouw te laten verdwijnen uit een gebied vallen buiten de scope van dit rapport, in dit hoofdstuk worden wel de aanpassingen van het gebruik binnen de agrarische toepassing beschreven.

### 6.1.1 Efficiënt watergebruik: druppel- of sprinklerirrigatie

<b>Uitvoeringsstadium</b>					<b>Dagelijkse praktijk</b>
---------------------------	--	--	--	--	----------------------------



**Figuur 14 Methode om gericht water toe te dienen bij de planten, zonder dat het water op de bladeren komt door druppelirrigatie ([www.wageningenur.nl/nl/show/EFFIDRIP.htm](http://www.wageningenur.nl/nl/show/EFFIDRIP.htm))**

#### *Omschrijving*

Bij de traditionele beregening gaat relatief veel water verloren, onder andere aan verwaaiing en verdamping. Door het gebruik van druppel- of sprinklerirrigatie kan dit verlies worden teruggedrongen. Doordat het water op een efficiëntere manier naar de planten wordt getransporteerd kan water worden bespaard. Daarnaast heeft druppelirrigatie in zilte gebieden nog een groot aanvullend voordeel. Over het algemeen is de zoutschade drempel van gewassen voor water dat de bladeren raakt veel lager dan de zoutschade drempel voor het bodemvocht (Alterra, 2011). Indien het water rechtstreeks op de bodem wordt toegediend via druppelirrigatie kan daarom mogelijk met brakker water worden geïrrigeerd, zonder dat er schade ontstaat, dan bij de traditionele beregening.

Voor de toepassing van druppelirrigatie moeten strengen langs de planten worden gelegd, met druppelaars bij de planten. Bij vaste teelten, zoals de fruitteelt, kunnen de strengen blijven liggen en meerdere seizoenen gebruikt worden. Bij gewassen waarbij jaarlijks geploegd moet worden kunnen de strengen niet blijven liggen, en moeten deze jaarlijks vervangen worden. Mogelijk kan dit probleem ondervangen worden door de aanleg van ondergrondse druppelirrigatie op 30 cm onder maaiveld, zodat deze onder de ploegvoor ligt. Dit wordt op dit moment getest in een praktijkproef (Acacia Water, 2012, Provincie Noord-Holland, 2012). In de kostenbeschrijving hieronder zijn de kosten voor het jaarlijks vervangen opgenomen bij de maximale kosten.

#### *Opbrengst*

De opbrengst van de aanleg van efficiënte irrigatie is dat de watervraag wordt gereduceerd en kan worden voorkomen dat het irrigatiewater het blad raakt.



Terwijl bij beregenen zo'n 20 - 25 mm water per keer gegeven wordt, kan dit bij druppelirrigatie beperkt worden tot ongeveer 4-8 mm (Flood en Alblas; spna.nl). Verder kan de gerichte watergift mogelijk zorgen voor een vergroting van de opbrengst, een vermindering van de benodigde hoeveelheid nutriënten en een mogelijke reductie van de nutriëntenafspoeling. Door efficiënter watergebruik met druppelbevloeiing kan de (piek)vraag worden verkleind, waardoor meer hectares kunnen worden voorzien met dezelfde hoeveelheid water. De maatregelen om water beschikbaar te maken zoals beschreven in voorgaande hoofdstukken, kunnen in combinatie met druppelirrigatie meer hectares bedienen en daardoor veel kosteneffectiever worden.

#### *Vereisten*

Druppelirrigatie wordt over het algemeen toegepast in plaats van beregening. Een voorwaarde is dat er water van voldoende kwaliteit beschikbaar is voor het irrigeren, dit kan door druppelirrigatie minder zijn dan voor beregening. Bij niet-vaste teelten moet de druppelirrigatie jaarlijks vervangen worden.

#### *Kosten*

De kosten voor druppelbevloeiing zijn gespecificeerd in de WOPs (ZLTO, 2011) voor de toepassing in de fruitteelt. Hierin zijn twee verschillende opties gespecificeerd, afhankelijk van of de druppelirrigatie op een landbouwwaterleiding wordt aangesloten. De kosten voor niet-vaste teelten wijken hiervan af, en zijn hieronder in een aparte tabel weergegeven. Hierbij gebeurt de aanleg parallel met de start van de teelt en wordt veelal gecombineerd met een werkgang welke nodig is voor het gewas bij voorbeeld in de aardappelen het aanaarden van de ruggen. Voor het oogsten van de teelt worden de driplines en verdeel-leidingen opgerold en opgeslagen voor een volgend seizoen. Afhankelijk van welk type dripline er is gekozen kan deze meerdere malen worden hergebruikt. In Nederland kiezen wij een slang met een wanddikte van 0.37mm voor dit systeem en de verwachting is dat deze circa drie seizoenen meegaat (Broere, 2012). De kosten hiervoor zijn in onderstaande tabel opgenomen, voor aardappelen en voor bollen (deze hebben een verschil in afstand tussen de leidingen). De laatste zijn wat hoger dan de kosten zoals beschreven in het rapport van PPO (2007), die een prijs van 1000 à 2000 euro per ha druppelfertigatie aangeeft.



	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Fruitteelt</i>										
Aanleg leidingen etc	10	10	2835	2835	284	284				
Aanleg regenauto-maat	10	10	125		13					
Aanleg druppel/pomp installatie	10	10		1042		104				
Druppelleiding	10	10		1500		150				
Exploitatiekosten							89	161		
Energiekosten							50	150		
Totaal (gemiddeld)									435	849

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Niet-vaste teelt</i>										
Dripsysteem	3	3	6500	8000	2167	2667				
Pomp	10	20	1000	2000	50	200				
Verleggen leidingen							300	600		
Exploitatiekosten							225	300		
Energiekosten							100	150		
Totaal (gemiddeld)									2842	3917

**Tabel 11 Kosten van de aanleg van een druppelirrigatie systeem. Bron: ZLTO (2011), Broere offerte (2012), ZLTO workshop (2012), PPO (2007). In de bovenste tabel zijn de kosten voor fruitteelt (vaste teelt) weergegeven en in de onderste voor niet-vaste teelten. Bij de laatste zijn onder min de kosten weergegeven voor aardappelen, en onder max voor bollen waarbij de afstand van de leidingen kleiner is.**





### 6.1.2 Efficiënt watergebruik: vochtbalans gestuurde irrigatie

Uitvoeringsstadium				Pilot
--------------------	--	--	--	-------



**Figuur 15** Irrigatiemanagement systeem waarbij neerslag (links) en bodemvocht (rechts) wordt gemeten (Dacom.nl; vandenborneaardappelen.com)

#### *Omschrijving*

De hoeveelheid water die nodig is voor irrigatie kan worden geoptimaliseerd door deze af te stemmen op het vochtgehalte in de bodem en slechts wanneer het vochtgehalte te laag dreigt te worden, of het zoutgehalte te hoog, beperkt te bevoeien. Hierdoor kan het vochtgehalte optimaal worden afgestemd op het gewas (Watersense, 2012). Om het vochtgehalte te bepalen worden sensoren in de grond geplaatst die automatisch, op basis van de bodemvochtmetingen, de irrigatiepomp aansturen (dacom.nl).

Het bodemvochtstation bestaat uit een meetunit (meet regenval) en een sensor die op verschillende dieptes (elke 10 cm) het watergehalte in de bodem bepaalt. Hiermee kan het irrigatiemanagement systeem laten zien wat de waterontwikkeling als gevolg van verdamping en vochtopname van het gewas is. (vandenborneaardappelen.com). Met irrigatie software kan de vochtbalans worden berekend en wordt gestuurd op de vergelijking van zuigspanningsstreefwaardes en actuele locale zuigspanningsberekeningen, hierbij worden de bodemvochtmetingen ter controle uitgevoerd (ZLTO, 2011).

Door de bepaling of er sprake is van droogtestress kan gericht water worden gegeven en daardoor kan op deze wijze water worden bespaard.

#### *Opbrengst*

De opbrengst van vochtbalans gestuurde irrigatie zit in het gericht bevoeien van gewassen, waardoor de watervraag wordt gereduceerd. Droogteschade en overdadige beregening wordt hiermee voorkomen. Het gericht toedienen van water, en eventueel ook nutriënten of bestrijdingsmiddelen kan de opbrengst van de gewassen ook ten goede komen. In het project Watersense (Watersense, 2012) bleek in één van de onderzochte aardappelrassen een betere benutting van de mestgift en een hogere opbrengst mogelijk.



### Vereisten

Vochtbalans gestuurde irrigatie wordt over het algemeen gecombineerd met druppelirrigatie (zie sectie 6.1.1). Hiervoor moet voldoende water van goede kwaliteit aanwezig zijn op het moment dat geïrrigeerd moet worden, dit kan door vochtbalans gestuurde druppelirrigatie wel minder zijn dan voor beregning.

### Kosten

Vochtsensoren kosten een paar duizend euro voor een set van ongeveer 5 sensoren, die signaal geven aan de pomp of wel of geen bevloeiing nodig is (pers. comm. Meeuwse). Vochtbalans gestuurde irrigatie gebeurt over het algemeen in combinatie met druppelbevloeiing, dus deze kosten moeten erbij worden opgenomen. De hoeveelheid sensoren die nodig zijn is afhankelijk van de heterogeniteit van de bodem, een set sensoren volstaat voor ongeveer 0.5 ha bij hoge heterogeniteit en voor ongeveer 10 ha bij een homogene bodem (pers. comm. Meeuwse).

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	Jaar min	Max	€/0,5-10ha		€/0,5-10ha/jr		€/0,5-10ha/jr		€/0,5-10ha/jr	
			min	max	min	max	min	max	min	max
Sensoren	10	20	2000	4000	100	400				
Totaal (gemiddeld)									100	400
									<b>€/ha/jr</b>	
Sensoren									10	800
Drip irrigatie	10	10							435	3917
Totaal (gemiddeld)									445	4717

**Tabel 11 Kosten van de aanleg van een vochtbalans gestuurd irrigatie systeem, inclusief de aanleg van druppelirrigatie (zie 6.1.1). Bron: ZLTO (2011), ZLTO workshop (2012), PPO (2007), Meeuwse.**



### 6.1.3 Irrigieren met (licht) brak water; gebruiken tolerantie van reguliere gewassen

<b>Uitvoeringsstadium</b>					Deskstudie - Pilot
---------------------------	--	--	--	--	--------------------

#### *Omschrijving*

De waterkwaliteit die de landbouw nodig heeft om geen zoutschade te onderkennen verschilt per gewas. Binnen de bekende zoutschade drempel kan daarvoor mogelijk gebruik worden gemaakt van de tolerantie van reguliere gewassen om met water van mindere kwaliteit te irrigeren.

Daarnaast is het effect van beregenen of infiltreren met verzilt water ook afhankelijk van het groeistadium, bodemtype en de weersomstandigheden voorafgaand en na de gift (Alterra, 2011). Een voorbeeld van de variatie in de kwaliteitseisen in de fruitteelt is het verschil van de kwaliteit benodigd voor droogteberegening en nachtvorstberegening, van 250 mgCl/L en 500 mgCl/L respectievelijk (ZLTO, 2011). Deze variatie kan mogelijk leiden tot een (tijdelijke) veruiming van de grenzen van de kwaliteit van het irrigatiewater. Verder onderzoek naar variaties in de zouttolerantie lopen nog binnen KvK-thema2.

In onderstaande tabel worden de schattingen van de zoutschade en de gevoeligheid uit twee studies weergegeven (Alterra, 2011 en PPO, 2007), waarin de verschillen een indicatie geven van de bestaande onzekerheden. De geleidelijke opbrengstdaling als functie van het zoutgehalte kan een onderschatting zijn van de schade, omdat de opbrengst direct sterk afneemt indien zoutschade optreedt en de teelt daardoor in een mindere kwaliteitsklasse terecht komt (ZLTO workshop, 2012). Gebruik van de normen leidt in niet-worst case gevallen tot een overvraging van water, door de grote variatie binnen het groeiseizoen en van jaar tot jaar (Alterra, 2011).

Ondanks de onzekerheden in de absolute waarden geven deze studies wel een eenduidige indicatie van de variatie in de zouttolerantie tussen verschillende gewassen. Hiervan kan gebruik worden gemaakt om de watervraag te optimaliseren. De gevoeligheid voor bladverbranding of schade aan oogstbare producten heeft nauwelijks relatie met zout in de wortelzone (Alterra, 2011). In combinatie met druppelirrigatie kan de zouttolerantie (zie 6.1.1) mogelijk verder worden vergroot.

Gewas	Laag prijspeil 2050 (€/ha)	Hoog prijspeil 2050 (€/ha)	Alterra, 2011		PPO, 2007	
			Gevoeligheid voor zout classificatie	Grenswaarden blad- verbranding mg Cl/l	Zout schade drempel (mg Cl/l)	Zoutschade drempel bodemvocht (mg Cl/l)
Aardappelen	2915	5300	MG	1000	202	756
Bloembollen	26010	28900	G-MG			43-210
Boomteelt	44820	49800	MT			607-2124
Fruit	11880	13200	G	250	250	
Granen	605	1100	MG-MT		1053-1534	3947-5754
Gras	675	1350	T		962	
Snijmais	750	1500	MG		217	815
Suikerbieten	1650	3300	T		1288	4831

59

Tabel 12a, Zoutschadedrempel en -gevoeligheid voor het beregeningswater (overgenomen uit van Alterra, 2011 en PPO, 2007) en de voorspelde prijsontwikkeling naar 2050 (Royal Haskoning, 2007) voor verschillende gewassen. G staat voor gevoelig, MG voor matig gevoelig, MT voor matig tolerant en T voor tolerant, deze classificering geldt alleen als bladverbranding niet aan de orde is.

Zoutgevoeligheidsklasse	Zoutschadedrempel	Zoutschade gevoeligheid
	mg Cl/L	% opbrengstdaling/100 mgCl/L
Gevoelig	300	8
Matig gevoelig	600	4
Matig tolerant	1200	2
Tolerant	2400	1

Tabel 17b, per klasse afgeleide parameters voor de zoutschadefunctie, geldig voor het beregeningswater indien een indikkingsfactor 2 wordt gebruikt (overgenomen uit Alterra, 2011). Dit zijn *worst case* waarden, afgeleid voor droogtegevoelige zandgronden, voor klei- en zavelgronden wordt een lagere indikkingsfactor en een hogere zoutschadedrempel verwacht (Alterra, 2011).

### Opbrengst

Door het vereiste zoutgehalte te bepalen op basis van de eisen die de gewassen aan het irrigatiewater stellen kunnen op sommige plaatsen de normen worden opgerekt. Als de kwaliteit van brak water ook toereikend is voor irrigatiewater kan daardoor meer water, namelijk ook het water met slechte kwaliteit, als gietwater worden gebruikt. De vraag naar zoet water neemt daarmee af en kan worden vervangen door (licht) brak water.

### Vereisten

Irrigeren met (licht) brak water kan bij gewassen die een relatief lage zoutgevoeligheid hebben.

Sommige omstandigheden kunnen bijdragen aan het verhogen van de zouttolerantie. Bijvoorbeeld bij een redelijk doorlatende bodem zal de zoutschade kleiner zijn, en bij een bepaalde mate van overirrigatie kunnen de zouten die zich bij verdamping ophopen in de wortelzone uitspoelen (Acacia Water, 2009).

Waar gebruik wordt gemaakt van druppelirrigatie (zie 6.1.1) kan de hogere zoutschadedrempel voor bodemvocht in plaats van voor beregening worden toegepast.



### Kosten

De zoutschade data (tabel) zijn gecombineerd met een schatting van de toekomstige prijsontwikkeling van verschillende gewassen (Royal Haskoning, 2007). Dit geeft een indicatie van hoeveel schade in een droog jaar wordt geleden bij irrigatie met zout / brak water.

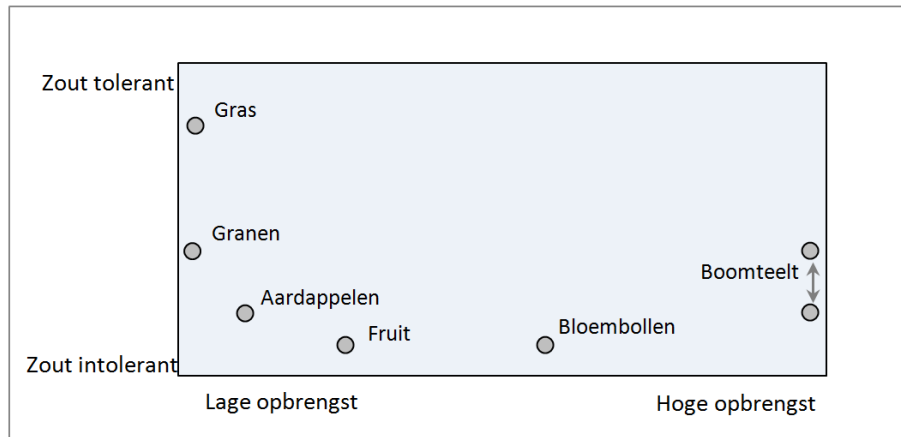
De schade varieert sterk per gewas. Voor gras en suikerbieten geldt een hoge schade drempel, en berekening met zouter water kost slechts een opbrengstdaling van 1% oftewel zo'n 10,- tot 25,- per ha. Bij fruit en bloembollen is de schade aanzienlijk hoger. Al bij waarden boven de 300mg Cl/L kan schade optreden en bij elke 100 mg Cl/L verhoging daalt de opbrengst met 8% oftewel zo'n 1000,- tot 2200,- per ha. In de onderstaande tabel zijn de schades opgenomen die theoretisch optreden bij een verhoging van het chloridegehalte in het gietwater tot 1000mgCl/L.

60

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	Jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	Max	min	max	min	max	min	max	min	max
Verminderde gewasopbrengst gras							10			
Verminderde gewasopbrengst bollen								17340		
Totaal (gemiddeld)									10	17340

**Tabel 13** Theoretische kosten van irrigeren met brak water met een chloridgehalte van 1000 mgCl/L in plaats van met zoet water. Bron: Royal Haskoning (2007), PPO (2007) en Alterra (2011).

### 6.1.4 Overstap op zout- of droogtetolerantere gewassen



**Figuur 16** de relatie tussen het de zoutgevoeligheid van gewassen en het verwachte hoge prijspeil in 2050 (op basis van Royal Haskoning, 2007; van Alterra, 2011).

#### *Omschrijving*

Indien onvoldoende zoetwater aanwezig is voor het telen van het oorspronkelijke gewas kan een aanpassing worden gemaakt waarbij wordt gekozen voor het telen van een gewas die zout of droogte toleranter is. Een nadeel hiervan is wel dat dit in het algemeen de minder rendabele gewassen zijn. In de tabel in sectie 6.1.3 is een inschatting van het prijspeil in 2050 van de verschillende gewassen gegeven. Over het algemeen zijn de gewassen die het hoogste prijspeil hebben ook het meest zoutgevoelig.

Uitzondering hierop is mogelijk de boomteelt, waarbij verschillende bronnen een verschillende zouttolerantie aangeven (PPO, 2007; Alterra, 2011). Uit het Royal Haskoning (2007) rapport blijkt dat deze teelt een hoog prijspeil heeft. De overstap op boomteelt zou mogelijk zouttoleranter en opbrengstverhogend kunnen zijn. Hierbij moet wel de kanttekening geplaatst worden door de diversiteit van bomen de range van zouttoleranties tussen verschillende soorten groot zal zijn, niet alle boomteelt zal daarom geschikt zijn voor een verhoging van de zoutschadedrempel (PPO, 2007) en de afzetmarkt mogelijk beperkt is (ZLTO workshop, 2012). Bovendien zijn voor de gewaskeuze ook andere factoren van belang, zoals de bodemgesteldheid, en zijn voor veranderingen van bedrijfsvoering grote investeringen nodig.

Naast een overstap op een ander gewas is ook mogelijk om over te stappen op een zouttoleranter cultivar van hetzelfde gewas. Hiermee kan zonder ingrijpende gevolgen voor de bedrijfsvoering de zouttolerantie worden vergroot, waardoor dit een kansrijke maatregel is. Een kanttekening hierbij is wel dat cultivars met een hoge zouttolerantie mogelijk een lagere droogtetolerantie hebben (ZLTO workshop, 2012). Onderzoek naar de zouttolerantie van verschillende cultivars wordt gedaan binnen KvK-thema2.



### Opbrengst

Door de overstap op gewassen met een grotere droogtetolerantie kan beregeningswater worden bespaard. De overstap op zouttolerante gewassen vermindert te vraag naar water met een goede kwaliteit, als die kan worden vervangen door (licht) brak water. Afhankelijk van de gewaskeuze kan worden bespaard op zowel de waterkwantiteit als de waterkwaliteit.

### Vereisten

Bij de overstap naar een andere gewas speelt niet alleen de zouttolerantie een rol, maar ook de eisen die gewassen stellen aan bijvoorbeeld de bodemgesteldheid. Een optimum moet worden gekozen tussen zout- en/of droogte tolerantie en de bodemeigenschappen. Verder zijn de marktprijzen bepalend of een zouttoleranter gewas een rendabel alternatief is.

Om het versneld afschrijven van investeringen te minimaliseren moet worden gezocht naar de mogelijkheid om de overstap naar een zouttoleranter gewas te maken op het moment dat dit in het autonome investeringsprogramma past.

### Kosten

De kosten van de overstap op een droogte- en/of zouttoleranter gewas is afhankelijk van de waarde van het oorspronkelijke gewas. Bijvoorbeeld de overstap van bloembollen op een gewas met een hogere zouttolerantie anders dan boomteelt levert een verlies van minstens 23.000,- euro per ha op en van fruit een verlies van 8.000,- euro per ha. De overstap van aardappelen op het veel tolerantere suikerbiet of gras kost 1250,- tot 4000,- euro per ha. Aangezien de overstap op boomteelt omgeven is met onzekerheden is deze niet opgenomen in het kosten overzicht. De overstap op een andere cultivar kan zonder grote investeringen, mogelijk is er echter opbrengstverlies, de kosten daarvan zijn niet bekend maar worden hier geschat op minimaal 500 €/ha/jr.

	Levensduur		Aanleg				Exploitatie		Totaal	
	jaar		€/ha		€/ha/jr		€/ha/jr		€/ha/jr	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
<i>Versneld afschrijven investering</i>										
Reductie gewas opbrengst, overstap cultivar							500			
Reductie gewas opbrengst, overstap bollen => gras								26000		
Totaal (gemiddeld)									500	26000

Tabel 14 Theoretische kosten van de overstap op zouttolerantere gewassen. Bron: Royal Haskoning (2007), PPO (2007) en Alterra (2011).

## 6.1.5 Overstap op zoutminnende gewassen / aquacultuur

Uitvoeringsstadium				Pilot
--------------------	--	--	--	-------



**Figuur 17** Twee zoutminnende gewassen, zeekraal (links) en lamsoor (rechts)

### *Omschrijving*

Indien een gebied verzilt kan gekozen worden voor een totaal andere teelt, en de overstap op zoutminnende gewassen of aquacultuur (Rozema en Flowers, 2008). Bij zoutminnende gewassen kan worden gedacht aan zeekraal, zeekool, lamsoor en zeeaster. Deze teelten worden al toegepast in kleinschalige initiatieven, die zijn geconcentreerd in de kuststreek zoals in Zeeland, Friesland en Texel (Innovatienetwerk, 2003; Innovatienetwerk, 2007a; Innovatienetwerk, 2007b; zeekool.nl).

Een verdergaande vorm van aanpassing in het agrarisch gebruik aan zilte omstandigheden is de binnendijkse teelt van vis, schaaldieren en zagers. Voor de teelt van mariene diersoorten komen alleen locaties in aanmerking komen waar een grote toevoer van brak tot zout grondwater heerst en bovendien de mogelijkheid bestaat tot aanvoer van zeewater. Vaak moet een voedselketen worden opgezet, te beginnen met algenteelt. De watercirculatie in de teeltbassins is vrij groot. Ook al is de waterbeschikbaarheid (buitenwater) groot dan is hergebruik van het nutriëntrijke en vervuilde water noodzakelijk om de lozing van afvalwater te minimaliseren (Acacia Water, 2009).

De teelt van zoutminnende gewassen spreekt een nieuwe markt aan in vergelijking met de reguliere gewassen. Voor de gewassen als zeekraal bestaat op dit moment vooral een nichemarkt. Het is afhankelijk van de marktontwikkelingen op dit vlak hoe groot de kansen voor zoutminnende gewassen zijn.

### *Opbrengst*

De opbrengst op watergebied is dat de zoetwatervraag zeer sterk wordt gereduceerd door te kiezen voor gewassen die over het algemeen geen zoet water nodig hebben.

### *Vereisten*

Voor een aantal van de zoutminnende gewassen is het van belang dat ze continue toegang hebben tot brak of zout water. Bij de ontwikkeling van een zoetwaterlens kan het daardoor zelfs nodig zijn om maatregelen te nemen om te voorkomen dat te zoete omstandigheden ontstaan. De beste omstandigheden daarvoor zijn die waar brak water relatief ondiep zit en/of tot in de wortelzone reikt. Men kan de brakke condities in de wortelzone bevorderen door bepaalde



beheers- en bedrijfsmaatregelen die het omgekeerde beogen van de hierboven beschreven maatregelen, namelijk het zout maken van de wortelzone. Vaak is toch additionele berekening nodig van brak water. Opgemerkt wordt dat voor het aanvoeren, afvoeren en beregenen van brak water aparte vergunningen nodig zijn en het huidige vergunningbeleid hierop niet is afgestemd (Acacia Water, 2009).

De mogelijkheden voor zilte teelten hangen sterk af van de lokale omstandigheden en medewerking van het bevoegd gezag (zoals waterschap). Een aanpassing van het huidige vergunningbeleid is nodig.

### *Kosten*

De kosten van het overstappen naar zoutminnende teelt of aquacultuur zitten in de investeringen die nodig zijn voor het aanleggen van de infrastructuur voor een nieuw gewas. Daarnaast zijn de kosten afhankelijk van het verschil in opbrengst tussen het huidige gewas en het nieuwe gewas of aquacultuur, inclusief de verwachtingen omtrent de zekerheid van de jaarlijkse oogst en de afzetmarkt. Over deze cijfers hebben we onvoldoende informatie om een goede schatting te kunnen geven van de kosten van de overstap op zoutminnende gewassen of aquacultuur. Wellicht worden deze kosten in de loop van het KvK-thema2 onderzoek toegevoegd.



## 7 De Watermaat

De kosten die voor de verschillende maatregelen zijn beschreven in voorgaande hoofdstukken zijn hieronder samengevat in een figuur. Dit geeft een maat van relatieve investering voor het beschikbaar maken van zoetwater: De Watermaat. Dit is een tool die snel inzicht geeft in de relatieve kosten en kwantitatieve opbrengst van de brede range aan maatregelen.

Hierin is –net als in voorgaande hoofdstukken– de indicatie van de kosten weergegeven van de maatregelen in €/jr/ha en geeft aan wat de gemiddelde jaarlijkse investering zou zijn om in een droog jaar het droogte- of verziltingsrisico te reduceren per hectare. Voor de aannames in de omrekening van de verschillende kosten per maatregel naar de kosten per ha wordt verwezen naar de methode sectie.

Bij de verschillende maatregelen moet een onderscheid worden gemaakt tussen water dat vrij beschikbaar komt, bijvoorbeeld voor beregening, en water dat wordt vastgehouden in de bodem en daarmee bijvoorbeeld verzilting voorkomt. Wanneer het water vrij beschikbaar is kunnen over het algemeen hoogrenderender teelten worden verbouwd dan wanneer beregening niet mogelijk is. Dit is het verschil tussen ‘groen’ water, dat in de bodem wordt vastgehouden, en ‘blauw’ water dat vrij beschikbaar is voor beregening. Dit onderscheid is aangegeven in de Watermaat met een groene of blauwe kleur. Verder is er een categorie maatregelen, namelijk aanpassingen van het agrarisch watergebruik, die zorgt voor waterbesparing en/of een vergroting van de gewasopbrengst. Hierdoor komt indirect zoetwater beschikbaar. In de Watermaat is dit aangegeven met een paarse kleur. Kanttekening bij de blauwe categorie is dat bij kreekkrug onttrekkingen vanwege de vergunningseisen een maximum van 80mm/jaar moet worden gehanteerd.

Een aantal maatregelen wordt al veel toegepast, een aantal andere maatregelen zijn nog in ontwikkeling en deel van onderzoek. Waar dat laatste het geval is in de Watermaat een uitroepteken toegevoegd.

Uit de Watermaat wordt in een oogopslag het volgende duidelijk:

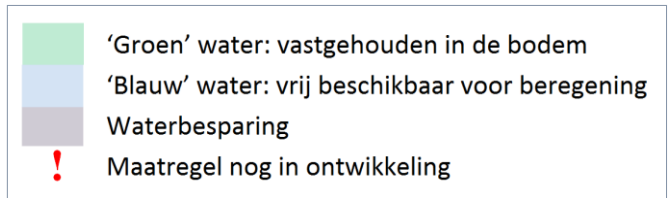
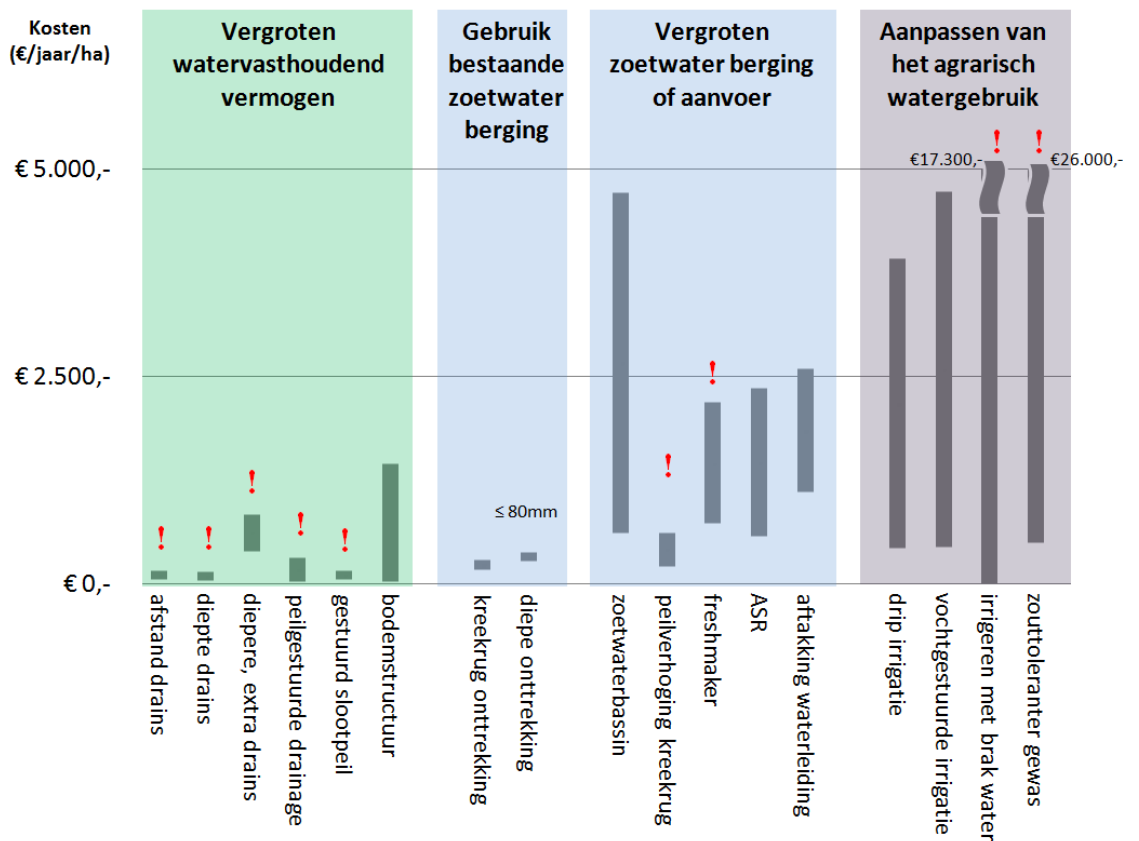
- (1) Maatregelen die het vochtvasthoudend vermogen vergroten zijn relatief goedkoop, en leveren groen water op. Een groot deel van deze maatregelen is nog niet uitontwikkeld (de uitroeptekentjes), en hoe groot het effect van de maatregelen zal zijn is daardoor nog niet helemaal zeker.
- (2) De berging van zoet water in bassins is een relatief dure maatregel om zoet water vrij beschikbaar te maken.
- (3) Het oppompen van grondwater is in vergelijking met andere maatregelen waarbij water vrij beschikbaar komt relatief goedkoop.
- (4) Maatregelen waarbij water bespaard wordt kunnen zeer veel kosten, zeker als er wordt overgestapt op irrigatie met brakker water of op een zouttoleranter gewas. Deze hebben echter een brede range en kunnen ook (vrijwel) kosteloos zijn.



- (5) Indien voorkomen kan worden dat moet worden overgestapt op irrigatie met brakker water of op een zouttoleranter gewas en de schade in het bovenste deel van de kostenrange valt, zijn alle onderzochte maatregelen om zoetwater beschikbaar te maken kosteneffectief.

## Watermaat

66



## 8 Conclusies

In deze studie zijn de kengetallen voor verschillende relatief kleinschalige maatregelen met betrekking tot de zoetwatervoorziening in beeld gebracht. In de eerste hoofdstukken is een overzicht gegeven van de maatregelen die kunnen worden genomen om de zoetwatervoorziening veilig te stellen onder een veranderend klimaat. Voor de maatregelen die door agrariërs, of een groep agrariërs kunnen worden genomen zijn in dit rapport de vereisten en de kosten weergegeven.

67

Voor de start van deze studie waren al lange lijsten met maatregelen in omloop. Dit rapport biedt een systematiek om een overzicht te krijgen van deze maatregelen. Allereerst is een helder onderscheid gemaakt naar schaalniveau waarop maatregelen kunnen worden genomen. Daarnaast is er een onderscheid gemaakt tussen watergebruikers, die de vraag bepalen, het watersysteem, dat het aanbod bepaald, en de beheerder, die een sturende rol op zowel het systeem als de gebruiker kan uitoefenen.

Op nationaal en provinciaal of waterschapsniveau wordt invloed uitgeoefend op het watersysteem van de volledige Zuidwestelijke Delta, van de eilanden en polders. Op deze schaalniveaus bevinden zich vooral beheerders. Gebruikers zijn veelal te vinden op kleinere schaalniveaus van agrarische bedrijven en agrarische coöperaties. Zij beïnvloeden het watersysteem op het perceel of van een subgebied, en kunnen daarin –naast gebruikers- operen als beheerders van het kleinschalige systeem.

Op dit relatief kleine schaalniveau zijn veel maatregelen te vinden die het watersysteem aanpassen zodat er meer zoetwater beschikbaar komt in de droge periodes, of die het gebruik aanpassen waardoor de vraag en daarmee de druk op het zoetwatersysteem afneemt. Deze maatregelen leiden tot een grotere zelfvoorzienendheid op het niveau van het agrarisch bedrijf, of coöperatie van bedrijven. Dit is een van de focuspunten van het project KvK-2, waar deze studie een onderdeel van is. In dit rapport zijn de kleinschalige maatregelen uitgewerkt met een onderscheid naar systeem en gebruiksmaatregelen.

Het zoetwater kan bij deze maatregelen op verschillende manieren beschikbaar komen, wat invloed heeft voor de manier waarop het water kan worden gebruikt. Het zoetwater opbrengst heeft de vorm van:

- (1) 'Groen' water: zoetwater dat wordt vastgehouden in de bodem en op die manier beschikbaar is voor de gewassen;
- (2) 'Blauw' water: zoetwater dat vrij beschikbaar is via berging, onttrekking, of aanvoer;



- (3) Reductie van de zoetwater vraag, waardoor de aanvoer van zoetwater kan worden verminderd en er daardoor indirect water beschikbaar komt.

Hierbij hebben systeemmaatregelen over het algemeen opbrengst in de vorm van de eerste twee en gebruiksmaatregelen in de vorm van de laatste.

De Watermaat geeft een overzicht van de onderzochte maatregelen op het relatief kleine schaalniveau die kunnen bijdragen aan een reductie van de droogte- en/of zoutschade. Dit geeft een overzicht waarbij snel inzicht gekregen kan worden in de verschillende kosten, opbrengsten en onzekerheden van de maatregelen op de relatief kleine schaalniveaus.

Hieruit blijkt dat maatregelen die het vochtvasthoudend vermogen vergroten zijn relatief goedkoop zijn, maar nog wel sterk in ontwikkeling zijn. Dit gebeurt deels binnen het KvK project. Uit de Watermaat blijkt dat deze maatregelen veelbelovend zijn omdat ze sterk in prijs concurrerend zijn met de andere maatregelen. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze maatregelen met name gericht zijn op het bestrijden van verzilting. Opvallend duur daarentegen is de al wel dagelijkse praktijk van berging van zoet water in bassins op het perceel. Het oppompen van grondwater is, zeker in vergelijking met andere maatregelen waarbij water vrij beschikbaar komt, relatief goedkoop. Op plaatsen waar dit mogelijk is, dat wil zeggen daar waar grondwater van voldoende kwaliteit beschikbaar is, komt deze maatregel als zeer voordelig uit de bus. De kosten zijn namelijk relatief beperkt en het water komt vrij beschikbaar. De maatregelen waarbij wordt overgestapt op irrigatie met brakker water of op een zouttoleranter gewas hebben een brede range aan kosten. Indien de schade in het bovenste deel van de kostenrange valt, zijn alle onderzochte maatregelen om zoetwater beschikbaar te maken kosteneffectief om dit te voorkomen.

De Watermaat geeft hiermee een overzichtelijke aanpak om de uiteenlopende maatregelen onderling te vergelijken. De invulling met de kosten zoals in dit rapport is gedaan, geeft direct een indicatie van de mogelijke zoetwater investeringen op het schaalniveau van de agrarische onderneming en coöperatie.



## 9 Literatuur

Acacia Water, 2009. Velstra, J., Hoogmoed, M., Groen, K.; Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting. 43p.

Acacia Water, 2011. Van Staveren, G., Velstra, J.; Klimaatverandering, toenemende verzilting en landbouw in Noord-Nederland. 140p.

Acacia Water, 2012, Voortgangsrapport Pilot Ecoboeren, Schermer, Noord-Holland (concept). ([www.ecoboeren.com](http://www.ecoboeren.com))

Alterra, 2006. Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J.G. Kroes, E.J. Bos, M. van der Elst, B. Pronk, B.J. Rijk, O.A. Clevering, A.J.G. Dekking, M.P.J van der Voort, M. de Wolf en W.A. Brandenburg; Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Alterra-rapport 1132. p.148-155

Alterra, 2008. Van Bakel, P.J.T., Van Boekel, E.M.P.M., Noij, G.J.; Modelonderzoek naar de effecten van conventionele en samengestelde, peilgestuurde drainage op de hydrologie en nutriëntenbelasting. 259p.

Alterra, 2009. Stuyt, L.C.P.M., Van Bakel, P.J.T., van Dijk, W., De Groot, W.J.M., Van Kleef, J., Noij, I.G.A.M, Van de Schoot, J.R., Van den Toorn, A., Visschers, R.; Samengestelde, Peilgestuurde Drainage in Nederland – Voortgangsrapport 1. 151p.

Alterra, 2010. De mogelijkheden van peilgestuurde drainage, waterpeil exact op gewenste hoogte, Akkermagazine nr 7.

Alterra, 2011. Van Bakel, P.J.T. en Stuyt, L.C.P.M.; Actualisering van de kennis van de zouttolerantie van landbouwgewassen. Alterra, 66p.

Bremer, D., Van den Adel, J., Drijver, B., Willemsen, A., 2004. Ondergrondse waterberging als alternatief voor bovengrondse piek- en seizoensberging. H2O Magazine Number 19-2004. p. 89-92.

De Louw, P. G. B.; Eeman, S.; Siemon, B.; Voortman, B. R.; Gunnink, J.; van Baaren, E. S.; Oude Essink, G. H. P., 2011. Shallow rainwater lenses in deltaic areas with saline seepage. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, 8(4), 7657-7707.

Deltaprogramma Zoetwater deelprogramma Zuidwestelijke Delta & Rijnmond-Drechtsteden, 2012. Zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta & Rijnmond-Drechtsteden 2e fase lange termijn probleemanalyse. 125p.

Deltares, 2009. Oude Essink, G., De Louw, P., Stevens, S., De Veen, B., Prevo, C., Marconi, V., Goes, B.. Voorkomen en dynamiek van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland. 132 p.

Deltares, 2011a. Pauw, P., Oude Essink, G.H.P, Louw, P. de; Memo kwetsbare regenwaterlenzen kaart Zuidwestelijke Delta.



Deltares, 2011b. Van Baaren, E., Harezlak, V.; Zoetwatervoorziening Schouwen-Duiveland. Quick scan huidige situatie, toekomst, mogelijke maatregelen en urgentiegevoel. Climate Proof Areas, 75p.

Dienst landelijk gebied, 2012. Grondprijmonitor 2011, Recente ontwikkelingen in de agrarische grondmarkt, 17p.

Floot, H. en Alblas, J., Druppelirrigatie met brak water in pootaardappelen. SP-NA.nl, 5p.

Grontmij, 2005. Copray, S., Vermeij, G., Brandsen, F.; Bollenmeer, Pilot bollen-teelt op zand in de Wieringermeer. Grontmij, 63 p.

InnovatieNetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, 2003. Fiselier, J.L., Benner, E., Van de Kerk, A. J.; Zilte perspectieven. Rapportnummer 03.2.036, Den Haag. p. 45.

Innovatienetwerk, 2007a. De Kempenaer, J.G., Brandenburg, W.A., Van Hoof, L.J.W.; Het zout en de pap, Een verkenning bij marktexperts naar lange termijn mogelijkheden voor zilte landbouw. Rapport-nummer 07.2.154. p. 13-43.

Innovatienetwerk, 2007b. Guldmond, A., Tolkamp, W., Van der Weijden, L.; Zilt verweven, Kansen voor een gezamenlijke ontwikkeling van zoute landbouw en natuur. Rapportnummer 07.2.153. p. 65.

Jonkheer, E, de Haan, A., 2010. Goede compost is als een bruine boterham, ak-kerwijzer.nl

Kennis voor Klimaat en Zuidwestelijke Delta, 2009. Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta, een verkenning. Acacia Water, TNO, KWR, Alterra, Deltares. 82p.

Kennis voor Klimaat, 2012. HSZD3.2 Valoriatie kansrijke oplossingen robuuste zoetwatervoorziening, projectvoorstel (<http://kennisvoorklimaat.klimaatonderzoeknederland.nl/go-fresh>)

KSB Aktiengesellschaft, Submersible borehole pumps, brochure, 118p.

KWR, 2010. Vink, K., Rambags, F., Gorski, N., Kooiman, J.W.; Freshmaker: Technologie voor een duurzame zoetwatervoorziening. 39p.

KWR, 2012. Zuurbier, K.G., Paalman, M. and Zwinkels, E.; Haalbaarheid Ondergrondse Waterberging Glastuinbouw Westland, KWR. 77p.

Maas, C. 2007. Verzilting en verziltingsbeheersing. Verzilting in Nederland. Nederlandse Hydrologische Vereniging-special 7. p. 85-94.

Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie | Dienst Regelingen, 2012. Pacht, nieuwe regels en prijzen 2012. 52p.

PPO, 2007. Van Dam A., Clevering O., Voogt W., Aendekerk Th., Van der Maas M.; Leven met Zout Water, deelrapport: Zouttolerantie van landbouwgewassen.

PPO, Alterra, Grontmij, BathDrainage, 2010. Peilgestuurde drainage ([www.innovatielocaties.nl/waterkwaliteit/peilgestuurde\\_drainage](http://www.innovatielocaties.nl/waterkwaliteit/peilgestuurde_drainage))



PPO, 2012. Rinze van der Schoot, J. en De Haan, J.; Effecten van organische stofaanvoer op bodem en productie.

(<http://www.kennisakker.nl/kenniscentrum/document/effecten-van-organische-stofaanvoer-op-bodem-en-productie>)

Projectgroep Zoetwateronderzoek Goes, 1986. Zoetwaterinfiltratieproef Kapelle, Commissie Grondwaterbeheersing en Verzilting.

Provincie Noord-Holland, 2012. Proef zoetwaterberging, Oranjewoud, Acacia Water, Alterra, Deltares. ([www.noord-holland.nl/web/Projecten/Proef-zoetwaterberging.htm](http://www.noord-holland.nl/web/Projecten/Proef-zoetwaterberging.htm))

Pyne, R.D.G., 2005. Aquifer Storage Recovery - A guide to Groundwater Recharge Through Wells. ASR Systems LLC, Gainesville, Florida, 608 pp.

Royal Haskoning, 2005. Blokhuis, M., Lodewijks, D.; Kosten en baten verkend, Zoetwaterverkenning Midden West Nederland. Royal Haskoning, 35p.

Royal Haskoning, 2007. De Haas, S.A., Niemeijer, A.H.; Investeringsruimte voor toekomstige droogte. 96 p.

Rozema, J. and Flowers, T., 2008. Crops for a Salinized World, Science, vol. 322, p 1478-1480

Stowa, 2012. Stuyt, L.C.P.M., van der Bolt, F.J.E., Snellen, W.B., Groenendijk, P., Schipper, P.N.M. en Harmsen, J.; Meer water met regelbare drainage? Stowa, 2012-33.

Stuurgroep Water uit de Wal, 2012. Overzicht project Water uit de Wal, bijlage 4.

Stuurgroep Zuidwestelijke delta, 2009, Zoetwater Zuidwestelijke Delta – een voorstel voor een regionale zoetwatervoorziening, 76p.

Stuyfzand, P. and Raat, K., 2010. Benefits and hurdles of using brackish groundwater as a drinking water source in the Netherlands. Hydrogeology Journal, 18(1): 117-130.

Van Bakel, P.J.T. en Poelman, A., 2009. Zoetwaterbekkens: de ultieme vorm van water vasthouden? Wageningen. 13p.

Velstra, J., Groen, J., de Jong, K., 2011. Observations of salinity patterns in shallow groundwater and drainage water from agricultural land in the North of the Netherlands. Irrigation and drainage, 60(1): 51-58.

Vlaco, 2009. Ecologische en economische voordelen gft- en groencompost. 32p.

Waterschap Peel en Maasvallei. Peilgestuurde drainage, 8p.

Waterschap Scheldestromen, 2010. Onttrekkingen grondwater voor beregning. 2p.

ZLTO, 2011. Bal, A. en Verhage, A.B.; Water Optimalisatie Plan Fruitteelt (WOP). 56p.



ZLTO, 2012. Workshop, 2 maart 2012. Carla Michielse, Henk van Damme, Hubert Visser, Lieselotte Tolk.

ZLTO, factsheet stuw. [www.zlto.nl/media/default.aspx/zlto/org/85/Baten-Stuw-pdf](http://www.zlto.nl/media/default.aspx/zlto/org/85/Baten-Stuw-pdf)

Zuurbier, K.G., Paalman, M. and Stuyfzand, P.J., 2011. Making innovative water technologies feasible in practice: use of Aquifer Storage and Recovery (ASR) in irrigation water supply and water reuse, International Water Week 2011, Amsterdam.





## Bijlage 1 Korte beschrijving van de maatregelen

Nr.	Bouwsteen (type maatregel)	Korte Omschrijving doel / werking van de maatregel
1	Waterberging bovengronds	Doel van seizoensgebonden waterberging is een watervoorraad die kan worden gebruikt in de droge periode voor beregening of irrigatie. Het zoetwaterbasin moet gevuld worden met water van voldoende kwaliteit (zie sectie reguliere zouttoleranties), bijvoorbeeld hemelwater van een dak, of water van goede kwaliteit uit de sloten tijdens de winterperiode.
2	Landbouw: ondiepe berging; vergroten zoetwaterlens	Doel van het vergroten van de zoetwaterlens is het tegengaan van verzilting van de wortelzone. Dit kan op meerdere manieren worden gedaan: door het vergroten van de afstand en/of verdiepen van drainagemiddelen, door de aanleg van extra, diepere drains om brakke kwel af te vangen of door peilgestuurde drainage.
3	Op maat opzetten/verlagen van het slootpeil	Doel van het op maat regelen van het slootpeil is het vergroten van de zoetwaterlens en/of het verminderen van brakke kwel. Met behulp van een verstelbare stuw kan het waterpeil van de sloot worden gereguleerd en kan de afwatering en irrigatie van de drains actief worden gestuurd, zo zorgt de sloot voor peilgestuurde drainage. Met gerichte verlaging van het peil kan de brakke kwel meer naar de sloten ipv naar het perceel worden gericht.
4	Landbouw:bodemcondities verbeteren	Doel van het verbeteren van de bodemcondities is om de infiltratie van regenwater te bevorderen, het vochtvasthoudend vermogen van de bodem te vergroten en om verdamping tegen te gaan. Dit kan door bijvoorbeeld de hoeveelheid organisch materiaal in de grond te vergroten of door over vaste paden te rijden.
5a	Efficiënt beregenen; drip- / sprinkler irrigatie	Doel van efficiënt beregenen is het terugbrengen van het waterverbruik. Met bijvoorbeeld dripirrigatie kan gericht op waar planten staan water worden gegeven en gaat minder water verloren dan bij traditioneel beregenen. Dit kan vooral winst opleveren bij gewassen waarvan de planten op enige afstand van elkaar staan en waarbij niet geploegd hoeft te worden.
5b	Beregenen op maat; vochtgestuurde irrigatie	Doel van beregenen op maat is het terugbrengen van het waterverbruik. Met vochtbalansgestuurde irrigatie wordt mbv bodemvochtmetingen, irrigatiesoftware en weersvoorspellingen bepaald wanneer irrigatie nodig is. Alleen indien nodig wordt geïrrigeerd.



6	Landbouw: soepeler omgaan met zoutnormen	Doel van het soepeler omgaan met zoutnormen is dat de vraag naar zoetwater afneemt en dat een hogere zoutconcentratie wordt geaccepteerd. Hierdoor kan bijvoorbeeld het doorspoelen worden beperkt omdat de sloten zouter mogen worden. Bij het versoepelen van de zoutnormen moet rekening worden gehouden met de zouttolerantie van de gewassen. Bij een aantal gewassen, zoals gras en suikerbieten) kan zonder zoutschade de zoutnorm worden verhoogd, bij gevoelige gewassen zoals fruit en bloemen kan dit tot schade leiden.
7a	Aanpassen teelten (teeltinnovatie)	Doel van het aanpassen van de teelt is dat de vraag naar zoetwater afneemt en dat een hogere zoutconcentratie wordt geaccepteerd. Binnen gewassen is variatie in de zouttolerantie aanwezig, door de keuze voor een zouttolerantere cultivar kan de zoutschadedrempel worden verhoogd. Door veredeling van gewassen komen mogelijk meer zouttolerante cultivar op de markt.
7b	Aanpassen teelten (zoutminnende vegetatie)	Doel van overstappen op zoutminnende vegetatie is dat een hogere zoutconcentratie wordt geaccepteerd. Bij een overstap op zoutminnende gewassen is het van belang dat er altijd voldoende zout water beschikbaar is, dit kan op locaties met een zeer sterke zoute kwel waar zich geen zoetwaterlens ontwikkelt, of op plaatsen waar met zout water kan worden beegend.
8	Landbouw: verplaatsen van bedrijven	Doel van verplaatsing bedrijven is het matchen van de watervraag en waterbeschikbaarheid. Bedrijven of teelten met een hoge zoutgevoeligheid zouden zich hierbij kunnen concentreren in een gebied waar zoet water beschikbaar is of wordt gemaakt.
9a	Opslag & onttrekking ondergronds (in kreekruigen)	Het doel van waterwinning uit een ondergrondse aquifer is het beschikbaar maken van het zoete grondwater voor de landbouw. Maatregelen om zoet water te onttrekken uit de ondergrond worden al veel toegepast, bijvoorbeeld in kreekruigen en in gebieden met dekzand waar de zoetwaterbel voldoende dik is, bijvoorbeeld met behulp van horizontale drains.
9b	Opslag & onttrekking ondergronds (in diepe aquifers)	Indien het water in het watervoerend pakket onder de holocene deklaag voldoende zoet is kan dit met een verticale put worden opgepompt voor het gebruik van gietwater. Voor duurzaam watergebruik is het van belang dat er voldoende aanvulling is in het watervoerend pakket.



9c	Vergroten opslag ondergronds (in kreekruggen, diepe aquifers)	Doel van het vergroten van de ondergrondse opslag is het vergroten van de watervoorraad die kan worden gebruikt in de droge periode voor beregening of irrigatie. Met irrigatie via een bassin (de zogenaamde LASR) of peilgestuurde drainage kan de hoeveelheid zoetwater in bijvoorbeeld kreekruggen actief worden vergroot. Door het afvangen van brakke kwel met behulp van een diepe drain of verticale onttrekkingen kan tevens de grootte van de zoetwaterlens kan toenemen (Freshmaker).
10	Ontzilten brak water	Doel is om brak of zoutwater geschikt te maken voor gietwater mbv ontzilting. Traditioneel wordt dit met membraanfiltratie gedaan wat water van hoge kwaliteit oplevert, dit wordt toegepast in de tuinbouw. Een nieuwere mogelijk goedkopere techniek is MEMSTILL waarbij mbv warmte wordt ontzilt. Voor de laatste techniek is (rest)warmte vereist.
11	Aftakking van een landbouwwaterleiding	Door een landbouwwaterleiding kan zoetwater worden aangevoerd naar een gebied waar dit niet voldoende aanwezig is, dit gebeurt meestal door een commerciële partij.



## Bijlage 2 Overzicht van de inschatting van de effectiviteit en kosten van de maatregelen

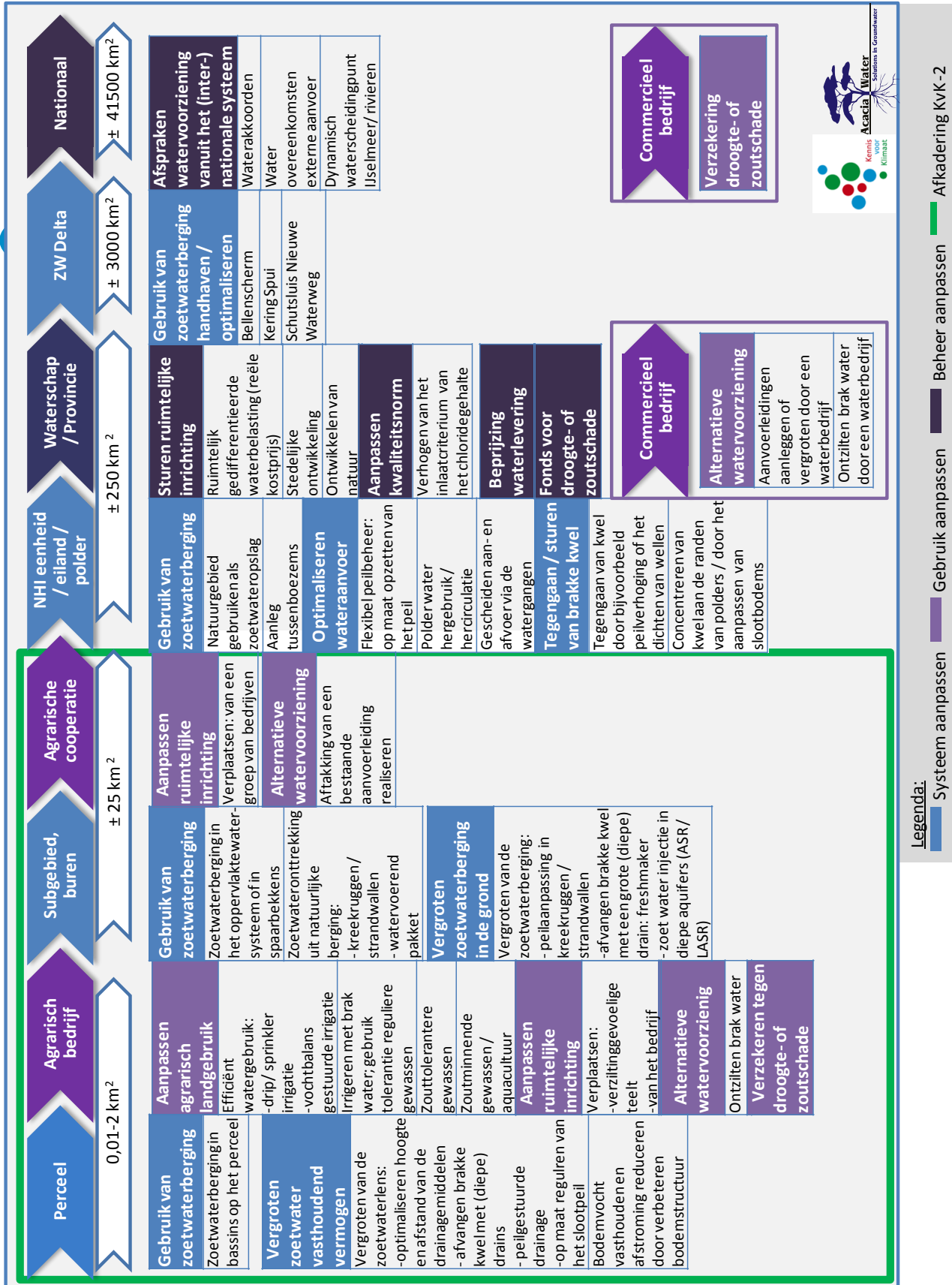
Nr.	Bouwsteen (type maatregel)	Effectiviteit van de maatregel (+, ++ of +++)	De maatschappelijke, politiek-bestuurlijke en technische haalbaarheid  (1 tot 10, 10 zeer haalbaar)	De uitvoerbaarheid:  • Voor 2020 • Tussen 2020 en 2050 • Na 2050
1	Waterberging bovengronds	++	3-10 (afhankelijk van grondbeschikbaarheid / -prijs)	Voor 2020
2	Landbouw: ondiepe berging; vergroten zoetwaterlens	+  (water komt niet vrij beschikbaar)	5  (Onderzoek loopt nog)	Tussen 2020 en 2050
3	Op maat opzetten/verlagen van het slootpeil	+ (water komt niet vrij beschikbaar)	5-10  (Toegepast in bijv. Brabantse Delta, onderzoek kwantificering loopt nog)	Tussen 2020 en 2050
4	Landbouw:bodemcondities verbeteren	+ tot ++ (afhankelijk van bodemsoort)	5 (toepassing aanbrengen van organisch materiaal beperkt door mestwetgeving)	Voor 2020
5a	Efficiënt beregenen; drip- / sprinkler irrigatie	++	10 (fruitteelt)  4 (akkerbouw waarbij geploegd moet worden)	Voor 2020
5b	Beregenen op maat; vochtgestuurde irrigatie	++	5 (nog niet uitontwikkeld)	Voor 2020
6	Landbouw: soepeler omgaan met zoutnormen	++	6	Voor 2020
7a	Aanpassen teelten (teeltinnovatie)	++	5  (onderzoek zouttolerante cultivar en teeltinnovatie loopt nog)	Tussen 2020 en 2050
7b	Aanpassen teelten (zoutminnende vegetatie)	++	2-5 (discussie over markt voor zoutminnende vegetatie)	Tussen 2020 en 2050
8	Landbouw: verplaatsen van bedrijven	+	3 (weinig maatschappelijk draagvlak?)	Tussen 2020 en 2050



9a	Opslag & onttrekking ondergronds (in kreekruigen)	+++	10	Tussen 2020 en 2050
9b	Opslag & onttrekking ondergronds (in diepe aquifers)	+++	10 (vaste teelt, voor roulerende teelt een te grote investering)	
9c	Vergroten opslag ondergronds (in kreekruigen, diepe aquifers)	+++	8 (ASR) 3 (Freshmaker; onderzoek loopt nog)	Voor 2020
10	Ontzilten brak water	++	10 (voor het ontzilten van licht brak water bij kassen; membraanfiltratie) 5 (memstill: rest-warmte nodig)	Voor 2020
11	Aftakking van een landbouwwaterleiding	+++	8	Voor 2020



## Bijlage 3 Gedetailleerd maatregeloverzicht op verschillende schaalniveaus



Legenda:

Systeme aanpassen   Gebruik aanpassen   Beheer aanpassen   Afkadering KvK-2



Kennis Acadia Water Samen in Grondwater Klimaat



## Bijlage 4 Overzicht uitvoeringsstadia maatregelen

<b>Systeem maatregelen</b>					
<b>Vergroten zoetwater vasthoudend vermogen</b>					
Optimaliseren afstand van de drainagemiddelen	■	■	■	■	Deskstudie - Pilot
Optimaliseren diepte van de drainagebasis	■	■	■	■	Deskstudie - Pilot
Afvangen brakke kwel met behulp van (diepe) drains	■	■	■	■	Pilot
Peilgestuurde drainage	■	■	■	■	Pilot - Dagelijkse praktijk
Op maat opzetten/verlagen van het slootpeil	■	■	■	■	Pilot
Bodemvocht vasthouden door verbeteren bodemstructuur	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
<b>Gebruik van zoetwaterberging</b>					
Zoetwaterberging in bassins op het perceel	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
Zoetwater onttrekking uit kreekruigen	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
Zoetwater onttrekking uit watervoerend pakket onder de deklaag	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
<b>Vergroten zoetwaterberging in de grond</b>					
Vergroten van de zoetwaterberging: peilaanpassing in kreekruigen	■	■	■	■	Pilot
Vergroten van de zoetwaterberging: freshmaker	■	■	■	■	Deskstudie
Vergroten van de zoetwaterberging: zoet water injectie (ASR)	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
Aftakking van een bestaande aanvoerleiding realiseren	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
<b>Gebruiksmaatregelen</b>					
<b>Aanpassen agrarisch landgebruik</b>					
Efficiënt watergebruik: drip/ sprinkler irrigatie	■	■	■	■	Dagelijkse praktijk
Efficiënt watergebruik: vochtbalans gestuurde irrigatie	■	■	■	■	Pilot
Irrigeren met (licht) brak water; gebruiken tolerantie gewassen	■	■	■	■	Deskstudie - Pilot
Overstap op zouttolerantere gewassen	■	■	■	■	Deskstudie - Pilot
Overstap op zoutminnende gewassen / aquacultuur	■	■	■	■	Pilot





Ontwikkelen van wetenschappelijke en toegepaste kennis voor een  
klimaatbestendige inrichting van Nederland en het creëren van een  
duurzame kennisinfrastructuur voor het omgaan met klimaatverandering

## Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

Secretariaat:

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 7881

E [office@kennisvoorklimaat.nl](mailto:office@kennisvoorklimaat.nl)

Communicatie:

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 6540

E [info@kennisvoorklimaat.nl](mailto:info@kennisvoorklimaat.nl)

[www.kennisvoorklimaat.nl](http://www.kennisvoorklimaat.nl)

