

Zuidwestelijke Delta



Kennis  
voor  
Klimaat

# Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta een verkenning



The background of the slide is a solid green color. Overlaid on this background are several thin, white, concentric circles of varying diameters, centered in the right half of the slide. The circles create a ripple effect, with the largest circle nearly touching the right and bottom edges of the frame.

# Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta een verkenning

KvK rapportnummer KvK 017/09

ISBN 978-94-90070-15-1

### Copyright © 2009

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.

### Contactinformatie

Programmabureau Kennis voor Klimaat

#### Secretariaat

p/a Universiteit Utrecht

Postbus 80115

3508 TC Utrecht

T +31 88 335 78 81

office@kennisvoorklimaat.nl

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

#### Communicatie

p/a Alterra, Wageningen UR

Postbus 47

6700 AA Wageningen

T +31 317 48 65 40

info@kennisvoorklimaat.nl

# Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta een verkenning

## Initiatiefnemers en opdrachtgevers



Zuidwestelijke Delta



## In samenwerking met



Hoogheemraadschap van Delfland

Provincie Noord-Brabant



provincie HOLLAND  
ZUID



Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Ministerie van Landbouw, Natuur en  
Voedselkwaliteit

## Uitvoerende partijen



KWR





# Voorwoord

Voor u ligt het rapport 'Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta – een verkenning'.

Ter ondersteuning van de politiek bestuurlijke besluitvorming over de toekomst van het Volkerak-Zoommeer heeft het nationaal onderzoekprogramma Kennis voor Klimaat de wetenschappelijke kennis en inzichten, die hiervoor van belang zijn, op een rijtje gezet.

Het doel van de verkenning is tweeërlei: het optimaal en onafhankelijk informeren van de Tweede Kamer over de implicaties van het zout maken van het Volkerak-Zoommeer en het opstellen van een agenda voor onderzoek dat nodig is voor het nemen van vervolgstappen in de waterhuishouding voor de Zuidwestelijke Delta. Wij hebben de nadruk gelegd op de lange termijn: in hoeverre past het zout maken van het Volkerak-Zoommeer in een lange termijn strategie voor klimaatadaptatie.

Met deze studie geven wij een onderbouwd beeld van de huidige kennis en inzichten. Wij komen tot de conclusie dat de huidige praktijk van het waterbeheer (het zgn zoetspoelen), ongeacht het zout maken van het Volkerak-Zoommeer, als gevolg van ontwikkelingen in het klimaat en in de landbouw binnen afzienbare termijn zijn grenzen nadert. Er is voldoende kennis voorhanden om bij een zout Volkerak-Zoommeer tot een effectieve zoetwatervoorziening te komen. Voor de verdere toekomst van de waterhuishouding van de Zuidwestelijke Delta liggen er nog verschillende opties open, ook als het klimaat verder verandert.

De studie is uitgevoerd op initiatief van het nationaal onderzoeksprogramma Kennis voor Klimaat en het programmabureau Zuidwestelijke Delta onder gezamenlijke verantwoordelijkheid van de onafhankelijke kennisinstututen Deltares, Wageningen UR/Alterra, TNO, KWR Watercycle Research Institute en Acacia Water. De studie is gefinancierd door Kennis voor Klimaat met co-financiering van vele andere partijen, waaronder provincies en waterschappen in de regio, en de ministeries van LNV en Verkeer en Waterstaat.

Gaarne wil ik de onderzoekers en de betrokken partijen gelukwensen met het resultaat van deze verkenning. In het bijzonder wil ik de mensen van Acacia Water bedanken voor het bijeenbrengen van alle deskundigen en voor het zeer verhelderend weergeven van wat wij wel en nog niet weten.

Wij vertrouwen erop dat het bevoegd gezag nu de stappen kan nemen die nodig zijn voor het ontwikkelen en behouden van een welvarende Delta waar het goed wonen, werken en recreëren is.

**Prof.dr.ir. Pier Vellinga**

**Voorzitter Raad van Bestuur Kennis voor Klimaat**

# Samenvatting

## Vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta – een verkenning

### De huidige situatie en verwachte ontwikkelingen

Deze verkenning richt zich op de Zuidwestelijke Delta. De Deltawerken hebben de beschikbaarheid van zoetwater sterk verbeterd. Maar hierdoor zijn ook problemen ontstaan, bijvoorbeeld blauwalgen in het Volkerak-Zoommeer en een slechte ecologische toestand in de Grevelingen. Ook de biodiversiteit van poldersloten is veelal laag, doordat de seizoensvariatie van zowel het waterpeil ('s zomers hoog en 's winters laag) als het zoutgehalte (zoet in de zomer en brak in de winter) tegennatuurlijk is.

Vraag en aanbod van zoetwater worden op korte termijn beïnvloed door een zout Volkerak-Zoommeer en de kier van de Haringvlietsluizen (menselijke ingrepen), op de langere termijn door klimaatverandering en de trend naar meer hoogrenderende, zoutgevoelige en watervragende teelten. Door zeespiegelstijging en vaker lage rivierafvoeren zal de zoutbelasting door zoute kwel toenemen en zal meer zout via de Nieuwe Waterweg binnendringen. Door drogere, warmere zomers zullen er grotere hoeveelheden zoetwater in het regionale watersysteem moeten worden ingelaten om aan de toenemende zoetwatervraag te kunnen voldoen. In de toekomst zal er daarom, vaker dan nu, sprake zijn van schaarste aan kwalitatief voldoende zoetwater.

### Doelstelling en doelgroep verkenning

Op verzoek van de bewindslieden van LNV en V&W heeft de stuurgroep Zuidwestelijke Delta<sup>1</sup> het advies “Zoet water Zuidwestelijke Delta” opgesteld. De invalshoek van dit advies is die van *de gebruiker*. Dit is logisch omdat de resultaten van de brede discussie, waarin overheden en belanghebbenden samen met succes naar oplossingen hebben gezocht, de basis vormden voor het advies. De kern is het antwoord op de vraag: “hoe komen we aan voldoende zoet water”.

De verkenning die nu voor u ligt, plaatst het advies van de stuurgroep Zuidwestelijke Delta in een breder perspectief. In een multidisciplinaire joint fact finding zijn *gebiedskennmerken* als invalshoek gekozen. Zoetwaterbehoefte en wateraanbod zijn in beeld gebracht, en er is in het bijzonder gekeken naar de toenemende interne en externe verzilting. De kern betreft de vraag: “hoe gaan we om met verzilting”. De

verkenning biedt de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta daarmee, aansluitend op het advies over de zoetwatervoorziening, inzicht in de keuzemogelijkheden voor een klimaatbestendige inrichting en beheer van het gebied. Daarnaast doet de verkenning voorstellen voor nader onderzoek.

### De aanpak en conclusies van de verkenning

Voor acht deelgebieden is met scenario's verkend welke randvoorwaarden nodig zijn om de deelgebieden in het zomerseizoen van voldoende zoetwater te voorzien. Daarbij is uitgegaan van de hydrologische en meteorologische condities van een droge zomer die nu eens in de tien jaar optreedt (situatie 2003), van een zout Volkerak-Zoommeer, de Haringvlietsluizen op een kier (situatie 2015) en van de gevolgen van klimaatverandering (situatie 2050). Voor de verwachte klimaatverandering is uitgegaan van het meest droge van de vier KNMI-scenario's, het W+-scenario, en zijn water- en zoutbalansen opgesteld. De belangrijkste vier kengetallen hiervoor zijn: (1) de intensiteit van de zoute kwel, (2) het deel van de zoetwateraanvoer dat daadwerkelijk gebruikt wordt voor de zoetwater vragende belangen, (3) de concentratie chloride in het waterlopenstelsel, gemiddeld over de zomer per deelgebied, en (4) de vormen van landgebruik (inclusief natuur) die zoutgevoelig zijn. Er is aangesloten bij het adagium van het ontwerp Nationaal Water Plan: ‘meebewegen (met klimaatverandering) waar mogelijk, weerstand bieden als het niet anders kan en kansen benutten voor welvaart en welzijn’. Vanuit deze lange termijn perspectieven is vervolgens teruggeblikt op de maatregelen die op korte- en middellange termijn noodzakelijk zijn ter compensatie van de effecten van een zout Volkerak-Zoommeer. Hierbij is gekeken naar maatregelen met een hoog ‘geen spijt’ gehalte, naar het moment waarop, en naar de reden waarom deze zouden moeten worden genomen.

**Conclusie op basis van de water- en zoutbalansen:** Voor beregening van landbouwgewassen uit de sloot moet vanwege interne verzilting door kwel veel water in het regionale watersysteem worden ingelaten. Het polderwatersysteem is immers vaak een volledig gemengd systeem met de aan- en afvoer van water in dezelfde sloten. Het percentage water van de inlaat dat uiteindelijk voor beregening wordt gebruikt, is daardoor zeer laag. Het doorspoelen van

<sup>1</sup> Stuurgroep Zuidwestelijke Delta. Zoet water Zuidwestelijke Delta. Een voorstel voor een regionale zoetwatervoorziening. juni 2009

de sloten ten bate van beregning is daarmee niet efficiënt. Dit percentage (< 5%) neemt vooral door de gevolgen van de klimaatverandering nog verder af. De regionale zoetwatervoorziening wordt daardoor nog afhankelijker van het hoofwatersysteem.

## Mogelijke beleidsstrategieën voor de lange termijn

**Weerstand (blijven) bieden tegen verzilting:** Voor een logische en consistente voortzetting van een weerstandstrategie zijn maatregelen gewenst waardoor minder water nodig is voor het doorspoelen en het peilbeheer. Concreet betekent dit een gescheiden aan- en afvoer, waardoor een structurele aanpassing van het waterhuishoudkundige systeem nodig is. De afhankelijkheid van aanvoer vanuit het hoofwatersysteem neemt af en het niveau van zelfvoorziening in de regio neemt toe. Er zijn bijkomende voordelen. Zo is de waterkwaliteit van afzonderlijke brakke, voedselrijke kwel- en drainagesloten en zoete, voedselarme aanvoersloten veel optimaler in te richten dan in de huidige lichtbrakke combisloot. De beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw als publieke voorziening blijft gehandhaafd. Een efficiëntere zoutbestrijding in Rijnmond ondersteunt deze strategie.

**Meebewegen met verzilting:** Bij deze strategie wordt de zoutbestrijding losgelaten. Het binnendringende zout op de Nieuwe Waterweg (externe verzilting) en het regionale watersysteem wordt niet langer geweerd. Bij deze strategie behoudt het regionale watersysteem zijn oorspronkelijke functie van drainage- en afvoersysteem en hoeft niet langer water vanuit het hoofwatersysteem te worden ingelaten. Deze strategie betekent automatisch dat de landbouwwatervoorziening zal worden losgekoppeld van de waterhuishouding. Deze ont koppeling kan neerkomen op de verplaatsing van teelten ('functie mijdt zout'). Maar er kan ook een markt ontstaan van vraag en aanbod van water via de waterketen (private levering) in plaats van de huidige waterhuishouding als publieke voorziening.

**Hybride oplossingen:** Een combinatie van bovenstaande strategieën binnen één waterhuishoudkundige eenheid ligt niet voor de hand. De strategieën zijn in termen van maatregelen immers totaal verschillend. Een (gedeeltelijk) gescheiden aan- en afvoer van water in combinatie met een kunstmatige aanvoer en besparend gebruik binnen één waterhuishoudkundige eenheid leidt tot extra kosten en minder efficiëntie. Ook de afgeleide (milieu)effecten zijn eerder negatief dan positief. Toch kunnen hybride oplossingen, in de vorm van ruimtelijk gedifferentieerd maatwerk, niet op voorhand worden uitgesloten.

### Strategie van het onderzoeksgebied

Waar en wanneer welke strategie toe te passen verschilt per deelgebied. In West Brabant is de verzilting beperkt en het huidige waterbeheer kan daar zonder veel aanpassingen en inspanningen klimaatbestendig worden gemaakt. In Delfland en op Noord-Beveland zijn respectievelijk de glastuinbouw en

de fruitteelt grotendeels losgekoppeld van de regionale waterhuishouding. Hier ligt volledige ont koppeling voor de hand, wat voor het waterbeheer de mogelijkheid biedt te kiezen voor meebewegen. Voor de andere deelgebieden is de situatie minder eenduidig. De beregning van akkerbouw, grasland en vollegrondstuinbouwgewassen vindt versnipperd over de gebieden plaats. Bovendien liggen in het bijzonder de kapitaalintensieve teelten, door de noodzakelijke gewasrotatie, elk jaar op een andere plek. Om, bijvoorbeeld, op Goeree-Overflakkee (tulpen) bollen te kunnen telen, moet de zoetwatervoorziening van het gehele gebied zijn ingericht op het beperkte areaal zoutgevoelige teelt dat over de percelen rouleert.

## Onderzoeksaanbevelingen

Uitgaande van het adagium 'weerstand blijven bieden of meebewegen' is ruimtelijk gedifferentieerd, gebiedsgericht maatwerk nodig, waarbij alle keuzes in hun onderlinge samenhang wel moeten passen binnen de strategie voor de hele Zuidwestelijke Delta. Zoetwaterhuishouding is daarbij geen doel op zich maar een middel om functies te faciliteren. Het realiseren van een klimaatbestendige zoetwaterhuishouding is geen geïsoleerde opgave maar houdt direct verband met andere klimaatopgaven als kustveiligheid en rivierveiligheid. Het participatieve proces in de regio was gebaseerd op lotsverbondenheid en commitment aan het proces om er samen uit te komen. De vraag is nu of ook voor de fundamentele keuzes voor de lange termijn ten aanzien van de afstemming van de zoetwaterhuishouding en de ontwikkeling van de landbouw (en de natuur) een vergelijkbare brede participatieve aanpak mogelijk is. Concrete aanbevelingen zijn de volgende:

1. 'Ontwerp mogelijke combinaties van beleidsalternatieven voor de zoetwaterhuishouding in de deelstroomgebieden van het hoofwatersysteem en de waterhuishoudkundige eenheden van de regionale watersystemen. Ga hierbij uit van gebiedsspecifieke karakteristieken (maatwerk) enerzijds en ruimtelijke samenhang tussen deelgebieden anderzijds.'
2. 'Verbindt aan de beleidskeuzes voor de zoetwaterhuishouding de consequenties voor al dan niet gewenste sturing vanuit de overheid en de mogelijke ruimte voor zelforganiserende ontwikkeling door private initiatieven.'
3. 'Bekijk of lange termijn keuzes ten aanzien van beleidsalternatieven voor de klimaatbestendige afstemming van de zoetwaterhuishouding en de ontwikkeling van de landbouw onderwerp kunnen zijn van een participatieve aanpak (waarbij maatschappelijk draagvlak voor de keuze uitgangspunt is in plaats van ongewis resultaat).'
4. 'Inventariseer hoe een gekozen regionaal beleidsalternatief doorvertaald kan worden in een handelingsperspectief voor de lokale agrarische ondernemer en de publieke instanties (waterschap, provincie, rijksoverheid).'
5. 'Inventariseer of er (ruimtelijk gedifferentieerde) kansen zijn om de aanpak van de opgaven voor de zoetwatervoorziening met die van andere watergerelateerde klimaatopgaven (kustveiligheid, rivierveiligheid) te verbinden.'





# Inhoudsopgave

<b>1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>Ontwikkeling wateraanbod en waterbehoefte</b>	<b>30</b>
1.1	Opdrachtschrijving	11	4.1	Water- en zoutbalansen en wateraanbod	31
1.2	Studiegebied	11	4.2	Waterbehoefte vanuit het perspectief van sectoren	33
1.3	De huidige situatie	12	4.3	Waterbehoefte per sector	34
1.4	Verwachte ontwikkelingen	14	4.3.1	Waterbehoefte tuinbouw	34
1.5	Probleemverkenning	15	4.3.2	Waterbehoefte akkerbouw	34
1.6	Doelstelling verkenning - doelgroep	16	4.3.3	Waterbehoefte grasland/veeteelt	34
1.7	Leeswijzer	16	4.3.4	Waterbehoefte glastuinbouw (Voorne-Putten, Delfland)	35
<b>2</b>	<b>Beschrijving van de Zuidwestelijke Delta</b>	<b>18</b>	4.3.5	Waterbehoefte drinkwater	36
2.1	Geologische achtergronden	19	4.3.6	Waterbehoefte industrie	36
2.2	Algemene hydrologische kenmerken van de regio	19	4.4	Zoutgevoeligheid per sector	38
2.3	Grondwater: verzilting, kwel en zoete regenwaterlenzen	19	4.4.1	Zoutgevoeligheid van de landbouw	38
2.4	Huidig waterbeheer voor zoutbestrijding	22	4.4.2	Zoutgevoeligheid van de industrie	39
2.5	Effect van zeespiegelstijging, bodemdaling en klimaatverandering op verzilting	22	4.4.3	Zouttolerantie van de natuur	39
2.6	Huidig ruimtegebruik en sociaal economische context	23	4.5	Conclusies over klimaatbestendigheid	42
<b>3</b>	<b>De aanpak van de verkenning</b>	<b>24</b>	4.5.1	Kritische ruimtegebruikfuncties tot 2015	42
3.1	Scenario's	25	4.5.2	Kritische ruimtegebruikfuncties tot 2050	42
3.2	Water- en zoutbalansen en kengetallen	26	4.6	Risicobeschouwing	42
3.2.1	Waterbalansen	26	<b>5</b>	<b>Mogelijke beleidsstrategieën voor de lange termijn</b>	<b>44</b>
3.2.2	Zoutbalansen	26	5.1	Optie 1: weerstand (blijven) bieden tegen verzilting door systeemaanpassing	45
3.2.3	Kengetallen	26	5.1.1	Consequenties	45
3.3	Bepaling van de waterbehoefte	26	5.1.2	Maatregelen	45
3.3.1	Beregeningsbehoefte	26	5.2	Optie 2: meebewegen met verzilting en ontkoppelen van het landbouwwatergebruik	46
3.3.2	Glastuinbouw	27	5.2.1	Consequenties	46
3.3.3	Industrie en drinkwater	27	5.2.2	Maatregelen	46
3.3.4	Natuurgebieden	27	5.3	Optie 3: hybride oplossingen	46
3.4	Zouttoleranties van landbouw, natuur en economische functies	27	5.4	Waar en wanneer welke strategie?	47
3.4.1	Industriewater en drinkwater	27	<b>6</b>	<b>Conclusies</b>	<b>48</b>
3.4.2	Landbouw	27	6.1	Huidige situatie en verwachte ontwikkelingen	49
3.4.3	Natuur	28	6.2	Uitkomsten van de verkenning	49
3.5	Gebruikte invoergegevens voor de water- en zoutbalansen in de deelgebieden	28	6.3	Mogelijke beleidsstrategieën	50
3.5.1	Oppervlakten deelgebieden	28	<b>7</b>	<b>Onderzoeksvragen kennisagenda</b>	<b>52</b>
3.5.2	Klimaatsinvloeden op de waterbalans in het W+ scenario	28	7.1	Algemene onderzoeksaanbevelingen	53
3.5.3	Berekening	28	7.2	Technisch-inhoudelijke onderzoeksagenda	54
3.5.4	Peilbeheer en doorspoeling	28	<b>Definities</b>	<b>57</b>	
3.5.5	Instroom en uitstroom	28	<b>Referenties</b>	<b>58</b>	
3.5.6	Kwelwater	29	<b>Bijlagen</b>	<b>61</b>	
3.6	Strategieën en maatregelen	29	<b>Colofon</b>	<b>79</b>	

# 1 Inleiding

## 1.1 Opdrachtomschrijving

Hoe kan de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta in de toekomst gegarandeerd blijven? De Stuurgroep Zuidwestelijke Delta en haar programmabureau hebben hier een realistisch, samenhangend en tussen de provincies afgestemd voorstel met oplossingen en strategieën voor ontwikkeld (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009). Op basis van het voorstel heeft de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta de staatssecretaris van Verkeer en Waterstaat en de minister van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit geadviseerd over de gewenste en noodzakelijke regionale zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta. De onderhavige studie (verder genoemd: verkenning) is uitgevoerd ter ondersteuning van het advies aan de bewindslieden.

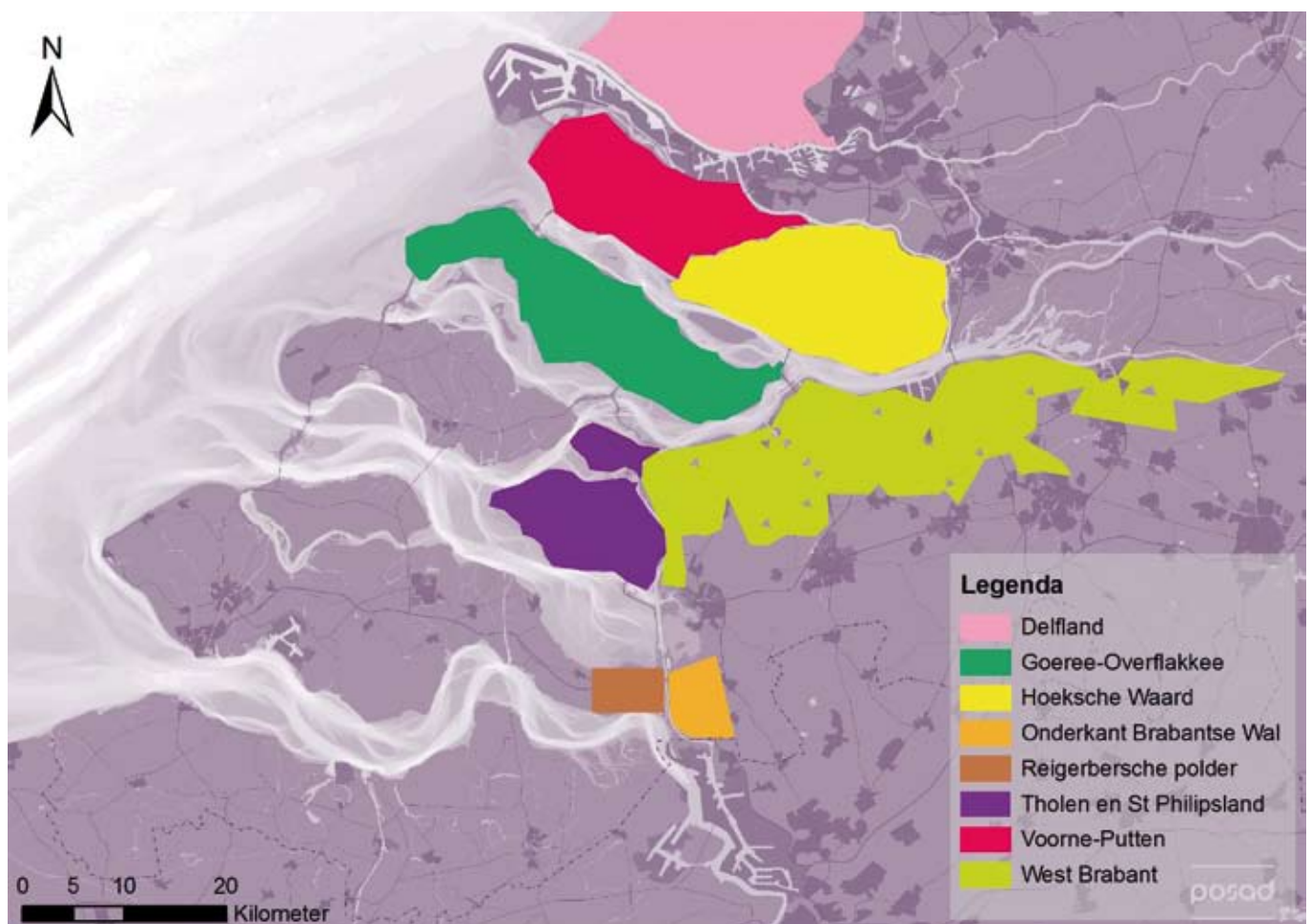
Het wordt in de toekomst steeds moeilijker de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta op het huidige serviceniveau te garanderen. Dit komt door verschillende oorzaken zoals de autonome interne verzilting<sup>2</sup>, het wegvallen van het Volkerak-Zoommeer (VZM<sup>3</sup>) als zoetwaterbron en de klimaatverandering. De oplossingen en strategieën in het

voorstel moeten klimaatbestendig zijn en moeten passen binnen het langetermijnperspectief dat de Commissie Veerman heeft geschetst en dat is opgenomen in het Nationaal Waterplan.

## 1.2 Studiegebied

Deze verkenning richt zich op deelgebieden in het zuidwesten van Nederland waarvan de zoetwatervoorziening mogelijk kan worden beïnvloed door het zout maken van het VZM en het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen (figuur 1). De *deelgebieden* per provincie zijn:

- Zuid-Holland: Voorne-Putten, Hoeksche Waard, Delfland, Goeree-Overflakkee;
- Zeeland: Tholen, Sint Philipsland & gedeeltelijk Zuid-Beveland (Voor Zuid-Beveland gaat het alleen om de kleine Reigersbergsche Polder (1000 ha), grenzend aan het Bathse spuikanaal);
- Noord-Brabant: de peilbeheerste gebieden in West-Brabant, en ook de polders direct ten oosten van het Bathse spuikanaal/Schelde-Rijnkanaal (onderaan de Brabantse Wal).



**Figuur 1** Deelgebieden van de verkenning (Delfland staat niet geheel op de kaart).

<sup>2</sup> Interne verzilting is verzilting die wordt veroorzaakt door kwelwater met een hoge concentratie chloride.

<sup>3</sup> In dit rapport zal naar het Volkerak-Zoommeer worden verwezen als VZM.

### 1.3 De huidige situatie

De Deltawerken hebben de beschikbaarheid van zoetwater in deze deelgebieden van de Zuidwestelijke Delta sterk verbeterd. Het Hollandsch Diep, het Haringvliet en het VZM zijn zoet geworden en dankzij de Haringvlietstuiven kan ook bij lage rivierafvoeren voldoende rivierwater door de Nieuwe Waterweg worden gestuurd om de indringing van zout vanuit zee tegen te gaan. Belangrijke punten voor de inname van zoetwater kunnen daardoor zoet worden gehouden en de waterschappen kunnen een hoog serviceniveau<sup>4</sup> aanbieden aan de grondgebonden sectoren, zowel kwantitatief (voldoende water) als kwalitatief (een laag zoutgehalte). Dankzij dit hoge serviceniveau heeft de landbouw in de Zuidwestelijke Delta zich spectaculair ontwikkeld en is het

areaal toegenomen waar hoog renderende, zoutgevoelige teelten worden verbouwd met een grote behoefte aan zoetwater. Voorbeelden zijn de fruitteelt, de bollenteelt en sommige teelten in de vollegrondstuinbouw.

De watervoorziening vanuit het hoofwatersysteem (HWS) naar de deelgebieden kan steeds minder los worden gezien van veranderingen in de aan- en afvoer van water via de bediening van de keringen en stuwen in het HWS zelf. Deze veranderingen hebben steeds meer invloed op zowel de hoeveelheid water die vanuit het HWS beschikbaar is als de verblijftijd en kwaliteit (zoutgehalte) van het water in het HWS. Bij de waterbeheersing van het HWS wordt rekening gehouden met de behoeften aan zoetwater voor de polders. Een groot deel van het beschikbare rivierwater is nodig voor

#### Zoet, brak of zout

De classificatie van het zoutgehalte van water hangt af van de perceptie van de gebruiker. Hier worden dan ook verschillende indelingen voor gehanteerd. De indeling van Stuyfzand is gerelateerd aan drinkwater. Zo is de grens direct gerelateerd aan de streefwaarde voor grondwater en is de grens tussen zoet en brak ingegeven door de smaakgrens van water. De indeling van Wamelink en Runhaar is gerelateerd aan de vegetatietypen op basis van het ecotopensysteem.

	Stuyfzand (1993)	Wamelink & Runhaar (2000)
Klassen	mg NaCl/l	mg NaCl/l
Zeet zoet (oligosalien)	0 - 5	0 - 150
Zeet zoet - Zoet	5 - 30	-
Zoet	30 - 150	150 - 300
Zoet - Brak	150 - 300	300 - 1000
Brak	300 - 1000	1000 - 5000
Brak - Zout	1000 - 10000	5000 - 10000
Zout	10000 - 20000	>10000
Hypersalien	> 20000	

Ook voor de deelgebieden van deze verkenning worden voor de definitie van zoet, brak en zout verschillende grenswaarden gehanteerd. Zo is in de provincie Zeeland een andere indeling gebruikelijk dan in de provincie Zuid-Holland. In Zeeland is de term landbouwkundig zoet geïntroduceerd, zijnde 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l als grens tussen zoet en brak grondwater. Door Waterschap Brabantse Delta worden andere (lagere) grenswaarden gehanteerd voor de concentraties chloride dan in Zeeland.

De definities voor zoet, brak en zout grondwater waar in deze verkenning van is uitgegaan, zijn

Zoet: <1000 mg Cl<sup>-</sup>/l

Brak: 1000 – 3000 mg Cl<sup>-</sup>/l

Zout: >3000 mg Cl<sup>-</sup>/l

#### De grootte van de zoutvracht

De grootte van de zoutvracht van het grondwater naar het oppervlaktewater is de grootte van de kwelflux door de deklaag vermenigvuldigd met de concentratie chloride aan de onderkant van de deklaag.

#### Interne verzilting

Met interne verzilting wordt bedoeld dat zowel het grondwater als het oppervlaktewater verzilt onder invloed van steeds zoutere kwel. Het grondwater in het laaggelegen kustgebied dat nu naar boven komt, is afkomstig uit zoute en brakke mariene lagen en is in de ondergrond achtergebleven toen de zee zich uit dit deel van ons land terugtrok. De zoutconcentraties in het ondiepe grondwater zullen toenemen, ook zonder klimaatverandering, zeespiegelstijging of verdere bodemdaling, omdat het autonome interne verziltingsproces, hoewel het al eeuwen geleden op gang kwam, nog lang niet is uitgewerkt. De stijging van de zeespiegel in combinatie met een lagere rivierafvoer in de zomer vormt de voornaamste oorzaak van het oprukken van de zogenaamde zouttong in met name de Nieuwe Waterweg. Dit mechanisme van verzilting van het hoofdsysteem wordt externe verzilting genoemd.

<sup>4</sup> Een hoog serviceniveau betekent een grote zekerheid van de levering van water met een lage concentratie chloride.

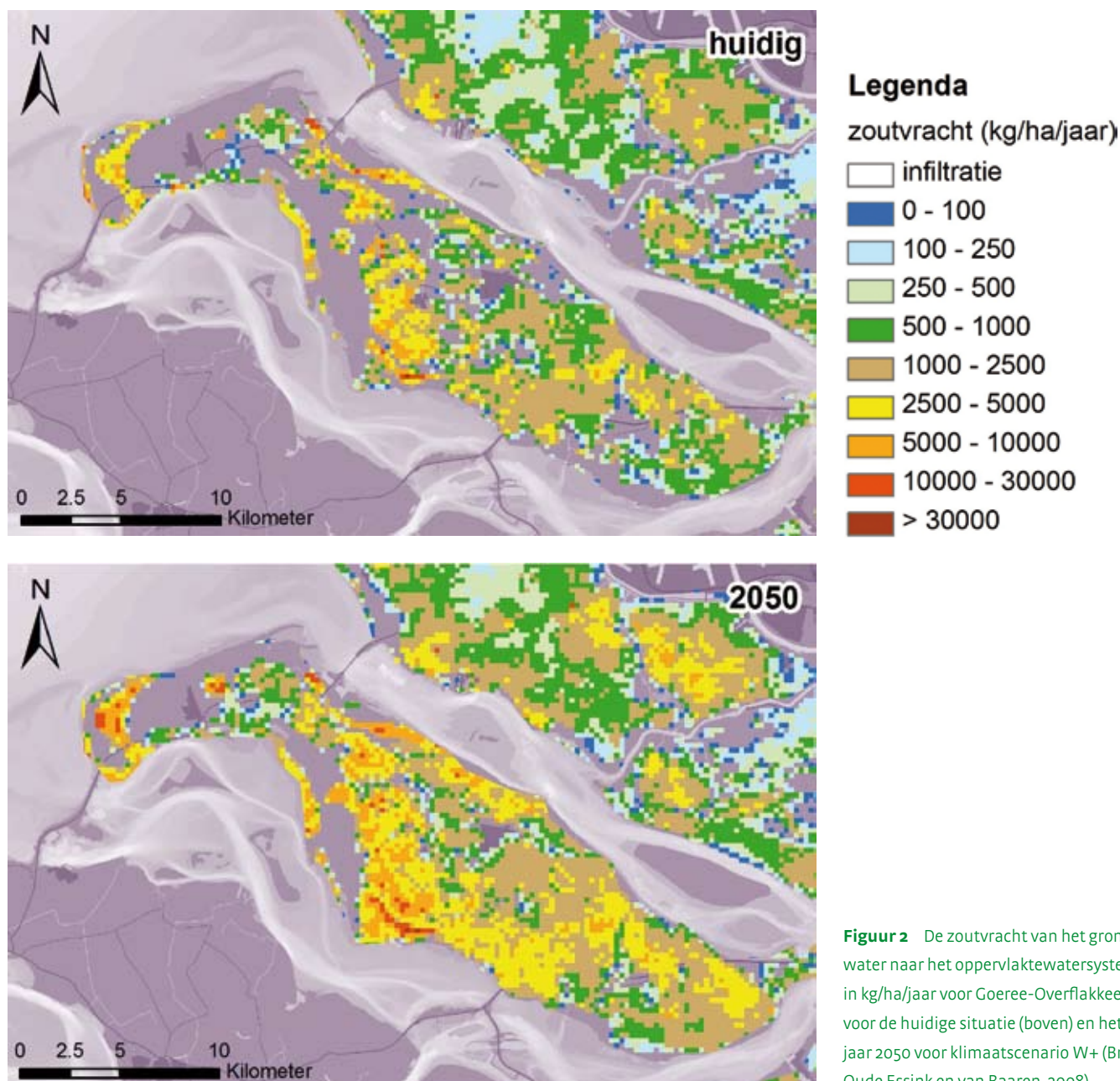
<sup>5</sup> Dit speelt niet in West Brabant.

de zoetwatervoorziening van Midden Holland, voor andere gebruiksfuncties van het water, zoals voldoende vaardiepte voor de scheepvaart, en vooral om de indringing van zout water via de Nieuwe Waterweg tegen te gaan. Een zeer beperkt deel (<2%) van het beschikbare zoete water wordt gebruikt voor de productie van drinkwater.

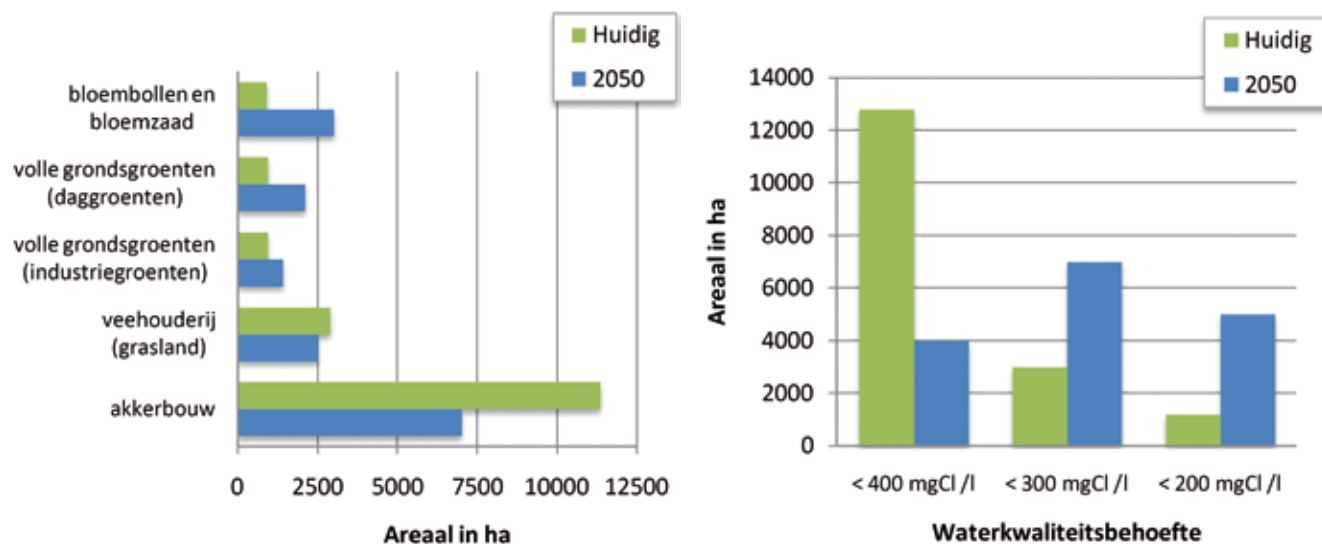
In de Zuidwestelijke Delta is over het algemeen genoeg zoetwater om de verschillende belangen te kunnen bedienen. Wel levert de problematiek van blauwalgen in de zomer problemen op bij het inlaten van water uit het VZM. Ook staat de ecologie van de poldersloot onder druk. De ecologie (Kaderrichtlijn Water) is het meest gebaat bij polderwater dat gedurende het hele jaar óf zoet óf brak is, met een goede zuurstofhuishouding en weinig last van algenbloei door

nutriënten uit het ingelaten buitenwater en kwelwater. In het polderwater treden echter forse fluctuaties in het zoutgehalte op omdat de verblijftijd van het water in de polders van dag tot dag verschilt terwijl de kwel zorgt voor een constante aanvoer van zout kwelwater<sup>5</sup>: Hoge chloride gehalten worden 's winters vooral bereikt als geen neerslagwater toestroomt en 's zomers als er niet wordt doorgespoeld. In een aantal deelgebieden zijn deze fluctuaties zeer nadelig voor de ecologie.

Als verbeteringen van het watersysteem worden voorbereid, kunnen ook natuurbelangen meer dan tot nu toe gebruikelijk worden meegenomen zodat op termijn wel een goede kwaliteit voor flora en fauna kan worden bereikt.



**Figuur 2** De zoutvracht van het grondwater naar het oppervlaktewatersysteem in kg/ha/jaar voor Goeree-Overflakkee voor de huidige situatie (boven) en het jaar 2050 voor klimaatscenario W+ (Bron: Oude Essink en van Baaren, 2008).



**Figuur 3** a. Verwachte verschuiving van de samenstelling van de landbouw op Goeree-Overflakkee.  
b. De verwachte landbouwwaterbehoefte op Goeree-Overflakkee in 2050 (Velstra, 2009).

## 1.4 Verwachte ontwikkelingen

Naar verwachting zullen in de loop van deze eeuw ontwikkelingen plaatsvinden die de beschikbaarheid van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta beïnvloeden. De belangrijkste ontwikkelingen die worden verwacht zijn:

- het op een kier zetten van de sluisen in de Haringvlietdam (december 2010) waardoor het zoutgehalte in het westelijke deel van het Haringvliet zal toenemen;
- het zout maken van het VZM;
- het stijgen van de zeespiegel en het mogelijk vaker voorkomen van zeer lage rivierafvoeren als gevolg van klimaatverandering waardoor de zoutbelasting van het gebied, door steeds zouter wordende kwel, zal toenemen (figuur 2) en meer zout via de Nieuwe Waterweg zal binnendringen. De toename van de zoute kwel zal verder worden versterkt door de bodemdaling;
- het mogelijk vaker voorkomen van droge, warme zomers (zoals die van 2003) met een hoger dan gemiddeld neerslagtekort. Hierdoor zal in de zomer mogelijk vaker, en in grotere hoeveelheden, zoetwater vanuit het hoofdwatersysteem in het regionale watersysteem moeten worden ingelaten;
- de voortzetting van de huidige trend in de verandering van het landgebruik: meer (kapitaalintensieve) zoutgevoelige en watervragende teelten (figuur 3).

Door bovengenoemde ontwikkelingen kan het aanbod van zoetwater veel sterker gaan variëren en vaker laag zijn terwijl de vraag naar zoetwater zal blijven stijgen, aangenomen dat geen sociaaleconomische trendbreuken optreden. In de toekomst kan er, vaker dan nu, sprake zijn van schaarste aan kwalitatief voldoende zoetwater. De beleidsmatig gestelde natuurdoelen komen hierdoor onder druk te staan. Veel

bestuurders voelen de uitdaging om het huidige service-niveau in de regionale zoetwatervoorziening ook in de toekomst te kunnen blijven garanderen, in samenhang met de opgaven die er liggen op het gebied van waterveiligheid, duurzaamheid en economische vitaliteit. Deze opgaven staan verwoord in onder meer het advies van de Commissie Veerman, het Ontwerp Nationaal Waterplan, de Nota Ruimte en de regionale structuurvisie(s) van de provincies.

Figuur 3a toont de verwachte verandering van het landgebruik op Goeree-Overflakkee. Binnen de akkerbouw zien we een verschuiving van graan- en suikerbieten teelt naar aardappelteelt, een toename van vollegrondsgroenten, een snellere groei in productie voor daggroente, en een toename in het areaal bloembollen en bloemzaad (hoog rendement). Hierdoor neemt de vraag naar water van hoge kwaliteit toe, zie figuur 3b (Velstra, 2009).

Mogelijke watertekorten in het groeiseizoen hebben ook een effect op de gewassen. De gewassen op de velden ontvangen hun water voor het grootste deel van regen- en poriënwater (hangwater). In droge perioden is de kans groot dat verwelking optreedt, wat vooral voor jonge planten het einde kan betekenen maar voor alle planten de groei kan vertragen en de opbrengst kan verlagen. Planten kunnen niet optimaal groeien als er een tekort is aan bodemvocht want dan kunnen ze niet genoeg verdampen (met droogteschade als gevolg). Ook functioneren ze minder optimaal als er in het beschikbare water te veel zout zit (met zoutschade als gevolg). Langdurige droogteperioden in de delta en in de stroomgebieden van Rijn en Maas zijn de kritieke omstandigheden voor de zoetwatervoorziening. In die perioden kunnen tekorten aan voldoende zoetwater ontstaan welke kunnen worden aangevuld door beregening uit nabij gelegen poldersloten.

<sup>2</sup> Interne verzilting is verzilting die wordt veroorzaakt door kwelwater met een hoge concentratie chloride.

<sup>3</sup> In dit rapport zal naar het Volkerak-Zoommeer worden verwezen als VZM.

Het grootste probleem van droge zomers is uitdroging van de bodem, meer nog dan de kwaliteit van het oppervlaktewater. Daarom is beregening met brak water in de praktijk onder bepaalde omstandigheden wel een optie.

In perioden met extreme droogte is er sprake van een grote verdamping waarbij de boeren extreem beregenen. Het water in de sloten komt lager te staan en verzilt. Als deze periode samenvalt met een inlaatbeperking ontstaat grote gewasschade.

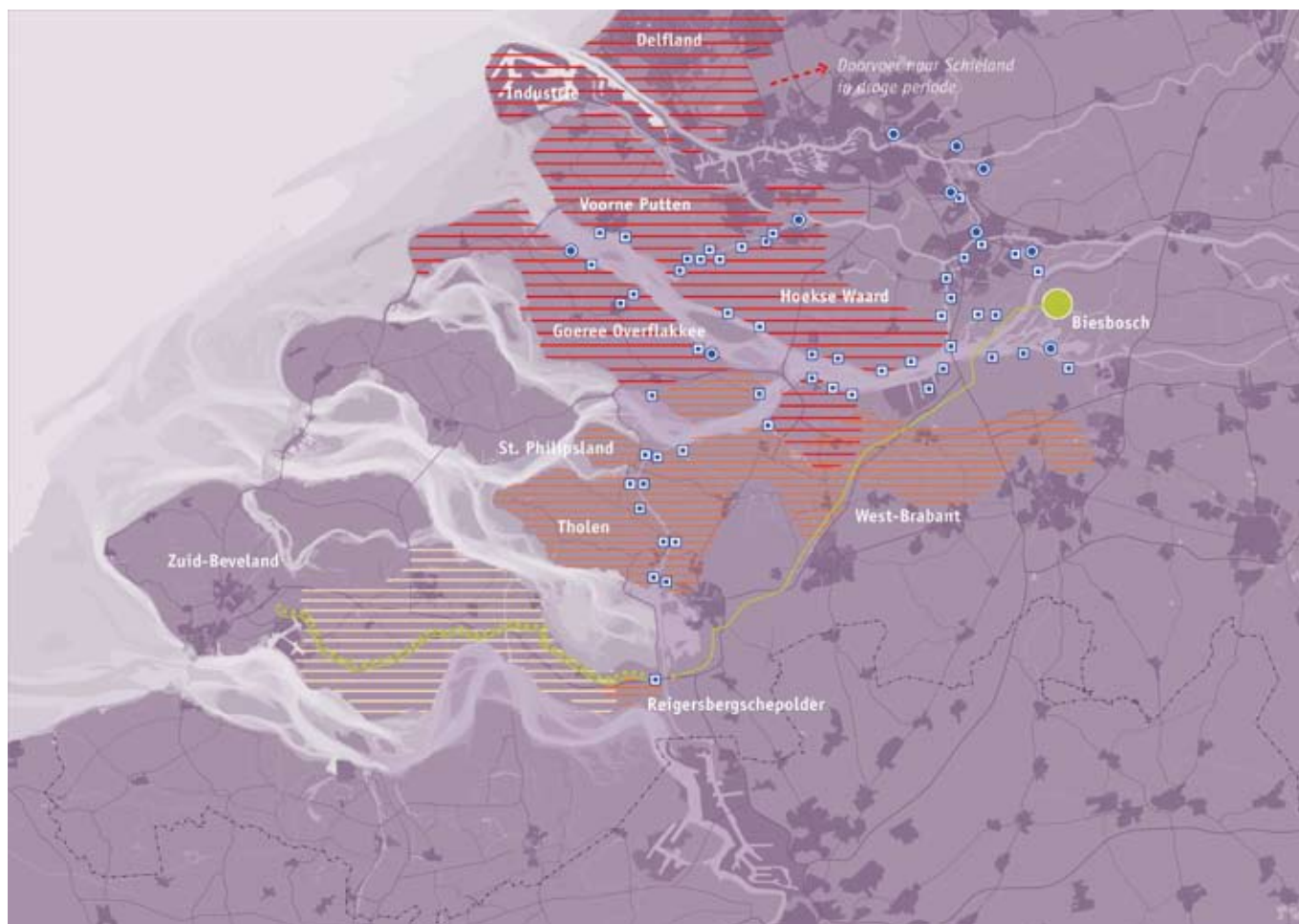
## 1.5 Probleemverkenning

De deltawerken hebben een positieve bijdrage geleverd aan de veiligheid, bereikbaarheid en economie van de zuidwestelijke delta. Echter, door de deltawerken staan de verschillende wateren niet meer in verbinding met elkaar en met de Noordzee en de grote rivieren. Dit heeft geleid tot een afname van de getijdenwerking en een beperkte gradiënt van het zoutgehalte dat zijn weerslag heeft gehad op de natuurlijke rijkdom en biodiversiteit. Tevens heeft het huidige doorspoelbeleid geleid tot een sterke afname van de natuurlijke verversing.

Deze schaduwzijde van de deltawateren, in het bijzonder de verslechtering van de ecologie, was de aanleiding voor het opstellen van de integrale visie op de deltawateren. Daarin

wordt gepleit voor het herstel van de estuariene dynamiek door (1) het weer onderling verbinden van de deltawateren, (2) het herstel van de uitwisseling van water met de Noordzee en (3) het herstel van de doorstroming met rivierwater. Met de uitvoering van de integrale visie kunnen rivierdynamiek, getijdynamiek en zoet-zout gradiënten worden hersteld. De twee belangrijkste ingrepen die hieraan bijdragen, zijn het op een kier zetten van de Haringvlietsluizen en de realisatie van een zout VZM. Dit lange termijn perspectief, waarvoor het VZM het sleutelsysteem is (koppelstuk tussen de rivier en de overige deltawateren), krijgt extra urgentie door de problematiek van blauwalgen in het VZM. Het veelvuldig voorkomen van blauwalgen in het VZM is een direct gevolg van het verdwijnen van de natuurlijke dynamiek. De wens om dit probleem op te lossen heeft geleid tot

-  Afhankelijk van Hollands Diep / Haringvliet
-  Afhankelijk van Volkerak-Zoommeer
-  Afhankelijk van landbouwwaterleiding
-  Innamepunten zoetwater voor drinkwater
-  Innamepunten zoetwater voor landbouw
-  Landbouwwaterleiding Evides
-  Industrie/drinkwaterleiding Evides



**Figuur 4** Huidige afhankelijkheid van zoet water (Bron: Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009).



een verkenning en de daarop gevolgde planstudie en MER. Dit heeft geresulteerd in een eenduidig en door alle betrokken partijen onderschreven advies aan de staatssecretaris om het VZM zout te maken met een geringe getijdynamiek door middel van wateruitwisseling met de Oosterschelde. Hierdoor wordt het probleem met de blauwalgen opgelost en ontstaat er een gezond, robuust en productief zoutwater ecosysteem.

De hoogwaardige regionale zoetwatervoorziening voor de landbouw, drinkwater en industrie watervoorziening is echter sterk afhankelijk van een zoet VZM. Bij een zout VZM zullen goede alternatieven voor de zoetwatervoorziening moeten worden gerealiseerd voordat zout water tot het VZM kan worden toegelaten.

Voor het formuleren van goede alternatieven voor de zoetwatervoorziening van de zuidwestelijke delta zijn regionale discussies gevoerd in verschillende deelgebieden rondom het VZM, waaronder Tholen/Sint Philipsland, West-Brabant, Zuidwest-Brabant/Zuid-Beveland en Zuid-Holland Zuid. Deze gebieden zijn direct afhankelijk van het zoete water uit het VZM (figuur 4) of krijgen te maken met achterwaartse verzilting als dit meer zout wordt. De geformuleerde oplossingen kunnen rekenen op een breed draagvlak bij alle bestuurslagen en belanghebbenden. Een integratie van de regionale discussies door de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta heeft geleid tot een advies aan de staatssecretaris over een regionale zoetwatervoorziening in dit gebied (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009). Het advies biedt alternatieven voor de huidige beschikbaarheid van zoetwater uit het VZM en stelt een tweesporenaanpak voor: aanvoer en besparing. Vooral het aanvoerspoor is uitgewerkt in concrete maatregelen waarmee het huidige serviceniveau (nagenoeg) kan worden gehandhaafd.

## 1.6 Doelstelling verkenning - doelgroep

In aanvulling op, en ter onderbouwing van het advies voor een regionale zoetwatervoorziening (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009) is aan het consortium van kennisinstututen gevraagd een brede probleemverkenning uit te voeren. Het consortium heeft deze vraag beantwoord met een verkenning gebaseerd op bestaande kennis, aangevuld met expert judgment.

Deze verkenning heeft specifiek als doel:

1. te verkennen of aanpassingen van de zoetwatervoorziening en/of het landgebruik in de Zuidwestelijke Delta wenselijk of noodzakelijk zijn met het oog op verwachte ontwikkelingen in de loop van deze eeuw zoals de gevolgen van klimaatverandering;
2. te inventariseren welke kennisvragen beantwoord moeten worden voordat onderbouwd keuzes kunnen worden gemaakt voor eventuele aanpassingen van de zoetwatervoorziening of het landgebruik in de Zuidwestelijke Delta.

Daartoe zijn in deze verkenning vraag en aanbod van zoetwater in de Zuidwestelijke Delta tijdens droge zomers nu en in de loop van deze eeuw in beeld gebracht. Uitgangspunten hierbij zijn het huidige landgebruik, een te realiseren zout VZM, het op een kier zetten van de sluizen van de Haringvlietdam en de bovengrens van de verwachte klimaatverandering in de scenario's van het KNMI (het W+ scenario). Door uit te gaan van het meest droge KNMI-scenario wordt de klimaatbestendigheid (of robuustheid) van het huidige landgebruik (watervraag) en het wateraanbod geëvalueerd.

De conclusies in dit rapport zijn alleen geldig binnen bovengenoemde uitgangspunten. De keuze voor het W+ klimaatscenario betekent dat voor de gevolgen van klimaatverandering is uitgegaan van een (volgens huidige inzichten) reële bovengrens.

Deze studie is uitgevoerd ten behoeve van drie doelgroepen. De verkenning geeft de Stuurgroep Zuidwestelijke Delta inzicht in de keuzemogelijkheden voor het klimaatbestendig inrichten en beheren van het gebied. De Deltaregisseur krijgt dit inzicht in relatie tot de landelijke zoetwaterstudie. De studie schetst voor wetenschappers de stand van zaken van de problematiek in het gebied, de beschikbare kennis en de vragen die moeten worden onderzocht.

## 1.7 Leeswijzer

**Hoofdstuk 2** beschrijft het waterbeheer, het ruimtegebruik en de autonome ontwikkelingen in de gekozen deelgebieden. **Hoofdstuk 3** geeft de gevolgde aanpak weer. De waterbalans en de concentraties chloride in het regionaal oppervlaktewater voor 2003, 2015 en 2050 worden in **hoofdstuk 4** besproken, per deelgebied voor het groeiseizoen in een droge zomer, bij gelijkblijvend ruimtegebruik. In hetzelfde hoofdstuk wordt een inventarisatie gegeven van de zoetwaterbehoefte per sector (akkerbouw, tuinbouw, glastuinbouw, veeteelt, industrie, natuur en drinkwaterproductie) en de randvoorwaarden die deze sectoren aan het beschikbare water stellen in het zomerhalfjaar (concentraties chloride, zouttoleranties). Hoofdstuk 4 eindigt met een evaluatie van de klimaatbestendigheid van het huidige ruimtegebruik in de gekozen deelgebieden.

In **hoofdstuk 5** worden de bevindingen uit de verschillende gebiedsstudies gebruikt om de consequenties van de lange-termijn beleidsstrategieën die in het Ontwerp Nationaal Waterplan zijn geformuleerd, te verkennen. Daarbij wordt aangesloten bij het adagium van het ontwerp Nationaal Water Plan: *'Meebewegen waar mogelijk, weerstand bieden waar het niet anders kan en kansen voor welvaart en welzijn benutten'*. Hierbij is voor beide strategieën geprobeerd een logische en consistente set van handelingsperspectieven te schetsen. **Hoofdstuk 6** vat de conclusies samen. Het rapport sluit af met een kennisagenda in **hoofdstuk 7** waarmee de invulling van deze strategieën kan worden ondersteund.



## 2 Beschrijving van de Zuidwestelijke Delta

## 2.1 Geologische achtergronden

De geologische ontwikkeling van Zuidwest Nederland is in hoge mate bepaald door de relatieve zeespiegelstijging in combinatie met getijden, met een extra grote amplitude in de zeearmen. Verder hebben de grote rivieren (Rijn, Waal, Maas, Schelde) de morfologische ontwikkeling in sterke mate beïnvloed.

De zeespiegelstijging na het einde van de laatste ijstijd leidde allereerst tot een stijging van het grondwater in de kustvlakte, waardoor veen werd gevormd (het Basisveen). Dit werd bedekt door klei en vervolgens wadafzettingen als gevolg van voortdurende zeespiegelstijging. De afzettingen zijn tot ver ten oosten van de huidige kustlijn afgezet.

Toen de kust door strandwallen sloot, verlandde het getijdengebied hierachter en werd weer veen gevormd (het Hollandveen). Na 1000 BC werd de strandwal plaatselijk doorbroken en vond sterke erosie plaats doordat de zee het land binnendrong. Hierdoor erodeerde het Hollandveen deels en ontstond er weer een geulenpatroon. De overstromingen zetten mariene sedimenten af die nu voor het grootste deel aan de oppervlakte liggen. In de Middeleeuwen is op grote schaal veen afgegraven. Dit heeft erosie van het veengebied tijdens latere transgressies in de hand gewerkt. De Schelde heeft tot 1400 AD afgewaterd via de Oosterschelde, pas toen nam de Westerschelde in belang toe.

De Pleistocene sedimenten bestaan voornamelijk uit dekzand. Deze komen aan het oppervlak langs de grens met België in Zeeuws Vlaanderen en in Brabant (Brabantse Wal). Het dekzandoppervlak helt richting het noordwesten: in de richting van de kust worden deze Pleistocene gronden bedekt door een pakket Holocene afzettingen dat in de richting van de kust steeds dikker wordt. Deze afzettingen zijn over het algemeen 20 meter dik maar bereiken in oude getijdengeulen een dikte tot 40 meter. Aan de kust komen zandige duinafzettingen voor.

Ook de mens heeft een belangrijke rol gespeeld bij de totstandkoming van het gebied. Door het in- en aandijken van natuurlijke opwassen, waarmee begonnen werd in de 11e eeuw, is het huidige landschap tot stand gekomen. Dit gebied heeft veel kreekruggen die tot 2 meter hoger liggen dan het omringende landschap.

## 2.2 Algemene hydrologische kenmerken van de regio

De deelgebieden in de provincie Zeeland (Tholen, Sint Philipsland, Reigersbergsche Polder) bestaan uit vrij ondiepe polders. Vrijwel elke polder kan direct op het buitenwater lozen door middel van gemalen of uitwateringsluizen. Er zijn

daarom bijna geen boezemwateren. Met uitzondering van de duingebieden en de Pleistocene gronden liggen de deelgebieden op een hoogte rond NAP. Het watersysteem in de Zuidwestelijke Delta bestaat voor een belangrijk deel uit grond- en oppervlaktewater met een relatief hoge chloride concentratie ten opzichte van de rest van het land. De zee en de Pleistocene zandgronden vormen de belangrijkste sturingsmechanismen van de regionale grondwatersystemen. De polders hebben een polderpeil dat lager ligt dan zee-niveau. Grondwater stroomt onder de duinen richting de polders waar het kwelt. De kwel is het sterkst in de polders die het dichtst bij de kust liggen en die een laag polderpeil hebben. Verder van de Noordzeekust neemt de kweldruk af.

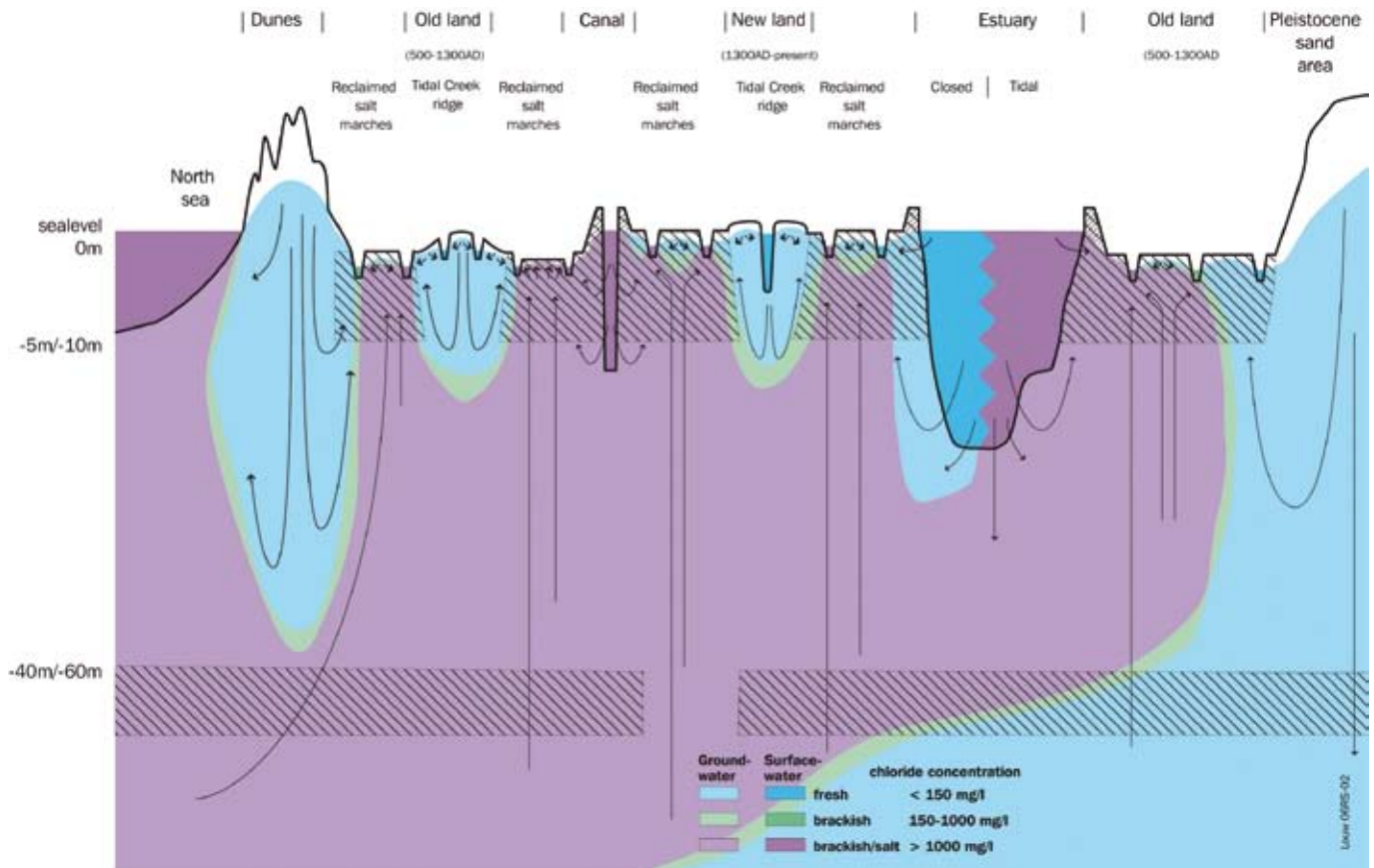
Onder de duinen van Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten is een zoetwaterlens gevormd (tot 60 m -NAP) door neerslag en een dichtheidsverschil met het zoute (zwaardere) grondwater (figuur 5). Grondwaterstroming treedt op vanuit het duingebied richting de polders, waarbij water met een lage concentratie chloride kwelt in een zone die dicht tegen de duinen aanligt. Ook onder de kreekruggen van Zuid-Beveland zijn, vanwege hun relatief hoge ligging en doorlatendheid, zoete grondwaterbellen gevormd met een dikte tot 30 meter. Het zijn vrij lokale, geïsoleerde infiltratie- en kwelssystemen die resulteren in kwel met een laag chloridegehalte in de directe omgeving. De landbouw onttrekt zoetwater aan de zoetwaterlenzen in de kreekruggen voor beregening.

## 2.3 Grondwater: verzilting, kwel en zoete regenwaterlenzen

In het ondiepe grondwater en het kwelwater van de eilanden in de Zuidwestelijke Delta zijn de chloride concentraties relatief hoog ten opzichte van de rest van het land (figuur 6), met uitzondering van de duinen, kreekruggen en Pleistocene zandgronden. Dit is voornamelijk het resultaat van de ontstaansgeschiedenis en inpolderingen gedurende de laatste eeuwen. Neerslaglenzen<sup>6</sup> zijn in de diepe polders nabij de kust van vrij geringe dikte of afwezig. In sommige situaties is deze regenwaterlens zo dun dat er in de zomer verdamping van zout grondwater plaatsvindt waardoor gewasschade optreedt. Alleen in een zone direct tegen de duinen aan vindt mogelijk kwel met een lage chloride concentratie plaats. In deze poldergebieden heeft ook het oppervlaktewatersysteem hoge chloride concentraties.

Verder van de Noordzeekust neemt de kweldruk af. Omdat in deze gebieden het slootpeil gemiddeld lager is dan het peil in de percelen, komt de zoute kwel voornamelijk terecht in de sloten (die hierdoor brak/zout worden). Daardoor kunnen zich in de percelen neerslaglenzen ontwikkelen die beter ontwikkeld en dikker zijn dan nabij de kust. Dit maakt, in algemene zin, deze gebieden geschikt voor landbouw.

<sup>6</sup> Een regenwaterlens, of zoetwaterlens, is een laag in de ondergrond met voornamelijk water afkomstig van neerslag. De neerslaglenzen worden aan de bovenkant begrensd door de grondwaterspiegel en aan de onderkant door een kwelwater systeem.



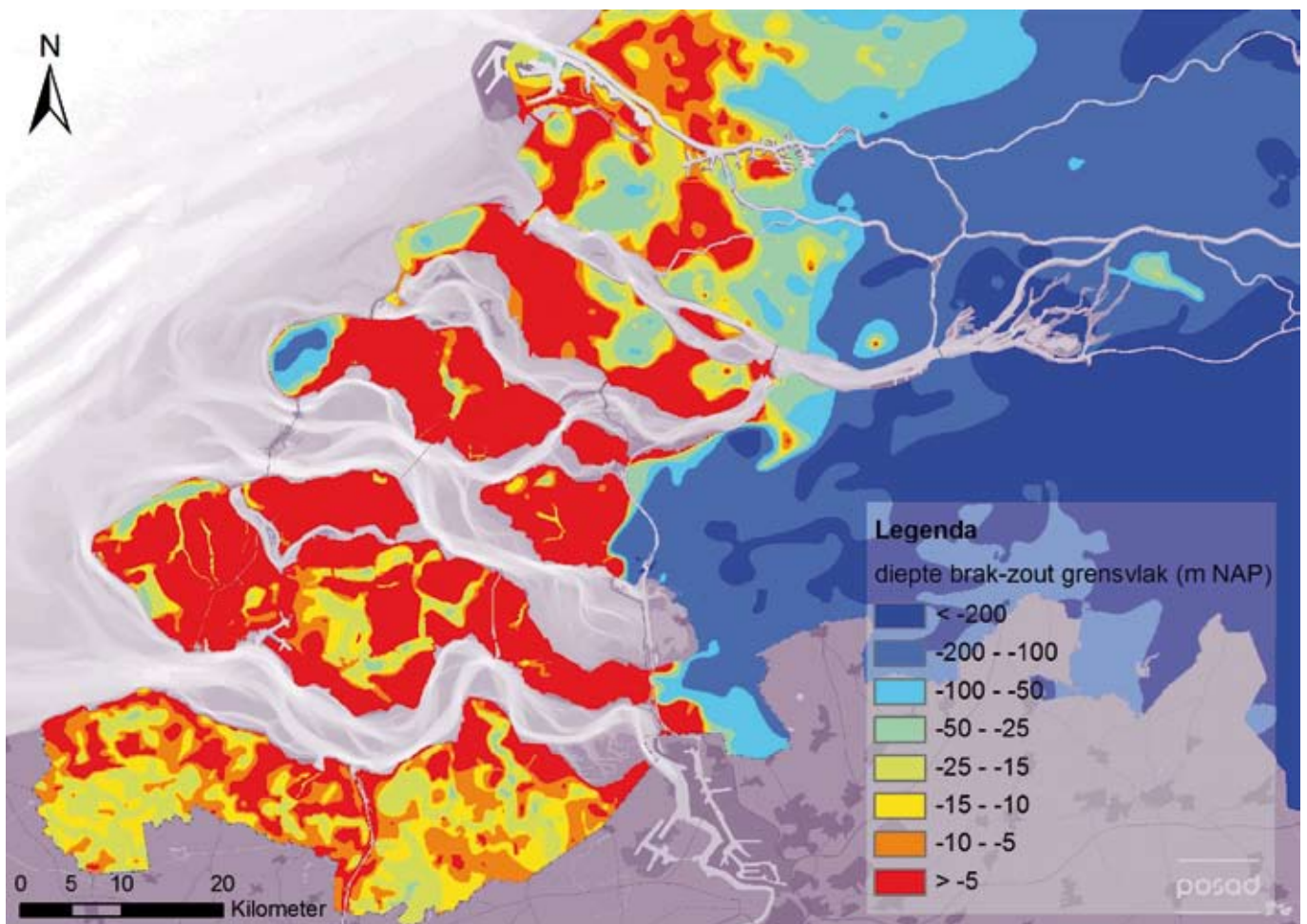
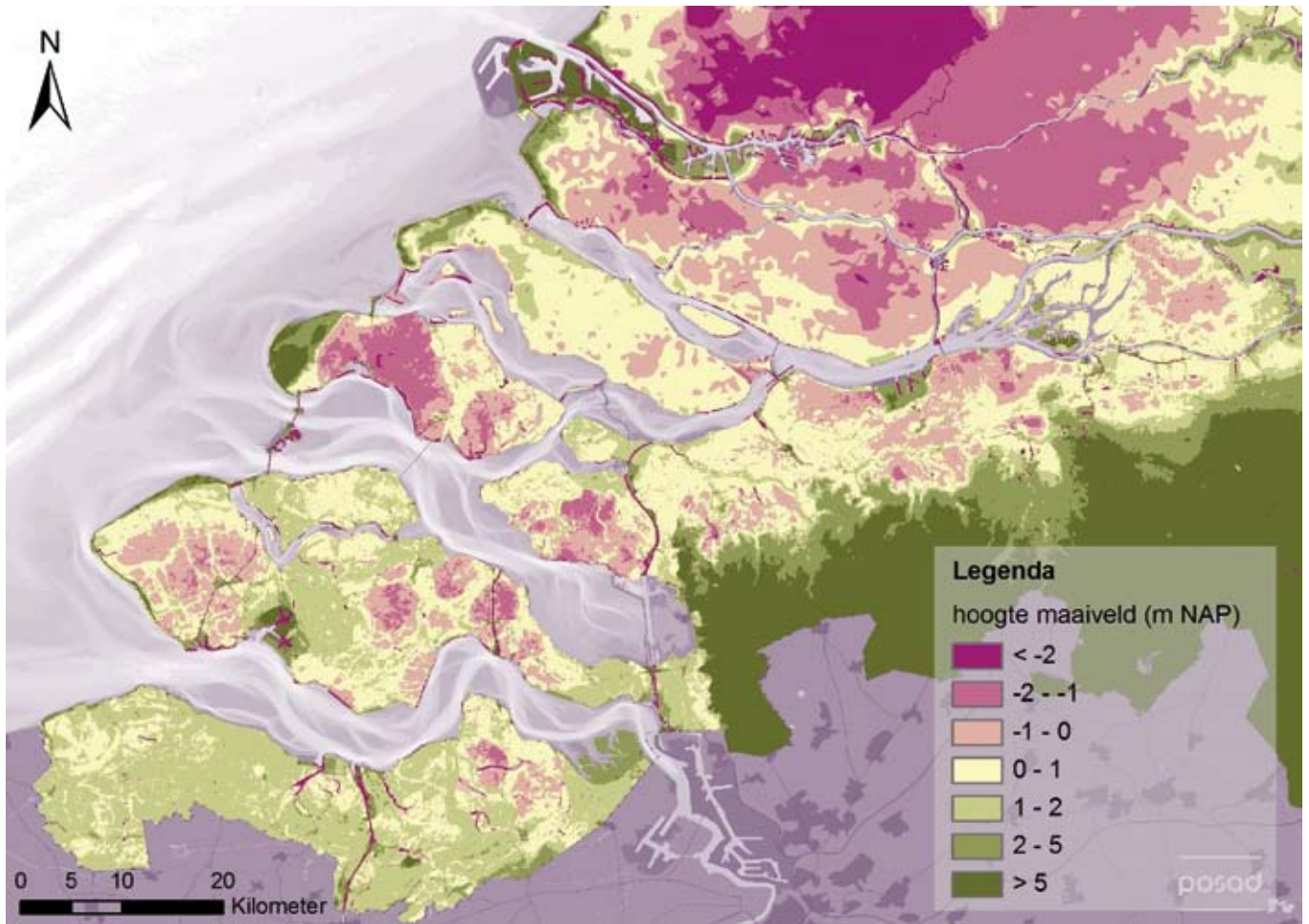
**Figuur 5** Kwel- en infiltratiegebieden en het zoutgehalte van het grondwater, schematisch weergegeven voor een profiel loodrecht op de Brabantse wal, polders van Zeeland en de duinen (De Louw e.a., 2006).

Het grondwatersysteem kan eenvoudig worden onderverdeeld in infiltratie- en kwelgebieden (zie figuur 5). In infiltratiegebieden stroomt grondwater naar de diepere pakketten en in kwelgebieden stroomt grondwater naar het oppervlak. Typische infiltratiegebieden in de Zuidwestelijke Delta zijn de Brabantse Wal, de duinen en de hoger gelegen kreekruggen. Kwel vindt plaats aan de voet van de Brabantse Wal (zoet) en in de laaggelegen polders (zout) die grofweg onder zeeniveau zijn gelegen.

De verdeling van zoet, brak en zout grondwater in de Zuidwestelijke Delta is complex. Het zoute grondwater heeft zijn oorsprong in de Holocene transgressies toen zeewater de kans kreeg de onderliggende pakketten te verzilten Stuyfzand, (1993) en Post, (2004). De inpolderingen en de grondwaterstroming gedurende de laatste eeuwen (Ven, 1986) hebben geleid tot de huidige verdeling van zoet en zout water in de ondergrond. In de gebieden met zout grondwater in de ondergrond varieert de dikte van het zoete grondwater van enkele decimeters tot ongeveer 80m in de duinen. In gebieden met dekzanden, en onder duinen en kreekruggen reikt het zoete grondwater diep. In de laaggelegen gebieden stroomt brak tot zout grondwater omhoog. In de sloten treedt dit brakke tot zoute kwelwater uit. In het perceel tussen de sloten komt dit zoute kwelwater in contact met het infiltrerende regenwater en ontstaat een dunne regenwaterlens die drijft op het zoute kwelwater. Deze regenwaterlens zorgt ervoor dat ondanks de aanwezigheid van zout grondwater op zeer geringe diepte (<3m) toch landbouw mogelijk is.

De Zeeuwse en Zuid-Hollandse eilanden bestaan uit 'oudland' en 'nieuwland'. Het oudland is vroeg ingedijkt (9e-11e eeuw) en heeft al lange tijd bodemdaling ondergaan. Het betreft een landschap met hooggelegen kreekruggen en laaggelegen poelgronden (waar de problematiek van dunne regenwaterlens actueel is). Op de kreekruggen infiltrert juist (regen)water en heeft vorming van een zoetwater voorraad plaatsgevonden. Het nieuwland is relatief laat bedijkt (15e-16e eeuw) en ligt veelal boven zeeniveau. Hier zijn het juist de oude kreken die laag in het landschap gelegen zijn. Onder en in de directe nabijheid van deze kreken komt zout water in de ondergrond voor dat vóór de inpoldering via de kreken werd aangevoerd. Op de meeste plaatsen in het nieuwe land vindt infiltratie of lichte kwel plaats. In sloten en kreken is soms zoute kwel te vinden.

De kwel is meestal continu maar varieert per seizoen of door veranderend waterbeheer. Van deze kwel belandt uiteindelijk bijna alles in de sloten. Veel gebieden in de Zuidwestelijke Delta hebben brak tot zout grondwater waardoor met deze kwelflux een zoutvracht in het oppervlaktewatersysteem terecht komt. Het grondwatersysteem is nog niet in evenwicht door processen vanuit het verleden (peilverlagingen polders) en de verwachting is dat de zoutconcentratie van de kwel lokaal toe kan nemen. Daarnaast zal door zeespiegelstijging de kwelflux in gebieden dicht bij de kust vergroot worden met ook weer een toename van de zoutvracht tot gevolg (Oude Essink en van Baaren, 2008).



**Figuur 6** a. hoogte maaiveld, b. diepte brak-zout grensvlak (1000 mg Cl<sup>-</sup>/l) in het grondwater (Bron: Goes & Vernes, 2006; Deltares, 2008).

## 2.4 Huidig waterbeheer voor zoutbestrijding

De maatregel die momenteel het meest wordt toegepast om verzilting te bestrijden, is doorspoelen met zoetwater dat van buiten het eigen watersysteem wordt aangevoerd. Dit wordt geïllustreerd in onderstaande figuur 7, die de verspreiding van dit zogenaamde ‘gebiedsvreemde water’ in Nederland laat zien. Grote delen van de Zuidwestelijke Delta zijn in de zomerperiode in meer of mindere mate afhankelijk van gebiedsvreemd water. Dit water wordt overigens niet alleen ingelaten ten behoeve van doorspoeling maar ook voor peilhandhaving, beregening en regulering van nutriëntenconcentraties.

De figuur 7 laat ook zien dat op de Zeeuwse eilanden geen gebiedsvreemd zoetwater wordt aangevoerd. De Zeeuwse deltawateren zijn, met uitzondering van het VZM, immers zout waardoor in dit deel van de Zuidwestelijke Delta geen zoetwater vanuit het hoofdwatersysteem beschikbaar is. Deze gebieden zijn daardoor geheel zelfvoorzienend. Het water in de sloot is daar echter ongeschikt voor beregening.

## 2.5 Effect van zeespiegelstijging, bodemdaling en klimaatverandering op verzilting

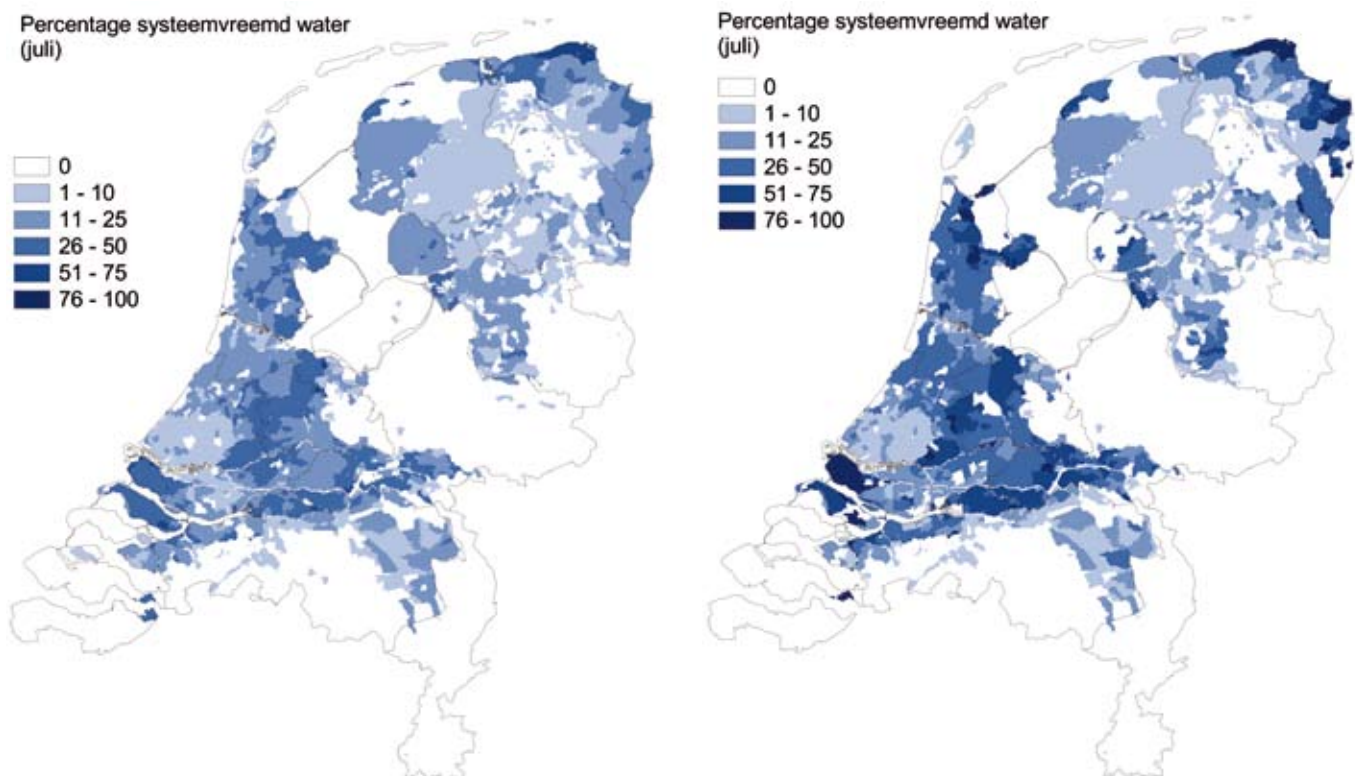
Door de zeespiegelstijging zal de kwel toenemen, het meest langs de kust en sterk (exponentieel) afnemend met een

toenemende afstand tot de kust (Kwadijk e.a., 2007; Oude Essink, 2007). Dit is dan hoofdzakelijk water met hoge concentraties chloride: in de ondergrond van deze regio is de concentratie chloride over het algemeen hoog. De zeespiegelstijging resulteert tevens in het stijgen van het waterpeil in de zeearmen die in open verbinding staan met de Noordzee. Hierdoor neemt ook in die kustgebieden de zoute kwel toe.

Als drogere zomers met neerslagtekorten vaker voorkomen (KNMI, G+ en W+ scenario's), kunnen de kleine neerslaggenen die voorzien in de waterbehoefte van gewassen dunner worden of zelfs geheel verdwijnen. Daardoor kunnen in het groeiseizoen tot aan het maaiveld hogere concentratie chloride voor gaan komen, met schade voor landbouwgewassen als gevolg. Ook de kans op lagere rivierafvoeren in droge perioden neemt toe. In die situaties is er mogelijk minder water beschikbaar voor doorspoelen en zal gekeken moeten worden naar alternatieven. Naar verwachting zal tevens de kwaliteit van het doorspoelwater verslechteren (Van Bokhoven & Zwolsman, 2007).

Gebieden in de Zuidwestelijke Delta waar veen aan het oppervlak voorkomt, zijn extra gevoelig voor bodemdaling<sup>7</sup>. De bodemdaling concentreert zich naar verwachting hoofdzakelijk in poldergebieden die nu ook al laag liggen.

Bovenbeschreven autonome ontwikkelingen (bodemdaling en verzilting) zullen de verzilting in deze regio waarschijnlijk slechts in geringe mate versterken doordat het kwelwater over het algemeen al een hoge concentratie chloride heeft.



**Figuur 7** Fractie gebiedsvreemd water in een jaar met gemiddelde hydrologische en meteorologische omstandigheden (links) en in een extreem droog jaar (rechts) (RIZA, 2005).

Klimaatverandering zal naar alle waarschijnlijkheid met name effect hebben op het voorkomen van neerslaglenzen in de percelen en op de beschikbaarheid van voldoende zoetwater in het hoofdwatersysteem (voor doorspoeling/beregening/peilbeheer).

## 2.6 Huidig ruimtegebruik en sociaal-economische context

De deelgebieden zijn qua ruimtegebruik onder te verdelen in rurale regio's en gebieden met veel bebouwing. Met deze verdeling kan het ruimtegebruik in de Zuidwestelijke Delta globaal worden geschetst.

West-Brabant, de Hoeksche Waard, Tholen en Sint Philipsland, Goeree-Overflakkee, de Reigersbergsche Polder en de polders van Auvergne en Oud Vossemeer hebben qua ruimtegebruik en economie allemaal een ruraal karakter. Het landschap kenmerkt zich in de meeste gebieden door polders waar kreken doorheen lopen, met dijken die landaanwinningen uit het verleden begrenzen. Veel van de aanwezige dorpen zijn oorspronkelijk ontstaan uit lintbebouwing op de dijken of als vestingsteden (bv Willemstad, Klundert).

De Biesbosch, de duinen op Goeree-Overflakkee, de schorren en slikken, het Oostvoornse meer, de Binnenmaas (Hoeksche Waard) en de Krabbenkreek zijn bekende regionale natuurgebieden, naast de buitendijkse kustwateren. Veel voorkomende natuurdoeltypen zijn o.a. bloemrijke graslanden, duingemeenschappen, rietland en ruigte.

Van de grondgebonden economische sectoren in deze regio is akkerbouw de grootste grondgebruiker. De tuinbouw, in het bijzonder de fruit-, bollen- en witlofteelt, en de drinkwaterproductie (Goeree-Overflakkee) stellen de hoogste eisen aan de kwaliteit van de zoetwatervoorziening. Moerdijk is, naast de havens in Terneuzen en Vlissingen, een zeehaven binnen deze regio en profileert zich vaak als economisch knooppunt tussen Rotterdam en Antwerpen. In 2007 werd in deze haven ongeveer 4 miljoen ton goederen aan- en 1,3 miljoen ton goederen afgevoerd, een overslag van 5,3 miljoen ton (ter vergelijking: de overslag in Rotterdam was in 2007 circa 382 miljoen ton).

Delfland en Voorne-Putten liggen op het grensvlak van urbaan (Randstad) en ruraal gebied. Delfland bevindt zich in een sterk verstedelijkt gebied met veel glastuinbouw in een veenrijk gebied. Midden Delfland is door de Provincie Zuid-Holland aangewezen als "stiltegebied"; er wordt veel gerecreëerd door inwoners uit de aangrenzende steden. Voorne en Putten worden van elkaar gescheiden door de Bernisse. Putten is net als Delfland zeer verstedelijkt (Spijkenisse). Van deze gebieden heeft Voorne het meest landelijke karakter.

De duinen bij Rockanje en Scheveningen, schorren en slikken en het Oostvoornse meer zijn bekende natuurgebieden. Op de Kop van Voorne-Putten vormt (strand-) toerisme naast de landbouw een belangrijke pijler van de plaatselijke economie. In beide gebieden is, economisch gezien, de glastuinbouw de belangrijkste sector in de landbouw, terwijl grasland (veeteelt) de grootste grondgebruiker is. Het relatieve belang van de landbouw is voor de economie in deze gebieden uiteraard veel kleiner dan in de rurale gebieden. Naast de landbouw stelt in deze regio ook de industrie randvoorwaarden aan de zoetwatervoorziening (specifiek voor het Brielse Meer). De fysische en economische randvoorwaarden die de landbouwsector stelt aan het waterbeheer en de ruimtelijke ordening in de zuidwestelijke delta wordt o.a. nader beschreven in Stuyt e.a. (2006).

<sup>7</sup> De oorzaak van bodemdaling is voornamelijk oxidatie als gevolg van ontwatering van percelen. Door de verbeterde ontwatering is de bodemdaling de afgelopen decennia zelfs flink toegenomen.



### 3 De aanpak van de verkenning

Deze verkenning is gebaseerd op beschikbare kennis bij de betrokken kennisinstututen en waterbeheerders. Waar mogelijk is gebruik gemaakt van gepubliceerd wetenschappelijk onderzoek. Gelet op de gevraagde schaalniveaus in ruimte (deelgebieden) en tijd (groeiseizoen, toekomstprojecties) is inter- of extrapolatie van beschikbare data onvermijdelijk. Dit is gedaan met eenvoudige rekenkundige vergelijkingen, gebaseerd op *expert judgment*. De schattingen van de waterbalansen, concentraties chloride en zoetwaterbehoeften zijn een eerste verkenning om een gevoel te krijgen voor de orde van grootte van de beschikbaarheid of schaarste aan zoetwater per deelgebied, nu en in de toekomst.

### 3.1 Scenario's

In de toekomst komt het er vooral op aan om de risico's te kunnen beheersen voor wat betreft tekorten aan kwalitatief goed water in het groeiseizoen. Die risico's worden vooral bepaald door de inrichting en het beheer van het watersysteem, het grondgebruik (in hoofdzaak landbouw) en de klimaatomstandigheden. In deze studie is met scenario's verkend welke veranderingen of risico's kunnen optreden. Daarbij is uitgegaan van de droogste zomer die nu eens in de 10 jaar optreedt (situatie 2003), van een zout VZM en de sluisen in de Haringvlietdam op een kier (situatie 2015), en van de gevolgen van klimaatverandering (situatie 2050). Vervolgens zijn opties voor lange termijn strategieën verkend, waarbij is aangesloten bij het adagium van het Ontwerp Nationaal Waterplan: *'Meebewegen waar mogelijk, weerstand bieden waar het niet anders kan en kansen benutten voor welvaart en welzijn'*.

De verkenning is uitgevoerd voor acht deelgebieden (zie figuur 1). Voor deze gebieden zijn gegevens en wetenschappelijke inzichten verzameld over de huidige zoetwaterbehoefte in de landbouw en, voor zover relevant, voor drink- en industriewater. Op basis van deze gegevens zijn indicatieve en grofstoffelijke water- en zoutbalansen opgesteld voor een droog zomerhalfjaar dat met een kans van eens in de 10 jaar optreedt. Deze herhalingstijd betreft zowel de meteorologische omstandigheden (een warme, droge zomer) als de hoogte van de rivierafvoer (zoals de lage zomerafvoer van 2003).

Er is uitgegaan van de huidige waterhuishoudkundige infrastructuur en het huidige gebruik ervan door de landbouwsector<sup>8</sup>. Voor de verkenning van de effecten van de verwachte klimaatverandering is uitgegaan van het meest verstrekende van de vier KNMI-scenario's, het W+-scenario. Als zichtjaar is hierbij 2050 aangenomen.

Drie situaties (scenario's) zijn verkend:

- **S1:** de huidige situatie, zomer 2003, met een kans van optreden van eens in de tien jaar;
- **S2:** eenzelfde kans van optreden (10% droog jaar) bij de klimaatkarakteristieken van 2015 en ná implementatie van de volgende beheersmaatregelen in 2015:
  - ander beheer Haringvlietssluisen na 2010 ('de Kier');
  - instellen van een zout VZM
  - implementatie van maatregelen volgens het 'wateraanvoer spoor' uit het advies voor een regionale zoetwatervoorziening (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009), waardoor het huidige serviceniveau min of meer wordt gehandhaafd. De belangrijkste maatregelen zijn:
    - o wateraanvoer vanuit het Hollandsch Diep naar Noord-Brabant en waterdoorvoer naar Tholen en St. Philipsland;
    - o verplaatsing van de waterinnamepunten op Oost-Flakkee van zuid (VZM) naar noord (Haringvliet);
    - o beperken van het zoutlek van de Volkeraksluisen. Deze verkenning gaat uit van reductie tot 60 kg/s;
    - o nog nader uit te werken maatregelen voor Zuidwest-Brabant en Zuidoost-Beveland, in casu de Reigersbergsche polder.
- **S3:** hetzelfde scenario als S2 maar dan voor 2050 inclusief de klimaateffecten volgens het meest droge toekomstscenario van het KNMI (W+, 2050).

Bij deze scenariostudies is aangenomen dat:

- het watersysteem en het bedieningsregime van de sluisen niet veranderen (tenzij in dit rapport anders staat vermeld<sup>9</sup>);
- het grondgebruik niet verandert;
- de berekening niet in intensiteit en/of areaal toeneemt.

Tenslotte, ook wat betreft de kosten van watervoorziening en de mate waarin en de wijze waarop kosten worden doorberekend ('beprijzing'), worden in de scenario's geen wijzigingen

#### Het W+ scenario van het KNMI

Het KNMI heeft 4 klimaatscenario's ontwikkeld met als doel de 'volledige' bandbreedte (80-90%) van de mogelijke klimaatverandering te illustreren. In deze studie is er voor gekozen om voor de projecties van neerslag, neerslagtekort en de kans op 10% droge zomers uit te gaan van het KNMI W+ scenario (KNMI, 2006). Dit is een bovengrens van de bandbreedte van de meest waarschijnlijke uitkomsten voor deze indicatoren. Hieraan wordt in deze verkenning de klimaatbestendigheid van de zoetwatervoorziening in de deelgebieden getoetst. Het W+ scenario is niet het meest extreme scenario. Ook is het mogelijk dat het klimaat zich ontwikkelt rondom

de benedengrens van de bandbreedte van de KNMI klimaatscenario's (G scenario). Er is dus voor gekozen het huidige ruimtegebruik (en waterbeheer) te evalueren op haar klimaatbestendigheid onder klimatologisch sterk gewijzigde omstandigheden en bij een veranderde situatie in het hoofdwatersysteem ('kier' en zout VZM). In de toekomst zullen voor de betrokken sectoren natuurlijk ook het ruimtegebruik, de sociaaleconomische en de technologische context veranderen. Dit komt deels terug bij de beschouwing van de oplossingsrichtingen (hoofdstuk 5) maar niet bij de analyse van watervraag en -aanbod.

<sup>8</sup> De trend is momenteel dat de berekening toeneemt, vooral door toedoen van de introductie van meer zoutgevoelige teelten zoals bollen, witlof en broccoli.

<sup>9</sup> De sluisen bij Dintelsas en Benedensas staan nu permanent open (tenzij er te veel blauwalgen in het VZM aanwezig zijn). Als het VZM zout wordt, wordt het schutbedrijf in werking gesteld en worden de sluisen weer bemand.

verondersteld. Bijlage 3 bevat een eerste verkenning van de huidige situatie in de zuidwestelijke delta ten aanzien van arrangementen, kosten en beprijzing van de regionale zoetwatervoorziening.

## 3.2 Water- en zoutbalansen en kengetallen

Om inzicht te krijgen in de factoren en omstandigheden die de beschikbaarheid van zoetwater bepalen, zijn voor de deelgebieden water- en zoutbalansen opgesteld en gekwantificeerd voor de drie onderscheiden scenario's. Door de beperkte omvang van deze verkenning en door de beperkte beschikbaarheid van empirische gegevens moesten veel aannames worden gedaan. De resultaten van de balansberekeningen moeten daarom worden gezien als indicatieve ruwe schattingen (educated guess). De relatieve uitkomsten, dat wil zeggen de verschillen tussen de deelgebieden en de verschillen tussen de scenario's per deelgebied, zijn belangrijker dan de absolute uitkomsten.

Bijlage 1 geeft de details van de aanpak, de aannames en de gebruikte invoergegevens.

### 3.2.1 Waterbalansen

De waterbalans per deelgebied heeft betrekking op het regionale watersysteem in het landelijk gebied, het stelsel van waterlopen tussen de landbouwpercelen. Het oppervlak binnen de dijkkring is als uitgangspunt genomen, buitendijkse gebieden doen niet mee. Het aandeel van het landelijk gebied binnen de dijkkring is gedefinieerd als de verhouding tussen het totaal oppervlak aan landbouwgronden volgens het CBS (Rijk e.a., 2009) en het dijkkringoppervlak. Op deze manier is het 'stedelijk' (bebouwd) gebied buiten beschouwing gelaten. De ingaande en uitgaande debieten naar en vanuit het regionale watersysteem zijn met deze oppervlakteverhouding vermenigvuldigd. Het regionale watersysteem is verder opgevat als één waterhuishoudkundige eenheid (een 'waterbak' met een constant volume) met wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem (HWS) en via afstromende neerslag en kwel, en waaruit water verdwijnt via uitslagwater, inzijging en infiltratie en door onttrekkingen t.b.v. beregning. Aangenomen is dat de helft van de neerslag afstroomt naar het regionale watersysteem en dus bijdraagt aan de waterbalans, en voor de andere helft achterblijft op de landbouwgrond. Voor verdamping is een vergelijkbare aanname gedaan, de helft wordt in rekening gebracht als infiltratie vanuit het regionale watersysteem. De waterbalansen zijn gekwantificeerd voor het groeiseizoen oftewel de zomerpeilperiode, gedefinieerd als 5 maanden (150 dagen: het opzetten van het zomerpeil zit niet in de balans).

### 3.2.2 Zoutbalansen

Ook de zoutbalans per deelgebied gaat uit van het regionale watersysteem als een volledig gemengde 'waterbak' met een constant volume. De zoutbalans resulteert uit de vermenig-

vuldiging van de posten op de waterbalans met de bijbehorende chloride concentratie. De twee inkomende zoutvrachten zijn:

- inlaatdebiet vanuit het HWS vermenigvuldigd met het zoutgehalte in het HWS (externe verzilting);
- kweldebiet vanuit het grondwater vermenigvuldigd met het zoutgehalte in het grondwater (interne verzilting).

Het seizoens- en gebiedsgemiddelde zoutgehalte in het regionale systeem is dan gelijk aan het debietgewogen gemiddelde zoutgehalte in deze twee bronnen.

In de zoutbalans worden alle andere posten verwaarloosd. In de zoutbalans zit dus geen wegzijging van zout en ook geen afstroming/uitspoeling van zout na een zomerse regenbui.

### 3.2.3 Kengetallen

Uit de water- en zoutbalansen zijn kengetallen afgeleid waarmee de conclusies van deze verkenning zijn onderbouwd. Deze kengetallen illustreren de overeenkomsten en verschillen tussen de deelgebieden en de scenario's. Enerzijds geven zij de relatieve invloed aan van een zout VZM en de Haringvlietluizen op een kier, anderzijds beschrijven zij het effect van klimaatverandering op de beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw. De belangrijkste kengetallen zijn:

- de intensiteit van de interne verzilting (zoute kwel) en de concentratie chloride in het waterlopenstelsel, gemiddeld over de zomer en per deelgebied;
- de gebruiksefficiëntie van het regionale, zoete oppervlaktewater, dat wil zeggen dat deel van de zoetwateraanvoer dat daadwerkelijk 'netto' gebruikt wordt voor de zoetwater vragende belangen (landbouw, drinkwater e.d.).

Naast deze kengetallen is per deelregio gekeken welke van de aanwezige vormen van landgebruik (inclusief natuur) zoutgevoelig zijn.

## 3.3 Bepaling van de waterbehoefte

Per deelgebied is per (grondgebonden) sector voor het zomerhalfjaar van 2003 een schatting gemaakt van de behoefte aan zoetwater uitgedrukt in miljoen m<sup>3</sup> zoetwater. Deze schatting is gebaseerd op eerdere studies, modelresultaten en expert judgment. Er is hierbij onderscheid gemaakt tussen akkerbouw (beregeningsgift), tuinbouw (beregeningsgift), gras/veeteelt (beregeningsgift), glastuinbouw, drinkwaterafzet en waterbehoefte vanuit de industrie. De schattingen zijn per sector op verschillende manieren gemaakt.

### 3.3.1 Beregeningsbehoefte

Voor het bepalen van de beregeningsgiften is gebruik gemaakt van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI, versie 1.1). De beregeningsgiften zijn aan het model toegekend op een wijze waardoor het totale areaal aan daadwerkelijk beregend oppervlak in Nederland voor zowel drogere als nattere jaren redelijk wordt geschat<sup>10</sup>. Per gridcel

(250x250 meter) is het meest waarschijnlijke landgebruik gekozen, rekening houdend met de statistieken van LGN<sup>51</sup>. In de waterbalans is op een andere wijze de beregeningsbehoefte bepaald (zie paragraaf 3.5). Dit geeft de mogelijkheid om op twee manieren een schatting te maken. De meerwaarde van het NHI is dat de beregeningsbehoefte per landbouwsector kan worden bepaald.

Gelet op het feit dat veel aannamen in het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium met (soms forse) onzekerheden omgeven zijn, moeten deze initiële berekeningen gezien worden als een 'educated guess', maar zeker niet de enig mogelijke. De vragen die deze cijfers oproepen zijn het belangrijkste doel en resultaat, niet de cijfers zelf. Waar mogelijk, zijn de schattingen vergeleken met alternatieve schattingen uit de literatuur (in het bijzonder de droogtestudie).

### 3.3.2 Glastuinbouw

Er is gebruik gemaakt van een berekeningsmethode van Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO, Wageningen UR), waarmee op eenvoudige wijze het watergebruik per gewas is te berekenen, gegeven de geteelde gewassen en het aantal hectares glastuinbouw in de deelgebieden. Afhankelijk van het gewas varieert het totale jaarlijkse watergebruik tussen de 6000 en 8000 m<sup>3</sup>/hectare, waarvan door PPO wordt aangenomen dat 65-75% wordt benut in het groeiseizoen. De hectares glastuinbouw zijn herleid uit de jaarlijkse landbouwtellingen van het Landbouw Economisch Instituut (LEI) en het CBS.

### 3.3.3 Industrie en drinkwater

Voor de afzet van drinkwater en de behoefte van water uit de industrie zijn, voor zover beschikbaar per deelgebied, de afzetgegevens van drinkwaterbedrijf Evides gebruikt.

### 3.3.4 Natuurgebieden

Natuurgebieden worden niet berekend maar hebben wel behoefte aan water voor o.a. verdamping. Er wordt aangenomen dat eventuele tekorten aan water niet expliciet gecompenseerd worden door menselijk ingrijpen (bevloeiing of beregening): de kunstmatige toevoer van extra water bij een vochttekort is dus nul. Dat kan op zich wel droogte en/of zoutschade betekenen voor natuurgebieden. Peilbeheer wordt natuurlijk ook voor een deel gedaan om te kunnen voorzien in de zoetwater behoefte voor natuur maar die component wordt meegenomen in de post 'doorspoelen en peilbeheer'.

## 3.4 Zouttoleranties van landbouw, natuur en economische functies

Verschillende vormen van landgebruik stellen verschillende eisen aan de zoutconcentratie in bodemvocht, grond- en oppervlaktewater. In de verkenning is de chloride concentratie (mg Cl<sup>-</sup>/l) gebruikt als indicator voor de typologie van het water en bijbehorende ecosystemen (zoet, brak, zout). De zouttolerantie verschilt per gewas. Hetzelfde geldt voor flora en fauna in de natuur.

### 3.4.1 Industrie- en drinkwater

Voor de drinkwatersector en het gebruik van industriewater is in deze studie uitgegaan van de maximaal toelaatbare concentraties chloride bij de inlaatpunten die in deze sector op dit moment als richtlijn gebruikt worden. De innamegrenzen zijn 200 mg/l bij het innamepunt Scheelhoek (waar water wordt geïnfiltrerd in de duinen) en bij innamepunt Brabantse Biesbosch (signaleringswaarde 100 mg/l).

### 3.4.2 Landbouw

In deze studie is voor de zouttoleranties in de landbouw uitgegaan van de studies van Roest e.a. (2003) en Van Dam e.a. (2007). In beide rapporten wordt aangenomen dat zoutschade, uitgedrukt in kg drogestof reductie, optreedt na overschrijding van een bepaalde drempelwaarde in de concentratie chloride: onder deze drempelconcentratie treedt geen schade op en boven de drempelwaarde neemt de gewasschade lineair toe met toenemend zoutgehalte. De hellingshoek van deze schadefunctie is, naast de drempelwaarde, een tweede indicator van de zoutgevoeligheid.

In beide rapporten zijn drempelwaarden en hellingshoek per gewas of gewasgroep verzameld en afgeleid voor de concentratie chloride in het bodemvocht en/of in het beregeningswater (gietwater). Van Dam e.a. (2007) stellen dat de aannamen die gemaakt worden bij de omrekening van schade-drempels bij bodemvocht naar schadedrempels bij gietwater in de open grond zeer rigide zijn. Daardoor wordt de schade-drempel voor giet- of beregeningswater in de beschikbare tabellen te laag ingeschat: de zouttolerantie is in werkelijkheid dus hoger dan de tabellen aangeven.

Uit de CBS/LEI landbouwtelling uit 2007 is per deelgebied te achterhalen (a) welke gewassen er geteeld worden, (b) wat het relatieve aandeel van de gewassen in aantal hectares is en (c) hoe sterk de gewassen afhankelijk zijn van beregening. Per deelgebied is de meest zoutkritische gewasteelt bepaald voor akkerbouw, glastuinbouw en tuinbouw door deze informatie met de tabellen van Roest e.a. (2003) en Van Dam e.a. (2007) te combineren. Voor deze geselecteerde teelten

<sup>10</sup> Dit areaal is aanzienlijk kleiner dan de schattingen van het potentieel beregende areaal zoals deze gepresenteerd worden in de CBS/LEI landbouwtellingen uit 2007.

<sup>11</sup> LGN = Landelijk Grondgebruikbestand Nederland. Het is een landsdekkende bestand met een resolutie van 25 meter waarin 39 vormen van landgebruik worden onderscheiden. In het bestand worden de belangrijkste landbouwgewassen, bos, water, een aantal natuurklassen en enkele stedelijke klassen geïdentificeerd. Het bestand is gebaseerd op satellietbeelden uit de jaren 2003 en 2004.

(groenten, bollen, fruit, sierplanten) zijn de aanbevolen chloride concentraties in het giet- en beregeningswater gegeven zoals bekend uit de droogtestudie (2003, 2005). In sommige gevallen is er sprake van gewasgroepen, zoals graan (zomer, winter), of bloembollen (hyacinten, tulpen, gladiolen, krokussen, lelies, irissen). In dit geval is uitgegaan van de drempelwaarden en hellingshoek van het meest geteelde zoutgevoelige gewas binnen de gewasgroep.

In deze verkenning is zoutschade in termen van inkomsten-derving buiten beschouwing gelaten omdat dit in een parallelle studie onderzocht is (Rijk e.a., 2009).

### 3.4.3 Natuur

Voor natuurdoeltypen zijn de maximaal toelaatbare concentraties chloride in oppervlaktewater of ondiep grondwater bepaald op basis van de methodiek volgens Paulissen e.a. (2007). Voor meer details over de rekenmethode: zie bijlage 2.

## 3.5 Gebruikte invoergegevens voor de water- en zoutbalansen in de deelgebieden

### 3.5.1 Oppervlakte deelgebieden

Het is voor de water- en zoutbalansen van belang om de dijkkring aan te nemen als waterhuishoudkundige eenheid (de begrenzing van het oppervlaktewatersysteem<sup>12</sup>). Deze studie is geconcentreerd op de landbouwgronden (bron: CBS, in Rijk e.a., 2009) waarvoor is uitgegaan van een potentieel beregend oppervlak. Aangenomen is dat 25% van dit potentieel beregend oppervlak wordt beregend met 15 cm per seizoen. Verschillen in peilen in de polder zijn in deze studie verwaarloosd, tenzij aangegeven (zoals bijvoorbeeld bij de Bernisse op Voorne-Putten). Voor het peilbeheer is een inschatting gemaakt van het oppervlak en het volume van de polderwateren.

### 3.5.2 Klimaatsinvloeden op de waterbalans in het W+ scenario

**Neerslag:** Voor alle deelgebieden is de neerslag ontleend aan daggegevens van het KNMI: het gemiddelde van de stations Vlissingen, Wilhelminadorp, Hoek van Holland en Rotterdam. Aangenomen is dat de neerslag voor de helft beschikbaar komt voor opvulling van het bodemvocht en voor de helft afstroomt. Voor meer details: zie bijlage 1.

**Verdamping:** Voor alle deelgebieden is de 'referentiegewas-verdamping' ontleend aan daggegevens van het KNMI: gemiddelde van de stations Vlissingen, Wilhelminadorp, Hoek van Holland en Rotterdam. Voor meer details: zie bijlage 1.

**Toename zoute kwel a.g.v. zeespiegelstijging:** Door de stijging van de zeespiegel neemt de stijghoogte in het watervoerend pakket toe waardoor in kwelgebieden de kweldruk toeneemt en infiltratiegebieden kwelgebieden kunnen worden. Het al aanwezige zoute grondwater zal zich hierdoor sneller richting het oppervlaktewatersysteem verplaatsen. De zoutvrucht neemt in deze gebieden toe en daarmee zal ook de interne verzilting toenemen door de zeespiegelstijging. De relatieve bijdrage van kwel in de waterbalans is in het zomerhalfjaar kleiner dan in het winterhalfjaar omdat:

- in de polders zomerpeilen in stand worden gehouden die hoger zijn dan de winterpeilen;
- in perioden van droogte een deel van het kwelwater beschikbaar komt voor verdamping.

Aangenomen wordt dat in het zomerhalfjaar 1/3 van het jaarvolume aan kwelwater de polderwateren bereikt.

Voor meer details: zie bijlage 1.

### 3.5.3 Berekening

Aangenomen is dat 25% van het potentieel beregend oppervlak van de landbouwgronden wordt beregend met 15 cm per seizoen. Bij berekening verdwijnt 100 % van het beregeningswater uit de sloten en wordt dit voor het overgrote deel verdampt of afgevoerd als gewas, terwijl het zout uiteindelijk voor 100% weer in de sloot terecht komt.

### 3.5.4 Peilbeheer en doorspoeling

De waterbeheerder laat water in of uit om het binnendijkse peil te handhaven (kerntaak van waterschap). Peilbeheer is dagelijks beheer en kan daarom niet halfjaarlijks worden gesaldeerd. Uitgangspunt voor de berekeningen is dat dagelijks het peil in stand wordt gehouden. Hier is voor gekozen omdat de verblijftijd van het water in de polder gemiddeld genomen kort is<sup>13</sup>. Doorspoeling geschiedt om de waterkwaliteit te verbeteren omwille van natuurwaarden en vooral ook berekening.

### 3.5.5 Instroom en uitstroom

Voor alle deelgebieden geldt dat er zeer weinig gegevens uit waarnemingen bekend zijn over de hoeveelheden en precieze kwaliteiten van ingelaten water. Aangenomen wordt dat water wordt ingelaten voor doorspoelen en compensatie van verdamping en berekening (zie ook bijlage 1).

Uitlaatwater kan in geval van pompen afgeleid worden van maaluren, verval, pompefficiëntie en verbruikte energie. Ook voor uitgeslagen water zijn slechts fragmentarisch gegevens bekend over kwantiteiten en precieze kwaliteiten. De uitstroom in onze berekening bestaat uit doorspoelwater, afgevoerde neerslag en kwelwater (zie ook bijlage 1). Uit meetreeksen valt op te maken dat de concentraties

<sup>12</sup> In deze verkenning is uitgegaan van bestaande gegevens. Voor de berekende zoutvruchten heeft dit als consequentie dat oppervlakten zijn gebruikt die veelal groter dan de oppervlakten van de dijkkringen. Naar verwachting zijn deze verschillen echter niet groot.

<sup>13</sup> Waterschap Brabantse Delta heeft de mogelijkheid om tijdens droge periodes het polderpeil met 20 cm te verhogen t.o.v. het zomerpeil om water te bufferen. In West Brabant is de verblijftijd van het water in de polders juist relatief hoog.

chloride in het hoofdwatersysteem na juli toenemen omdat de rivierafvoeren dan lager zijn dan in het voorjaar en de voorzomer. De meeste gewassen zijn in de kiemperiode en de perioden van de eerste groei het minst zouttolerant. Daarom is er voor gekozen de lagere waarden van april t/m juni zwaarder te laten wegen dan de gehalten van juli t/m september. Voor de keuzes van de concentraties chloride nu (referentiejaar 2003), en in 2015 en 2050: zie bijlage 1.

### 3.5.6 Kwelwater

De kwelvrachten zijn op basis van expert judgment geschat door Deltares, waarbij gebruik is gemaakt van gegevens uit numerieke 3D grondwatermodellen (Zuid-Holland: Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. van & Vliet, M. van, 2008), uit het NHI (Zeeland) en uit de Waterdoelen (Noord-Brabant). De gemiddelde concentraties chloride van het kwelwater zijn bepaald met behulp van 3D dichtheidsafhankelijke grondwatermodellen (Zuid-Holland, Noord-Brabant) of zijn afgeleid van metingen van de concentratie chloride van het ondiepe grondwater (Zeeland: Louw e.a., 2008).

## 3.6 Strategieën en maatregelen

Op basis van de scenario's en kengetallen is verkend welke opties er zijn voor beleidsstrategieën op de lange termijn. Daarbij is aangesloten bij het adagium van het ontwerp Nationaal Water Plan: 'meebewegen (met klimaatverandering) waar mogelijk, weerstand bieden als het niet anders kan en kansen voor welvaart en welzijn benutten'. Voor zowel een weerstandstrategie als een strategie van meebewegen zijn logische en consistente handelingsperspectieven voor landgebruik, waterbeheer en watertechnologie geschetst. Vanuit deze lange termijn perspectieven is vervolgens teruggeblikt op de maatregelen die op korte en middellange termijn noodzakelijk zijn ter compensatie van de effecten van een zout VZM. Hierbij is gekeken naar maatregelen met een hoog 'geen spijt' gehalte en het moment waarop, en de reden waarom deze zouden moeten worden genomen.

In deze verkenning wordt een aantal nog nader uit te zoeken hypothesen over de effectiviteit van de verschillende beleidsstrategieën geformuleerd. Een volledige sociaaleconomische kosten-batenanalyse lag buiten het mandaat en de expertise van de projectgroep. Wel is een eerste inventarisatie gemaakt van verschillende vormen van impliciete en expliciete beprijzing van zoetwater in de regio (zie bijlage 3).

## 4 Ontwikkeling wateraanbod en waterbehoefte

Dit hoofdstuk bevat de resultaten van deze verkenning. De eerste paragraaf beschrijft de resultaten van de indicatieve balansberekeningen per deelgebied. Daarbij ligt de nadruk op het wateraanbod. Welke veranderingen in wateraanbod en zoutgehalte zijn te verwachten onder invloed van een zout VZM enerzijds en effecten van klimaatverandering anderzijds? In de volgende drie paragrafen wordt ingezoomd op de toekomstige ontwikkelingen in de waterbehoefte en de zouttoleranties vanuit het perspectief van sectoren en gebieden. In de laatste twee paragrafen worden indicatief de 'knikpunten' aangegeven voor de ruimtegebruiksfuncties die afhankelijk zijn van zoetwatervoorziening en worden in een risicobeschouwing de onzekerheden benoemd.

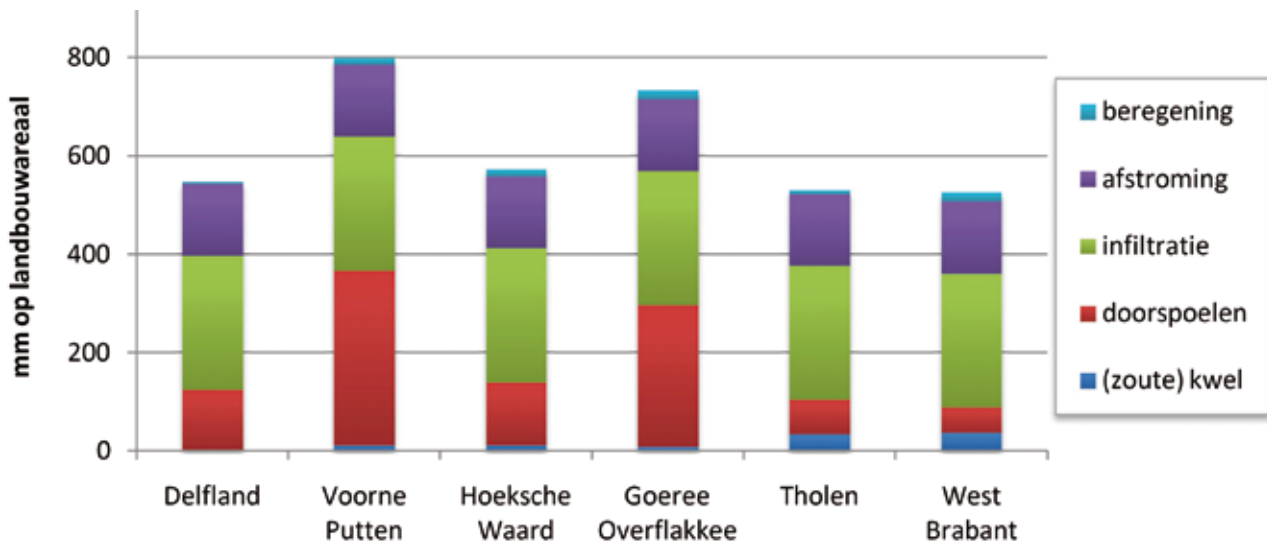
## 4.1 Water- en zoutbalansen en wateraanbod

Figuur 8 toont de waterbalansen van de deelgebieden voor de huidige situatie. Figuur 9 toont als voorbeeld de waterbalans van Tholen voor de drie scenario's. Figuur 10 toont de zoutvrachten die via opkwellend grondwater gedurende de zomerperiode in de regionale wateren van de deelgebieden terecht komen. Figuur 11 toont de gemiddelde chloride concentraties voor de zomerperiode in de regionale wateren per deelgebied voor de drie scenario's bij ongewijzigd waterbeheer. In de figuren zijn de 'Kier' en de compensatiemaatregelen voor een zout VZM wel meegenomen (zie definitie van de scenario's in hoofdstuk 3).

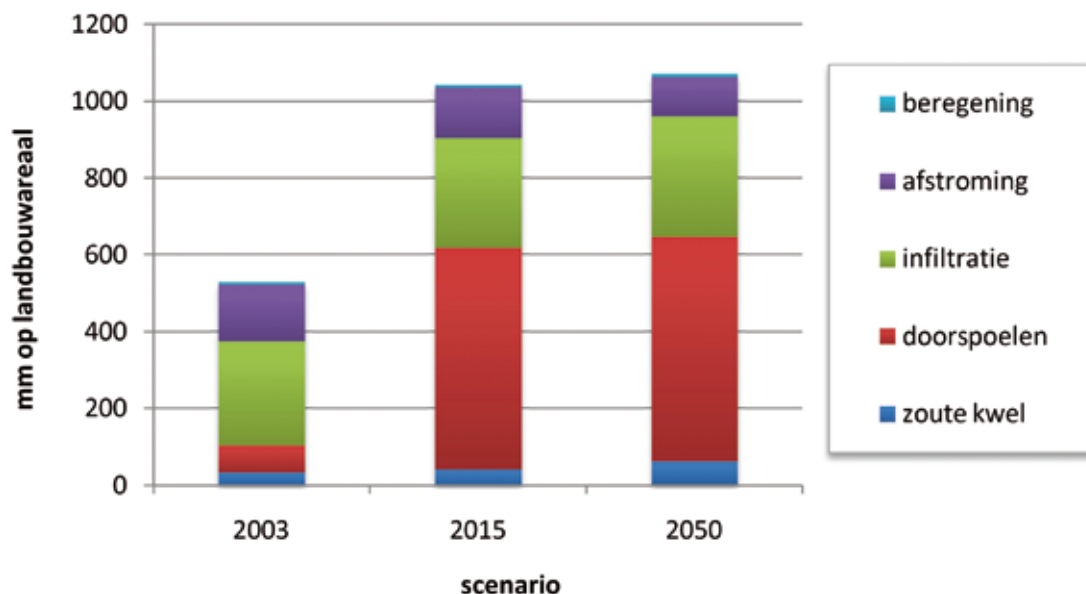
De berekening laat zien dat in alle deelgebieden de waterbalans wordt gedomineerd door de debieten voor het peilbeheer (in de figuren: afstroming en infiltratie) en

doorspoelen. In deelgebieden die actief worden doorspoeld om de zoute kwel te verdunnen, zoals Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten, is het doorspoeldebiet bijna 50% van de totale waterbalans. Voor het verdunnen van de hoge zoutconcentratie in het kwelwater is nu eenmaal veel water nodig. De hoeveelheid water die voor dit 'zoetspoelen' en peilbeheer op deze eilanden wordt in- en uitgelaten is dermate groot (5-7 m<sup>3</sup>/s, per zomerperiode overeenkomend met een waterschijf van 700-800 mm op het landbouwareaal) dat het water slechts 1-2 dagen in het regionale watersysteem verblijft.

Op Tholen wordt in de huidige situatie alleen het zuidoostelijke deel doorspoeld en wordt op de rest van het eiland alleen water ingelaten voor peilbeheersing. Bijgevolg is, door de intense zoute kwel, het gemiddelde chloridegehalte in de waterlopen heel hoog. Als op Tholen vanaf 2015 het gehele eiland zal worden doorspoeld (het inlaatdebiet zal meer

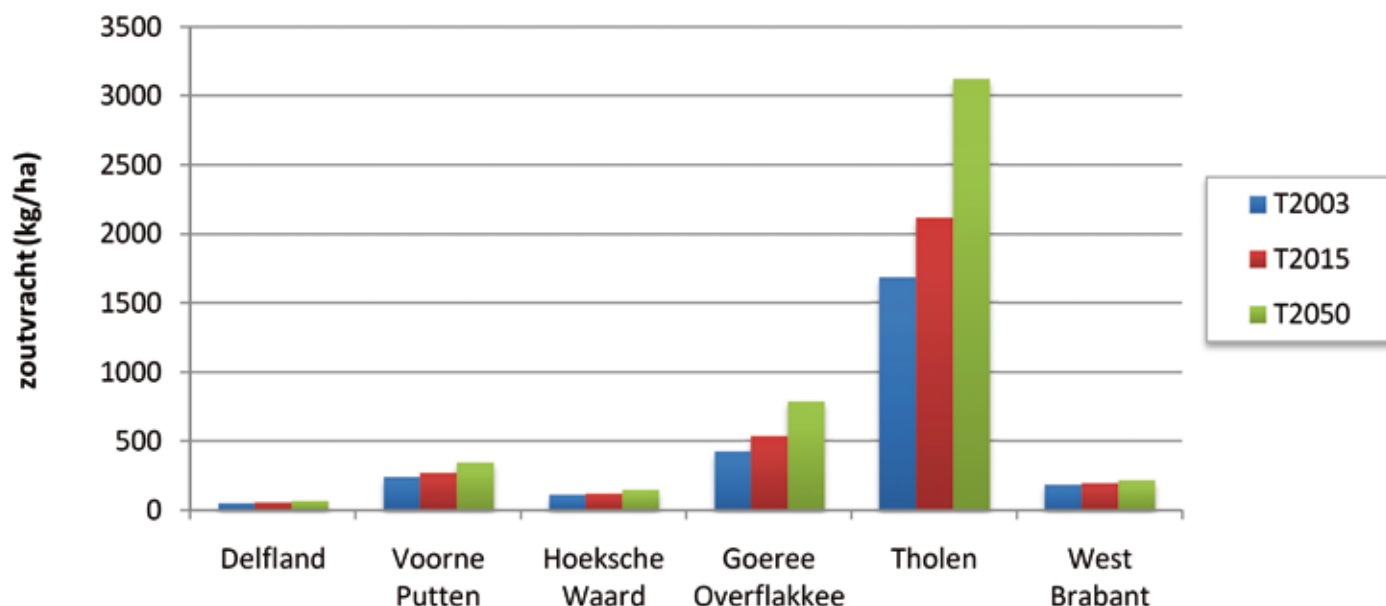


Figuur 8 De waterbalansen voor de deelgebieden in de huidige situatie (T<sub>2003</sub>)

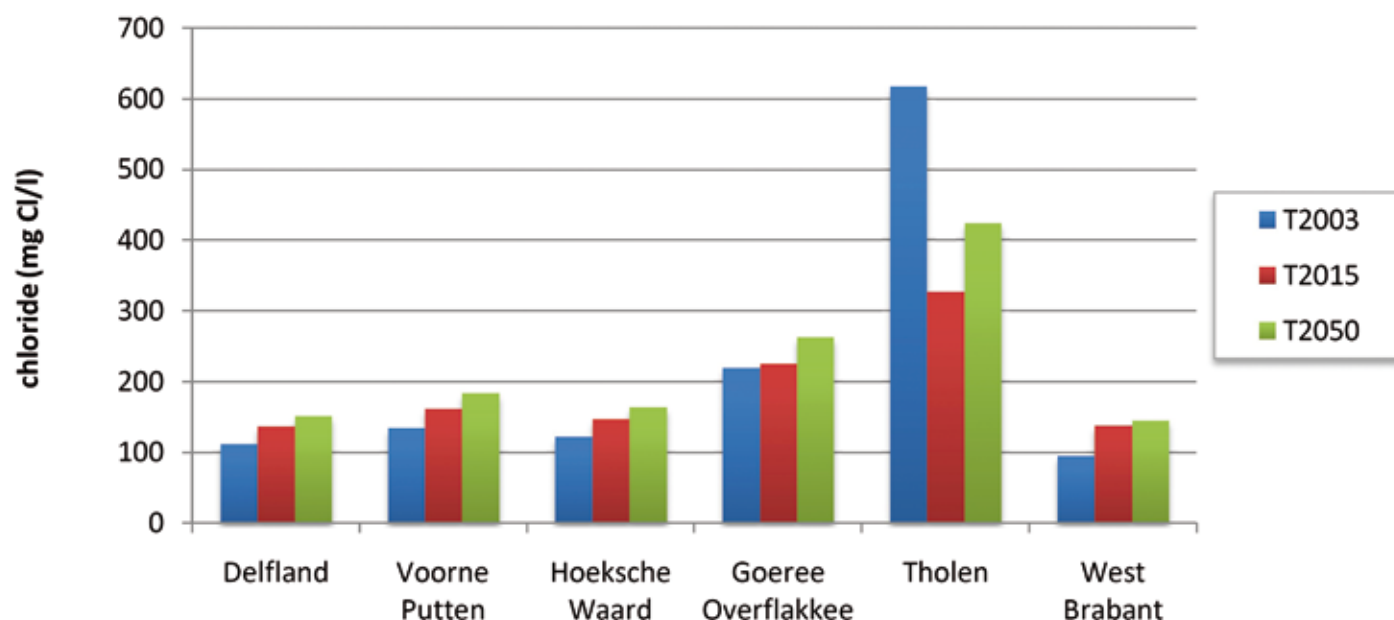


Figuur 9 De waterbalans van Tholen voor de drie scenario's





Figuur 10 Zoutvrachten via kwel in de zomerperiode per deelgebied voor de drie scenario's



Figuur 11 Berekende gemiddelde chloride concentraties voor de zomerperiode in de regionale wateren per deelgebied voor de drie scenario's bij ongewijzigd waterbeheer.

dan verdubbelen als compensatiemaatregel voor een zout VZM), zal het gemiddelde zoutgehalte eerst fors dalen, maar daarna weer toenemen door de verdubbeling van de zoute kwel ten gevolge van klimaatverandering.

In de andere deelgebieden zijn zowel de klimaateffecten als de gevolgen van een zout VZM minder geprononceerd. Naast Tholen is vooral op Goeree-Overflakkee het klimaateffect zichtbaar. Ook daar zal de zoute kwel bijna verdubbelen, maar wel op een vier keer zo laag niveau. Voor alle deelgebieden geldt dat de effecten van een zout VZM (nagenoeg) geheel ongedaan worden gemaakt door de voorgestelde compensatiemaatregelen.

Vooraf door de toename van interne verzilting zal het zoutgehalte in de regionale wateren bij ongewijzigd beheer toenemen. Om deze toename ongedaan te maken, is een

groter doorspoeldebiet nodig, zal er nog meer water moeten worden ingelaten en neemt de afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem dus verder toe.

De figuren illustreren een andere overeenkomst tussen alle deelgebieden: door de grote debieten voor peilbeheer en doorspoelen is het percentage water van de inlaat dat uiteindelijk voor beregening wordt gebruikt zeer laag. Dit percentage (ten opzichte van het inlaatdebiet) varieert in huidige situatie van 2% op Tholen tot 6% in West-Brabant. Het doorspoelen van de waterlopen ten bate van beregening is daarmee niet efficiënt. Dit percentage, en dus de efficiëntie van het doorspoelen van de sloten met het oog op beregeningswater, neemt zowel door de compensatiemaatregelen voor een zout VZM als door de gevolgen van de klimaatverandering nog verder af. Op Tholen zal, bij ongewijzigd landgebruik, het percentage zakken tot minder dan 1%.

## 4.2 Waterbehoefte vanuit het perspectief van sectoren

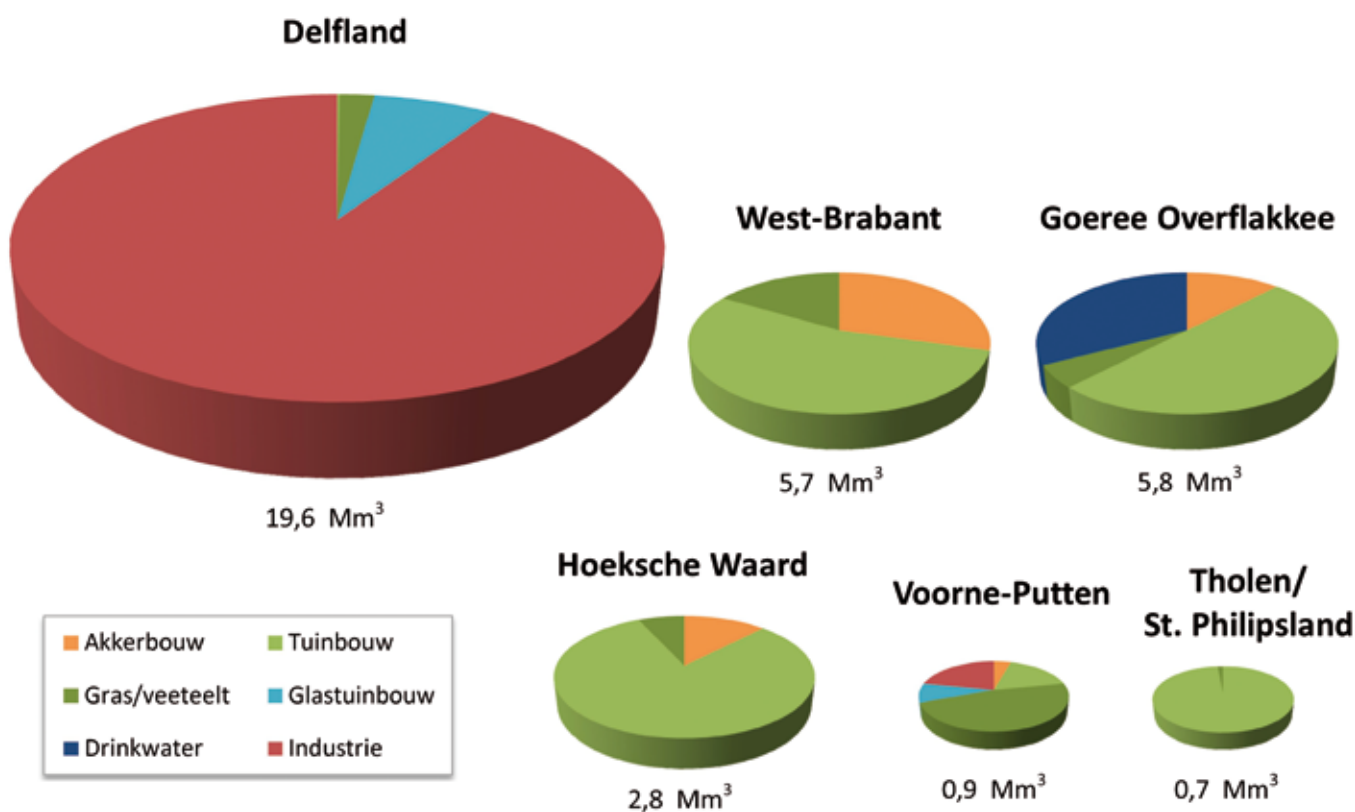
In figuur 12 worden de resultaten gepresenteerd van de schatting van de behoefte aan zoet oppervlaktewater per deelgebied die zijn gemaakt voor de huidige situatie (zomer 2003). De hieronder vermelde getallen zijn exclusief de hoeveelheden water die nodig zijn voor peilbeheersing en doorspoeling, en exclusief de hoeveelheid oppervlaktewater voor drinkwaterproductie die geleverd wordt vanuit de Biesbosch. Het bleek niet mogelijk om goede schattingen te maken voor de Reigersbergsche Polder en de polders onder aan de Brabantse Wal. Bij het vergelijken van deze absolute

getallen dient men zich te realiseren dat de deelgebieden verschillen in oppervlakte cultuurareaal.

De beregeningsbehoefte is per landbouwsector met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) geschat. Hierbij is het aantal hectares beregende landbouwgrond in een droge zomer geschat op basis van neerslag, bodemvocht en type gewas. Bij het schatten van de kengetallen voor de posten van de waterbalans per deelgebied is een schatting gemaakt voor de beregeningsbehoefte van de landbouwsector als geheel. Hierbij is aangenomen dat 25% van het potentieel te beregenen oppervlak in 2003 daadwerkelijk is beregend.

**Tabel 1** Schatting van de behoefte aan zoet oppervlaktewater (Mm<sup>3</sup>) voor elk deelgebied in het zomerhalfjaar (april t/m september) van 2003, gebaseerd op proefberekeningen met NHI (versie 1.1), expert judgment Deltares/LEI.

	Schatting beregeningsbehoefte met Nationaal hydrologisch Instrumentarium (NHI)	Schatting Deltares/LEI
Goeree-Overflakkee	3,90	2,83
Voorne-Putten	0,72	1,13
Hoeksche Waard	2,78	1,50
Delfland	1,83	0,90
Tholen/Sint Philipsland	0,69	0,70
West Brabant	5,72	4,61



**Figuur 12** Geschatte behoefte aan zoet oppervlaktewater in het zomerhalfjaar van 2003. De gegevens voor akkerbouw/tuinbouw/veeteelt (gras) zijn geschat met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI 1.1). De waterbehoefte voor industrie- en drinkwater is gebaseerd op gegevens van Evides (dit valt niet onder het beheersgebied Delfland) en samen genomen met de waterbehoefte voor Delfland. De gegevens voor de glastuinbouw zijn gebaseerd op schattingen van het PPO.

De schattingen voor de waterbehoefte van de landbouwsector voor het hele groeiseizoen en volgens het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium zijn van dezelfde orde van grootte voor Goeree-Overflakkee, West-Brabant, Tholen/Sint Philipsland en Voorne-Putten vergeleken met de beregeningspost op de waterbalans. De verschillen in de schattingen zijn het grootst in de Hoeksche Waard en Delfland (bijna factor 2). Voor Delfland komt dit doordat in de waterbalans voor glastuinbouw eenzelfde beregeningsbehoefte wordt verondersteld als voor de overige landbouwsectoren. Dit is een noodzakelijk verbeterpunt in het NHI.

Er circuleren diverse kengetallen voor de gemiddelde dagelijkse beregeningsgift (in tabel 2, samengevat). Terugerekend komt het NHI uit op een gemiddelde gift van 1.1 mm per dag en in de berekening van de waterbalans gaat men uit van een dagelijkse gift van  $150/150 = 1,0$  mm (zomerperiode van 150 dagen). In het NHI is overigens sprake van een gewogen gemiddelde. Het NHI berekend per gridcel een gift die afhankelijk is van de vegetatie, meteorologische condities en bodemcondities. In natte jaren hebben de percelen circa 50 mm nodig en in droge jaren circa 150 mm. De gemiddelde beregeningsgift zou nader uitgezocht moeten worden per type gewas wanneer men het NHI op regionaal niveau wil toepassen.

**Tabel 2** Circulerende kengetallen voor gemiddelde beregeningsbehoeften in mm/tijdseenheid.

Type gewas	mm/dag	Bron
Waterbalans (zomerperiode 2003)	1.0	deze studie
NHI (zomerhalfjaar 2003)	1.1	deze studie
Gewassen met grote beregeningsbehoefte	5	Waterschap Hollandse Delta
Bloembollen, -zaden en daggroenten (gemiddeld jaar, (maart t/m mei))	1,7	NLTO, Goeree-Overflakkee
Overige teelten (gemiddeld jaar, (maart t/m mei))	1,1	NLTO, Goeree-Overflakkee
Gemiddeld zomerhalfjaar (180 dagen)	0,6	Clevering (2005)
Droog zomerhalfjaar (180 dagen)	0,8	Clevering, 2005

In het NHI zijn strategische keuzes van de agrarische ondernemer niet gemodelleerd. Hierdoor wordt door het model de beregeningsgift per beurt waarschijnlijk onderschat. De boer weet niet hoe groot de mate van verdroging op een bepaald moment per perceel is en hoe lang een periode van droogte

aanhoudt. Het is dus zeer waarschijnlijk dat er 'preventief' meer percelen beregend worden dan fysisch gezien strikt noodzakelijk is. De schattingen van het gebruikte oppervlaktewater voor drinkwater (Goeree-Overflakkee: inname uit Haringvliet) en industriewater (Delfland: Brielse Meer) zijn gebaseerd op afzetcijfers van Evides. Voor deze regio's gaat het om een substantiële hoeveelheid drink- en industriewater: op Goeree-Overflakkee is de drinkwaterbehoefte ca. 50% van de agrarische behoefte. De drinkwaterbehoefte is in alle deelgebieden substantieel maar is veelal niet afhankelijk van oppervlaktewater uit de verziltinggevoelige gebieden. In Delfland is de behoefte aan industriewater veel groter dan die van de grondgebonden landbouw (zie tabel 1). De betekenis van deze waterbehoeftes voor het waterbeheer zal nader moeten worden onderzocht.

## 4.3 Waterbehoefte per sector

### 4.3.1 Waterbehoefte tuinbouw

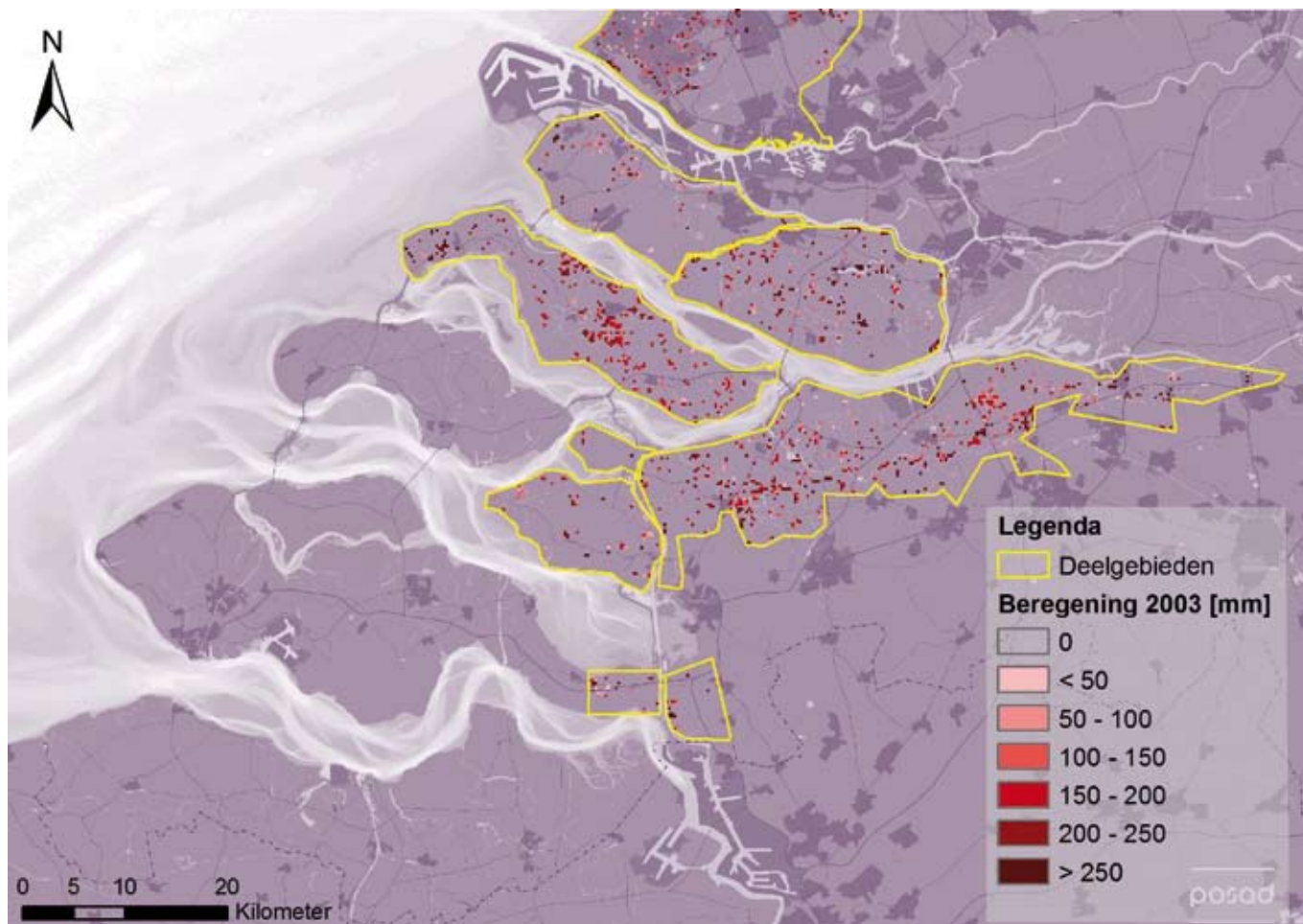
In West-Brabant, Hoeksche Waard, Tholen/Sint Philipsland en Goeree-Overflakkee wordt de waterbehoefte volgens de berekening met het NHI voor ruim meer dan de helft verklaard vanuit de vollegrondstuinbouwsector. Figuur 13 geeft de geschatte spreiding van de beregeningsgift in 2003 voor deze deelgebieden. De figuur illustreert dat de beregeningsbehoefte in deze regio's versnipperd over de gebieden ligt. Bovendien liggen in het bijzonder de kapitaalintensieve teelten, door de noodzakelijke gewasrotatie, elk jaar op een andere plek. Voorts blijkt dat de beregeningsbehoefte voor Goeree-Overflakkee het grootst is in het midden van het eiland. Volgens de LEI landbouwtellingen (2007) ligt in het gearceerde gebied circa 460 hectare bloembollen en 192 hectare witlof. Op Oost-Flakkee wordt nog eens 103 hectare bloembollen geteeld. Door gewasrotatie is de bruto oppervlakte van de bollenteelt vaak veel groter: om, bijvoorbeeld, op Goeree-Overflakkee op 200 ha (tulpen)bollen te kunnen telen, moet je de zoetwatervoorziening inrichten voor een gebied van 1200 ha.

### 4.3.2 Waterbehoefte akkerbouw

In de berekeningen met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium wordt, op basis van de bodemgesteldheid en de gewassamenstelling, verondersteld dat in de zomer van 2003 een relatief klein deel van het akkerbouwareaal werd beregend. Volgens deze schatting (met zijn beperkingen) was op de plekken waar wel werd beregend, de cumulatieve watergift in het zomerseizoen echter wel fors (214 mm). De akkerbouwsector is van de grondgebonden sectoren de kleinste verbruiker van oppervlaktewater voor beregening in alle deelgebieden.

### 4.3.3 Waterbehoefte grasland/veeteelt

De waterbehoefte van grasland is het grootst in Voorne-Putten, West-Brabant en Delfland. Grasland wordt in het NHI beregend wanneer de kritieke drukhoogte lager is dan -316 cm (pF 2.5) en er wordt net zolang doorberegend totdat de drukhoogte -100 cm is (pF 2.0) (Veldhuizen en Van Bakel,



**Figuur 13** Ruimtelijke spreiding beregeningsgift (NHI, versie 1.1) gebaseerd op de meteorologische condities en landgebruik in de zomer van 2003 op Goeree-Overflakkee, in de Hoeksche Waard, op Tholen & Sint Philipsland en in het Westbrabants Zeekleigebied.

2008). Of deze uitkomsten plausibel zijn, moet nog worden nagegaan aan de hand van de volgende uitgangspunten (Veldhuizen en Van Bakel, 2008):

- de meerjarig gemiddelde jaarlijkse beregeningsgift van beregend grasland bedraagt ca. 100 mm;
- gemiddeld komt 60% van de beregening ten goede aan de gewasverdamping;
- in een 10%-droog jaar is de over het jaar gesommeerde beregeningsgift circa 2,5 maal zo hoog als de meerjarig gemiddelde jaarlijkse beregeningsgift.

De voor deze studie berekende beregeningsgift voor grasland in de verschillende deelgebieden, variërend van 162 mm (Tholen) tot 302 mm (Goeree-Overflakkee), is volgens bovenstaande uitgangspunten aan de hoge kant maar plausibel voor de meeste deelgebieden behalve Goeree-Overflakkee.

#### 4.3.4 Waterbehoefte glastuinbouw (Voorne-Putten, Delfland)

Glastuinbouw is een belangrijke sector in Delfland en in mindere mate op Voorne-Putten. In de overige deelgebieden is de glastuinbouw veel kleiner. De waterbehoefte van de glastuinbouw is groot, zoals figuur 12 laat zien. De sector heeft in de afgelopen jaren echter ook een hoge mate van onafhankelijkheid van oppervlaktewater (zelfvoorzienendheid) gerealiseerd: het grootste deel van de watervraag wordt gedekt door het gebruik van hemelwater opgevangen in bassins (75 tot 80%). De piekvraag van een teelt in de glastuinbouw varieert van 60-90 m<sup>3</sup>/ha/dag (incl. een overmaat die wordt uitgedraineerd en veelal weer gerecirculeerd). Daarnaast wordt gebruik gemaakt van brak grondwater (ontzilting door middel van omgekeerde osmose)<sup>15</sup> (11 tot 17%) en in mindere mate van oppervlaktewater (7 tot 9%). Over het algemeen is grondteelt in kassen meer van oppervlaktewater afhankelijk dan substraatteelt. Dit komt omdat de kwaliteit van het oppervlaktewater voor substraatteelt veelal ongeschikt is, o.a. te rijk aan natrium (Voogt, 2009). Er is voor de glastuinbouw aangenomen dat het waterverbruik (= waterbehoefte gewas

<sup>15</sup> In Voorne-Putten en Delfland pompen veel tuinders grondwater op dat vaak onvoldoende zoet is om direct gebruikt te kunnen worden in de kassen. Daarom wordt het water 'verzoet' (osmosewater). Het zoete water gaat naar de kassen en het restproduct, een ingedikte zoutoplossing (het brijn), wordt teruggepompt de bodem in.

+ spoelwater + gangbare lekkage systeem) in een droog en met name zonnig jaar (2003) 10% hoger is dan in een gemiddeld jaar.

De glastuinbouw op Voorne-Putten wordt gekenmerkt door het zogenaamde Barendrechtse bedrijfstype (Voogt, 2009). Dit zijn licht verwarmde kassen in combinatie met vollegrondstuinbouw (open teelt). De teelten zijn meestal bladgewassen (dus grondteelt) in de winter en vruchtgroente in de zomer (Voogt, 2009). De laatste 20 jaar is er veel substraat groenteteelt bijgekomen. Tomaten zijn de meest geteelde groenten in de glastuinbouw van Voorne-Putten maar de teelt is vrijwel onafhankelijk van oppervlaktewater in de huidige situatie. Figuur 14 illustreert dat de teelt van groentezaden, “overige groenten”, chrysanten en snijbloemen binnen het huidige systeem het meest afhankelijk is van oppervlaktewater en dus het meest kwetsbaar is voor verhogingen van de zoutconcentratie in het oppervlaktewater (Brielse meer, Haringvliet).

In Delfland is, naar aanleiding van de explosieve groei van substraatteelt in de periode 1980-1985, gezocht naar alternatieven voor regenwater, waaronder leidingwater (Walma, 1981; Jacobs e.a., 1981; Anoniem, 1983). Hiertoe werd o.a. speciaal de capaciteit van het waterleidingnet in het Westland aangepast en is een aanvoer van leidingwater naar de kassen vanuit Europoort gerealiseerd (Voogt, 2009). Het bleek dat leidingwater als alternatief toch niet echt geschikt was vanwege de hoge concentratie natrium (Sonneveld en Van der Wees, 1991). Omgekeerde osmose van grondwater is een alternatieve methode om natrium- en chloride-arm water te produceren<sup>16</sup>, en wordt inmiddels ook toegepast als aanvullende waterbron in Delfland. Hierbij wordt een zoute afvalstroom (brijn) geproduceerd waar beleidsmatig nog geen goede oplossing voor bestaat. Op dit moment wordt

het brijn geïnjecteerd in de ondergrond maar de provincie Zuid-Holland wil op termijn mogelijk een einde maken aan dit gedoogbeleid.

#### 4.3.5 Waterbehoefte drinkwater

Op Goeree-Overflakkee onttrekt Evides water aan het Haringvliet, op dit moment bij Scheelhoek maar dit innamepunt wordt in oostelijke richting verplaatst naar Gemaal Koert (nabij Den Bommel) in verband met het besluit de sluisen in de Haringvlietdam op een kier te zetten. Dit water wordt in Ouddorp voorgezuiverd, daarna 60 tot 90 dagen geïnfiltreerd in de duinen en vervolgens opgepompt en tot drinkwater opgezuiverd (Zwolsman, 2008). De afzet in het zomerhalfjaar van 2003 bedroeg 1,9 Mm<sup>3</sup> (Ketelaars, pers. meded.). Alternatieve zoetwaterbronnen, naast oppervlaktewater, zijn op Goeree-Overflakkee beperkt. Vergunningverlening voor grondwateronttrekking wordt door de provincie zo veel mogelijk beperkt. De duinen op Goeree-Overflakkee zouden als kleine zoetwaterbuffer kunnen dienen in perioden wanneer de kwaliteit van het oppervlaktewater onvoldoende is. Die bufferfunctie kunnen de duinen slechts enkele weken vervullen omdat anders door verdroging natuurwaarden en ook de drinkwaterproductie zelf (brakke kwel) in het geding komen.

Met een zeer globale aanname dat elke inwoner ongeveer 120 liter water per dag gebruikt, kan worden geïllustreerd dat de drinkwaterbehoefte substantieel is. Echter, alleen op Goeree-Overflakkee is men afhankelijk van oppervlaktewater uit de verziltingsgevoelige gebieden rondom het Haringvliet en het VZM. Het meeste drinkwater wordt gewonnen uit grondwater of oppervlaktewater afkomstig uit de Biesbosch en Oude Maas.

#### 4.3.6 Waterbehoefte industrie

Het Brielse meer vormt een belangrijke bron van zoetwater voor de industrie (Europoort). Dit water wordt via een

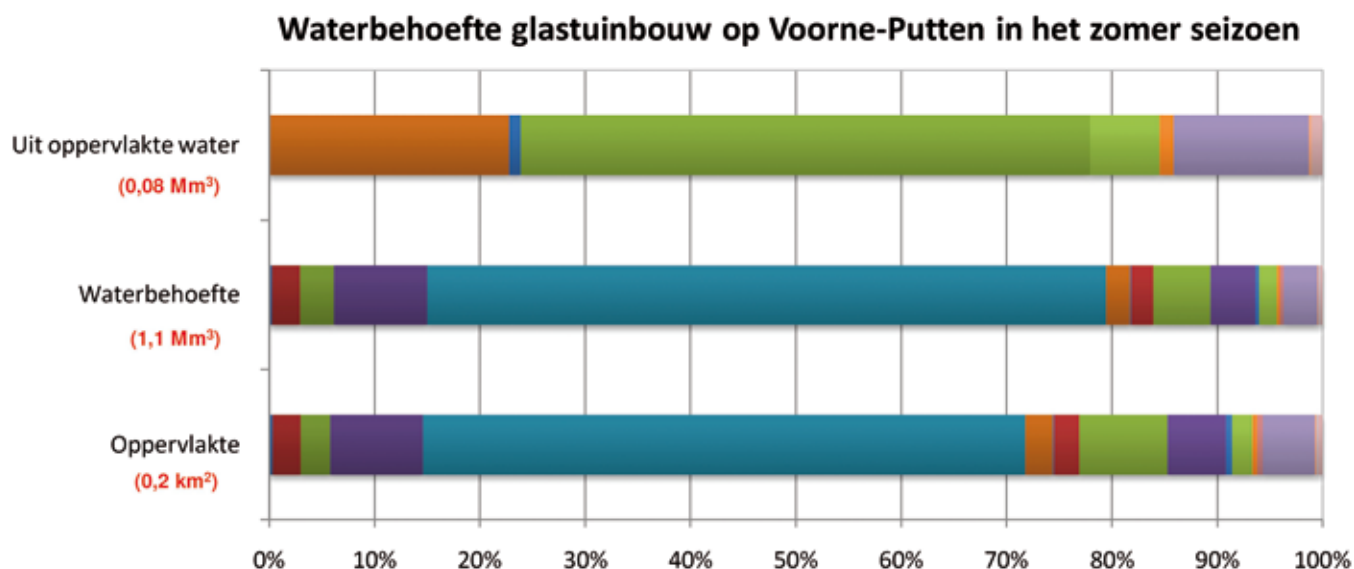
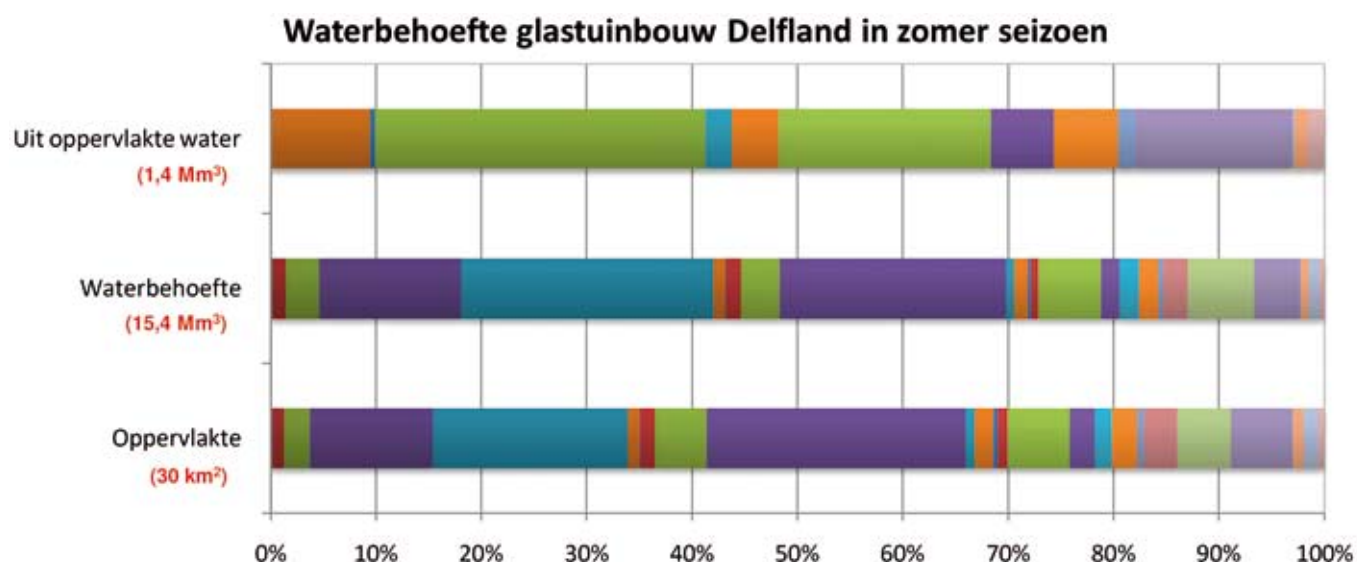
**Tabel 3** Schatting van drinkwaterbehoefte in het zomerseizoen per deelgebied op basis van inwonersaantallen afgeleid van CBS (2005, 2008) onder aanname dat 1 persoon ongeveer 120 liter water per dag gebruikt.

deelgebied	Inwoners (CBS, 2005, 2008)	Totaal (Mm <sup>3</sup> )	Afzet Evides zomer 2003	Bron
Delfland	1400000	30,2		Oude Maas (DZH/Dunea)
Voorne-Putten	170000	3,7		Oude Maas (Evides)
Hoeksche Waard	86000	1,9		Biesbosch (Evides)
Goeree-Overflakkee	47500	1,0	1,9	Haringvliet (Evides)
Tholen en Sint Philipsland	25000	0,5		Biesbosch (Evides)
West-Brabant	106800	2,3		Grondwater/Biesbosch (Evides)
Reigersbergsche Polder		0,0		Grondwater

<sup>16</sup> Door middel van speciale membranen wordt water met een zeer lage elektrische geleidbaarheids (EC-) waarde, dat tevens vrij is van zware metalen, bacteriën, schimmels en virussen, geproduceerd. Ook uit oppervlaktewater kan osmosewater gemaakt worden. Echter in de huidige situatie is dat voor de glastuinbouw in Delfland niet kosteneffectief omdat het oppervlaktewater meer zouten bevat dan het grondwater. Er is hierdoor meer energie en water nodig om dezelfde hoeveelheid osmosewater te produceren.

pijpleiding die onder de Nieuwe Waterweg loopt naar de Europoort gevoerd. Het meer vormt samen met de Bernisse (Voorne-Putten) een watersysteem waarvoor water ingelaten wordt vanuit het Spui (dat weer in verbinding staat met het Haringvliet), met een maximum van 23 m<sup>3</sup>/s (Van den Braak en Schramkowski, 2003). Het Brielse Meer bedient alle functies en gebruikers in Voorne-Putten (Brielse dijkkring) en Delfland. Ten behoeve van de industrie zijn er 4 innamestations (Evides, pers. meded.):

1. Via het gemaal Brielse Maasdam wordt jaarlijks 3,5 Mm<sup>3</sup> water ingelaten voor koelwater, proceswater en bluswater.
2. Via het gemaal Geervliet wordt jaarlijks 6 Mm<sup>3</sup> water ingelaten dat gebruikt wordt als proceswater (demi) en bluswater.
3. Kuwait Petroleum Europoort gebruikt jaarlijks 26,5 Mm<sup>3</sup> (eigen inlaat) voor proceswater (demi) en bluswater.
4. Micro Chemie op Voorne-Putten heeft een eigen inlaat en gebruikt jaarlijks 0,5 Mm<sup>3</sup> uit het Brielse meer (eigen inlaat).



**Figuur 14** De oppervlakte, totale waterbehoefte en afhankelijkheid van oppervlaktewater van verschillende teelten in de glastuinbouw in Delfland en Voorne-Putten in het groeiseizoen van een zomer zoals die van 2003 (schatting PPO; arealen afkomstig uit de LEI/CBS landbouwteeling, 2007).

Er is aangenomen dat 50% van deze watervraag gerealiseerd wordt in het zomerhalfjaar en dat de waterbehoefte in de industrie niet afhankelijk is van het weer. Deze aanname is plausibel voor proces- en bluswater maar waarschijnlijk niet voor koelwater (Gemaal Brielse Maasdam).

## 4.4 Zoutgevoeligheid per sector

### 4.4.1 Zoutgevoeligheid van de landbouw

In tabel 4 wordt de aanbevolen concentratie chloride in het gietwater gepresenteerd. Het gaat hier om een combinatie van de aanbevelingen zoals gepubliceerd in de droogtestudie (2005) en eerder in het Cultuurtechnisch Vademecum (1988). In beide studies is uitgegaan van een schaderempel. Dit is de chloride concentratie in bodem- of gietwater waarbij de eerste aantoonbare opbrengstreductie (in kilogrammen oogst) plaatsvindt<sup>17</sup>. Bloembollen, bepaalde boomkwekerijgewassen en specifieke groentegewassen stellen de hoogste eisen aan de chloride concentratie van het beregeningswater. De productiewaarde van juist deze sectoren is erg groot. De productiewaarde van bijvoorbeeld de totale bloembollensector op Goeree-Overflakkee is minimaal 11 miljoen euro per jaar en van de boomkwekerij sector in de Brabantse Delta 4,4 miljoen per jaar volgens het LEI (Rijk e.a., 2009).

Naast bovenstaande advieswaarden, zoals gehanteerd in de droogtestudie, zijn er andere advieswaarden in omloop bij waterschappen, provincies en sectororganisaties voor de maximaal toelaatbare concentraties chloride in het beregeningswater. Deze waarden verschillen onderling als gevolg van wetenschappelijke onzekerheden of verschillen in inzicht over de maximaal aanvaardbare schade.

Hoewel deze advieswaarden van toepassing zijn op het giet- of beregeningswater is voor landbouw en natuurbeheer eigenlijk de concentratie chloride in het bodemvocht de beste indicator voor het risico op zoutschade. Echter, kennis en meetgegevens van deze parameter (tabel 4) zijn slechts sporadisch beschikbaar uit (vaak gedateerd) experimenteel veld- en laboratoriumonderzoek onder geconditioneerde omstandigheden, die bovendien vaak niet overeenkomen met de omstandigheden in de Zuidwestelijke Delta.

Bij de glastuinbouw zijn er teelten die fysiologisch gezien zoutgevoeliger zijn dan de dikgedrukte teelten in tabel 4, zoals bijvoorbeeld geteelde paprika en tomaten in de kas. In de huidige situatie worden kasgroenten geteeld met regen- en osmosewater en zijn ze dus niet afhankelijk van beregeningswater uit het oppervlaktewater. Bij de glastuinbouw is de teelt van pot- en perkplanten qua watervraag en aantal hectares van groot belang in Delfland. Voogt (2009) deelt pot- en perkplanten in bij de zeer zoutgevoelige gewassen.

De meeste akkerbouwgewassen zijn veel minder zoutgevoelig dan de tuinbouw- en glastuinbouwgewassen. Datzelfde geldt voor grassoorten, daarom wordt in deze paragraaf gefocussed op de tuinbouw en glastuinbouw. Meest recente beschikbare inventarisaties van o.a. Alterra en PPO over de zoutgevoeligheid van de landbouw zijn gepubliceerd in het kader van het project 'Leven met Zout water' (o.a. Van Dam et al., 2007).

#### Tuinbouw (volle grond)

De meest kritische volle grond teelten in de tuinbouw van de deelgebieden (Goeree-Overflakkee, Tholen/Sint Philipsland, West-Brabant en Hoekse Waard) zijn bloembollen, bloemzaden en daggroenten in de volle grond geteeld. Voor

**Tabel 4** De aanbevolen drempelwaarden voor de concentraties chloride in gietwater voor zoutgevoelige teelten die tevens substantieel afhankelijk zijn van beregening (akkerbouw, tuinbouw) of een grote watervraag hebben (glastuinbouw). (afgeleid uit Roest e.a., 2003; Cultuurtechnisch Vademecum, 1988).

Deelgebied	Tuinbouw (*) Akkerbouw (**) Glas (***)	Aanbevolen Chloride concentratie (mg/l) in gietwater
Goeree-Overflakkee	Bollen (Iris)*, zaai-uien**	50-300
Delfland	Bloemen*** (Chrysanth, Orchidee)	150-200
Voorne-Putten	Pit en steenvruchten*, Chrysanth***	150-200
Hoeksche Waard	Pit- en steenvruchten*, Paprika***, tomaat***, Groente***	150-300
Tholen en Sint Philipsland	Bollen (Iris)*, Pit en steenvruchten*, zaai-uien**, winterpeen**	50-300
Westbrabants Zeekleigebied	Pit- en steenvruchten*, winterpeen, zaai-uien**	150-300
Reigerbergsche polder en Polders bij Br. Wal	Pit- en steenvruchten*, zaai-uien**	150-300

<sup>17</sup> In beide rapporten wordt er van uitgegaan dat zoutschade, uitgedrukt in kg drogestof reductie, optreedt na overschrijding van een bepaalde drempelwaarde in de chloride concentratie. Onder deze drempelconcentratie treedt geen schade op en er wordt in deze rapporten verondersteld dat boven de drempelwaarde gewasschade optreedt die lineair toeneemt met toenemend zoutgehalte. De hellingshoek van deze schade functie is, naast de drempelwaarde, een tweede indicator van de zoutgevoeligheid.

**Tabel 5** Schadedrempels chloride concentraties in bodemvocht voor verschillende bolteelten in de glastuinbouw en vollegrondstuinbouw).  
(Bron: Van Dam e.a. (2007); afgeleid van ploegman, 1977)

Bolteelt	Gietwater	Bodemvocht	Groei seizoen	Bereging seizoen		
Hyacinten*	-	210	sept/okt	jul	apr	jun
tulpen	-	130	sept/okt	jul	apr	jun
narcissen	-	60	sept	aug	apr	jun
gladiolen	-	100	mrt	nov	apr	aug
Irissen	-	43	sept/okt	jul	apr	mei/jun

\* Hyacinten en Krokussen worden slechts incidenteel beregend met oppervlaktewater.

bloembollen worden door diverse partijen kritische concentraties chloride in het gietwater en bodemvocht genoemd die variëren tussen de 50 en 300 mg/l voor het gehele groeiseizoen. Tabel 5 illustreert dat het risico op schade door blootstelling aan te brak beregeningswater per bolsoort verschilt. In de kiemfase zijn de bollen vaak gevoeliger voor zout en de start van de kiemfase is verschillend per bolsoort. Ook fruitteelt is belangrijk in verschillende deelgebieden en enigszins zoutgevoelig. Roest e.a. (2003) gaan uit van een schadedrempel van ca 250 mg Cl<sup>-</sup>/l (beregeningwater) voor pit- en steenvruchten.

#### Glastuinbouw

Uit Roest e.a. (2003) is voor groenteteelt in kassen een richtwaarde voor de chloride concentratie in het gietwater af te leiden van 150-200 mg Cl<sup>-</sup>/l en voor sierteelt onder glas 50-200 mg Cl<sup>-</sup>/l. Over het algemeen is de teelt van groenten iets minder zoutgevoelig dan de teelt van bloemen, pot- en perkplanten in de kas. Met name in Delfland wordt veel sierteelt gekweekt.

#### 4.4.2 Zoutgevoeligheid van de industrie

De industrie (Europoort) is een grote gebruiker van water en stelt ook hoge eisen aan de kwaliteit hiervan. Het industrie-water wordt onder andere gebruikt als proceswater, koelwater, ketelvoedingwater en voeding voor demiwater. Het ingenomen water wordt lokaal op de diverse gebruikerslocaties behandeld tot de gewenste kwaliteit. Deze behandelingen zijn ontworpen op een concentratie chloride van het ingenomen water van maximaal 150 mg/l. Bij hogere gehalten ontstaan problemen met de werking van ionenwisselingsinstallaties voor de bereiding van demiwater en ketelvoedingwater. Ook corrosie in koeltorens wordt ernstiger bij toenemende verzilting van het ingelaten water. De besproeiing van kolen met licht brak bluswater, nodig in verband met stofbestrijding, kan leiden tot ongewenste dioxinevorming bij verbranding. Bij hogere chloride concentraties van het ingenomen water dan 150 mg/l kan een centrale voorbehandeling een optie zijn.

#### 4.4.3 Zouttolerantie van de natuur

In de deelgebieden zijn duinnatuur (Goeree-Overflakkee, Delfland), slikken en gorzen (alle deelgebieden) en diverse typen graslanden (bloemrijk, schraal, vochtig etc.) de belangrijkste terrestrische natuurdoeltypen. Hierbij dient vermeld te worden dat de slikken en gorzen buiten het regionaal waterhuishoudkundig systeem vallen, en dus niet vergeleken kunnen worden met de kengetallen voor chloride concentraties in de sloot.

De gebieden die benoemd zijn (KRW, Natuurdoeltypen) als aquatische zoetwatergemeenschap (o.a. Binnenmaas in de Hoeksche Waard), regionale watersystemen (sloten, poelen, wielen, plassen) en de diverse natuurdoeltypen grasland zijn gevoelig voor verzilting en vallen binnen het waterhuishoudkundig systeem. Bij het herstel van de estuariene dynamiek zullen de geformuleerde natuurdoeltypen voor de hele Zuidwestelijke Delta overigens moeten worden herzien. Het is vanzelfsprekend dat bij dit herstel de kansen voor zoete aquatische ecosystemen kleiner worden.

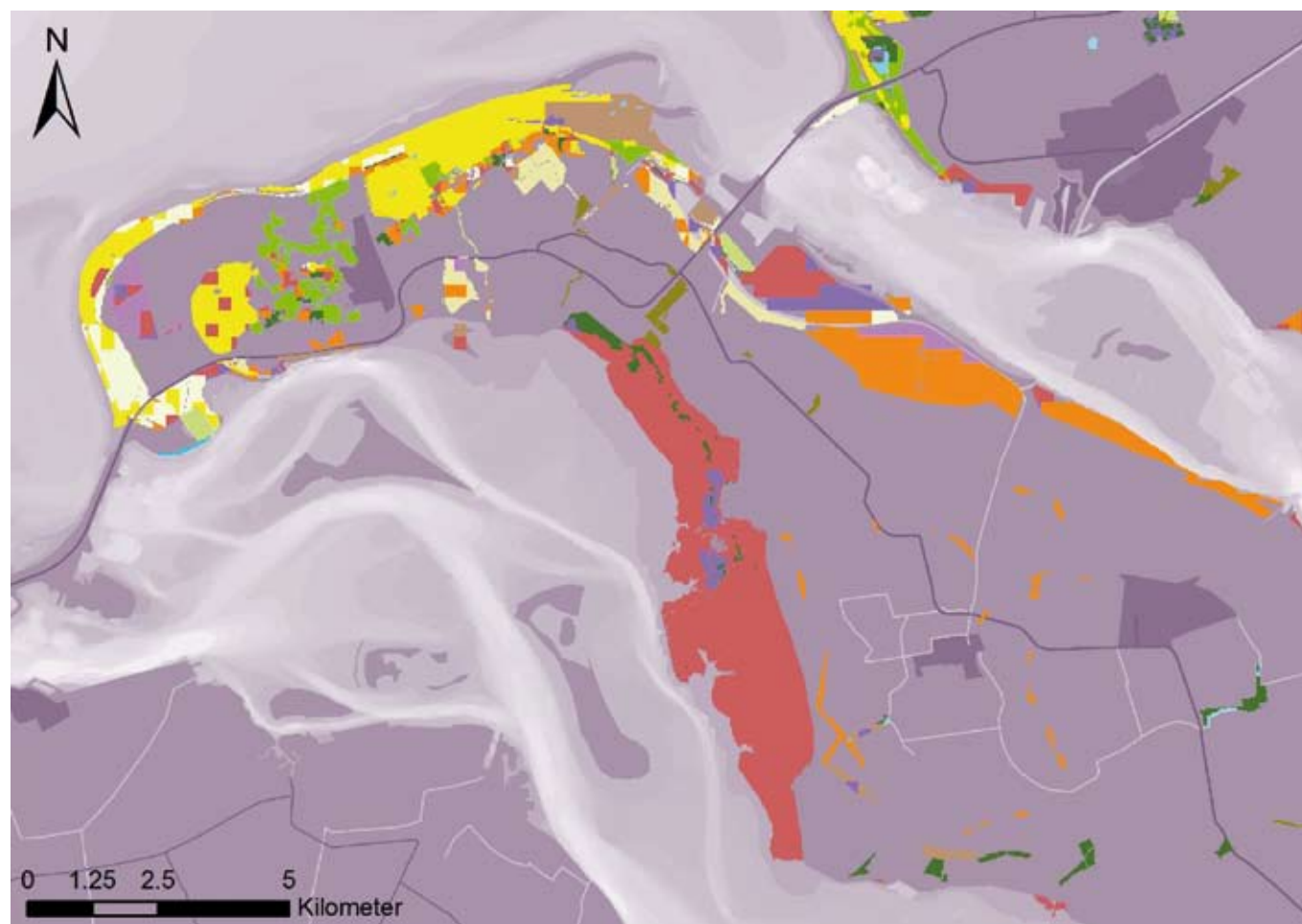
Het Oostvoornse meer is een stagnerend brak meer, buitendijks ingeklemd tussen Voorne en de Maasvlakte. Het is een verhaal apart omdat het niet bedreigd wordt door verzilting maar door een gestage verzoeting als gevolg van het neerslagoverschot in het afwateringsgebied (De Ruiter e.a., 2009). Verzoeting doet zich ook voor in kreken op Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten met een brak karakter. In verschillende natuurgebieden op deze eilanden is het waterbeheer geoptimaliseerd om de brakke waterkwaliteit te herstellen, zoals het Oudeland van Strijen, polder Biert en Koudenhoek.

Het Waterschap Hollandse Delta heeft geconstateerd dat grote delen van Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten nu sterk wisselende concentraties chloride hebben tussen 200 en 1000 mg Cl<sup>-</sup>/l. Daarbij is de schommeling ook nog tegen-natuurlijk: sterk brak in de winter en zoet in de zomer. In dergelijke wateren kunnen weinig organismen overleven en de praktijk is dat waterplanten veelal ontbreken en algen domineren.



Voor alle deelgebieden zijn optimale, maximale en absoluut maximale waarden bepaald voor de concentratie chloride in de wortelzone voor de aanwezige natuurdoeltypen. Wat hieruit kan worden geconcludeerd, wordt geïllustreerd aan de hand van de resultaten voor Goeree-Overflakkee (figuur 15). Op dit eiland liggen deze waarden voor de meeste natuurdoeltypen tussen 0 en 150 mg/l (figuur 16). Zelfs het absolute maximum ligt in de meeste gevallen slechts in het licht brakke bereik. Het is interessant om te zien dat in de buitendijkse gebieden soorten voorkomen met een lage zouttolerantie, hetgeen zou kunnen betekenen dat in de voormalige schorren ook zoetwaterlenzen gevormd worden.

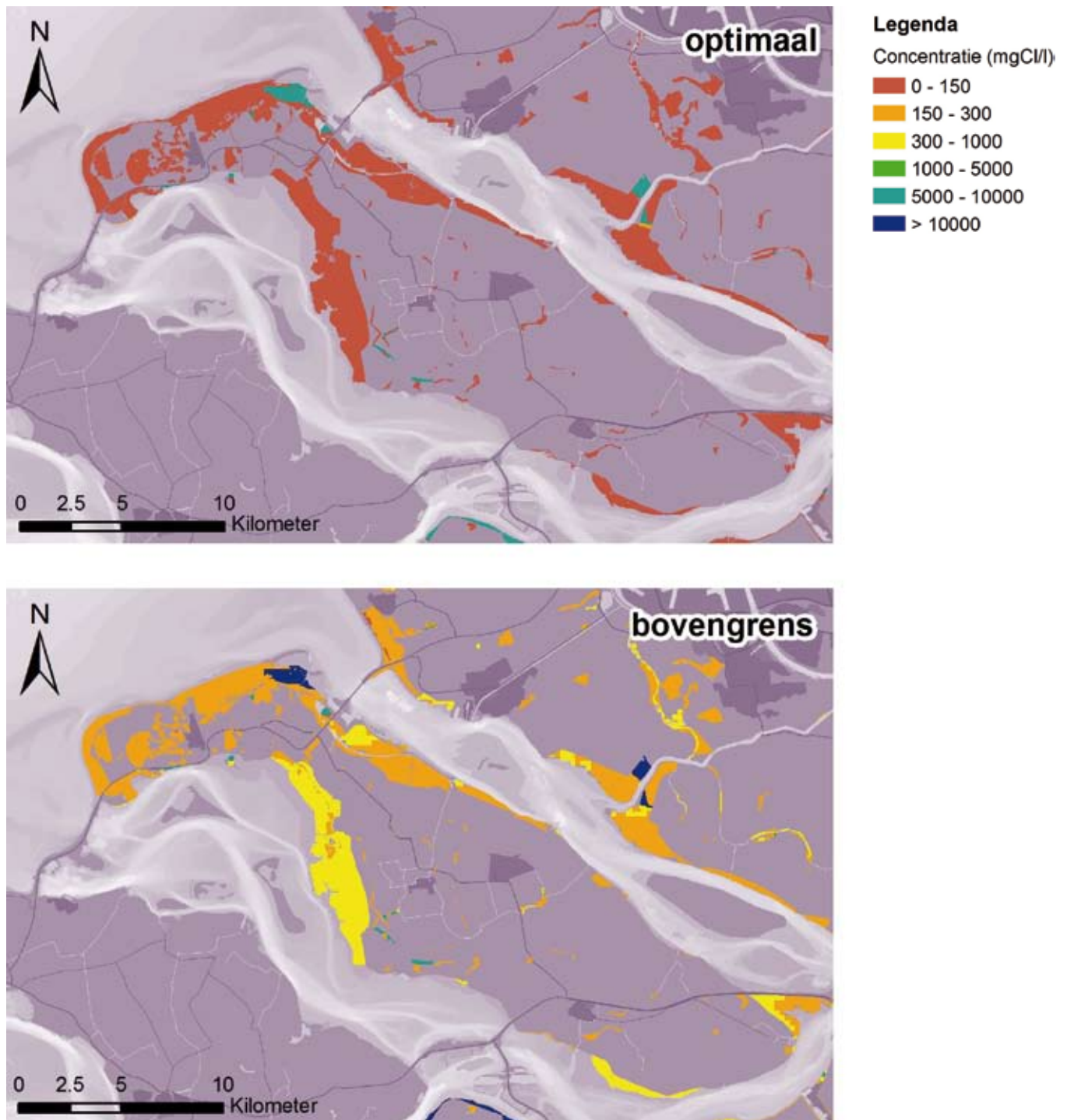
Met deze methodiek wordt de zouttolerantie van natuurdoeltypen waarschijnlijk onderschat: de daadwerkelijke schadedrempels voor chloride zijn voor de meeste natuurdoeltypen hoger. Dit komt onder meer doordat de achterliggende methodiek van de Ellenberg-indicatiegetallen is opgesteld voor hogere planten (vaatplanten), waarvan de meeste soorten terrestrisch zijn. Verder geldt voor terrestrische en semi-terrestrische natuurgebieden dat onder normale omstandigheden een zoetwaterlens van minstens enkele dm dik aanwezig is waarin de (meeste) vaatplanten wortelen. In percelen met brakke of zoute kwel wordt 99% van de kwel afgeleid naar sloten zodat zout in de percelen



**Figuur 15** Voorkomende Natuurdoeltypen op de kop van Goeree-Overflakkee.

**Legenda**

- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: yellow;">■</span> Az-3.1 open begroeiing van droge gronden         | <span style="color: yellow;">■</span> Du-3.7 droog duingrasland en open duin          |
| <span style="color: red;">■</span> Az-3.2 open begroeiing van vochtige gronden         | <span style="color: red;">■</span> Du-3.9 natte/vochtige voedselarme duinvallei       |
| <span style="color: brown;">■</span> Az-3.3 zoute en brakke ruigte en grasland         | <span style="color: brown;">■</span> Gg-3.1 onbeheerde kwelder                        |
| <span style="color: purple;">■</span> Az-3.4 rietland en ruigte                        | <span style="color: lightblue;">■</span> Zk-3.1 zoet watergemeenschap                 |
| <span style="color: orange;">■</span> Az-3.5 bloemrijk grasland                        | <span style="color: green;">■</span> Zk-3.10 bosgemeenschappen van zeeklei            |
| <span style="color: lightyellow;">■</span> Az-3.6 struweel, mantel- en zoombegroeiing  | <span style="color: darkgreen;">■</span> Zk-3.11 bosgemeenschappen van veen-op-klei   |
| <span style="color: darkgreen;">■</span> Az-3.8 bosgemeenschappen van zeeklei          | <span style="color: lightgreen;">■</span> Zk-3.13 park-stinzenbos                     |
| <span style="color: lightblue;">■</span> Du-3.1 duinbeek                               | <span style="color: cyan;">■</span> Zk-3.2 brak watergemeenschap                      |
| <span style="color: lightyellow;">■</span> Du-3.10 struweel, mantel- en zoombegroeiing | <span style="color: brown;">■</span> Zk-3.3 zoute en brakke ruigte en grasland        |
| <span style="color: lightgreen;">■</span> Du-3.13 bosgemeenschappen van kalkrijk duin  | <span style="color: purple;">■</span> Zk-3.4 rietland en ruigte                       |
| <span style="color: darkgreen;">■</span> Du-3.14 bosgemeenschappen van de duinzoom     | <span style="color: purple;">■</span> Zk-3.5 nat schraalgrasland                      |
| <span style="color: lightblue;">■</span> Du-3.2 duinmeer                               | <span style="color: orange;">■</span> Zk-3.6 bloemrijk grasland                       |
| <span style="color: brown;">■</span> Du-3.3 sluffer en groen strand                    | <span style="color: lightyellow;">■</span> Zk-3.8 struweel, mantel- en zoombegroeiing |
| <span style="color: purple;">■</span> Du-3.4 duinrietland en -ruigte                   | <span style="color: olive;">■</span> Zk-3.9 hakhout en griend                         |
| <span style="color: red;">■</span> Du-3.5 nat schraalgrasland                          | <span style="color: lightyellow;">■</span> Zk-4.2 grasland                            |
| <span style="color: orange;">■</span> Du-3.6 bloemrijk grasland                        |   |



**Figuur 16** De optimale concentratie chloride (boven) en de concentratie horende bij de bovengrens (onder: het abiotisch maximum, +2 SD) voor natuurdoeltypen op Goeree-Overflakkee.

nauwelijks kan doordringen tot het maaiveld. Hierdoor is het ook niet verbaasd dat de optimale concentraties chloride voor natuurdoeltypen, zoals bloemrijk grasland, op basis van deze methode vooral in het (zeer) zoete bereik liggen. Figuur 16 geeft ruimtelijk weer waar de zoutgevoelige natuur op Goeree-Overflakkee gelokaliseerd is. Daarbij moet worden aangemerkt dat de schoren en slikken in de buik van Goeree-Overflakkee en het gebied boven het Zuiderdiep buiten de watershuishoudkundige eenheid vallen en niet vergeleken kunnen worden met de berekende chloride concentratie in

het slotwater. Ze kunnen wel vergeleken worden met de ruimtelijk expliciet berekende zoutvrachten door TNO. Onderscheid tussen aquatische, semi-terrestrische en terrestrische gemeenschappen in het Ellenberg systeem is dan wel een noodzakelijke verbetering<sup>18</sup>.

<sup>18</sup> Dit zou nader onderzocht moeten worden.

## 4.5 Conclusies over klimaatbestendigheid

In dit scenario-onderzoek is verkend hoe de zoetwatervoorziening in de Zuidwestelijke Delta verandert bij klimaatverandering en wijzigingen in het waterbeheer. Aan de uitkomsten van deze verkenning kan rekenkundig geen waarschijnlijkheid worden gekoppeld. Datzelfde geldt voor de effecten van de drie gedefinieerde scenario's in de evaluatie van de klimaatbestendigheid van de ruimtegebruikfuncties. Bij het laatste speelt het oordeel van de betrokken deskundigen een belangrijke rol en subjectiviteit is daarbij niet uit te sluiten. Gegeven deze beperkingen probeert deze paragraaf de 'knikpunten' aan te geven voor de ruimtegebruikfuncties die afhankelijk zijn van de zoetwatervoorziening. Voor zover mogelijk zijn daarbij de benamingen gehanteerd volgens tabel 6 (MNP, 2005; Deltares, 2008).

Benaming	Indicatie van de kans
Nagenoeg zeker	Meer dan 99%
Zeer waarschijnlijk	90-99%
Waarschijnlijk	66-90%
Fifty-fifty	33-66%
Onwaarschijnlijk	10-33%
Zeer onwaarschijnlijk	1-10%
Nagenoeg uitgesloten	Minder dan 1%

### 4.5.1 Kritische ruimtegebruikfuncties tot 2015

Tot 2015 zijn bij het huidige waterbeheer weinig problemen te verwachten ten gevolge klimaatwijziging. Alleen op Tholen en Goeree-Overflakkee zou (volgens de gehanteerde interpolatieberekening), de interne verzilting door zoute kwel op deze termijn al behoorlijk kunnen toenemen (met 25%). Echter, door de overheersende invloed van de compensatiemaatregelen voor een zout VZM blijft het effect op de chloride concentratie in de regionale wateren zeer beperkt. Op Tholen is zelfs een verbetering te verwachten van de zoetwatersituatie; de extra alternatieve zoetwateraanvoer naar Tholen compenseert niet alleen voor een zout VZM, maar ook voor klimaateffecten. Het is zeer waarschijnlijk dat er tot 2015 geen sprake zal zijn van knikpunten.

### 4.5.2 Kritische ruimtegebruikfuncties tot 2050

Onder het gekozen W+ klimaatscenario zal de interne verzilting op Goeree-Overflakkee en Tholen in een droge zomer met 85% toenemen ten opzichte van de huidige situatie. In de andere deelgebieden is de interne verzilting kleiner en is ook de toename geringer. De externe verzilting zal in dit deel van West-Nederland (de zuidrand van het

benedenrivierengebied) bij het huidige waterbeheer maar weinig toenemen. De gecombineerde invloed van deze twee klimaateffecten op de ruimtegebruikfuncties kan als volgt worden geduid:

- functies die (nagenoeg) geheel direct afhankelijk zijn van wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem (proceswater, drinkwater, doorvoer naar Delfland) zullen een geringe verslechtering ondervinden; de chloride concentratie blijft zomergemiddeld waarschijnlijk onder de norm van 150 mg Cl<sup>-</sup>/l. Waarschijnlijk geen knikpunt.
- in West-Brabant zal de stijging van de chloride concentratie in de regionale waterlopen gering zijn en geen probleem opleveren voor zoutgevoelige teelten. Er is meer oppervlakte- of grondwater nodig voor compensatie van het grotere neerslagtekort: in dit gebied is echter ruim voldoende zoet oppervlaktewater aanwezig in de Mark-Vliet boezem. Zeer waarschijnlijk geen knikpunt.
- in Delfland, Hoeksche Waard en Voorne-Putten zal de gemiddelde chloride concentratie in het waterlopenstelsel in een droge zomer tot net boven de norm van 150 mg Cl<sup>-</sup>/l kunnen stijgen. In de glastuinbouw in Delfland en Voorne-Putten is hemelwater een belangrijke bron van water voor zowel de substraat- als grondgebonden teelt. Waterschaarste voor de glastuinbouw kan veroorzaakt worden door een laag cumulatief neerslagoverschot (of zelfs een neerslagtekort) waardoor de regenbassins onvoldoende water hebben voor de maximale teelt-opbrengst. De kans dat deze hydraulische/meteorologische omstandigheden (afzonderlijk, of beiden tegelijkertijd) onder het KNMI W+ scenario kunnen voorvallen, neemt toe. De kans op een zomerhalfjaar zoals 2003 neemt toe van eens in de 10 jaar in het huidige klimaat tot eens in de 2 jaar in 2050 bij het KNMI W+ scenario. Er is een fifty-fifty kans op een knikpunt.
- op Goeree-Overflakkee en Tholen zal de gemiddelde chloride concentratie in het waterlopenstelsel in een droge zomer aanzienlijk kunnen stijgen. Tegelijkertijd neemt het gemiddelde neerslagtekort in een droog zomerhalfjaar toe: er is dus ook meer water nodig voor beregening (maar dit blijft een geringe post op de waterbalans). Op deze eilanden is nagenoeg zeker sprake van een knikpunt.

## 4.6 Risicobeschouwing

Deze scenarioverkenning is opgesteld op basis van meetgegevens, modelberekeningen van water- en zoutbalansen en aannames. De gebruikte meetgegevens zijn de beste gegevens die beschikbaar waren. Deze paragraaf geeft kwalitatief aan hoe de gemaakte aannames doorwerken op de eindresultaten. Dit geeft een indruk van de betekenis die aan de uitkomsten kan worden gegeven.

<sup>19</sup> In Voorne-Putten en Delfland pompen veel tuinders grondwater op dat vaak onvoldoende zoet is om direct gebruikt te kunnen worden in de kassen. Daarom wordt het water 'verzoet' (osmosewater). Het zoete water gaat naar de kassen en het restproduct, een ingedikte zoutoplossing (het brijn), wordt teruggepompt de bodem in. Het brijn is echter mogelijk verontreinigd met zware metalen, bestrijdingsmiddelen en nutriënten.

De aannames voor de studie zijn:

1. het watersysteem en het bedieningsregime van de sluizen veranderen niet (mits wijzigingen nadrukkelijk zijn vermeld);
2. het grondgebruik verandert niet;
3. de berekening neemt niet toe in intensiteit en/of areaal;
4. er is géén rekening gehouden met verschillen in opbrengsten van gewassen;
5. voor de huidige situatie: de hydraulische en meteorologische omstandigheden van de zomer van 2003, voor de situatie van 2015 de klimaatkarakteristieken van dat jaar, en voor de situatie van 2050 het KNMI W+ scenario als een droge bovengrens.
6. arrangementen, kosten en beprijzing van de regionale zoetwatervoorziening veranderen niet ten opzichte van de huidige situatie.

**Ad 1)** Deze verkenning gaat ervan uit dat de compensatiemaatregelen voor een zout VZM, volgens het wateraanvoerspoor van het advies voor een regionale zoetwatervoorziening (Stuurgroep ZW-delta, 2009), worden geïmplementeerd voordat het VZM zout wordt gemaakt. Deze verkenning gaat ook uit van de veronderstelde effectiviteit van deze maatregelen: het huidige serviceniveau van zoetwatervoorziening wordt hierdoor, onder gelijkblijvende klimaatomstandigheden, gehandhaafd.

**Ad 2)** Verondersteld is dat het grondgebruik niet verandert. Dit is gedaan om gevoel te krijgen voor de klimaatbestendigheid van de huidige waterbehoefte in de deelregio's onder veranderend wateraanbod en klimaat. Wel zal deze aanname in de loop van de tijd achterhaald worden, waarvoor een aantal oorzaken aan te wijzen is:

- De ruimtelijke ontwikkeling zal er toe leiden dat, afhankelijk van de demografie en regionale economie, wellicht minder ruimte voor landbouwgrond over zal blijven. Verwacht wordt dat dit niet overal in gelijke mate het geval zal zijn (waarschijnlijk meer in Delfland dan bijvoorbeeld op Tholen).
- In de land- en tuinbouw richt men zich op teelten die naar verwachting een goede opbrengst garanderen. Deze verwachting is in sterke mate afhankelijk van consumentenvoorkeuren en het aanbod aan voedingswaren door de detailhandel. In de consumentenvoorkeuren is de laatste decennia een sterker verloop te zien dan vroeger en verwacht mag worden dat deze trend zich zal doorzetten. Ook de effecten van globalisering (de aanplant van gewassen voor verre bestemming en de concurrentie door import uit verre landen) zullen naar verwachting meer merkbaar worden.
- De uitwerking van het EU landbouwbeleid (met o.a. minder subsidies) zal ook in sterke mate bepalend zijn voor de gewaskeuzen. Hiermee hangt ook samen of en hoe sprake zal zijn van schaalvergroting en concentraties van teelten per regio.

**Ad 3)** De tendens was de laatste jaren dat het beregenen van gewassen in intensiteit toeneemt. Als goed water schaarser wordt zal men efficiënter gebruik maken van het water dan de huidige methode die in deze streken veel wordt gebruikt (sprinklers) waarbij veel water verdampt voor het op de grond terecht komt. Minder waterverbruik kan worden bereikt door beregening door, bijvoorbeeld, ronddraaiende sproeibuisen en drip-irrigatie-systemen.

**Ad 4)** In de berekeningen is niet uitgegaan van nieuwe mogelijkheden om de bedrijfsvoering te verbeteren terwijl hier wel kansen voor zijn. Te denken valt aan verbetering van plantselecties (bijvoorbeeld kweek van minder zoutgevoelige en vorstgevoelige soorten en immuniteit van soorten tegen insectenvraat), meerdere oogsten per perceel per zomerhalfjaar en gemanipuleerde bestuiving van (fruit)bomen.

**Ad 5)** De aanname van het W+ scenario voor 2050 wordt beschouwd als 'een plausibele bovengrens'. De resultaten van deze verkenning hebben eerder betrekking op de bovengrens van ontwikkelingen dan op de ondergrens.

**Ad 6)** Door onder andere verschillen in natuurlijke omstandigheden en historische ontwikkelingen bestaan er grote verschillen tussen de deelgebieden wat betreft arrangementen, kosten en doorberekening ('beprijzing') van de zoetwatervoorziening. Er is op geen enkele manier sprake van een gelijk speelveld. Daardoor is ook de sturende invloed van (de bestaande) beprijzing op bijvoorbeeld beperking van het watergebruik niet eenduidig, impliciet, en waarschijnlijk grotendeels afwezig. In de scenario's is verondersteld dat dit allemaal niet verandert; en ook deze veronderstelling zal in de toekomst worden achterhaald. In de toekomst zal beprijzing van (landbouw)zoetwatervoorziening en de sturende werking ervan expliciet aandacht krijgen (zie onder andere het advies van de commissie Veerman en het concept Nationale Waterplan).

## 5 Mogelijke beleidsstrategieën voor de lange termijn

Voor het selecteren van maatregelen om de in de toekomst voorziene afname van de zoetwatervoorziening voor de landbouw en overige functies ongedaan te maken of te compenseren, moet eerst duidelijk zijn welke beleidsstrategie kan worden gekozen. In het Ontwerp Nationaal Waterplan is als adagium geformuleerd: 'meebewegen (met klimaatverandering) waar mogelijk, weerstand bieden als het niet anders kan en de kansen voor welvaart en welzijn benutten'.

Hieruit volgen de volgende drie opties:

1. weerstand (blijven) bieden tegen verzilting door aanpassingen aan het regionale en hoofdwatersysteem;
2. meebewegen met verzilting en ontkoppelen van het landbouwwatergebruik;
3. hybride oplossingen

## 5.1 Optie 1: weerstand (blijven) bieden tegen verzilting door systeemaanpassing

### 5.1.1 Consequenties

Waterbesparing door de boer heeft in het huidige systeem van doorspoelen van de sloten geen zin. Dit systeem biedt feitelijk kwalitatief goed zoetwater in overvloed. Bij waterbesparing wordt nog minder van het ingelaten water benut voor beregening en wordt het doorspoelen met het oog op beregeningswater nog minder efficiënt. Omgekeerd biedt het huidige waterbeheer, zonder enige consequentie voor het waterbeheer zelf, ruimte voor uitbreiding van kapitaal-intensieve, watervragende teelten.

De invulling van de weerstandstrategie (vasthouden, bergen en pas in laatste instantie aanvoeren) sluit aan bij de WB21 aanpak voor wateroverlast. Voor een logische en consistente voortzetting van een weerstandstrategie zijn maatregelen gewenst waardoor minder water nodig is voor het doorspoelen en het peilbeheer. Het waterbeheer wordt daardoor, met het oog op de relatief geringe vraag naar kwalitatief goed zoetwater, efficiënter. De afhankelijkheid van aanvoer vanuit het hoofdwatersysteem neemt af en het niveau van zelfvoorziening in de regio neemt toe. Er zijn bijkomende voordelen. Zo is de waterkwaliteit van afzonderlijke brakke, voedselrijke kwel- en drainagesloten en zoete, voedselarme aanvoersloten veel optimaler in te richten dan in de huidige licht-brakke combisloot.

De weerstandstrategie kan worden voortgezet met maatregelen voor:

- de bestrijding van de zoute kwel naar de sloot en voor het isoleren van kwelgebieden;
- het scheiden van de aanvoer van zoetwater uit het hoofdwatersysteem van de afvoer van zout kwelwater uit het regionale systeem: gescheiden aan- en afvoersloten;
- de vergroting van de seizoensberging zodat kan worden bespaard op de hoeveelheid water die nodig is voor het peilbeheer.

In het algemeen vraagt de weerstandstrategie om structurele aanpassingen aan het waterhuishoudkundige systeem. Niet alleen regionaal, ook nationaal, zoals efficiëntere zoutbestrijding op de Nieuwe Waterweg. Bij deze strategie wordt de beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw als publieke voorziening gehandhaafd.

### 5.1.2 Maatregelen

Voor de strategie 'weerstand bieden' kan een groot aantal maatregelen worden geïdentificeerd die kunnen bijdragen aan het tegengaan van verdere verzilting (op basis van Velstra e.a., 2009).

- zeker stellen dat voldoende zoetwater als polderwater kan worden ingelaten door
  - verplaatsen van innamepunten voor zoetwater naar bovenstreams (geldt evenzo voor innamepunten voor drinkwater);
  - afsluiten waterakkoorden;
  - water contractueel van buiten aanvoeren via een watergang en/of een pijpleiding;
  - terugdringen van zout schut- en lekwater bij sluisjes en stuwtjes;
- fysieke scheidingen aanbrengen in het oppervlaktewaterstelsel van een polder zodat het ingelaten water van het HWS meer exclusief kan worden gebruikt voor beregening;
- de optimale beschikbaarheid van zoetwater in de waterlopen verbeteren door op knooppunten de concentraties chloride continu te meten en de bediening van sluisjes hierop slim af te stemmen;
- aanleg bergingsbassins voor de buffering van zoetwater (waterschap);
- tegengaan van kwel door
  - peilopzet (eventueel ook voor irrigatie via drainage);
  - dichten van wellen en de aanleg van kwelsloten en kwelschermen bij hoogwaterkeringen;
- instellen van ruimtelijke zonering grondgebruik teelten: zoutgevoelige teelten nabij inlaatpunten en zout-tolerante teelten nabij uitslaggemalen. In een overgangsperiode kan dit ruimtegebruik worden omgezet door ondernemers tegemoet te komen in verliezen van hun bedrijfsvoering en hen eventueel een verplaatsingskostenregeling aan te bieden.

### Compensatiemaatregelen zout Volkerak-Zoommeer: geen-spijt!

De voorgestelde compensatiemaatregelen voor een zout VZM zijn erop gericht het huidige serviceniveau van zoetwatervoorziening voor de landbouw te handhaven. Voor West-Brabant, Tholen en Sint Philipsland kan dit door de huidige aanvoer vanuit dit nu zoete meer te vervangen door aanvoer vanuit het Hollandsch Diep via de Roode Vaart. Voor de Zuid-Hollandse eilanden en Delfland is de beoogde voorkeursmaatregel het terugdringen van het zoutlek bij de Volkeraksluizen (tot 60 kg/s) uit het Volkerak naar het Haringvliet en Hollandsch Diep. Ook voor de Reigersbergsche Polder en Zuid-Beveland wordt geprobeerd met maatwerk het huidige niveau van externe aanvoer tenminste te handhaven.

Met deze compensatiemaatregelen wordt de huidige weerstandstrategie voortgezet, blijft de structurele afhankelijkheid van zoetwateraanvoer uit het hoofdwatersysteem bestaan, en blijft ook de gebruiksefficiëntie laag. Toch is bij de voorgestelde compensatiemaatregelen om twee redenen sprake van 'geen spijt beleid'. Ten eerste kunnen de maatregelen tegen relatief lage kosten worden gerealiseerd waardoor geen langdurige claim op de toekomst wordt gelegd en voor de lange termijn de keuzeopties openblijven. Ten tweede wordt met de handhaving van het huidige serviceniveau tijd gewonnen om de noodzakelijke lange termijn keuze straks goed gefundeerd te kunnen maken.

## 5.2 Optie 2: meebewegen met verzilting en ontkoppelen van het landbouw-watergebruik

### 5.2.1 Consequenties

Kiezen voor een strategie van meebewegen betekent dat de zoutbestrijding wordt losgelaten. Het binnendringende zout op de Nieuwe Waterweg (externe verzilting) wordt niet langer geweerd maar geacommodeerd. Het zout wordt ook niet meer geweerd uit het regionale watersysteem (zoute kwel, interne verzilting). Bij deze strategie zijn de aanpassingen van het regionale watersysteem aan onder meer de gevolgen van klimaatverandering marginaal. Het systeem behoudt zijn oorspronkelijke functie van drainage- en afvoersysteem, kan voor die functie optimaal worden ingericht en is voor deze doeleinden mogelijk meteen klimaatbestendig en kosteneffectief. Er hoeft niet langer water vanuit het hoofdwatersysteem te worden ingelaten omdat de sloten niet hoeven te worden doorgespoeld; het regionale watersysteem wordt 100% zelfvoorzienend.

Bij deze strategie kan het huidige serviceniveau voor de landbouw niet worden gehandhaafd: de strategie van meebewegen betekent automatisch, dat de landbouwwatervoorziening zal worden losgekoppeld van de waterhuishouding. Deze ont koppeling kan neerkomen op de verplaatsing van teelten ('functie mijdt zout'). Ook zou er een markt kunnen ontstaan van vraag en aanbod van water via de waterketen (private levering) in plaats van de huidige waterhuishouding als publieke voorziening.

Ontkoppeling betekent dat de hele waterketen van productie, aanvoer, en distributie los van de eigenschappen van het gebied, optimaal kan worden ingericht. Waterbesparing bij de boer heeft in deze strategie een hoge prioriteit want met elke kuub water die wordt bespaard, worden de kosten gereduceerd. Door het sterke accent op waterbesparing zal deze strategie ook een push geven aan technologische innovatie (bijvoorbeeld nieuwe irrigatietechnieken), lokale mogelijkheden voor wateropslag (neerslagoverschot in de winter) en waterhergebruik (bijvoorbeeld RWZI effluent).

### 5.2.2 Maatregelen

Voor de strategie 'meebewegen' kan een groot aantal maatregelen worden geïdentificeerd die kunnen bijdragen aan het tegengaan van verdere verzilting, het vergroten van de zelfvoorzienendheid en/of het verminderen van de afhankelijkheid van zoetwater (op basis van Velstra e.a., 2009):

- levering van (landbouw)water door waterleverancier via apart leidingnet;
- aanvoeren van zoetwater voor teelten via wegtransport in tijden van grote droogte;
- watertechnologie (voor voorbeelden, zie bijlage 4):
  - aanleg bergingsbassins (eventueel onder de akker) voor de buffering van zoetwater;
  - ontzilten met gebruikmaking van innovatieve technologie (laag energieverbruik en gebruik van

restwarmte). Uit eerste berekeningen blijkt dat het gebruik van oppervlaktewater met een verhoogd zoutgehalte voor omgekeerde osmose leidt tot een toename van de lozing van recirculatiewater en verdere vervuiling van oppervlaktewater. Randvoorwaarde voor ontzilting is dat er een oplossing wordt gevonden voor de brijnproblematiek;

- zuiveren van afvalwater met innovatieve technologie (laag energieverbruik en gebruik van restwarmte). Dit lijkt vooral kansrijk op Goeree-Overflakkee waar het drinkwaterverbruik de helft bedraagt van de totale agrarische waterbehoefte (zie tabel 1);
- recirculatie (met inzet van technologie voor zuivering);
- conditioneren van een systeem van oppervlaktewater en grondwater op perceelniveau.

De volgende maatregelen zijn altijd goed en van toepassing voor de beide beleidsstrategieën 'Weerstand bieden' en 'Meebewegen':

- waterbesparing bij beregening, bijvoorbeeld door drip-irrigatie en besproeiing met ronddraaiende spuitarmen waardoor de verdamping in de lucht minder is;
- capaciteiten van beregeningsinstallaties verhogen (hierdoor kan extra worden bevoeid als het chloridegehalte in het oppervlaktewater acceptabel is);
- introductie van zouttolerante teelten:
  - genetische modificatie van gewassen door selectie of biotechnologie;
  - aquacultures (lamsoor, algen, fish farming);
- instellen van gebieden in de polder met een eigen waterhuishouding. Deze maatregel is vooral gewenst voor natuurgebieden waar men zowel de hoeveelheid water als de concentratie chloride van dit water wil beheersen (De gebieden kunnen ook nog worden voorzien van een buffer van oppervlaktewater met een verhoogd peil);
- indekken van bedrijfsrisico's m.b.t. droogteschade door verzekeringen af te sluiten of door het instellen van een droogtefonds.

## 5.3 Optie 3: hybride oplossingen

Een combinatie van bovenstaande strategieën lijkt niet voor de hand te liggen. De 'handelingsperspectieven' en het eindresultaat van de twee strategieën in termen van maatregelen zijn immers totaal verschillend. Een (gedeeltelijk) gescheiden aan- en afvoer van water in combinatie met een kunstmatige aanvoer en besparend gebruik binnen één waterhuishoudkundige eenheid leidt tot extra kosten en minder efficiëntie. Ook de afgeleide (milieu)effecten zijn eerder negatief dan positief. Toch kunnen hybride oplossingen, in de vorm van ruimtelijk gedifferentieerd maatwerk, niet op voorhand worden uitgesloten.

Zo kan op landelijk niveau het eventueel loslaten van de zoutbestrijding in de Nieuwe Waterweg (meebewegen) worden gecompenseerd met aanvoer vanuit het IJsselmeer en/of het kiezen van inlaatpunten die meer bovenstrooms in

het rivierengebied zijn gelegen (weerstand). Het is dan zaak om ook regionaal de weerstandstrategie goed door te voeren om de efficiëntie te verbeteren, waardoor een reductie van de aan te voeren hoeveelheden water kan worden bewerkstelligd. Omgekeerd lijkt een combinatie van een nationale weerstandstrategie en regionaal meebewegen niet logisch: dan zou landelijk de waterschaarste worden opgeheven terwijl daar regionaal geen gebruik van wordt gemaakt.

## 5.4 Waar en wanneer welke strategie?

Welke strategie het best kan worden gekozen en op welk moment, verschilt per deelgebied.

In West-Brabant is de interne verzilting beperkt en is zelfs in de drogere jaren (1990, 2003) voldoende water in het Mark-Vlietsysteem aanwezig om een hoog serviceniveau te realiseren (Witteveen & Bos, 2008). Mede daardoor is de huidige gebruiksefficiëntie hoger dan in andere deelgebieden. Ter compensatie van een zout VZM zal in de toekomst wel water vanuit het Hollandsch Diep worden ingelaten en doorgevoerd. De innamepunten voor zoetwater aan het Hollandsch Diep zullen ook door klimaatverandering niet verzilten (Beijk e.a., 2008). In West-Brabant kan het huidige waterbeheer worden voortgezet en klimaatbestendig worden gemaakt zonder veel aanpassingen en inspanningen (afgezien van de aanpassingen met het oog op een zout VZM).

In Delfland en op Noord Beveland zijn respectievelijk de glastuinbouw (grotendeels) en de fruitteelt (geheel) losgekoppeld van de regionale waterhuishouding. Voor deze teelten ligt volledige ontkoppeling voor de hand, wat voor het waterbeheer de mogelijkheid biedt te kiezen voor meebewegen.

Voor de andere deelgebieden is de situatie minder eenduidig. De grootste uitdaging betreft de vollegrondstuinbouw: de beregening van akkerbouw, grasland en vollegrondstuingewassen vindt versnipperd over de gebieden plaats (figuur 13). Bovendien liggen in het bijzonder de kapitaalintensieve teelten, door de noodzakelijke gewasrotatie, elk jaar op een andere plek: om, bijvoorbeeld, op Goeree-Overflakkee op 200 ha (tulpen)bollen te kunnen telen, moet je de zoetwatervoorziening inrichten voor een gebied van 1200 ha, die bovendien verspreid over het eiland liggen. De vraag welk waterbeheer met de handhaving of zelfs uitbreiding van deze teelten kan worden gecombineerd, is nu niet gefundeerd te beantwoorden.



## 6 Conclusies

## 6.1 Huidige situatie en verwachte ontwikkelingen

In de huidige situatie voor de beschouwde deelgebieden is de landbouw structureel en in hoge mate afhankelijk van de aanvoer van zoetwater vanuit het hoofdwatersysteem. Slechts een zeer klein deel van het aangevoerde water wordt uiteindelijk gebruikt voor de landbouw voor beregening; het grootste deel wordt gebruikt voor peilbeheer en om door te spoelen. Deze inefficiëntie komt voort uit de wijze waarop zout in het regionale watersysteem wordt bestreden. Zowel het zout dat vanuit zee in het hoofdwatersysteem binnen-dringt (externe verzilting) als de zoute kwel vanuit het grondwater naar het regionale watersysteem (interne verzilting) worden bestreden met 'zoetspoelen'. Doordat zoetwater in Nederland geen schaars goed is, is er tot nu toe geen initiatief genomen deze inefficiëntie aan te pakken.

De situatie gaat echter veranderen. Door de klimaatverandering worden de zomers warmer en mogelijk droger, en neemt de zoute kwel toe. De landbouw ontwikkelt zich naar meer hoogrenderende, watervragende teelten. Bovendien zullen de Haringvlietsluizen op een kier worden gezet en zal het VZM zout worden gemaakt. Door deze ontwikkelingen zal het aanbod aan zoetwater in de toekomst dalen terwijl de vraag toeneemt en de waterkwaliteit onder druk komt te staan. Dit heeft consequenties voor de manier waarop de zoetwatervoorziening en de ontwikkeling van de landbouw klimaatbestendig kunnen worden afgestemd. Het Ontwerp Nationaal Waterplan geeft met het adagium 'meebewegen (met klimaatverandering) waar mogelijk en weerstand bieden als het niet anders kan en kansen voor welvaart en welzijn benutten' de speelruimte voor deze afstemming aan.

## 6.2 Uitkomsten van de verkenning

Gezien de verwachte veranderingen in de Zuidwestelijke Delta heeft het programmabureau Zuidwestelijke Delta een aantal oplossingsrichtingen verkend waarmee de zoetwatervoorziening in dit gebied de komende decennia zou kunnen worden gegarandeerd (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009).

De verkenning gaat uitvoerig in op de effecten van klimaatverandering en wijzigingen van het waterbeheer op de regionale watersystemen. De verkenning geeft geen volledig overzicht van mogelijke maatregelen maar geeft vooral inzicht in de consequenties van de verschillende strategieën. Het geeft een eerste inzicht over de klimaatbestendigheid en het 'no regret' gehalte van de strategieën onder het W+ klimaatscenario van het KNMI (een plausibele bovengrens) en een veranderend wateraanbod. De sociaaleconomische randvoorwaarden zijn constant gehouden. De regionale effecten van de strategieën zijn grof geschetst met een doorkijk naar de implicaties voor de nationale zoetwater-

voorziening. Bij de nadere uitwerking van de strategieën is een aantal mogelijke maatregelen genoemd welke een effect hebben op de verschillende schaalniveaus.

In deze verkenning is per deelgebied bepaald welk geteelde gewas in het gebied het meest zoutgevoelig is, gebaseerd op de kengetallen voor zoutschade uit de droogtestudie (2003, 2005). Parallel aan deze verkenning is een studie uitgevoerd waarin de kengetallen voor de zouttolerantie van landbouwgewassen zijn herzien.

Bovenstaande vragen zijn deels geadresseerd in enkele andere studies. De studie "Zoetwater Zuidwestelijke Delta" (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009) geeft inzicht in de interacties tussen de deelgebieden. Daarin is ook een indicatie gegeven van de kosten van de oplossingsporen. Indicaties van inkomens- en vermogensdervingen van de land- en tuinbouwsector op basis van droogteschade ten gevolge van het niet meer kunnen beregenen met water uit het VZM zijn verwoord in de achtergrondstudie van het LEI (Rijk e.a., 2009). De economische analyses die in projectvorm in de periode 2007-2009 over het verzilten van het VZM gemaakt zijn, concentreren zich op kosteneffectiviteit van maatregelen om de verminderde beschikbaarheid van zoetwater in de regio te compenseren en op inschattingen van de schade voor de land- en tuinbouwsector.

De volgende conclusies zijn specifiek aan deze verkenning ontleend:

- In alle deelgebieden wordt de waterbalans gedomineerd door de debieten voor het peilbeheer en doorspoelen. Het gedeelte van het ingelaten water dat daadwerkelijk gebruikt wordt voor beregening en industrie is zeer beperkt.
- Door interne verzilting is er een grote behoefte aan doorspoelen. Dit geeft een zeer korte verblijftijd van slechts 1-2 dagen in het regionale watersysteem.
- Door de verwachte toename van interne verzilting zal het zoutgehalte in de regionale wateren bij ongewijzigd beheer toenemen. Om deze toename ongedaan te maken, is een groter doorspoeldebiet nodig, zal er nog meer water moeten worden ingelaten en neemt de afhankelijkheid van het hoofdwatersysteem dus verder toe.
- De beregeningsbehoefte is zeer heterogeen, zowel in tijd als ruimtelijk.
- Er zijn veel waarden in omloop voor de maximaal toelaatbare concentraties chloride in het beregeningswater. Deze waarden verschillen onderling als gevolg van wetenschappelijke onzekerheden of verschillen in inzicht over de maximaal aanvaardbare schade.
- Hoewel deze advieswaarden van toepassing zijn op het giet- of beregeningswater is voor landbouw en natuurbeheer eigenlijk de concentratie chloride in het bodemvocht de beste indicator voor het risico op zoutschade
- De zouttolerantie van natuurdoeltypen is momenteel vooral voor terrestrische systemen en veel minder voor aquatische systemen onderzocht.

De verkenning heeft vooral geleid tot een identificatie van een drietal beleidsstrategieën. Binnen deze strategieën zijn voorbeelden gegeven van mogelijke maatregelen. De strategieën geven een mogelijke methodiek/aanpak om de klimaatbestendigheid en duurzaamheid van de verschillende deelgebieden te kunnen garanderen.

### 6.3 Mogelijke beleidsstrategieën

Een klimaatbestendige weerstandstrategie vereist een efficiëntere zoutbestrijding in zowel het hoofdwatersysteem als de regionale watersystemen. Dit betekent ingrijpende en fundamentele wijzigingen in de waterhuishoudkundige infrastructuur waardoor het oppervlaktewaterstelsel in het hoofdsysteem, maar ook in de regionale watersystemen, geschikt blijft voor het draineren en afvoeren, en geschikt wordt voor de efficiënte aanvoer, buffering en distributie van zoetwater. Deze strategie van vasthouden, bufferen en pas in laatste instantie aanvoeren sluit aan op WB21. Met maatregelen kan het niveau van regionale zelfvoorziening worden verhoogd, kan de externe aanvoer worden gereduceerd en krijgt de landbouw volop ruimte voor verdere intensivering zonder dat waterbesparende maatregelen noodzakelijk zijn. Deze strategie bestendigt daarmee een hoog serviceniveau van beschikbaarheid van zoetwater voor de landbouw als publieke voorziening via de waterhuishouding.

Met een klimaatbestendige strategie van meebewegen, dat wil zeggen zout accommoderen en niet meer weren, kan de huidige situatie met het huidige serviceniveau van landbouwwatervoorziening niet worden gehandhaafd. Meebewegen leidt noodgedwongen tot ontkoppeling van de waterhuishouding en de landbouwontwikkeling. Dit kan, al of niet gestuurd, leiden tot ruimtelijke consequenties (verplaatsing van teelten: 'functie mijdt zout') en/of technische oplossingen voor de voorziening van zoetwater voor de landbouw. Deze strategie vereist maatregelen bij en door de gebruiker ten aanzien van de watervraag, stimuleert technologische innovaties ten behoeve van waterbehandeling en leent zich voor private arrangementen via de waterketen. Waterbesparende maatregelen zijn essentieel.

Combinaties van beide strategieën binnen één waterhuishoudkundige eenheid lijken niet logisch. Echter, ruimtelijk gedifferentieerd maatwerk op basis van combinaties van verschillende strategieën op landelijke en regionale schaal is wel mogelijk. Zo kan een (gedeeltelijke) strategie van meebewegen op nationaal niveau waarschijnlijk goed samengaan met een weerstandstrategie op regionaal niveau.



## 7 Onderzoeksagenda

Deze verkenning levert veel technisch-inhoudelijke onderzoeksvragen op. Met de antwoorden op deze vragen moet uiteindelijk de implementatie van concrete maatregelen voor een klimaatbestendige zoetwatervoorziening mogelijk worden. Deze onderzoeksvragen zijn in paragraaf 7.2 van dit hoofdstuk opgesomd en kort toegelicht. Daaraan voorafgaand spelen vier beleidsmatige overwegingen. Deze overwegingen zijn in paragraaf 7.1 benoemd, toegelicht en uitgewerkt tot een aantal algemene onderzoeksaanbevelingen.

## 7.1. Algemene onderzoeksaanbevelingen

### Overweging 1: maak eerst heldere keuzes ten aanzien van beleidsstrategieën en werk pas daarna concrete maatregelen uit.

Voor een klimaatbestendige afstemming van de zoetwaterhuishouding en de ontwikkeling van de landbouw staan twee opties open: weerstand blijven bieden of meebewegen.

Kiezen voor de ene optie leidt tot andere maatregelen en tot een totaal ander ontwikkeltraject dan kiezen voor de andere optie. Het is onwaarschijnlijk dat overal in het hoofdwatersysteem en in alle regio's één en dezelfde optie kan en zal worden gekozen. Er zal daarom moeten worden gekozen voor ruimtelijk gedifferentieerd, gebiedsgericht maatwerk, waarbij alle keuzes in hun onderlinge samenhang wel moeten passen binnen de strategie voor de hele Zuidwestelijke Delta. Wellicht zijn daarbij meerdere uitkomsten mogelijk.

De eerste algemene onderzoeksaanbeveling kan dan als volgt worden geformuleerd

'Ontwerp mogelijke combinaties van beleidsalternatieven voor de zoetwaterhuishouding in de deelstroomgebieden van het hoofdwatersysteem en de waterhuishoudkundige eenheden van de regionale watersystemen. Ga hierbij uit van gebiedsspecifieke karakteristieken (maatwerk) enerzijds en ruimtelijke samenhang tussen deelgebieden anderzijds.'

### Overweging 2: verken in hoeverre overheidssturing gewenst is en in hoeverre er ruimte is voor zelf-organiserende ontwikkeling.

Zoetwaterhuishouding is geen doel op zich maar een middel om functies te faciliteren. De twee mogelijke beleidsstrategieën leiden tot volkomen verschillende randvoorwaarden voor de ontwikkeling van de landbouw en andere functies die van zoetwater afhankelijk zijn. Zo leidt een eventuele keuze voor een strategie van meebewegen tot het niet kunnen handhaven van het huidige serviceniveau en dus tot ont koppeling. De vraag is dan relevant of overheden willen en kunnen sturen in de wijze van ont koppeling, en zo ja, in welke richting: verplaatsing van teelten, stimulering van technologische oplossingen via de waterketen, ...? Of worden de publieke belangen voldoende gediend door te sturen op randvoorwaarden en is de respons daarop een verantwoordelijkheid van de sector?

De tweede onderzoeksaanbeveling luidt:

'Verbind aan de beleidskeuzes voor de zoetwaterhuishouding de consequenties voor al dan niet gewenste sturing vanuit de overheid en de mogelijke ruimte voor zelforganiserende ontwikkeling door private initiatieven.'

### Overweging 3: verken wat de kansen en voordelen zijn van een participatieve aanpak bij het ontwerpen van regionale beleidsalternatieven.

Het bleek mogelijk om tot oplossingen te komen voor de zoetwatervoorziening bij een zout VZM die door de belanghebbenden breed (unaniem) werden gedragen. Dit brede draagvlak (alle betrokken overheden, milieu- en natuurorganisaties, LTO's, individuele boeren, industrie- en drinkwatersector) was gebaseerd op lotsverbondenheid en commitment aan het proces om er samen uit te komen. De vraag is nu of ook voor de fundamentele keuzes voor de lange termijn ten aanzien van de afstemming van de zoetwaterhuishouding en de ontwikkeling van de landbouw (en de natuur) een vergelijkbare brede participatieve aanpak mogelijk is. De concrete vervolgvraag is hoe een gekozen regionaal beleidsalternatief doorvertaald kan worden in een handelingsperspectief voor de lokale agrarisch ondernemer en de publieke instanties (waterschap, provincie, rijksoverheid).

De derde en de vierde onderzoeksvraag luiden:

'Kunnen lange termijn keuzes ten aanzien van beleidsalternatieven voor de klimaatbestendige afstemming van de zoetwaterhuishouding en de ontwikkeling van de landbouw onderwerp zijn van een participatieve aanpak (waarbij maatschappelijk draagvlak voor de keuze uitgangspunt is in plaats van ongewis resultaat)?'

'Hoe kan een gekozen regionaal beleidsalternatief doorvertaald worden in een handelingsperspectief voor de lokale agrarisch ondernemer en de publieke instanties (waterschap, provincie, rijksoverheid)?'

### Overweging 4: zoetwatervoorziening is geen geïsoleerde opgave maar houdt verband met andere wateropgaven.

Het realiseren van een klimaatbestendige zoetwaterhuishouding is geen geïsoleerde opgave maar houdt direct verband met andere klimaatopgaven als kustveiligheid en rivierveiligheid (zie schema).

	kust- veiligheid	rivier- veiligheid	water- voorziening
meebewegen	zand- suppleties	meestijgen	zout accomoderen
meebewegen met noodstops	SVK's	nood bergingen	
weerstand bieden	hard	dicht	zout weren

Horizontale combinaties in het schema tussen deze drie klimaatopgaven zijn logisch, daar zitten de kansen om de aanpak van deze opgaven met elkaar te verbinden ('meekoppelkansen'). Diagonale combinaties zijn niet altijd logisch of soms zelfs onmogelijk. Een interessante uitdaging betreft het tussenalternatief van voorzieningen voor noodsituaties (maatgevende omstandigheden). Zijn er kosteneffectieve maatregelen voor zoetwatervoorziening mogelijk die alleen onder extreme omstandigheden (kunnen) worden gebruikt?

De vijfde onderzoeksvraag luidt:

'Welke (ruimtelijk gedifferentieerde) kansen zijn er om de aanpak van de opgaven voor de zoetwatervoorziening met die van andere watergerelateerde klimaatopgaven (kustveiligheid, rivierveiligheid) te verbinden?'

## 7.2. Technisch-inhoudelijke onderzoeksagenda

### Algemene onderzoeksvragen

In deze verkenning zijn enkele aannames en uitgangspunten gehanteerd, zoals de keuze voor het W+ klimaatscenario van het KNMI (een plausibele bovengrens) en het constant veronderstellen van de sociaaleconomische randvoorwaarden.

Hoe gevoelig zijn de resultaten van deze verkenning voor de keuze van klimaatscenario's, sociaaleconomische randvoorwaarden en verschillende definities van duurzaamheid?

### Onderzoeksvragen met betrekking tot zoetwaterbehoefte

In deze verkenning is per deelgebied bepaald welk geteelde gewas het meest zoutgevoelig is, uitgaande van de kengetallen voor zoutschade uit de Droogtestudie (2003, 2005). Parallel aan deze verkenning is een studie uitgevoerd waarin de kengetallen voor de zouttolerantie van landbouwgewassen zijn herzien. De resultaten daarvan zijn helaas nog niet gepubliceerd. Het is echter duidelijk dat de empirische/experimentele basis van zowel de huidige als de herziene kengetallen voor de zouttolerantie smal en onvolledig is. Bovendien zijn er diverse, sterk van elkaar verschillende grenswaarden en richtlijnen in omloop bij waterschappen, provincies en ondernemers voor de maximaal toelaatbare concentraties chloride in het beregeningswater. Daarom is nader onderzoek gewenst waarbij voor de meest gevoelige gewassen de toleranties worden vastgesteld niet alleen voor de beregening maar ook voor de bodem/wortelzone.

Bij welke concentratie chloride in de wortelzone treedt schade bij de gewassen op, gespecificeerd naar het bodemtype, de duur van de blootstelling en de groeifase van de plant?

De netto waterbehoefte van de landbouw is niet alleen voor de toekomst moeilijk te voorspellen, maar is ook voor de huidige situatie lastig vast te stellen aan de hand van de bekende gegevens. Waterschappen hebben in de interview-

ronde indicaties afgegeven dat het beregende oppervlak landbouwareaal in de praktijk enkele factoren groter is dan is geschat in de waterbalansen van deze verkenning (150 mm/seizoen op 25% van het potentieel beregend areaal) en in de proefberekening met het NHI (50 mm in droge jaren en 150 mm in natte jaren). Wellicht wordt 'preventief' meer beregend dan fysisch gezien strikt noodzakelijk is. Dit heeft invloed op de afstemming van wateraanbod en -vraag en dient dus nu en voor de toekomst bekend te zijn.

De vragen zijn:

Wat is, per deelgebied, exact de huidige en toekomstige watervraag (actueel beregende arealen en beregeningsgift) op basis van de meest recente en complete gegevens tot nu toe? En: Wat is de beregeningsgift op detailniveau welke voor het NHI lokaal kan worden gebruikt?

Een stap verder in het vaststellen van de netto waterbehoefte van de landbouw is een beschouwing op gebieds-, cluster- en bedrijfsniveau. Dit geeft wellicht zicht op kosteneffectieve opties voor de glastuinbouw. Ook kunnen hiermee de opties voor zelfvoorzienendheid van de tuinbouw (bollenteelt, fruitteelt) in het westen van Nederland voor het wateraanbod in combinatie met efficiënter watergebruik worden verkend, en daarmee de opties voor ontkoppeling van (de kwaliteit van) het aangeboden oppervlaktewater.

Welke innovaties in de glastuinbouw zijn mogelijk en wanneer is zelfvoorzienendheid van deze bedrijven(clusters) en/of sectoren nodig en kosteffectief?

### Onderzoeksvragen met betrekking tot het zoetwateraanbod

Er is een groot gebrek aan (empirische) gegevens over de regionale waterbalansen. Voor vrijwel alle deelgebieden is onbekend hoeveel water wordt ingelaten vanuit het hoofdwatersysteem; deze (veelal passieve) inlaat wordt niet gemeten. Ook de hoeveelheden uitgeslagen polderwater zijn vaak onbekend en kunnen alleen worden geschat uit de draaiuren van de gemalen. Daardoor is de verhouding tussen het netto "verbruik" van water (voor de landbouw) en de waterbehoefte van het waterbeheer (doorspoelen, peilbeheer) met veel onzekerheid omgeven.

Wat is de daadwerkelijke inlaat voor de verschillende regio's, hoe kan op deze post bespaard worden en welke combinaties met andere functies zijn mogelijk?

Er zijn gebieden die, door lokaal water op te slaan, zelfvoorzienend en zodoende ook onafhankelijk van het hoofdwatersysteem kunnen worden. De gebieden die hiervoor in aanmerking kunnen komen, moeten in kaart gebracht worden.

Waar bevinden zich op regionaal detailniveau het 'oudland' met zoetwatervoorraden en het 'nieuwland' waar infiltratie of lichte kwel voorkomt? Wat zijn de hydrologische en chemische consequenties van wateropslag in de ondergrond?

Veel gebieden in de Zuidwestelijke Delta hebben brak tot zout grondwater waardoor met de kwelflux een zoutvracht in het oppervlaktewatersysteem terecht komt. Het grondwatersysteem is nog niet in evenwicht door processen vanuit het verleden (zoals peilverlagingen polders) en de verwachting is dat de zoutconcentratie van de kwel lokaal toe kan nemen. Welke toename van kwelflux en concentratie chloride door autonome processen kan worden verwacht?

In het polderwaterstelsel zijn plekken waar op bepaalde momenten sprake zal zijn van korte perioden met een noemenswaardige verhoging van de concentratie chloride. Door nauwkeurig vast te stellen waar en wanneer dit optreedt, kan de gebruiker of beheerder maatregelen treffen. De vraag is dan:

**Waar en wanneer treedt noemenswaardige verhoging van de concentratie chloride op?**

In gebieden waar zoute kwel leidt tot een verhoging van de concentratie chloride, is het aanpassen (verhogen) van het polderpeil een mogelijke maatregel.

**In welke mate leidt het verlagen van het polderpeil, om te zorgen dat gebieden niet verdrassen, tot toename van kwel en hoge concentraties chloride? Of andersom, kan peilverhoging zoute kwel voldoende tegengaan zonder onaanvaardbare verdrassing?**

### **Onderzoeksvragen met betrekking tot watertechnologie en waterbehoefte industrie**

Op termijn wordt de productie van osmosewater uit grondwater misschien verboden (beleidsvoornemen Provincie Zuid-Holland: brijn problematiek, 2015). Als dat verbod van kracht wordt, moet leidingwater of oppervlaktewater worden gebruikt voor het maken van osmosewater. De aanpassingsmogelijkheden voor het gebruik van zouter oppervlaktewater zijn binnen de glastuinbouw beperkt.

**Hoe kan de toekomstige brijnproblematiek aangepakt worden? Welke alternatieven, beleidsaanpassingen of innovaties kunnen hier uitkomst bieden?**

In sommige gebieden is de vraag naar drinkwater van dezelfde orde van grootte als de vraag naar landbouwwater. Dat opent mogelijkheden voor hergebruik.

**In hoeverre kan hergebruik van RWZI effluent voor landbouwkundige toepassingen bijdragen aan de regionale zelfvoorzienendheid?**

De besproeiing van kolen met licht brak bluswater, nodig in verband met stofbestrijding, kan leiden tot ongewenste dioxinevorming bij verbranding van die kolen.

**Welke concentratie chloride in bluswater is aanvaardbaar met het oog op corrosiesnelheid en dioxinevorming?**

Het industriewater wordt onder andere gebruikt als proceswater, koelwater, ketelvoedingwater en voeding voor demiwater. Het ingenomen water wordt lokaal op de diverse gebruikerslocaties behandeld tot de gewenste kwaliteit. Deze behandelingen zijn ontworpen op een concentratie chloride van het ingenomen water van maximaal 150 mg/l.

**Kunnen lokale en functiespecifieke nabehandelingen van industriewater ook worden ontworpen op hogere concentraties chloride?**

### **Onderzoeksvragen met betrekking tot gebiedsontwikkeling en natuur**

Door kaarten te combineren, kunnen ruimtelijke knelpunten voor zoutgevoelige natuur worden geïdentificeerd. Onderscheid tussen aquatische, semi-terrestrische en terrestrische gemeenschappen in het Ellenberg systeem is dan wel een noodzakelijke verbetering. De terugkeer van estuariene elementen in natuurgebieden heeft consequenties aangezien dit vanzelfsprekend betekent dat zoete aquatische natuur verdwijnt/schaarser wordt, ook de (voor Nederland) zeldzame soorten in de Zuidwestelijke Delta die van zoetwater afhankelijk zijn.

**Welke keuzes moeten er gemaakt worden ten aanzien van de instandhouding van bepaalde natuurdoeltypen?**

### **Onderzoeksvragen met betrekking tot arrangementen en beprijzing**

**Wat zijn de kansen voor een private markt en voor beprijzing van zoetwater in Nederland, mede gezien het globaliserende karakter van de voedselproductie?**

**Wat zijn de baten van de mogelijke beleidsalternatieven om de zoetwaterschaarste te minimaliseren en hoe zijn deze baten verdeeld over de verschillende sectoren?**





# Definities

Achterwaartse verzilting	Verzilting van (relatief) zoete delen van het benedenrivierengebied via de ‘achterdeur’ (bijvoorbeeld verzilting van het Haringvliet via het Spui) en/of door schut- en lekwater van sluizen (bijvoorbeeld zoutlek Volkeraksluizen)
Externe verzilting	Zoutindringing vanuit zee in de benedenloop van rivieren. Door klimaateffecten, zeespiegelstijging in combinatie met lagere rivierafvoeren, zal de externe verzilting kunnen toenemen.
Interne verzilting	De kwel van chloriderijk grondwater naar het regionaal oppervlaktewater en de onverzadigde zone op landbouwgronden.
Knikpunt	(in de betekenis van beleidsomslagpunt) Mate van klimaatverandering die een beleidsomslag noodzakelijk maakt, omdat het bestaande serviceniveau (van bijvoorbeeld zoetwatervoorziening) met voortzetting van het huidige beleid niet meer kan worden gewaarborgd.
Meebewegen	Toelaten van effecten van klimaatverandering zoals externe en interne verzilting. Meebewegen kan aanleiding zijn voor adaptieve maatregelen zoals verplaatsing van zoutgevoelige teelten en introductie van zilte teelten (wijzigingen ruimtegebruik), of tot ontkoppeling van het ruimtegebruik en de watervoorziening.
Normering chloride	De vastgestelde norm (MTR) voor oppervlaktewater voor chloride is 200 mg/l. De kwaliteitsnormen voor ‘oppervlaktewater voor de bereiding van drinkwater’ worden onderverdeeld in een drietal klassen waarbij de strengste klasse (voor chloride) een waarde van 150mg/l. Voor de andere twee klassen geldt een norm kent van 200 mg/l. Voor grondwater is geen MTR vastgesteld maar wordt gesproken over een streefwaarde (SW). Deze is 100 mg/l, met uitzondering van marien beïnvloede gebieden waar van nature hogere gehalten voorkomen (zout en brak grondwater). Een tweede uitzondering hierop vormt het besluit van 9 januari 2001 tot wijziging Waterleidingbesluit waarbij een waarde van 150mg/l wordt aangehouden.
No regret	‘Geen spijt’ maatregelen zijn maatregelen die, ook gezien klimaatwijzigingen, verstandig zijn om uit te voeren. Bijvoorbeeld maatregelen die kunnen worden uitgevoerd tegen minimale kosten, met maximale flexibiliteit waarvoor tevens draagvlak bestaat.
Weerstand bieden	Tegengaan van effecten van klimaatverandering zoals externe en interne verzilting door het nemen van mitigerende maatregelen zoals infrastructurele maatregelen in de watersystemen. Hierdoor wordt het serviceniveau van zoetwatervoorziening via het oppervlaktewaterstelsel gehandhaafd.
Zoetwaterlens	Een zoetwaterlens (regenwaterlens) is een laag in de ondergrond met voornamelijk water afkomstig van neerslag. De neerslaglens wordt aan de bovenkant begrensd door de grondwaterspiegel en aan de onderkant door een kwelwater systeem.

# Referenties

- Anoniem, 1983. De watervoorziening voor de tuinbouw in het Westland. Rapporten van de 'Werkgroep watervoorziening tuinbouw Westland', 18pp.
- Beersma, J., Buishand T.A. en Buiteveld H., 2004. Droog, droger, droogst. KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de droogtestudie Nederland. KNMI-publicatie 199-II.
- Beijk, V., 2008. Klimaatverandering en verzilting. Modelstudie naar de effecten van de KNMI '06 klimaatscenario's op de verzilting van het hoofdwatersysteem in het noordelijk deltabekken. Rijkswaterstaat, mei 2008.
- Bokhoven, A.J. van en Zwolsman J.J.G., 2007. Klimaatverandering en de waterkwaliteit van de Rijn. H2O 40 (9): 34-37.
- BOKV, RWS-Zeeland, 2009. Milieueffectrapportage Waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer.
- Buma, J.T. e.a. 2002. Waterdoelen: gewenst grond- en oppervlaktewater regime: ontwikkeling modelinstrumentarium en verkennende berekeningen van knelpunten, maatregelen en globale oplossingsrichtingen. TNO-rapport NITG 01-209-B. Delft.
- Deltares, 2008. E. van Beek e.a. i.o.v. Rijkswaterstaat Waterdienst. Verkenning kosteneffectiviteit van grootschalige maatregelen tegen droogteschade a.g.v. de G+ en W+ klimaatscenario's.
- Grontmij, 2009. Bollenmeer, Pilot bollenteelt in de Wieringermeer, resultaten 2007 en 2008. Bollenmeer v.o.f. (Grontmij, Oostwaardhoeve). Alkmaar.
- Goes, B.J.M. en Vernes R.W., 2006. REGIS Zeeland, Deelrapport C: Zoet, brak en zout grondwater. nr. 35019, Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.
- Hurk, B.J.J.M. van den e.a. 2006. Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI-publicatie: WR-2006-01, pp82.
- Jakobs, J.M., Van Schie J., Sonneveld C., 1981. Watervoorziening in het westland, een voorstel tot verbetering. Rapport Proefstation voor Tuinbouw onder glas, Naaldwijk, 11p.
- Ketelaars, H., 2009. Evides.
- Kwadijk, J. e.a. 2007. Gevolgen van grote zeespiegelstijging op de Nederlandse zoetwaterhuishouding, i.o.v. Milieu en Natuurplan Bureau, Deltares-rapport, Q4394, 73 p. Klimaatatlas.
- Louw, P.G.B., de, Baaren, E.S. van, Oude Essink, G.H.P., 2009. Deltares memo vervaardiging kwelkaart en gerelateerde kaarten in opdracht van Hoogheemraadschap van Rijnland.
- Louw, P.G.B., de, e.a. 2008. Characterization of Local Rainwater Lenses in Agricultural Areas with Upward Saline Seepage: Monitoring Results, Salt Water Intrusion Meeting, Naples, Florida.
- Louw, P.G.M., de, Oude Essink, G.H.P., Maljaars, P., 2007. Achtergrondstudie kwelreductietechnieken, TNO rapport. UR0357/B.
- MNP, 2005. Effecten van klimaatverandering in Nederland. Milieu- en Natuurplanbureau.
- Oude Essink, G.H.P., 2007. Effect zeespiegelstijging op het grondwatersysteem in het kustgebied, H2O, nr 19, 60-64.
- Oude Essink, G.H.P. en Baaren, E.S. van, 2008. Memo Kwelwater uit de Brabantse Wal.
- Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. van, 2009. Verzilting van het Nederlandse grondwatersysteem, Deltares-rapport 2009-U-R91001/A.
- Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. van & Vliet, M. van, 2008. Verkennende studie klimaatverandering en verzilting grondwater in Zuid-Holland, Deltares-rapport 2008-U-R0322/A.
- Oude Essink, G.H.P., Baaren, E.S. van, Lange, W. de & Wit, A. de, 2008. Beschouwing van de effecten van een zout Volkerak-Zoommeer op het grondwatersysteem, 2008-U-R0774/A, 83 p.
- Oude Essink, G.H.P., Houtman, H. & B.J.M. Goes, 2005. Chloride-concentratie onderkant deklaag in Nederland, NITG 05-056-A, 17 p., Utrecht, TNO Bouw en Ondergrond.

- Oude Essink, G.H.P., de Louw, P., Stevens, S., de Veen, B., de Prevo, C., Marconi, V. & Goes, B., 2007. Voorkomen en dynamiek van regenwaterlenzen in de Provincie Zeeland – resultaten van een verkennende en provinciedekkende meetcampagne, 2007-U-R0925/A, 136p.
- Paulissen M.P.C.P., Schouwenberg E.P.A.G. en Wamelink G.W.W., 2007. Zouttolerantie van zoetwatergevoede natuurdoeltypen; verkenning en kennislacunes. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1545, 76p.
- Post, V., 2004. Groundwater salinization processes in the coastal area of the Netherlands due to transgressions during the Holocene, Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.
- Rijk P., Michels R. en Dijk van J., 2009. Indicatie van inkomens en vermogensderving van de land- en tuinbouwsector in de Zuidwestelijke Delta ten gevolge van het niet meer kunnen berekeningen. Rapport 3.03.02.
- RIZA, 2005. Droogtestudie Nederland. Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland. Eindrapport RIZA-2005.016 - 104p.
- Roest C.W.J. Bakel P.J.T. van en Smit A.A.M.F.R., 2003. Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium.
- Ruiter de H., Kuipers F. en Benoist F., 2009. Kwaliteitsimpuls voor het Oostvoornse Meer. H20, Vol 11, p12/14.
- Sonneveld, C., de Kreijl C. en van der Wees, 1991. Normen voor de waterkwaliteit in de glastuinbouw. Brochure 11, voedingsoplossing glastuinbouw, Wageningen.
- Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009. Zoetwater zuidwestelijke delta, een voorstel voor een regionale zoetwatervoorziening.
- Stuyfzand, P.J., 1993. Hydrochemistry and hydrology of the coastal dune area of the Western Netherlands. Proefschrift Vrije Universiteit Amsterdam.
- Stuyt, e.a. 2006. Transitie en toekomst van Deltalandbouw; indicatoren voor de ontwikkeling van de land- en tuinbouw in de Zuidwestelijke Delta van Nederland. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1132. p.148-155.
- Van den Braak E. en Schramkowski G., 2003. Actualisering Doorspoeling Nederland. HKV-rapport in opdracht van RIZA.
- Van Dam e.a., 2007. Leven met Zout Water. Deelrapport: Zouttolerantie van landbouwgewassen. PPO nr. 32 34019400, Praktijkonderzoek Plant en Omgeving B.V.
- Veldhuizen A.A. en Bakel P.J.T. van, 2008. Nationaal Hydrologisch Instrumentarium – NHI modelrapportage. Deelrapport berekening.
- Velstra, J., Hoogmoed M. en Groen J., 2009. Leven met Zout Water, deelrapport: Inventarisatie maatregelen omtrent interne verzilting. Leven met Water en Stowa.
- Velstra J. Ed. 2009. Leven met Zout Water, overzicht van kennis en kennisvragen omtrent interne verzilting. Acacia Water, Leven met Water en Stowa.
- Ven, G. P., van de, Ed., 1986. Atlas van Nederland, Deel 15 Water, (in Dutch), Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Voogt W., 2009. Verzilting oppervlaktewater en glastuinbouw. De gevolgen van een zout Volkerak-Zoommeer voor de watervoorziening van glastuinbouw in Zuid-West Nederland. Wageningen UR Glastuinbouw.
- Walma, J., 1981. Zijn regenwaterbassins op de westlandse tuinbouwbedrijven de oplossing voor het telen op substraten? Rapport westlandse drinkwatermaatschappij, 13pp.
- Wamelink G.W.W. en Runhaar J., 2000. Abiotische Randvoorwaarden voor natuurdoeltypen. Alterra rapport 181, Alterra, Wageningen.
- Werkgroep Herziening Cultuurtechnisch Vademecum, 1988. Cultuurtechnisch Vademecum, Utrecht.
- Witteveen & Bos, 2008. Effecten van een zout Volkerak-Zoommeer op de West-Brabantse rivieren; vaststelling zoutindringing Mark-Vliet en mitigerende maatregelen (+ bijlagen). In opdracht van Waterschap Brabantse Delta.
- Zwolsman, J.J.G., 2008. Klimaatbestendigheid van de drinkwatervoorziening in Nederland gebaseerd op oppervlaktewater. Rapport KWR 08.070, KWR Watercycle Research Institute, Nieuwegein.



# Bijlage 1

## Water en zoutbalansen

De waterbalans van het regionale watersysteem per deelgebied kent de volgende balansposten:

- $V_{\text{inlaat}}$ : inlaatdebiet vanuit het hoofdwatersysteem
- $V_{\text{neerslag}}$ : afstromende neerslag
- $V_{\text{kwel}}$ : kweldebiet vanuit het grondwater
- $V_{\text{uitlaat}}$ : uitgaand debiet naar het hoofdwatersysteem
- $V_{\text{verdamping}}$ : infiltratie / wegzijging waarmee verdamping vanuit landbouwgrond wordt aangevuld
- $V_{\text{berekening}}$ : berekening
- $V_{\text{doorspoel}}$ : doorspoeldebiet: de fractie van het inlaat- en het uitgaand debiet voor de verdunning van de zoute kwel

Van de meeste termen van de waterbalansen kunnen redelijk goede schattingen worden gemaakt (zie hieronder). Een uitzondering is de hoeveelheid ingelaten water: op enkele uitzonderingen na zijn de hoeveelheden inlaatwater niet goed bemeaten. De regionale waterbalansen hebben daarmee twee onbekende termen, namelijk het inlaatdebiet en het doorspoeldebiet.

De volgende twee vergelijkingen, met deze twee onbekenden, kunnen worden opgesteld en opgelost:

$$V_{\text{inlaat}} = V_{\text{doorspoel}} + V_{\text{verdamping}} + V_{\text{berekening}}$$

$$V_{\text{doorspoel}} = V_{\text{uitlaat}} - V_{\text{neerslag}} - V_{\text{kwel}}$$

De balans veronderstelt een constant volume van het regionaal watersysteem:

1. de waterbalans voor het groeiseizoen geldt voor de zomerpeilperiode; het opzetten van het peil zit niet in de balans (aangenomen is een periode van 5 maanden, oftewel 150 dagen)
2. het zogenaamd dynamisch peilbeheer zorgt continu voor het opheffen van peilvariatie ten gevolge van afstromende neerslag ( $V_{\text{neerslag}}$ ) of wegzijging/infiltratie ten gevolge van verdamping ( $V_{\text{verdamping}}$ ). Aangenomen is dat de helft van neerslag en verdamping van landbouwgronden 'bijdraagt' aan de waterbalans van het regionale watersysteem. De andere helft draagt bij aan de toename resp. afname van het bodemvocht

In de gegevens van het KNMI is  $V_{\text{verdamping}}$  veel groter dan  $V_{\text{neerslag}}$ . Dat klopt voor het zomerseizoen: er is dan sprake van een verdampingoverschot. Doordat met het peilbeheer

dit verschil wordt opgeheven, is het inlaatdebiet groter dan het uitgaande debiet. De enige andere interne balansposten op de waterbalans zijn berekening en kwel; deze debieten zijn (zeer) gering in verhouding tot de dynamische peilbeheerdebieten.

Wanneer deze vergelijkingen zijn opgelost kan ook de waterverblijftijd van het regionale watersysteem worden berekend (volume van het watersysteem / in- of uitlaatdebiet), en kunnen de verschillende posten van de waterbalans worden weergegeven als fractie van de totale waterbalans.

## Zoutbalans

De zoutbalans resulteert uit de vermenigvuldiging van de posten op de waterbalans met de bijbehorende chloride concentratie.

De twee (in het regionale watersysteem) inkomende zoutvrachten zijn:

- inlaatdebiet vanuit het HWS \* het zoutgehalte in het HWS (externe verzilting)
- kweldebiet vanuit het grondwater \* het zoutgehalte in het grondwater (interne verzilting)

Het seizoens- en ruimtelijk gemiddelde zoutgehalte in het regionale watersysteem is dan gelijk aan het debietgewogen gemiddelde zoutgehalte in deze twee bronnen.

In de zoutbalans worden alle andere posten verwaarloosd. In de zoutbalans zit dus geen wegzijging van zout, ook geen afstroming/uitspoeling van zout na een zomerse regenbui.

## Invoergegevens

### Oppervlaktes, landbouwarealen en berekening

De begrenzing en het oppervlak per dijkkring is als uitgangspunt genomen voor de definiëring van de regionale watersystemen. Daarbinnen is het totaal oppervlak aan landbouwgronden volgens het CBS en het potentieel te beregenen oppervlak gehanteerd (beide gegevens in Rijk e.a., 2009). Aangenomen is dat per zomerperiode 25% van het potentieel te beregenen oppervlak daadwerkelijk wordt beregend, met in totaal 150 mm (= 1500 m<sup>3</sup>/ha/seizoen).

oppervlaktes (ha) deelgebied	dijkkring	landbouwareaal	potentieel beregend
Goeree-Overflakkee	22.600	14.576	7.535
Voorne-Putten	19.500	8.000	3.000
Hoeksche Waard	24.500	9.692	3.990
Delfland	41.000	20.000	2.000
Tholen/St.Philipsland	12.000	9.469	1.855
West Brabant	32.000	23.862	12.304
Reigersbergsche polder		1.000	630

Deze gegevens zijn gehanteerd voor alledrie scenario's. oppervlaktes (ha).

### In- en uitgaande debieten van en naar het hoofdwatersysteem

Voor de meeste deelgebieden is onbekend hoeveel water vanuit het rijkswater wordt ingenomen. Deze veelal passieve inlaat wordt gewoon niet gemeten. Het inlaatdebiet is daarom als onbekende term in de balansvergelijkingen opgenomen (zie boven). Maar ook de uitgeslagen hoeveelheden polderwater zijn slecht bekend en moesten indirect worden afgeleid uit bijvoorbeeld de draaiuren van de gemalen. De volgende door de waterschappen aangeleverde ruwe schattingen van de uitlaatdebieten zijn gebruikt. Deze debieten zijn gehanteerd voor alledrie scenario's.

deelgebied	uitlaatdebiet (Mm <sup>3</sup> /zomerperiode)
Goeree-Overflakkee	100
Voorne-Putten	100
Hoeksche Waard	70
Delfland	111
Tholen <sup>20</sup>	30 – 90
West Brabant	75
Reigersbergsche polder	10

### Neerslag en verdamping

Voor alle deelgebieden is de **neerslag** ontleend aan daggegevens van het KNMI: het gemiddelde van de stations Vlissingen, Wilhelminadorp, Hoek van Holland en Rotterdam. De dagneerslag voor T<sub>2050</sub> is bepaald aan de hand van neerslagtransformaties voor de toekomst. Uit de neerslagtransformatie blijkt dat droge zomers sterker droog zullen worden dan het gemiddelde: 30% minder neerslag voor een 'eens in de 10 jaar zomerhalfjaar' versus 19% minder neerslag voor het gemid-

delde beeld voor W+. De neerslag voor T<sub>2015</sub> is geïnterpoleerd. Aangenomen is dat de neerslag op landbouwgrond voor de helft beschikbaar komt voor opvulling van het bodemvocht (capillair grondwater, dat uiteindelijk als verdamping of gewas uit het systeem verdwijnt). Verondersteld wordt dat de andere helft van dit water afstroomt naar de polderwateren.

Voor alle deelgebieden is de **verdamping** (referentiegewasverdamping<sup>21</sup>) ook ontleend aan daggegevens van het KNMI: het gemiddelde van de stations Vlissingen, Wilhelminadorp, Hoek van Holland en Rotterdam. Voor de bepaling van de verdamping in 2050 is de moeilijkheid dat deze sterk afhankelijk is van het aanwezige vocht in de ondergrond. De verdamping op landbouwgronden zal in eerste instantie hangwater (capillair grondwater) uitputten en kan in tweede instantie – na aanhoudende droogte – infiltratiewater benutten en zo de peilen in het polderwaterstelsel verlagen. In perioden van droogte kan ze extreem laag zijn. Door het KNMI is op basis van expert judgment aangegeven dat in het gebied tussen de meetstations in 2050 voor W+ de verdamping 15 % hoger zal zijn dan in 2003. De verdamping voor T<sub>2015</sub> is geïnterpoleerd.

De tabel geeft de gehanteerde neerslag en verdamping in mm/zomerperiode.

	T <sub>2003</sub>	T <sub>2015</sub>	T <sub>2050</sub>
neerslag	293	264	205
verdamping	545	572	627

### Zoute kwel

Door de stijging van de zeespiegel neemt de stijghoogte in het watervoerend pakket toe waardoor in kwelgebieden de kweldruk toeneemt en infiltratiegebieden kwelgebieden kunnen worden. Het al aanwezige zoute grondwater zal zich hierdoor sneller richting het oppervlaktewatersysteem verplaatsen. De zoutvracht neemt in deze gebieden toe en

<sup>20</sup> Op Tholen wordt nu alleen de Zuid-Oost hoek doorgespoeld (30 Mm<sup>3</sup>, scenario T<sub>2003</sub>), in de toekomst zal tgv de compensatiemaatregelen voor een zout VZM het gehele eiland worden doorgespoeld (90 Mm<sup>3</sup>, scenario's T<sub>2015</sub> en T<sub>2050</sub>).

<sup>21</sup> De referentiegewasverdamping wordt voornamelijk bepaald door de hoeveelheid zonnestraling en temperatuur (dus onafhankelijk van bodemcondities en gewascondities).

	T <sub>2003</sub>		T <sub>2015</sub>		T <sub>2050</sub>	
	mm	mg Cl <sup>-</sup> /l	mm	mg Cl <sup>-</sup> /l	mm	mg Cl <sup>-</sup> /l
Goeree-Overflakkee	8,2	5200	10,5	5200	14,4	5500
Voorne-Putten	10,9	2200	12,1	2250	14,5	2400
Hoeksche Waard	12,1	900	13,1	920	14,7	1000
Delfland	3,8	1400	4,1	1400	4,8	1400
Tholen	33,8	5000	42,4	5000	62,5	5000
West Brabant	37,5	500	39,2	500	43,1	500

daarmee zal ook de interne verzilting toenemen door de zeespiegelstijging. Dit effect lijkt zich echter te beperken tot de eerste kilometers (< 10 km) vanaf de kustlijn (Kwadijk e.a., 2007; Oude Essink, 2007).

Goeree-Overflakkee zal daardoor voor alle klimaatscenario's te maken krijgen met een toename van de zoutvracht. Daarnaast zal een kleinere jaarlijks gesommeerde grondwateraanvulling op Goeree-Overflakkee zorg dragen voor een grotere zoutvracht (minder neerslag, meer zoute kwel). In Voorne-Putten, Hoeksche Waard en Delfland is de verhoging van de stijghoogte door de zeespiegelstijging ook de voornaamste reden voor de toename van de zoutvracht. Opgemerkt moet worden dat een groot deel van Delfland infiltratiegebied is. De zoutvrachten op Tholen en Sint Philipsland nemen toe door het autonome proces (laaggelegen land en hoge reeds aanwezige chloride concentraties in het grondwater) en zullen naar verwachting nog verder toenemen door klimaatverandering. Vooral zeespiegelstijging, indien het peil van de Oosterschelde meegroeit met de stijging van de zeespiegel, zal ook hier zorgen voor een toename van zoute kwel. De zoutvracht van de Reigersbergsche Polder en de onderkant van de Brabantse Wal kan op dit moment niet gekwantificeerd worden; de deelgebieden zijn te klein om gebruik te kunnen maken van landelijke modelresultaten voor kwelfluxen en chloride concentraties en er zijn weinig kwalitatieve meetgegevens bekend van het grondwatersysteem. De relatieve bijdrage van kwel in de waterbalans is in het zomerhalfjaar kleiner dan in het winterhalfjaar omdat:

- In de polders zomerpeilen in stand worden gehouden die hoger zijn dan de winterpeilen en meer tegendruk bieden aan de toestroom van grondwater;
- 's zomers een deel van het aanwezige kwelwater verdampst waardoor het grondwaterpeil verlaagt, terwijl 's winters het grondwaterpeil hoger wordt omdat de neerslag de verdamping overtreft

Om deze twee redenen wordt aangenomen dat in de zomerperiode niet de helft maar 1/3 van het jaarvolume aan toestromend kwelwater de polderwateren bereikt in een continue stroom.

Door de forse verdamping in de zomer is de grondwaterpiegel minder concaaf tussen de drains en greppels. De zoutvracht – die niet verdampst – stapelt zich deels op en dit opgestapelde zout wordt in de winter pas naar het oppervlaktewater gespoeld. Aangenomen wordt dat ook van de jaarlijkse zoutvracht 1/3 deel ('zomerfractie') in de zomerperiode in het oppervlaktewater terecht komt. Omdat op Voorne-Putten het zomer- en het winterpeil niet verschillen wordt voor deze polders een zomerfractie aangehouden van 0,4.

De tabel geeft de kweldebieten (mm/zomerperiode) en de chloride concentratie in het kwelwater (mg Cl<sup>-</sup>/l) in de deelgebieden voor de drie scenario's.

#### Chloride concentraties in de inlaatdebieten vanuit het hoofdwatersysteem

De chloride concentraties in het hoofdwatersysteem bij de innamepunten zijn ontleend aan bijlage 1a van het advies 'Zoetwater Zuidwestelijke Delta' (Stuurgroep Zuidwestelijke Delta, 2009). Daarbij is uitgegaan van een reductie van het zoutlek van de Volkeraksluizen tot 60 kg/s. De tabel geeft de gehanteerde chloride concentraties in het inlaatwater in de deelgebieden voor de drie scenario's. Voor het huidige zoete VZM is een chloride concentratie van 200 mg Cl<sup>-</sup>/l gehanteerd.

	T <sub>2003</sub>	T <sub>2015</sub>	T <sub>2050</sub>
Goeree-Overflakkee	150	140	150
Voorne-Putten	100	125	140
Hoeksche Waard	100	125	140
Delfland	100	125	140
Tholen	200	100	110
West Brabant <sup>22</sup>	50	100	110

<sup>22</sup> In West Brabant is zelfs in de drogere jaren (1990, 2003) voldoende water in het Mark-Vlietsysteem aanwezig om voldoende water de polders in te laten ook zonder inlaat vanuit het Volkerak-Zoommeer (Witteveen & Bos, 2008). Ter compensatie van een zout VZM zal in de toekomst wel water vanuit het Hollandsch Diep worden ingelaten en doorgevoerd.



## Bijlage 2

### Chloridenranges voor Natuurdoeltypen

Voor de analyse is gebruik gemaakt van de neergeschaalde natuurdoeltypen (NDT) kaart, voor zover beschikbaar voor de 8 deelgebieden. Voor natuurdoeltypen zijn de maximaal toelaatbare concentraties chloride in oppervlaktewater of ondiep grondwater bepaald op basis van de methodiek volgens Paulissen e.a. (2007). Dit rapport geeft chlorideranges voor natuurdoeltypen op basis van Ellenberg-indicatiegetallen voor chloride. Het Ellenberg systeem bestaat uit indicatiegetallen voor hogere planten. De methodiek voor vaststelling van chlorideranges rust daarmee op vegetatieopnamen, waarbij opnamen uit terrestrische terreinen overheersen. Voor elk natuurdoeltype is als het ware een responscurve (volgens standaard normale verdeling) gemaakt waarbij:

- de gemiddelde waarde wordt gezien als chloride-optimum van het betreffende natuurdoeltype;
- de gemiddelde waarde + 2 standaardafwijkingen (SD) wordt beschouwd als het chloridemaximum (95% van de waarnemingen ligt beneden deze concentratie chloride);
- de gemiddelde + 4 standaardafwijkingen wordt beschouwd als het absolute chloridemaximum (99,99% van de waarnemingen ligt beneden deze concentratie chloride).

Er zijn kaarten gemaakt met daarop de optimale, maximale (+ 2 SD) en absoluut maximale (+ 4 SD) concentratie chloride. De concentraties zijn daarbij ingedeeld in zes chlorideklassen volgens een gebruikelijke indeling (Wamelink & Runhaar, 2000): (1) Zeer zoet: 0-150 mg/l chloride, (2) Zoet: 150-300 mg/l chloride, (3) Licht brak: 300-1000 mg/l chloride, (4) Brak: 1000-5000 mg/l chloride, (5) Brak-zout: 5000-10000 mg/l chloride en (6) zout: > 10000 mg/l chloride.

## Bijlage 3

# Verkenning van arrangementen voor landbouwzoetwaterleverantie in de ZW-Delta

Auteurs: Ies de Vries (Deltares), Koos Beurskens (provincie Noord-Brabant), Paul vd Hoek (Waterdienst)

### Vraagstelling

Het uitwerken van de kosten en baten van de geformuleerde strategieën voert in het bestek van deze studie te ver. In de planstudie waterkwaliteit Volkerak-zoommeer (BOKV, RWS-Zeeland, 2009) is overigens al de nodige informatie op dit vlak gepresenteerd. Belangrijke noties die daaruit naar voren komen zijn dat het zout maken van het VZM als bestrijdingsmaatregel van de blauwalgenproblematiek een omvangrijke post van vermeden kosten kent, namelijk de aanpak van emissies van nutriënten naar het VZM (groot 70 miljoen euro).

Als vervolg op de integratiestudie zoetwatervoorziening (Stuurgroep ZW-delta, 2009) wordt een studie gestart waarbij een onafhankelijke financiële analyse zicht gaat bieden op kosten, kostendragers en belangen.

In deze bijlage wordt de financiële informatie beperkt tot het weergeven van enkele feiten en voorbeelden over de huidige bekostiging van het regionale waterbeheer in de Zuidwestelijke Delta in termen van bestaande arrangementen. Het geeft daarmee de Ausgangssituatie voor de komende discussie (cf nationaal waterplan) over beprijzing van water als sturingsmiddel voor het gebruik van water als schaars goed. Daarnaast wordt bij wijze van vingeroefening zicht geboden op de, voor de gebruiker, verborgen kosten van de huidige zoetwatervoorziening vanuit het VZM.

### Bekostiging van het regionale waterbeheer

Hoe komt de boer in Nederland aan het zoete water voor de teelt van zijn gewassen, en voor het drinken van zijn vee? Het algemene beeld bestaat (wellicht) dat dit (1) geen probleem is, (2) overal in Nederland een beetje hetzelfde geregeld is en dat het waterschap daar wel voor zorgt en vooral (3) het water gratis is. Anders gezegd, er zou sprake zijn van een kostenloze zoetwatergarantie als publieke voorziening en daarmee van een gelijk speelveld (level playing field, alle boeren hebben dezelfde rechten en plichten). Niets is minder waar.

Met ingang van 2009 is de waterschapswet van kracht geworden. Hiermee zijn de belastingen van de waterschappen vereenvoudigd. Voor het peilbeheer en het onderhoud van watergangen en waterkeringen in agrarisch gebied is de "watersysteemheffing voor ongebouwd" de belastingheffing die gerelateerd is aan een adequate afvoer en aanvoer van water tbv de landbouwfunctie. Voor de diverse waterschappen in de ZW-Delta bedraagt deze heffing in 2009:

- HH Delfland € 137,51 /ha
- WS Hollandse Delta € 79,73
- WS Zeeuwse Eilanden € 59,71
- WS Zeeuws Vlaanderen € 62,76
- WS Brabantse Delta € 31,19

De kosten per hectare lopen sterk uiteen, met meer dan een factor vier verschil tussen het duurste en het goedkoopste waterschap. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door verschillen in natuurlijke omstandigheden, waardoor het ene waterschap veel meer kosten moet maken dan het andere. Daarnaast verschillen de verhoudingen tussen taken (watersysteembeheer-wegenbeheer-keringenbeheer) die bekostigd worden vanuit de systeemheffing per waterschap. Feitelijk gaan achter deze éne grootte (de watersysteemheffing ongebouwd) nuances schuil die hier gemakshalve worden genegeerd. Er is dus sprake van een sterke simplificatie in de navolgende vergelijkende analyse.

Niet alleen de kosten, ook het niveau en de kwaliteit van de voor dit bedrag geleverde diensten ('service level') zijn totaal verschillend. Zo is het serviceniveau op de Zeeuwse eilanden heel basaal. Voor dit bedrag wordt de watergang onderhouden en wordt het peil statisch (opzetten en aflaten zomer- en winterpeil) en dynamisch (afvoeren neerslagoverschot) gereguleerd. Echter, door de zoute kwel en de onmogelijkheid om zoetwater aan te voeren uit het rijkswater (de Zeeuwse deltawateren, behalve het Volkerak-Zoommeer zijn immers zout) is het water in de sloten brak en ongeschikt om mee te beregenen: er is via het oppervlaktewater gegarandeerd geen beregeningswater beschikbaar. Dit waterschap ziet de aanvoer van zoetwater voor de landbouw dan ook (noodgedwongen) niet als haar primaire taak.

Het andere uiterste geldt voor (een klein deel van) de Brabantse Delta, Onder de Brabantse Wal is door het overvloedige, zoete en schone kwelwater uit de Wal sprake van een altijd gegarandeerde en ongelimiteerde beschikbaarheid van hoogwaardig beregeningswater: een veel hoger service-niveau, voor de helft van de prijs.

Ook in de Hollandse Delta en in Delfland (en Zeeuws Vlaanderen?) is sprake van een vergelijkbaar hoog serviceniveau. In die gebieden wordt zoetwater vanuit het rijkswater ingelaten, niet alleen ten behoeve van het peilbeheer, maar ook voor het extra doorspoelen van de watergangen om de zoute kwel te verdunnen en af te voeren, waardoor het water in de sloot geschikt is voor beregening.

De kosten per m<sup>3</sup> water zouden als volgt benaderd kunnen worden:

Stel dat het totale neerslagoverschot niet wegzijgt maar via oppervlaktewater moet worden afgevoerd, uitgaande van het langjarig gemiddeld neerslagoverschot voor de ZW-Delta (dat laag is tov de rest van het land), zijnde max 240 mm (KNMI) levert dit:

2400 m<sup>3</sup>/ha, dus  $31,19/2400 = € 0,012$  per m<sup>3</sup> afgevoerd water bij Brabantse Delta.

In grote delen van ZW-Delta is tijdens droogte geen of slechts beperkte aanvoer van zoetwater mogelijk, maar in enkele delen wel. Stel dat de helft van de verdampingswaarde door aanvoer aangevuld moet worden: de verdampingswaarde voor ZWDelta is 600 mm/ha (bron: KNMI) (dit is relatief hoog tov de rest van Nederland).

Dan is 3000 m<sup>3</sup>/ha aanvoer nodig, dit zal dus ook ca 1 euro-cent kosten bij Brabantse Delta

De totale kosten voor aan- /afvoer van water in de Brabantse Delta zijn ca 2 tot 3 eurocent per m<sup>3</sup> water.

## Extra waterschapsheffingen voor extra service

Op bijvoorbeeld Goeree-Overflakkee en Voorne-Putten betalen de boeren nog een extra heffing voor de afbetaling van de ruilverkavelingskosten. Interessant is dat boeren die tegen de ruilverkaveling waren een lagere heffing betalen, maar daardoor geen recht hebben op beregeningswater uit de sloot. Door het verschil tussen hoge en lage heffing is de prijs van het (recht op) beregeningswater in principe exact te bepalen. Het is echter toch heel lastig om daar in algemene zin is iets over te zeggen omdat de ruilverkavelingslasten per boer verschillen. Dit hangt samen met de getroffen voorzieningen en of sprake is van over- of onderbedeling. Er zijn boeren die wel 1000 euro per hectare betalen omdat ze overbedeeld zijn.

De boeren betalen 6% van de totale last gedurende 26 jaar. Dat ligt voor de meeste boeren ergens tussen de € 120 en € 160 /ha aan ruilverkavelingslasten. Water neemt daarin een belangrijke plaats in: € 40 tot € 60 /ha. De rest is ontsluiting en verkaveling. Van die 40 – 60 euro is 1/3 voor de aanvoer van water (zoetwatervoorziening) (mededelingen Leo Apon – WS Hollandse Delta).

In de Reigersbergsche polder (Zuid Beveland, WS Zeeuwse Eilanden) wordt extra zoetwater aangevoerd vanuit het spuikanaal van het Volkerak-Zoommeer voor het zoetspoelen van de sloten waardoor het slootwater geschikt is voor beregening. De boeren in deze polder hebben hiervoor een overeenkomst gesloten met het waterschap en betalen een extra heffing van € 30 /ha (2009). Rijkswaterstaat garandeert een zoutgehalte van maximaal 450 mg Cl<sup>-</sup>/l in het spuikanaal. Bij stremming van deze inlaat (door een te hoog zoutgehalte, of in de praktijk door blauwalgen) geeft het waterschap korting op of kwijtschelding van deze heffing (en dat is bijvoorbeeld in 2008 gebeurd).

Uitgaande van de praktijk van ongeveer 200 mm beregening is de prijs van dit potentiële gebruik 1,5 eurocent/m<sup>3</sup>. De prijs van de actueel gebruikte kuubs is veel hoger, omdat slechts een deel van het areaal wordt beregend, en de heffing voor het gehele areaal moet worden betaald.

Bij 10% beregend areaal is de feitelijke kostprijs 15 eurocent/m<sup>3</sup>.

## De Landbouwwaterleiding op ZuidBeveland

Deze leiding is met subsidie aangelegd, maar wordt nu geheel privaat geëxploiteerd (Evides). De (fruit)boeren met een aansluiting op de leiding betalen € 0,50 /m<sup>3</sup>. Vroeger werd de leiding gevoed vanuit het spuikanaal, maar nu vanwege de blauwalgen vanuit de spaarbekkens in de Biesbosch. Onder andere daardoor is de prijs niet kostendekkend en opteert Evides voor de status van benadeelde partij bij een zout VZM.

## Calamiteiten

Onder calamiteuze omstandigheden gebeuren rare dingen. Voorbeeld: april 2007: 40 dagen geen druppel regen. Boeren op Tholen en Schouwen-Duiveland hebben toen massaal gebruik gemaakt van mesttransportbedrijven uit Brabant die met tankwagens water transporteerden vanuit het VZM naar deze eilanden. Kosten voor de boer: ruim € 1000 / ha voor een sproeibeurt van 22 mm. Omgerekend bijna € 5 /m<sup>3</sup> (wel inclusief huur van de beregeningsinstallatie).

## Waterbeprijzing als sturingsinstrument

In Nederland manifesteert de klimaatverandering zich op drie fronten in het waterbeheer:

- toename overstromingsrisico (als gevolg van zeespiegelrijzing en verhoogde rivierafvoer)
- toename van het risico van langdurige droogte
- toename van het risico van verzilting

In het waterbeheer worden collectieve belangen (veiligheid tegen overstromingen, natuur, ...) en private belangen (landbouw, industrie, drinkwater, recreatie, etc) gediend. In dit laatste geval kan water veelal als grondstof worden beschouwd. Gezien het feit dat water gestapelde functies kent (landbouw, natuur, visserij, scheepvaart, ...) is eenduidige kostentoe wijzing gecompliceerd. Als kaders worden het collectiviteitsprincipe of het profijtbeginsel gehanteerd. Is de inzet van deze kaders nu eenduidig in relatie tot de verschillende functies en de zich wijzigende risico's in de rubrieken zoals hierboven benoemd?

Bescherming tegen overstroming wordt qua inrichtingsmaatregelen (dijken, dammen, etc) vrijwel geheel bekostigd door het Rijk vanuit het gegeven dat hiermee een nationaal collectief belang wordt gediend. Het beheer en onderhoud van duinen, dammen en dijken is in handen van Rijkswaterstaat en waterschappen. De taken van Rijkswaterstaat worden bekostigd vanuit de algemene middelen. De taken van het waterschap worden door de inwoners/bedrijven in het beheergebied van het waterschap gedragen. Tot voor kort alleen door inwoners/bedrijven die direct profijt van de hoogwaterbescherming ondervonden. Met de wijziging van de waterschapswet in 2009 worden de kosten voor de waterkeringstaak door alle inwoners/bedrijven in het beheergebied van het waterschap gedragen. Er is dus sprake van een verschuiving van het profijtbeginsel naar een collectiviteitsprincipe voor de beheer- en onderhoudskosten gerelateerd aan het overstromingsrisico.

Daarentegen worden de kosten gerelateerd aan bestrijding van droogte en verzilting in hoge mate vanuit het profijtbeginsel aan belanghebbenden toegerekend. Bij wateraanvoer vanuit het hoofdwatersysteem ter bescherming tegen effecten van langdurige droogte (en verzilting) geldt de verdringingsreeks: private belangen vervallen eerst, collectieve belangen worden zolang mogelijk gediend.

## Verborgen kosten voor zoetwater

Ook de taken van Rijkswaterstaat voor waterbeheer en watervoorziening worden bekostigd uit de algemene middelen en zijn daardoor verborgen voor de eindgebruiker.

Een voorbeeld hiervan betreft de kosten van het zoet houden van het VZM.

De twee hoofdfuncties van het VZM zijn (1) scheepvaart en (2) zoetwatervoorraad voor de landbouw. Varen kan ook of zelfs beter op zout water, het meer wordt dus alleen voor de landbouw zoet gehouden. Wat kost dat en hoeveel gebruik wordt er van gemaakt?

In de planstudie waterkwaliteit Volkerak-Zoommeer zijn de kosten van (alleen) de zoet-zoutscheiding op de Krammersluizen geraamd op 4,5 miljoen euro per jaar. Dit betreft alleen het onderhoud, de operationele kosten (electra) en de scheepvaartschade door langere schuttijden, en niet de rente over investeringskosten. Hierdoor garandeert Rijkswaterstaat dat het zoutgehalte in het meer in het zomerhalfjaar maximaal 450 mg Cl<sup>-</sup>/l is. Dit is vastgelegd in het waterakkoord met de waterschappen.

Volgens de indicatieve waterbalansen van deze verkenning wordt in West Brabant, op Tholen en in Oost-Flakkee actueel zo'n 3 miljoen m<sup>3</sup> berekend met water vanuit het Volkerak-Zoommeer<sup>22</sup>, en zou de kostprijs bij doorberekening dus € 1,50 /m<sup>3</sup> bedragen, net zo duur als water uit de kraan. Dit is een verwaarloosbare hoeveelheid op de waterbalans van het Volkerak-Zoommeer. Conclusie: het meer wordt als zoetwatervoorraad zwaar onderbenut en is daardoor (per m<sup>3</sup> gebruik) peperduur.

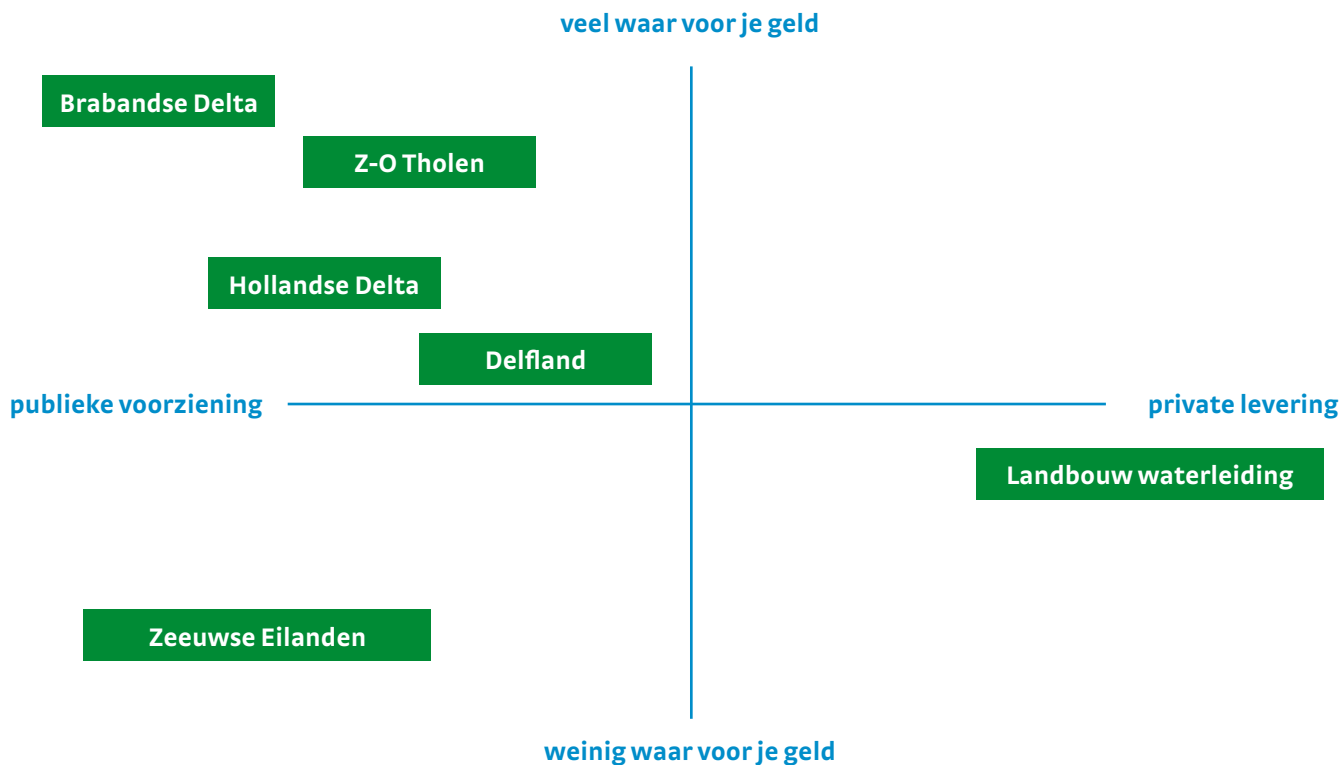
In dit sommetje zijn de investeringskosten buiten beschouwing zijn gelaten, het wel meenemen van deze kosten zou tot een nog hogere kostprijs leiden.

## Samenvatting

De resultaten van deze verkenning zijn in twee schema's samengevat.

zoetwatervoorziening	kostprijs
watersysteemheffing	€ 0,02 / m <sup>3</sup>
Reigersbergse polder	€ 0,15 / m <sup>3</sup>
proefgebied ZO-Tholen	gratis
ruilverkavelingsrente	€ 0,10 / m <sup>3</sup>
landbouwwaterleiding	€ 0,50 / m <sup>3</sup>
Schouwen, april 2007	€ 1075/ha
(één sproeibeurt 22 mm)	€ 5,00 / m <sup>3</sup>
verborgen kosten zoet VZM	€ 1,50 / m <sup>3</sup>
kraanwater	€ 1,50 / m <sup>3</sup>

<sup>22</sup> Voor West Brabant is hierbij aangenomen dat van de totale hoeveelheid beregeningswater 30% afkomstig is uit het VZM. Dit is een overschatting, omdat zelfs in de drogere jaren (1990, 2003) voldoende water in het Mark-Vlietsysteem aanwezig om voldoende water de polders in te laten ook zonder inlaat vanuit het Volkerak-Zoommeer (Witteveen + Bos, 2008).



Op de verticale as, 'waar voor je geld' is de ratio weergegeven van serviceniveau/(prijs/m<sup>3</sup>).

Op de horizontale as is behalve het onderscheid publiek-privaat, ook rekening gehouden met de kunstmatigheid van de wateraanvoer (bijvoorbeeld de Brielse Meer leiding voor Delfland).

## Conclusies:

Het serviceniveau (kwantiteit, kwaliteit, leveringsgarantie) voor de beschikbaarheid van zoetwater verschilt enorm tussen deelgebieden en waterschappen in de ZW-delta.

Zoetwater is nergens gratis, maar de prijs verschilt enorm.

Er is nauwelijks relatie tussen prijs en serviceniveau.

Er is sprake van veel verschillende arrangementen, variërend van waterbeschikbaarheid vanuit het oppervlaktewater als publieke voorziening tegen een lage heffing (1- enkele eurocenten per m<sup>3</sup>) tot private levering vanuit de waterketen tegen een echte prijs van € 0,50 / m<sup>3</sup>.

Bij een heffing per hectare gaat niet alleen de 'cost voor de baet' maar is er ook geen of zelfs een omgekeerde relatie tussen kosten en gebruik: hoe meer gebruik, desto lager de prijs/m<sup>3</sup>.

Verborgene kosten voor zoetwatervoorziening vanuit een zoet VZM die onder het collectiviteitsprincipe vallen en dus uit de algemene middelen worden bekostigd. zijn vele malen hoger dan de waterschapshellingen en zelfs hoger dan de kosten van private levering.

Er is in de ZW-Delta geen sprake van een gelijk speelveld, verre van dat.

# Bijlage 4

## Concrete uitwerking van enkele voorbeelden

### 1. Inleiding

In deze bijlage zijn de mogelijkheden van lokale oplossingen en inzet van watertechnologie beschreven. Als voorbeeld worden de mogelijkheden geschetst voor twee deelgebieden: Goeree-Overflakkee en zoetwaterlevering uit het Brielse Meer. Door het uitvoeren van de case studies, is bovendien een onderzoeksmethodiek vastgelegd, die ook inzetbaar is voor andere deelgebieden. Deze voorbeelden zijn vooral in een strategie van meebewegen toepasbaar.



**Figuur 1** Geografische situatie rondom Goeree-Overflakkee. Witte punt: inlaat Koort; rode punten: RWZI's

#### Goeree-Overflakkee

Op Goeree-Overflakkee worden naast aardappelen en bieten ook zoutgevoelige gewassen als bloembollen en witlof verbouwd. Zowel bloembollen als witlof zijn kostenintensief en hebben een maximale chloridetolerantie van 150 mg/l. Vanwege uitputting van de grond, rouleren deze gewassen over het hele eiland met een periode van 3 tot 6 jaar. Het huidige waterbeheer is weinig gedifferentieerd. Een verdere differentiatie gericht op het leveren van een afgestemde kwaliteit en kwantiteit, bijvoorbeeld door zoutgevoelige teelten af te zonderen, kan leiden tot betere en meer doelmatige oplossingen voor het waterbeheer in de toekomst in relatie tot verzilting. Specifiek voor de gevoelige teelten met hoge kwaliteitseisen lijkt een lokale oplossing, waarbij water van gewenste kwaliteit met behulp van technologische oplossingen wordt geproduceerd, een goed alternatief. In deze metastudie is een

afweging gemaakt van enkele meest voor de hand liggende lokale oplossingen op basis van beschikbare lokale bronnen, de tijdgebonden watervraag, tijdelijke opslag en de inzet van watertechnologie. Ook zijn kostenschattingen gemaakt voor de lokale oplossingen, teneinde ze te kunnen afzetten tegen de kosten voor aanvoer van zoetwater. Ten slotte zijn de daaraan verbonden kennislacunes en kennisvragen geïnventariseerd.



**Figuur 2** Omgeving van het Brielse Meer. Rode punten: innamepunten industriewater.

#### Brielse Meer

Het Brielse Meer vormt een belangrijke bron voor zoetwater voor levering aan de industrie in het Rotterdams havengebied en als zoetwatervoorziening van Delfland.

Ten behoeve van de industrielevering zijn er 4 innamestations:

- Gemaal Brielse Maasdam koelwater, proceswater, bluswater, 3,5 Mm<sup>3</sup>
- Gemaal Geervliet proceswater (demi), bluswater, 6 Mm<sup>3</sup>
- Kuwait Petroleum Europoort: 26,5 Mm<sup>3</sup> (eigen inlaat)
- Inlaat Micro Chemie, 0,5 Mm<sup>3</sup> (eigen inlaat)

Het industriewater wordt onder andere gebruikt als proceswater, koelwater, ketelvoedingwater, voeding voor demiwater. Het ingenomen water wordt lokaal op de diverse gebruikslocaties behandeld tot de gewenste kwaliteit. Deze behandelingen zijn ontworpen op een chloridegehalte van het ingenom-

men water van maximaal 150 mg/l. Bij hogere gehalten ontstaan problemen met de werking van ionenwisselingsinstallaties voor de bereiding van demiwater en ketelvoedingwater. Ook corrosie in koeltorens neemt onacceptabele vormen aan. De besproeiing van kolen met zilt water – nodig in verband met stofbestrijding – kan leiden tot ongewenste dioxinevorming bij verbranding. Ten slotte kan een hoog chloridegehalte problemen geven in het rioolwater.

Evides heeft ervoor gekozen om bij verder verzilting van het Brielse meer de bestaande end-of-pipe systemen intact te laten en het ingenomen water centraal te gaan ontzouten. Ter vervanging van de huidige AVR verdampers (1200 m<sup>3</sup>/h) wordt momenteel door Evides een nieuwe ontzoutingsinstallatie gebouwd (DWP Botlek, capaciteit 1400 m<sup>3</sup>/h). Bronnen: In het huidige stadium van het onderzoek zijn er onvoldoende gegevens over de inzet van water uit het Brielse meer voor de zoetwatervoorziening in het Delfland en Schieland. De case betreffende het Brielse meer wordt daarom niet verder uitgewerkt in deze notitie.

### 1.1.1 Uitgangspunten

Op Goeree-Overflakkee is watervraag voor de landbouw in kaart gebracht. Op basis van informatie van NLTO (dhr. J. Beugelsdijk) is de situatie van landbouw op Goeree-Overflakkee als volgt. Totaal is er op het eiland 17.000 ha landbouwareaal waarvan:

- 66,7% oftewel 11.339 ha akkerbouw
- 17,0% oftewel 2.890 ha veehouderij
- 11,0% oftewel 1.870 ha vollegrondsgroenten waarvan 50% daggroenten en 50% industrie groenten
- 4,3% oftewel 731 ha bloembollen
- 1,0% oftewel 170 ha bloemzaad productie

De waterbehoefte in het voorjaar is globaal als volgt:

- 1.200 ha (bloembollen, bloemzaden, daggroenten) met een waterkwaliteit van <200 mg Cl<sup>-</sup>/l en een waterbehoefte van 150 mm in het voorseizoen (maart t/m mei)
- 3000 ha die een waterkwaliteit nodig heeft <300 mg Cl<sup>-</sup>/l met een waterbehoefte van 100 mm in het voorseizoen
- 12.800 ha die een waterkwaliteit nodig heeft van <400 mg Cl<sup>-</sup>/l.

Bij de beoordeling van de mogelijkheid om tot lokale oplossingen te komen voor gevoelige teelten zijn een aantal uitgangspunten geformuleerd. Er is uitgegaan van de huidige situatie op Goeree-Overflakkee.

In de situatie voor Goeree-Overflakkee zijn dat de volgende:

- Gevoelige teelten. Dit zijn de teelten met een relatief lage zouttolerantie. Op Goeree-Overflakkee zijn dit de bloembollen en witlofpennen. Volgens een studie van Roest e.a. (2003) en de opgave van NLTO is de zouttolerantie van deze gewassen 150 – 200 mg Cl<sup>-</sup>/l. Bij deze zoutconcentratie treedt nog geen schade op.

Drempelwaarden (mg Cl<sup>-</sup>/l) voor zoutschade, per gewas (Roest e.a., 2003).

bloembollen	150
glastuinbouw	150
sierteelt	400
fruitbomen	650
aardappelen	750
snijmais	800
Overig (groenten)	900
gras	3600
suikerbieten	4850
granen	4850

- Areaal gevoelige teelten. Volgens opgave van NLTO (dhr. J. Beugelsdijk) bedraagt het areaal voor bollen op Goeree-Overflakkee 730 ha, voor bloemzaden 170 ha en voor witlofpennen 300 ha. De gewassen rouleren over het gehele eiland, waarbij eenzelfde stuk land pas na 3 tot 6 jaar weer voor het gewas geschikt is.
- Teeltseizoen. Het teeltseizoen van de bloembollen en witlof loopt van maart tot september, waarbij de bloembollen tussen juni en augustus geoogst worden en de witlof in augustus/september (bron: dhr. J. Beugelsdijk, NLTO).
- Berekening van de gevoelige teelten. Berekening van gevoelige teelten vindt volgens NLTO (dhr. J. Beugelsdijk) plaats in de periode maart t/m mei. De gemiddelde hoeveelheid water voor berekening in deze periode voor het gehele areaal bloembollen, bloemzaden en witlof op Goeree-Overflakkee bedraagt 1,8 miljoen m<sup>3</sup> (NLTO, dhr. J. Beugelsdijk). Echter, op basis van informatie van het Waterschap Hollandse Delta (nieuwsbericht Waterschap Hollandse Delta, mei 2008) kan afgeleid worden dat bij een gemiddelde berekening van 5 mm/dag, een waterhoeveelheid van 5,4 miljoen m<sup>3</sup>/teelt gebruikt wordt voor berekening.
- Opbrengst gewassen. Volgens NLTO (dhr. J. Beugelsdijk) bedraagt de bruto opbrengst van bloembollen 50.000 – 60.000 Euro per ha. De bruto opbrengst van witlof bedraagt 20.000 – 25.000 Euro per ha.
- Wateraanbod. Het zoutgehalte bij de inlaat in Koert zal bij een zout Volkerak-Zoommeer circa 250 mg Cl<sup>-</sup>/l bedragen. Bij doorstroming van oost naar west zal deze zoutconcentratie verder toenemen t.g.v. kwelwater. Deze concentratietoename is momenteel nog niet gekwantificeerd, dus zal vooralsnog uitgegaan worden van 400 mg Cl<sup>-</sup>/l zout in het wateraanbod.

Een aantal van deze uitgangspunten staat ter discussie of is door de recente ontwikkelingen achterhaald. Dit betreft onder andere de zouttolerantie van gewassen. Informatie waarop de genoemde zouttoleranties zijn gebaseerd dateert uit een tijd (circa 25 – 30 jaar geleden) dat de teelten niet zonder meer vergelijkbaar zijn met de huidige teelten. Recentere studie is uitgevoerd onder andere teeltomstandigheden (aride klimaat), waardoor zouttoleranties ook niet zondermeer vertaalbaar zijn naar de situatie op Goeree-

Overflakkee. Binnenkort verschijnt het resultaat van een nieuwe studie met meer relevante data. In afwachting hiervan worden de toleranties gehanteerd zoals eerder genoemd.

Bovendien zal het zoutgehalte bij de inlaat Koert, door reductie van het zoutlek bij de Volkeraksluizen tot 60 kg/s, in een 10% droog jaar maximaal 250 mg Cl<sup>-</sup>/l bedragen (3 dagen overschrijding), maar in het voorjaar en in normale hydrologische jaren gedurende het gehele jaar, niet of zelden hoger zijn dan 150 mg Cl<sup>-</sup>/l.

Ook de omvang van het areaal is niet eenduidig. Vooralsnog wordt in dit onderdeel van de studie de opgave van NLTO gebruikt.

Bij de berekening wordt uitgegaan van de huidige situatie. De vraag is echter of de hoeveelheid water toegepast bij de berekening overeenstemt met de werkelijke vraag van de plant. Waarschijnlijk is de werkelijke beregeningsbehoefte geringer dan de actuele situatie. De beregeningsbehoefte zoals eerder genoemd moet dan ook als bovengrens beschouwd worden.

Op basis van het bovenstaande is er bij de beoordeling van technologische oplossingen vanuit gegaan dat de waterbehoefte voor berekening varieert tussen 1,8 en 5,4 miljoen m<sup>3</sup> per teelt (april t/m mei), waarbij de zouttolerantie van de betreffende gewassen (bloembollen, bloemzaden, witlof) op 150 mg Cl<sup>-</sup>/l is gesteld.

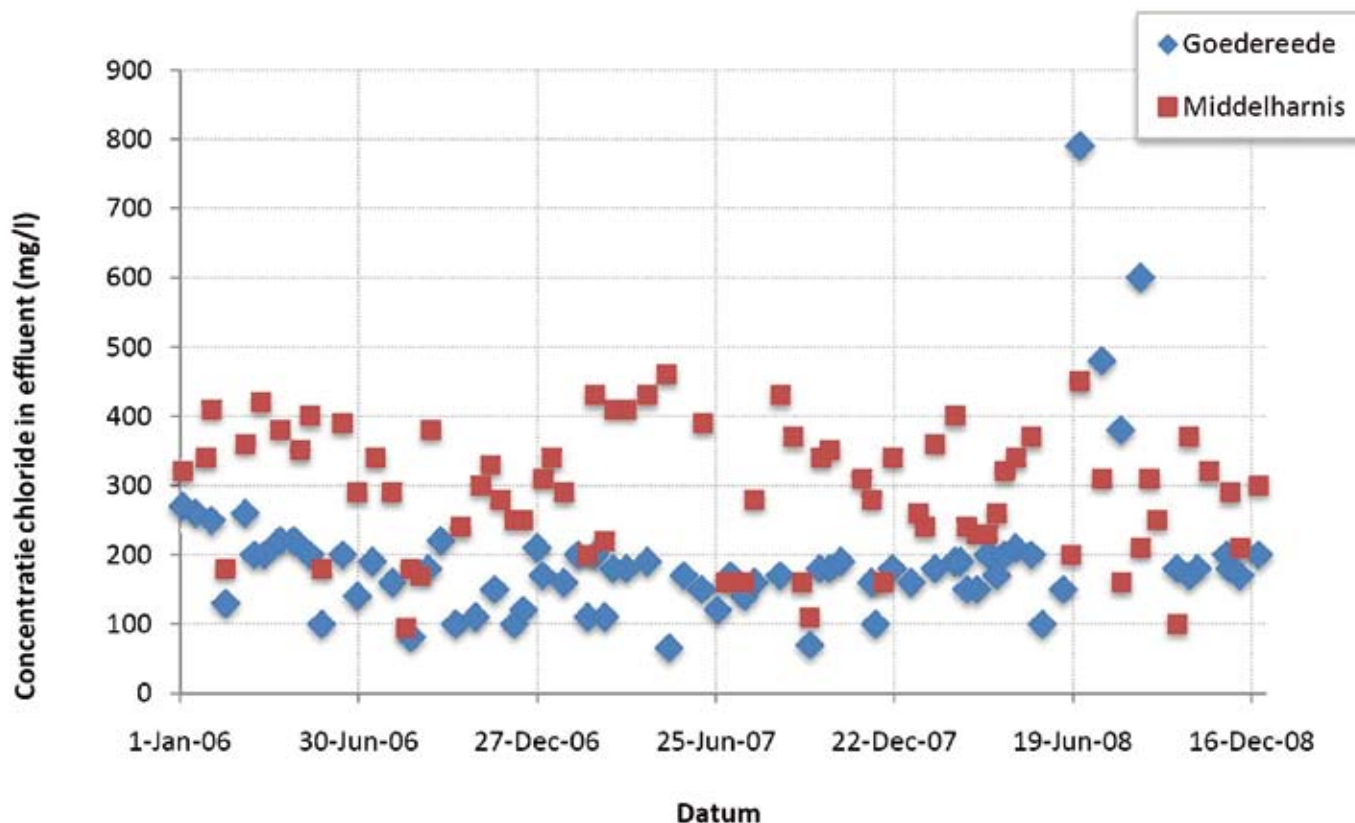
### 1.1.2 Oplossingsrichtingen

Bij het definiëren van oplossingsrichtingen moet de volgende vraag beantwoord worden:

Hoe kan 1,8-5,4 miljoen m<sup>3</sup> water met een zoutgehalte van maximaal 150 mg/l, nodig voor berekening van gevoelige teelten, lokaal verkregen worden binnen de tijdsperiode maart t/m mei met een spreiding over geheel Goeree-Overflakkee?

Om deze kwaliteit water lokaal te verkrijgen zijn er diverse bronnen:

- Effluent van RWZI. Op Goeree-Overflakkee zijn 5 RWZI's (zie figuur 1, rode punten), waarvan Goedereede en Middelharnis het grootst zijn (circa 70% van totaal). Het jaarlijks effluent op Goeree-Overflakkee bedraagt 6 miljoen m<sup>3</sup> (emissieregistratie 2004). Qua hoeveelheid op jaarbasis zou dit voldoende zijn om aan de beregeningsvraag te voldoen, alleen betekent dit dat wel een deel van het water tijdelijk opgeslagen zal moeten worden. Om het effluent van de RWZI's te gebruiken voor berekening van gevoelige teelten is bovendien het zoutgehalte van belang. In figuur 3 is het zoutgehalte van RWZI Goedereede en RWZI Middelharnis gegeven over een periode van 3 jaren.
- Uit figuur 3 blijkt dat de concentratie chloride boven de eis van 150 mg Cl<sup>-</sup>/l ligt. Dit heeft hoogstwaarschijnlijk te maken met de kwaliteit van het rioolstelsel (grondwater inlek). Effluent zal dus niet direct toepasbaar zijn, maar voorbehandeling (ontzouting) zal nodig zijn. Dit kan centraal bij de RWZI plaatsvinden, gevolgd door distributie. Ook de gewastolerantie voor bijvoorbeeld zware metalen



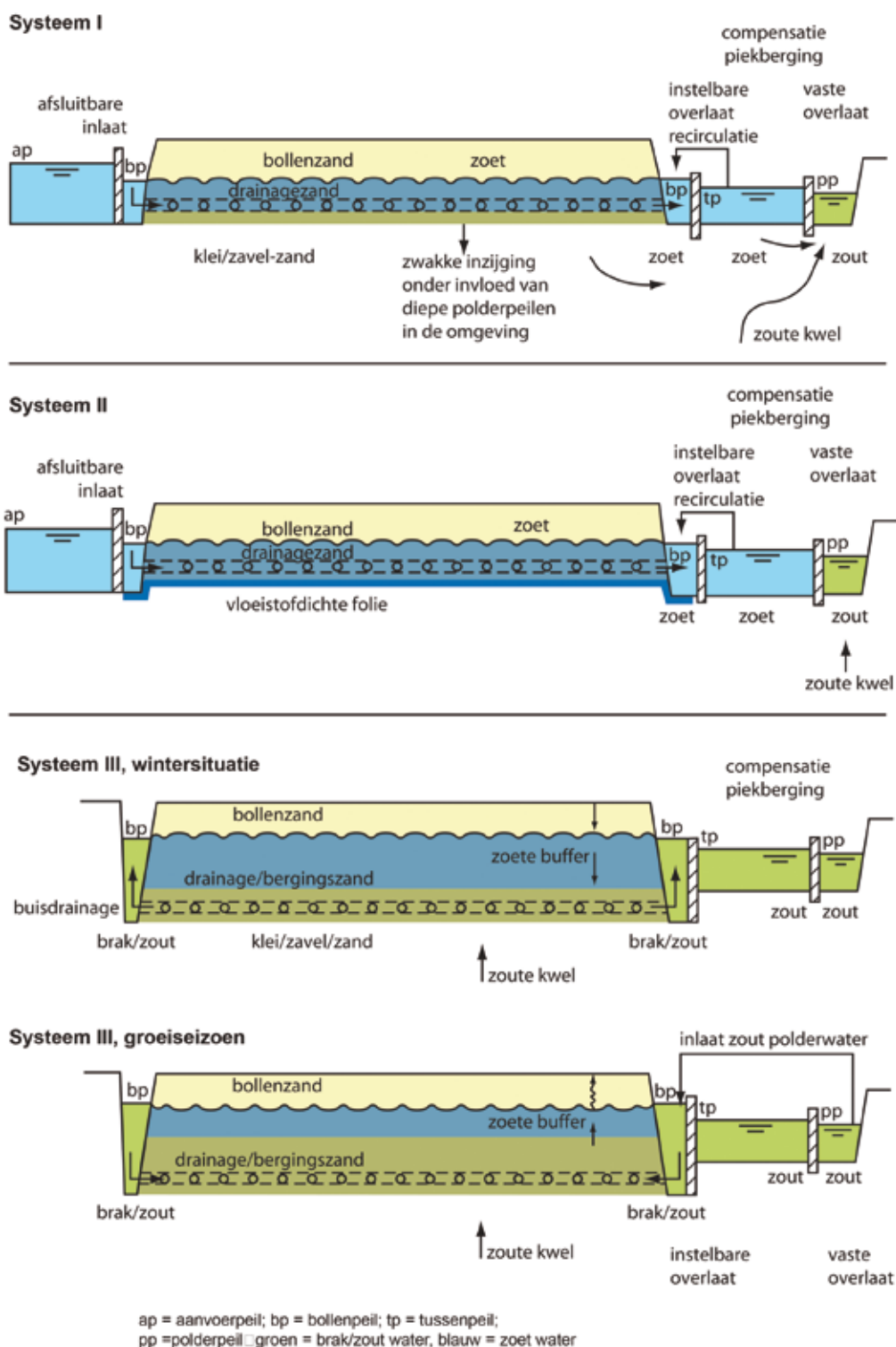
Figuur 3 Chloride concentratie in effluent RWZI Goedereede en Middelharnis



zal nagegaan moeten worden bij gebruik van effluent voor beregening.

- Gebruik lokaal oppervlaktewater. Bij een zout Volkerak-Zoommeer zal de zoutconcentratie bij de inlaat Koert op circa 250 mg Cl<sup>-</sup>/l zout liggen. Vervolgens zal t.g.v. kwelwater de zoutconcentratie toenemen van het oosten (inlaat Koert) naar het westen van Goeree-Overflakkee. Om oppervlaktewater voor de gevoelige teelten te gebruiken zal ontzouting plaats moeten vinden. Dit kan centraal plaatsvinden gevolgd door distributie of decentraal op locatie van de teelt.

- Lokale opslag van zoetwater in zandlaag onder bollenveld (figuur 4).
- Gebruik drinkwater Berenplaat. Drinkwater op Goeree-Overflakkee wordt geleverd vanuit Productiebedrijf Ouddorp van Evides. Als backup voorziening is aanvoer van drinkwater vanaf productiebedrijf Berenplaat mogelijk. Hiervoor is een transportleiding aanwezig. Wellicht kan deze leiding worden ingezet voor de aanvoer van zoetwater ten behoeve van zoutgevoelige teelten, op tijden dat ze niet voor de drinkwatervoorziening wordt ingezet.



**Figuur 4** Teeltsystemen (Grontmij, 2009)

# Bijlage 5

## Beschrijving van de deelgebieden

Tabel 1.1, ruimtegebruik in de deelstudies (in Km<sup>2</sup>). Het landgebruik is afgeleid uit de LGN database, Inwoner aantallen afgeleid van getallen per gemeente CBS (2005, 2008). De totale oppervlakten zijn afgeleid van de gebruikte shape files (ARC-Info) en gebruikt voor zoutvrucht berekeningen. Voor het berekenen van de chloride concentraties zijn de dijkring oppervlakten gebruikt uit de Deltares-database.

West-Brabant (Noordelijk Zeeklei gebied)		Landgebruik – landbouw (LGN)	
Oppervlakte totaal	480	Oppervlakte landbouw	442
Oppervlakte Dijkkring	320		
Inwoners	>106800 (4)	- Akkerbouw	206
Gemeenten	4	- Tuinbouw	92
Waterschappen	Br. Delta	- Glastuinbouw	0,3
Moerdijk, Steenberg, Geertruidenberg, Drimmelen (en delen van Bergen op Zoom, Halderberge, Etten-Leur)		- Gras/vee	141
<b>Natuurdoeltypen:</b> nat schraal grasland, bloemrijke grasland, Rietland en Ruigte, zoetwater gemeenschappen.			
<b>Waterbeheer:</b> Het betreft hier het noordelijk bemalen kleigebied, waar water via peilbeheer stuwbaar en er sprake is van (actuele of potentiële) inlaat vanuit het VZM. Dat gebeurt via de het Mark-Vlietsysteem. Voor peilhandhaving en kwaliteitsaspecten zijn veel polders in de zomer afhankelijk van de inlaat van water vanuit het Mark-Vlietsysteem.			

Reigersbergsche polder, polders onderaan de Brabantse Wal		Landgebruik – landbouw (LGN)	
Oppervlakte totaal	70	Oppervlakte landbouw	62
Oppervlakte Dijkkring	90		
Inwoners	nvt	- Akkerbouw	33
Gemeenten	2	- Tuinbouw	15
Waterschappen	Z. Eil., Br. Delta	- Glastuinbouw	0,5
Reimerswaal, Woensdrecht		- Gras/vee	13
<b>Natuurdoeltypen:</b> nat schraal grasland, rietland en ruigte, beheerde kwelders, open begroeiing van vochtige gronden, zoetwater, bosgemeenschap op zeeklei.			
<b>Waterbeheer:</b> Het poldergebied (onderaan de Wal) is geheel zelfvoorzienend, door het zoete kwelwater uit de Brabantse Wal. Op Zuid Beveland is alleen de Reigersbergsche polder afhankelijk van het Volkerak-Zoommeer. Veel landbouwbedrijven op Zuid-beveland maken gebruik van de landbouwwaterleiding van Evides.			

Tholen en Sint Philipsland		Landgebruik – landbouw (LGN)	
Oppervlakte totaal	150	Oppervlakte landbouw	129
Oppervlakte Dijkkring	139		
Inwoners:	25000	- Akkerbouw	60
Gemeenten:	1	- Tuinbouw	46
Waterschappen:	Zeeuwse Eilanden	- Glastuinbouw	0,3
Tholen		- Gras/vee	22
<p><b>Natuurdoeltypen:</b> zoute en brakke ruigten (langs Oosterschelde), beheerde kwelders (Krabbenkreek), bloemrijk, grasland, nat schraal grasland.</p>			
<p><b>Waterbeheer:</b> Polders met veel zilte kwel. Beide eilanden hebben inlaat/uitlaatpunten op het VZM (de Eendracht). In de Zuid-Oost hoek van Tholen liggen de percelen die van het waterschap een vergunning hebben om met water uit de sloot te beregenen/infiltreren.</p>			

Goeree Overflakkee		Landgebruik – landbouw (LGN)	
Oppervlakte totaal	260	Oppervlakte landbouw	216
Oppervlakte Dijkkring	226		
Inwoners	47500	- Akkerbouw	123
Gemeenten	4	- Tuinbouw	48
Waterschappen	Hollandse Delta	- Glastuinbouw	0,1
Goedereede, Dirksland, Middelharnis en Oostflakkee		- Gras/vee	45
<p><b>Natuurdoeltypen:</b> droog duin grasland en open duin, bloemrijk grasland, grasland, bosgemeenschappen op kalkrijk duin, rietland en ruigte, nat schraal grasland (slikken), struweel, mantel en zoombegroeiing, open begroeiing van vochtige gronden, slufster en groen strand.</p>			
<p><b>Waterbeheer:</b> polders met hoge doorspoelbehoefte uit Haringvliet en Volkerak-Zoommeer door zoute kwel.</p>			

Voorne-Putten		Landgebruik – landbouw (LGN)	
Oppervlakte totaal	200	Oppervlakte landbouw	147
Oppervlakte Dijkkring	195		
Inwoners:	170000	- Akkerbouw	54
Gemeenten:	5	- Tuinbouw	16
Waterschappen:	Hollandse Delta	- Glastuinbouw	3
Spijkenisse, Hellevoetsluis, Bernisse, Westvoorne, Brielle		- Gras/vee	74
<p><b>Natuurdoeltypen:</b> droog duingrasland en open duin, zoute/brakke ruigten, bloemrijke graslanden, rietland en ruigte, beheerde kwelder, grasland, bos in duinzoom, bos op kalkrijk duin, hakhout en Griend, zoetwater gemeenschap.</p>			
<p><b>Waterbeheer:</b> De Bernisse en het Brielse meer vervullen samen de functie van zoetwaterbekken voor landbouw, natuur en industrie, ook voor Delfland.</p>			

Delfland		Landgebruik – landbouw (LGN)	
Oppervlakte totaal	400	Oppervlakte landbouw	288
Oppervlakte Dijkkring	410		
Inwoners	1400000	- Akkerbouw	5
Gemeenten	13	- Tuinbouw	4
Waterschappen	Delfland	- Glastuinbouw	57
Westland, Den Haag, Leidschendam-Voorburg, Zoetermeer, Rijswijk, Delft, Pijnacker-Nootdorp, Lansingerland, Midden-delfland, Schiedam, Vlaardingen, Maassluis en Rozenburg. <i>Delen van Rotterdam en Wassenaar.</i>		- Gras/vee	222
<p><b>Natuurdoeltypen:</b> droog duin grasland en open duin (kust), bloemrijk grasland, rietland en ruigte, zoetwater gemeenschap, brak stilstaand water (Midden Delfland), park en Stinzen bos.</p>			
<p><b>Waterbeheer:</b> Het Brielse Meer (in beheer bij WS Hollandse Delta) voorziet Delfland via de Brielse Meer leiding van externe aanvoer van zoetwater. Bij extreme omstandigheden kan ook water via gemaal Den Dolk (Leidschendam) binnengelaten worden.</p>			

Hoeksche Waard		Landgebruik – landbouw (LGN)	
<b>Oppervlakte totaal</b>	260	<b>Oppervlakte landbouw</b>	225
<b>Oppervlakte Dijkkring</b>	245		
<b>Inwoners:</b>	86000	- Akkerbouw	121
<b>Gemeenten:</b>	5	- Tuinbouw	53
<b>Waterschappen:</b>	Hollandse Delta	- Glastuinbouw	0,8
Binnenmaas, Cromstrijen, Korendijk, Oud-Beijerland, Strijen		- Gras/vee	50
<b>Natuurdoeltypen:</b> grasland, bloemrijk grasland, nat schraal grasland, rietland en ruigte, zoetwater gemeenschap (Binnenmaas).			
<b>Waterbeheer:</b> Er zijn zoetwater inlaatpunten aan het Haringvliet en het Hollandsch Diep die last kunnen krijgen van achterwaartse verzilting.			





# Colofon

## Projectteam en auteurs

Arjen de Vries | **Acacia Water**  
Jeroen Veraart | **Alterra**  
Ies de Vries | **Deltares**  
Gualbert Oude Essink | **Deltares**  
Gertjan Zwolsman | **KWR Watercycle Research Institute**  
Raymond Creusen | **TNO**  
Henk Buijtenhek | **TNO**

## Mede-auteurs

Wout Snijders, Esther van Baaren, Wiebe Borren | **Deltares**  
Rutger Engelbertink, Lodewijk Stuyt, Maurice Paulissen, Ab Veldhuizen, Natasha Marinova | **Alterra, Wageningen UR**  
Piet Rijk | **LEI, Wageningen UR**  
Bram van der Maas | **PPO, Wageningen UR**  
Willem Brandenburg | **PRI, Wageningen UR**  
Esther Vermue | **Wageningen Universiteit**  
Jan Hofman, Hans Huiting, Gerard van den Berg, Yvonne Rietveld-Klever | **KWR Watercycle Research Institute**  
John-Paul van den Ham, Jouke Velstra | **Acacia Water**

## Klankbordgroep

Acronius Kramer | **Waterschap Zeeuwse Eilanden**  
Erik de Haan | **Provincie Zuid-Holland**  
Henk Ketelaars | **Evides**  
Ilonka van Hoorn | **Programmabureau ZW-Delta/ Ministerie van LNV**  
Jan Smits | **Hoogheemraadschap Hollandse Delta**  
Joost Schrijnen | **Programmabureau ZW-Delta**  
Felix Helmich | **Provincie Noord-Brabant**  
Fincnt van Woerden | **Hoogheemraadschap Delfland**  
Kim van Nieuwaal | **Kennis voor Klimaat**  
Kirsten Huizer | **Hoogheemraadschap Delfland**  
Klaas Jan Douben | **Waterschap Brabantse Delta**  
Koos Beurskens | **Programmabureau ZW-Delta/ Provincie Noord-Brabant**  
Neeltje Kielen | **Waterdienst**  
Piet Polak | **Waterschap Brabantse Delta**  
Vincent Klap | **Provincie Zeeland**  
Wilbert Van Zeventer | **Ministerie van V&W**

## Eindredactie en vormgeving

Wilfried ten Brinke | **Eindredactie, Blueland**  
Noor van Mierlo | **Fotografie**  
Arnout van der Heijden | **Vormgeving, Lijnontwerp**  
Jacob Oosterwijk | **Opmaak figuren en kaarten, Acacia Water**  
Boris Hocks | **Kaartachtergrond, Posad**







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