Land Degradation & Development Group

Advies- en ingenieursbureau

Functiefacilitering van bollenteelt in Noord-Holland

MSc Thesis by Mathilda Rebel

February 2010

WAGENINGEN UNIVERSITY
WAGENINGEN UR

FUNCTIEFACILITERING VAN BOLLENTEELT IN NOORD-HOLLAND

Master thesis Land Degradation and Development Group submitted in partial fulfillment of the degree of Master of Science in International Land and Water Management at Wageningen University, the Netherlands

Study program:
MSc International Land and Water Management (MIL)

Student registration number:
850325682050

LDD 80324

Supervisor(s):
Dr. S. Keesstra
Drs. M. Ruitenbeek (DHV)
Ir. R. Rosenboom (DHV)

Examinator:
Prof.dr.ir. L. Stroosnijder

Date: February 2010

Wageningen University, Land Degradation and Development Group
DHV, Consultancy and Engineering

Abstract

Provincie Noord-Holland wil het water meer sturend maken in de ruimtelijke ontwikkeling. Met behulp van functiefaciliteringskaarten willen ze inzicht krijgen in de eisen die een gebruiksfunctie stelt aan de facilitering door de waterbeheerder en de globale kosten die daarmee gepaard gaan. Het is nog niet nader uitgewerkt hoe deze kaarten precies gemaakt kunnen worden en waaraan ze moeten voldoen. In dit afstudeeronderzoek is in opdracht van advies- en ingenieursbureau DHV een functiegeschiktheidskaart gemaakt die aangeeft wat de opbrengstderving voor bollenteelt is binnen Noord-Holland, om hiermee een indicatie te geven van de mate van inspanning die nodig is om de locaties geschikt te maken voor de functie bollenteelt. Daarnaast is het doel om aanbevelingen te geven voor het maken van de uiteindelijke functiefaciliteringskaart. Met behulp van Waternood en de Alterra zouttolerantie methode zijn er indicatorkaarten gemaakt voor opbrengstderving door waterkwantiteit en waterkwaliteit, en op basis van deze kaarten is de functiegeschiktheidskaart gemaakt. De kaart geeft aan dat voor de functie bollenteelt bij het huidige waterbeheer knelpunten te vinden zijn in de gemeenten Texel, Den Helder, Wieringen, Edam-Volendam, Amsterdam, Haarlemmermeer (noorden), Zijpe, Bergen, Heemskerk en Andijk. De opbrengstderving wordt volgens de indicatorkaarten voornamelijk veroorzaakt door zoutschade. In de aanbevelingen voor de functiefaciliteringskaarten wordt onderscheid gemaakt in drie soorten kosten die gezamenlijk een indicatie geven van de totale kosten, namelijk de schadekosten, de operationele kosten en de investeringskosten. Er zijn twee mogelijke methoden om de functiefaciliteringskaarten te maken verder uitgewerkt, in beide methoden wordt rekening gehouden met extra kosten door extreme klimaatsituaties en de klimaatsverandering.

Trefwoorden: functiefaciliteringskaart, functiegeschiktheidskaart, functiefacilitering, functiegeschiktheid, Noord-Holland, waterbeheer, ruimtelijke ontwikkeling, ruimtelijke ordening, bollenteelt, bloembollen, opbrengstderving, zoutschade, droogschade, natschade, verzilting, watertekort, droogte, wateroverlast, kosten, klimaatsverandering

Voorwoord

Dit verslag is het eindproduct van een afstudeeronderzoek dat een onderdeel is van de MSc Internationaal Land- en Waterbeheer aan de Wageningen Universiteit. Het vier maanden durend onderzoek werd uitgevoerd van augustus tot december 2009. De opdracht voor het onderzoek kwam van advies- en ingenieursbureau DHV te Amersfoort, die geïnteresseerd waren in de mogelijkheden om een functiefaciliteringskaart te maken. De afstudeerbegeleider vanuit Wageningen Universiteit was Saskia Keesstra van de leerstoelgroep Land degradatie en ontwikkeling. De begeleiders van DHV waren Marijke Ruitenbeek en Remko Rosenboom, beiden werkzaam bij het team Water, Natuur en Ruimte, onderdeel van de unit Land + Water binnen DHV Nederland.

Inhoudsopgave

1 Inleiding 7
1.1. Achtergrond 7
1.1.1. Waterbeheer en ruimtelijke ordening 7
1.1.2. Gebiedsbeschrijving 8
1.1.3. Beleidskader 9
1.2. Onderzoek naar functiefaciliteringskaarten 10
1.3. Probleembeschrijving, doel en afbakening van onderzoek 12
1.4. Methodiek 14
1.5. Leeswijzer 16
2 Opbouw van functiegeschiktheidskaart 17
2.1. Functie: bollenteelt 17
2.2. Watereisen en watercondities 18
2.3. Methode van modellering 21
2.3.1. Indicatorkaarten 21
2.3.2. Functiegeschiktheidskaart 23
3 Resultaten: functiegeschiktheidskaart 24
3.1. Indicatorkaarten - waterkwaliteit 24
3.2. Indicatorkaarten - waterkwantiteit 25
3.3. Functiegeschiktheidskaart 26
4 Knelpunten en kansen bollenteelt 29
5 Aanbevelingen: Functiefaciliteringskaart 31
5.1. Globale opbouw functiefaciliteringskaart 31
5.2. Normale klimaatsituatie 32
5.3. Extreme klimaatsituatie 33
5.4. Combineren tot functiefaciliteringskaart 35
6 Conclusies en aanbevelingen 37
Referenties 39

Lijst met figuren en tabellen

Figuren

Figuur 1 Locatie onderzoeksgebied 8
Figuur 2 Landschapseenhedenkaart Noord-Holland (Provincie Noord-Holland, 2008b) 9
Figuur 3 Opzet maken functiegeschiktheidskaart 15
Figuur 4 Bollenteelt in Noord-Holland (Alterra, 2006) 17
Figuur 5 Hydrologische cyclus (Wikipedia, 2009) 19
Figuur 6 Voorbeeld grafiek met schadedempel en schadefunctie 22
Figuur 7 Functies en methoden voor het berekenen van de indicatorkaarten 23
Figuur 8 Functie voor het berekenen van de functiegeschiktheidskaart vanuit indicatorkaarten 23
Figuur 9 Opbrengstderving door zoutschade (in %) 24
Figuur 10 Opbrengstderving door droogteschade (in %) 25
Figuur 11 Opbrengstderving door natschade (in %) 26
Figuur 12 Totale opbrengstderving door zoutschade, natschade en droogteschade (in %) 27
Figuur 13 Totale opbrengstderving bollenteelt bij huidig landgebruik 28
Figuur 13 Schema met globale opbouw van functiefaciliteringskaart 32
Figuur 14 Opzet functiefaciliteringskaarten voor normale en extreme situaties - methode Rijnland . 34
Figuur 15 Opzet functiefaciliteringskaarten voor normale en toekomstige situaties - methode Klimaatscan 35
Figuur 16 Globaal overzicht van opbouw functiefaciliteringskaart 37

Tabellen

Tabel 1 Opzet onderzoek 14
Tabel 2 Indicatie van capillaire stijging per soort ondergrond (Animal Sciences Group, 2008) 20
Tabel 3 Opbrengsten, kosten en winst per hectare in euro's voor een gemiddeld bollenteeltbedrijf in de jaren 2006-2008 (Bont, C.J.A.M. de, W.H. van Everdingen en A. van der Knijf, 2008) en de drempelwaarde van opbrengstderving in %. 29
Tabel 4 Globale indicatie van gemeenten met kansen of knelpunten voor bollenteelt 30

1 Inleiding

1.1. Achtergrond

1.1.1. Waterbeheer en ruimtelijke ordening

Ruimtelijke ordening wordt mede bepaald door factoren als bodemtype, waterbeheer en ligging. Tot het begin van deze eeuw waren de watereisen van een functie de leidraad voor het waterbeheer (Van Dijk, 2008). In de Vierde Nota Waterhuishouding werd echter gesteld dat meer samenhang nodig was tussen ruimtelijke ordening, water en milieu om de doelstellingen van het kabinet op gebied van waterhuishouding te halen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1998). Vooral met oog op de verwachte klimaatsverandering en bodemdaling zullen de waterschappen en hoogheemraadschappen naar verwachting steeds meer moeite hebben om aan de watervraag van de functies in sommige gebieden te voldoen (Unie van Waterschappen, 2008). Er werd in de nota vastgesteld dat water een bepalende factor dient te zijn voor ruimtelijke ordening naast de economische, ecologische en sociaalbestuurlijke factoren. In het kader van deze nieuwe kijk op de relatie tussen ruimtelijke ordening en waterbeheer stond in het Ontwerp Nationaal Waterplan (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2008) het volgende:

> *"Het kabinet vindt het van belang dat ruimtelijk inzichtelijk gemaakt wordt waar kansen en knelpunten zijn voor de diverse functies die gebruikmaken van zoet water middels zogenaamde functiefaciliteringskaarten. Het rijk vraagt alle provincies en waterschappen uiterlijk in 2011 met functiefaciliteringskaarten te komen als onderdeel van de aangekondigde landelijke verkenning zoetwatervoorziening."*

Deze plicht is vervallen in de definitieve versie van het Nationaal Waterplan. Provincie Noord-Holland heeft echter het maken van de kaarten in hun Provinciaal Waterplan voor de komende jaren opgenomen. Om deze kaarten te maken moet er een instrument worden ontwikkeld dat uiteindelijk een functiefaciliteringskaart als eindproduct heeft. Uit een gesprek met provincie Noord-Holland blijkt dat ze op zoek zijn naar een eindproduct dat een indicatie geeft van de kosten voor het waterbeheer om een functie te faciliteren op een locatie (Rosenboom, 2009). Het instrument verschaft daarmee tevens inzicht in de waterbeheerkosten van het huidige landgebruik en is bruikbaar voor de toetsing van nieuwe ruimtelijke ontwikkeling. In eerste instantie is de provincie geïnteresseerd in de functiefaciliteringskaarten voor de functies bollenteelt, woningbouw en natuur. Vanwege de beperkte tijd van het afstudeervak waarbinnen dit onderzoek is verricht, is alleen gekeken naar de functie bollenteelt, een functie die sterk afhankelijk is van het waterbeheer. De bollenteelt is een belangrijke activiteit binnen de Noord-Hollandse landbouw (Provincie Noord-Holland, 2008*a*). De producten van de bollenteelt zijn belangrijke Nederlandse exportproducten.

Nederland is wereldwijd de belangrijkste teler van bloembollen (Internationaal Bloembollen Centrum, 2009).

1.1.2. Gebiedsbeschrijving

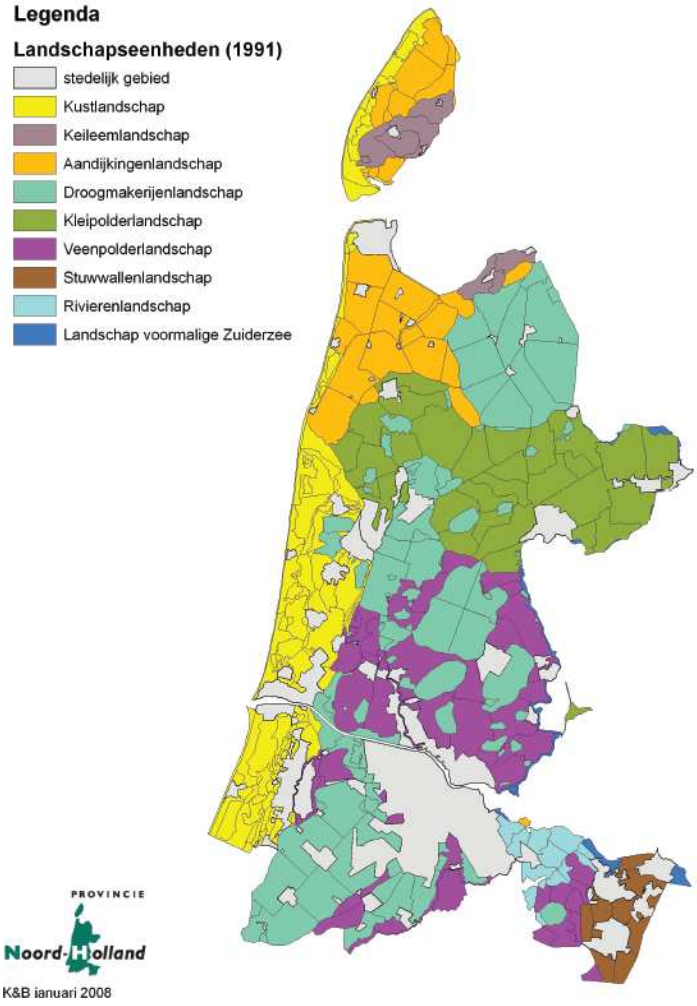
Het onderzoeksgebied is de provincie Noord-Holland (Figuur 1), een provincie die geïnteresseerd is in de functiefaciliteringskaarten. De provincie is grotendeels omringd door water van de Noordzee, Waddenzee en IJssel- en Markermeer. De provincie ligt voor een groot deel beneden de zeespiegel. De primaire waterkeringen bieden bescherming tegen overstromingen vanuit het buitenwater, zoals de zee en het IJssel- en Markermeer. De regionale waterkeringen beschermen het gebied tegen overstromingen vanuit de regionale watersystemen en dienen als extra bescherming tegen overstromingen vanuit het buitenwater. De provincie is dichtbevolkt met circa 2,7 miljoen inwoners, voornamelijk in en rond Amsterdam, dit zorgt ervoor dat er een groot belang is bij het bestrijden van overstromingen en wateroverlast (Provincie Noord-Holland, 2008*b*).



Figuur 1 Locatie onderzoeksgebied

In de provincie zijn verschillende landschapseenheden (Figuur 2) te vinden. (1) Langs de kust ligt het *kustlandschap*, opgebouwd uit een kustlijn met daarachter duinen en aangrenzende strandwallen en strandvlakten. De hogere en bosrijke duinzone vormt de scheiding tussen de Noordzee en het polders. Dit landschap dient voornamelijk als zeekering, natuurgebied, recreatie, bollenteelt en drinkwatervoorziening. (2) Voornamelijk in het noordwesten van de provincie is langs het kustlandschap, het *aandijkingenlandschap* te vinden. Aandijkingen zijn aangeslibde zand- en slibplaten langs de oorspronkelijke kustlijn, die door indijking later aan het land zijn toegevoegd. (3) Het *kleipolderlandschap* bestaat uit oude zeekleigebieden die al vroeg zijn ontgonnen. In het gebied zijn hoger gelegen ruggen en lagere gelegen kommen te vinden. (4) Het *droogmakerijenlandschap* zijn laag gelegen gebieden beneden zeespiegel en de bodem bestaat uit klei en veenrestanten. Door de lage ligging kan er in dit landschap kwel voorkomen. (5) Het *veenpolderlandschap* ligt beneden de zeespiegel en hoger dan de droogmakerijen. In deze gebieden is de bodem die bestaat uit een veenpakket van groot belang. In de polders met een dik veenpakket is er sprake van maaivelddaling door de ontwatering en oxidatie van het veen. (6) In het zuidoosten van Noord-Holland is het *rivierenlandschap* te vinden, dit landschap ligt langs de Vecht. Het bestaat uit oeverwallen met zavel en lichte klei en aangrenzende kommen met klei en veen. (7) In het Gooi is het *stuwwallenlandschap* te vinden, welke een uitloper is van de Utrechtse heuvelrug. Het gebied bestaat uit hoger gelegen zandgronden met

bossen en heidevelden. Het gebied is gevormd in het Pleistoceen. (8) Een ander landschap dat gevormd is in het Pleistoceen is het *keileemlandschap*. Deze gebieden zijn te vinden op Texel en nabij de Afsluitdijk. Ondiep liggen slecht doorlatende keileemlagen, waar het regenwater moeilijk door kan infiltreren. (Provincie Noord-Holland, 2008*b*).



Figuur 2 Landschapseenhedenkaart Noord-Holland (Provincie Noord-Holland, 2008b)

1.1.3. Beleidskader

Nadat eeuwenlang het waterbeheer de functie volgde, kwam hier rond het begin van de 21ste eeuw verandering in. Zoals eerder in het hoofdstuk werd gemeld, werd in de Vierde Nota Waterhuishouding water beschouwd als een ordenend principe voor de ruimtelijke ordening naast de economische, ecologische en sociaalbestuurlijke factoren. Kortom, de functie moest het water gaan volgen. Op de Vierde Nota Waterhuishouding volgde twee belangrijke bevestigingen van deze nieuwe aanpak. Ten eerste, de Commissie Waterbeheer 21e eeuw stelde dat door de ontwikkeling van

het complexe en technische infrastructuur, de natuurlijke dynamiek van het watersysteem verloren was gegaan en dat dit de bron van veel structurele waterbeheerproblemen was. Daarnaast had ook de verstedelijking grote invloed op de natuurlijke dynamiek, vanwege de slecht infiltreerbare gronden, minder waterberging mogelijkheden en het bouwen in ongeschikte gebieden vanuit waterbeheer oogpunt. Naar aanleiding van dit advies kwam het kabinet in 2000 met het standpunt dat er een nieuw beleid voor waterbeheer moet worden geformuleerd, waar ruimte is voor oplossingen die rekening houden met zowel het ruimtelijke aspect als de technische mogelijkheden en maatregelen. In 2007 werd de nieuwe aanpak van waterbeheer als sturende factor bij ruimtelijke ordening wederom bevestigd in het coalitieakkoord van het nieuwe kabinet. Wettelijk gezien zijn in de nieuwe Waterwet (binnenkort) en de Wet Ruimtelijke Ordening (2008) de ruimtelijke aspecten van het waterbeleid voor Rijk en provincies vastgelegd (Van Dijk, 2008). Juridisch gezien hebben de waterschappen geen instrumenten om de waterbelangen af te dwingen in het ruimtelijke beleid, ze hebben wel een adviserende rol voor gemeentes en provincies (Unie van Waterschappen, 2008).

1.2. Onderzoek naar functiefaciliteringskaarten

Naar aanleiding van de omslag in het beleid is er vraag ontstaan naar instrumenten die een belangenstrijd tussen ruimtelijke ordening en waterbeheer signaleren. Hoewel het instrument voor functiefaciliteringskaarten nog niet is uitgewerkt, is er recent veel onderzoek gedaan naar andere instrumenten die zich richten ook op de relatie tussen waterbeheer en ruimtelijke ordening. In deze paragraaf zullen de rapporten en de instrumenten worden samengevat.

Watertoets

De watertoets was een aanbeveling van de commissie Waterbeheer 21e eeuw. In 2001 werd tussen het rijk, Interprovinciaal Overleg, de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de Unie van Waterschappen afgesproken de watertoets per direct te gaan gebruiken. Het doel van de watertoets is om "te waarborgen dat waterhuishoudkundige doelstellingen expliciet en op evenwichtige wijze meewegen bij alle ruimtelijke plannen en besluiten die relevant zijn voor de waterhuishouding" (Nationaal Water Overleg, 2009). In eerste instantie werd de watertoets toegepast vanuit bestuurlijke wil, later werd het vastgelegd in het provinciaal en landelijk beleid. In juli 2003 werd het wettelijk verankerd in het Besluit op de ruimtelijke ordening. Het idee van de watertoets is dat de initiatiefnemer en de waterbeheerder in een zo vroeg mogelijk stadium in gesprek gaan bij de ontwikkeling van nieuwe ruimtelijke ordening, zodat er ook rekening wordt gehouden met de waterbelangen. De waterbeheerders zullen voor het ruimtelijke plan een wateradvies geven en de initiatiefnemer legt zijn afweging vast in de waterparagraaf, die wettelijk verplicht is voor

bestemmingsplannen, inpassingsplannen, projectbesluiten en buitentoepassingsverklaringen (Nationaal Water Overleg, 2009). In de praktijk blijkt dat de meeste betrokkenen, de gemeenten en waterschappen, zeer positief zijn over de potentiële verbetering om waterbelangen mee te nemen in het ruimtelijke ordeningproces. De uitvoering echter kan op minder enthousiasme rekenen. Het blijkt dat er aanloopproblemen zijn en dat de informatieverstrekking tussen de gemeenten en waterschappen niet goed werkt. Daardoor dreigen de waterbelangen toch onvoldoende meegewogen te worden in ruimtelijke plannen (Lulofs et al., 2004). Een recente ontwikkeling op het gebied van de watertoets is de digitale watertoets. Deze digitale watertoets heeft tot doel om het werk voor zowel de waterschappen en gemeenten te verlichten. De opdrachtgever kan op het Internet intekenen op welke plek er gebouwd gaat worden. Op basis van een vragenlijst en de locatie, kijkt de digitale watertoets of het plan mogelijk strijdig zou kunnen zijn met het huidige waterbeheer. Op basis daarvan wordt de opdrachtgever doorgestuurd naar een normale procedure met het waterschap of kan de opdrachtgever digitaal de korte watertoets doorlopen en automatisch de benodigde waterparagraaf opgestuurd krijgen. Ongeveer 70% van alle watertoetsen zijn korte watertoetsen en het digitaliseren hiervan zal dus naar verwachting een aanzienlijke tijdsbesparing opleveren (Smit en Nobbe, 2009).

Waterkansenkaarten

De waterkansenkaart is een middel dat waterschappen en provincies enkele jaren geleden hebben ontwikkeld om invloed te kunnen uitoefenen op de ruimtelijke ordening. Er is een grote verscheidenheid onder de waterkansenkaarten, sommige kaarten gaan uit van een streefbeeld voor toekomstige waterhuishoudelijke situatie en ruimtelijke ordening, en andere kaarten kijken meer naar de kansen en knelpunten in de huidige waterhuishoudelijke situatie. De waterkansenkaart is tegenwoordig bij sommige waterschappen gekoppeld aan de watertoets. De betrokkenen, de waterschappen en provincies, zijn overwegend positief over het fenomeen waterkansenkaart, maar zijn niet tevreden over de uitvoering. Ze zijn van mening dat het een goed instrument kan zijn voor locatiekeuzebeslissingen, als het de functiegeschiktheid van locaties aangeeft. Weinig betrokkenen zien iets in de meer visionaire waterkansenkaarten, die bijvoorbeeld een streefbeeld met de gewenste ruimtelijke ordening vanuit het oogpunt van waterbeheer weergeven (Lulofs, Coenen en Kuks, 2004).

Functiefaciliteringskaarten Noord-Holland

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier heeft voor waterbeheerplan 2007-2009 verschillende globale functiefaciliteringskaarten vastgesteld (Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier, 2006). Ze hebben dit gedaan voor de functies: (1) stedelijk gebied en bedrijventerrein, (2) natuur, (3) landbouw en (4) bollenteelt op zand. De mate van geschiktheid hebben ze gebaseerd op criteria als

veiligheid, drooglegging, grondwaterstand en bodemdaling. De functiefaciliteringskaarten waren de opvolgers van de waterkansenkaarten die het hoogheemraadschap eerder had gemaakt, maar die niet succesvol bleken omdat de waterbeheerders een visionaire waterkansenkaart hadden gemaakt waarin ze vanuit het oogpunt van waterbeheer de ruimtelijke ordening naar wens hadden aangepast. Hierdoor gingen de waterbeheerders te veel op de stoel van de planologen waren gaan zitten, die hier niet gelukkig mee waren. Het idee voor de functiefaciliteringskaarten ontstond toen het hoogheemraadschap een soortgelijke kaart maakte om locaties te zoeken voor de waterberging (Deltaforum, 2008).

Klimaatscan

De klimaatscan is de opvolger van het klimaatschetsboek, die per provincie aangeeft wat de verwachte klimaatverandering is en wat de gevolgen zijn. De klimaatscan werd ontwikkeld nadat bleek dat de provincies behoefte hadden aan een instrument waarmee ze hun structuurvisies kunnen toetsen aan de verwachte klimaatsverandering. In het onderzoek werd gesteld dat de robuustheid van een functie tegen klimaatverandering, afhankelijk is van de kans en mate van optreden van de klimaatseffecten en de gevoeligheid van de functie hiervoor. Om dit te onderzoeken is er onderscheid gemaakt tussen effectindicatoren die locatie bepaald zijn en gevoeligheidsindicatoren die functie bepaald zijn. De indicatoren hebben elk zes toetsingsklassen. De keuze van de indicatoren en de toekenning van de toetsingklasse is gebaseerd op de expert judgement van de provincies en verschillende specialisten die werkzaam zijn bij onderzoeksinstituut Wageningen UR Alterra. De watergerelateerde effectindicatoren die meegewogen zijn, zijn de effecten van: (1) overstromingen. (2) wateroverlast, (3) verzilting en (4) watertekort. Voor alle effectindicatoren is per type landgebruik een gevoeligheidsindicator opgesteld, om aan te geven hoe gevoelig de functie voor het klimaatseffect is. Door de effectindicatoren, gevoeligheidsindicatoren en huidige landgebruik te combineren zal er een beeld komen van welke locaties robuust of kwetsbaar zijn voor klimaatsverandering (Provincie Noord-Holland, 2009*a*).

1.3. Probleembeschrijving, doel en afbakening van onderzoek

Probleembeschrijving

In het Ontwerp Nationaal Waterplan heeft de rijksoverheid aangegeven het van belang te vinden dat ruimtelijk inzichtelijk wordt gemaakt waar kansen en knelpunten zijn voor de diverse functies die gebruikmaken van zoet water, middels zogenaamde functiefaciliteringskaarten. De invulling van wat functiefaciliteringskaarten precies inhouden is niet nader uitgewerkt door het Rijk. Uit een gesprek

met provincie Noord-Holland blijkt dat ze op zoek zijn naar een instrument waarmee vanuit het oogpunt van het huidige waterbeheer, ruimtelijk inzichtelijk wordt gemaakt wat de mate van inspanning is om het watersysteem geschikt te maken voor verschillende typen van landgebruik. Het eindproduct moet een indicatie geven van wat de kosten zijn voor het waterbeheer om een functie te faciliteren op een bepaalde locatie (Rosenboom, 2009). Het instrument verschaft daarmee tevens inzicht in de waterbeheerkosten van het huidige landgebruik en is bruikbaar voor de toetsing van nieuwe ruimtelijke ontwikkeling.

Doel

Het ontwikkelen van een instrument waarmee vanuit het oogpunt van het huidige waterbeheer, voor de provincie Noord-Holland ruimtelijk inzichtelijk wordt gemaakt wat de mate van inspanning is om locaties geschikt te maken voor bollenteelt. Het maken van een functiegeschiktheidskaart voor de bollenteelt en het vergelijken van de kaart met het huidige landgebruik. Het aanbevelen van een methode om de functiefaciliteringskaart te maken.

Stappenplan tot doel

1. Inventariseren van watereisen van de bollenteelt
2. Bepalen van indicatoren van watereisen van de bollenteelt
3. Inventariseren van watercondities van het onderzoeksgebied
4. Bepalen van indicatoren van watercondities van het onderzoeksgebied
5. Vergelijken van de watereisen met watercondities met behulp van de indicatoren en het maken van een functiegeschiktheidskaart
6. Maken van GIS applicatie dat het bovenstaande proces automatiseert
7. Vergelijken van functiegeschiktheidskaart met huidig landgebruik
8. Aanbevelen van een methode om de functiefaciliteringskaart te maken

Afbakening van het onderzoek

Aangezien het onderzoek in totaal slechts 4 maanden duurt, is het niet mogelijk om de gehele functiefaciliteringskaart voor bollenteelt te maken. Het vinden van de benodigde gegevens om de kosten van het watersysteem in kaart te brengen, zou te veel tijd in beslag nemen. Er is echter wel een kaart gemaakt die een indicatie geeft van de mate van inspanning om het watersysteem geschikt te maken voor de bollenteelt, de functiegeschiktheidskaart. In een later stadium kan DHV deze kennis koppelen aan de kosten van het watersysteem en daarmee het eindproduct maken. In hoofdstuk 5 worden aanbevelingen gegeven voor de opbouw van de uiteindelijke functiefaciliteringskaart. Tijdens het onderzoek wordt specifiek vanuit het oogpunt van het huidige

waterbeheer gekeken naar de mate van inspanning om het watersysteem geschikt te maken voor de bollenteelt. Er wordt uitgegaan van het huidige faciliteringsniveau, dus de facilitering door het huidige waterbeheer. In het onderzoek zijn andere elementen als bodemeigenschappen en sociaal-economische factoren niet specifiek meegenomen.

1.4. Methodiek

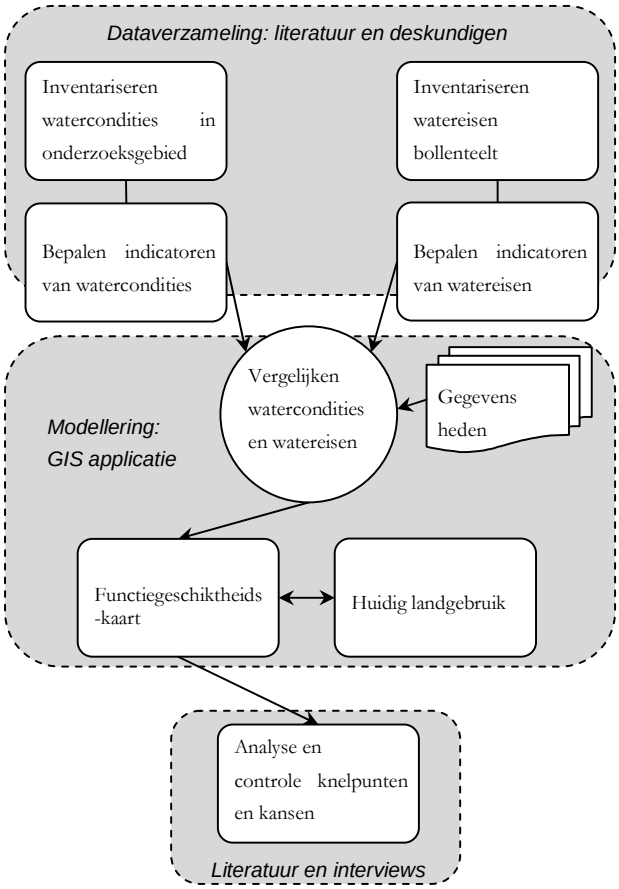
Het onderzoek is opgedeeld in 1) het maken van de functiefaciliteringskaart en 2) het uitwerken van mogelijkheden/aanbevelingen om de functiefaciliteringskaart te maken. In de onderstaande tabel (Tabel 1) is de opdeling te vinden van deze twee onderdelen en de verschillende stappen die moeten worden gezet om tot het eindproduct van het afstudeeronderzoek te komen.

Tabel 1 Opzet onderzoek

Methode		Stap	Onderdeel
Functiegeschiktheidskaart	Dataverzameling	1	Inventariseren van watereisen van de bollenteelt
		2	Bepalen van indicatoren van watereisen van de bollenteelt
		3	Inventariseren van watercondities van het onderzoeksgebied
		4	Bepalen van indicatoren van watercondities van het onderzoeksgebied
	Modellering	5	Vergelijken van de watereisen met watercondities met behulp van de indicatoren en het maken van een functiegeschiktheidskaart
		6	GIS applicatie maken dat het bovenstaande proces automatiseert
	Analyse	7	Vergelijken van functiegeschiktheidskaart met huidig landgebruik
Functiefacilitering	Uitwerking	8	Uitwerken van mogelijkheden om de functiefaciliteringskaart te maken

De mate van inspanning om het huidige watersysteem geschikt te maken voor de bollenteelt, is gebaseerd zijn op de vraag in hoeverre de watereisen van een functie overeenkomen met de

watercondities in het onderzoeksgebied. Als de condities en eisen ver uit elkaar liggen, zal er vermoedelijk meer inspanning nodig zijn om de locatie geschikt te maken voor de functie. Bij de functiegeschiktheidskaart is gekeken naar een normale, gemiddelde situatie. In de onderstaande figuur (Figuur 3) wordt getoond hoe dit gedeelte van het onderzoek is opgedeeld. Dit schema is gebaseerd op tabel 1 met de opzet van het onderzoek.



Figuur 3 Opzet maken functiegeschiktheidskaart

Het onderzoek voor de functiegeschiktheidskaart is opgebouwd in drie delen: dataverzameling, modellering, analyse en controle. Gedurende de dataverzameling is eerst uitgezocht wat de belangrijkste watereisen van de bollenteelt zijn en wat de watercondities zijn in het gebied. In de GIS applicatie die gebouwd is, is de data met indicatoren van de watereisen en watercondities vergeleken met elkaar en hieruit volgt de functiegeschiktheidskaart. Deze kaart is afgezet tegen de huidige landgebruikkaart om knelpunten en kansen in het onderzoeksgebieden te signaleren. Hierna is in een interview met medewerkers van de provincie en het hoogheemraadschap gekeken in hoeverre de kaart overeenkomt met hun kennis van kansen en knelpunten op het gebied van functiefacilitering ter controle van de kwaliteit van de kaart.

Met enkel de functiegeschiktheidskaart is nog niet de functiefaciliteringskaart gemaakt waarin een indicatie wordt gegeven van wat de kosten zijn voor het waterbeheer om bollenteelt te faciliteren op een bepaalde locatie. Met behulp van de ervaringen die zijn opgedaan gedurende het maken van de functiegeschiktheidskaart en met behulp van literatuur zijn aanbevelingen gedaan hoe de functiefaciliteringskaart gemaakt kan worden.

1.5. Leeswijzer

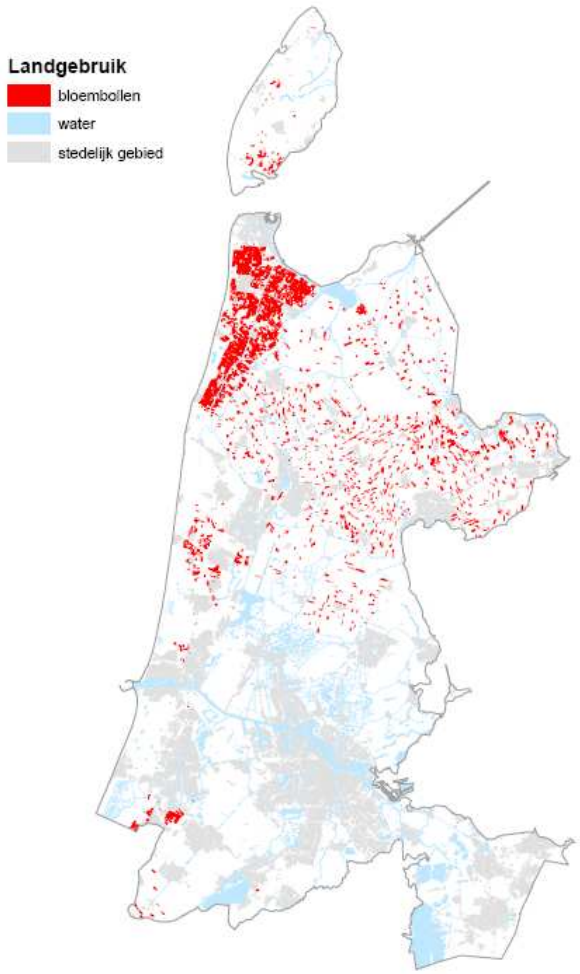
In het eerste hoofdstuk werd een inleiding gegeven op het onderwerp en is uitgelegd hoe het onderzoek is opgezet. In het tweede hoofdstuk wordt omschreven welke materiaal en methoden worden gebruikt om de functiegeschiktheidskaart te maken. In hoofdstuk drie zullen daarna de resultaten volgen. In hoofdstuk vier volgt naar aanleiding van de functiegeschiktheidskaart een analyse van de kansen en knelpunten voor de bollenteelt in het onderzoeksgebied. In hoofdstuk vijf wordt uitgewerkt hoe de functiefaciliteringskaart gemaakt kan worden en worden aanbevelingen gedaan. Het laatste en zesde hoofdstuk sluit af met de conclusies die uit het onderzoek naar voren komen.

2 Opbouw van functiegeschiktheidskaart

In dit hoofdstuk wordt gekeken naar de kennis, methode en materiaal dat nodig is om een kaart te maken die inzicht geeft in de mate van inspanning die nodig is voor functiegeschiktheid. In de eerste paragraaf zal er meer worden verteld over de functie bollenteelt. In de tweede paragraaf zal er worden gekeken naar watereisen en watercondities. In de laatste paragraaf wordt beschreven hoe de kaart gemodelleerd wordt.

2.1. Functie: bollenteelt

In het onderzoek zal in verband met de beperkte onderzoekstijd alleen worden gekeken naar de bollenteelt (Figuur 4). De producten van de bollenteelt zijn belangrijke Nederlandse exportproducten, zo is Nederland wereldwijd de belangrijkste teler van bloembollen. Voornamelijk de Bollenstreek zorgt voor de productie van deze bollen en deze streek ligt in Noord- en Zuid-Holland. Ook in de Kop van Noord-Holland zijn veel bollenteeltgebieden te vinden (Provincie Noord-Holland. 2008*a*). De bollenteeltgebieden liggen van oudsher veelal vlak achter de duinen die de zee van het land scheidt. Redenen voor deze locatie zijn de bodem en het klimaat. Door de nabijheid van de zee valt er relatief veel regen gedurende de herfst en winter, en is het relatief droog gedurende de lente en zomer. Ook de temperatuur is gunstig door de nabijheid van de zee, met relatief zachte herfst en winter, en een relatief koele lente en zomer. Hierdoor is in een groot deel van het jaar landbouwactiviteit mogelijk. De bollen bloeien voornamelijk in de maanden maart tot en met mei en in de nazomer (Internationaal Bloembollen Centrum, 2009).



Figuur 4 Bollenteelt in Noord-Holland (Alterra, 2006)

Bollen hebben voldoende lucht- en vochttoevoer nodig, daarnaast moet de grond voldoende vruchtbaar zijn. Vanwege de luchttoevoer worden bij voorkeur op zandgronden geteeld, met de voorwaarden dat de grondwaterstanden goed gereguleerd kunnen worden en dat door bemesting de bodem voldoende vruchtbaar is. De structuur van kalkrijke zandgronden is losser dan die van kalkloze zandgronden (Bokhorst et al, 2008). Een zanderige ondergrond zorgt voor een betere waterafvoer, waardoor de bloembollen minder last hebben van wateroverlast. Daarnaast valt de grond eenvoudig van de bollen af met het rooien (Belder, 2009). In zavel- en kleigebieden is bollenteelt veelal ook mogelijk. Vanwege luchtgebrek zijn hoge grondwaterstanden in deze gebieden niet mogelijk, vooral niet in bodems met hogere lutum- en organisch stofgehalten (Bokhorst et al, 2008).

De bollen hebben een zwak wortelstelsel en een hoge vochtbehoefte, ze worden tussen de 8 tot 15 cm diepte geplant (Bokhorst et al, 2008). Door onder andere landegalisatie is op de zandgronden van de Bollenstreek een optimale watervoorziening gerealiseerd om het grondwater te gebruiken voor capillaire opstijging. Hierdoor hoeft in de bollenstreek alleen in extreem droge zomers te worden beregend. Naast de bollenstreek zijn er ook andere gebieden waar bollen geteeld worden, en dan voornamelijk in de Kop van Noord-Holland rond Breezand. Hier zijn voornamelijk zavel- en lichte kleigebieden te vinden en is men vaker afhankelijk van beregening. Tegenwoordig wordt ook op andere grondsoorten bollen geteeld en wordt de bodem in gebieden geschikt gemaakt door bijvoorbeeld een dieper gelegen zandlaag op het maaiveld te spuiten. Het verschilt per bloembollensoort wat voor een soort grondsoorten ook geschikt zijn voor de teelt. Bij beregening wordt het zoutgehalte scherp in de gaten gehouden, omdat de gewassen zeer gevoelig zijn voor het zout.. Voor de toekomst is men bevreesd dat de klimaatsverandering in combinatie met de toenemende kwel en zouter inlaatwater voor veel schade zal zorgen bij de bollenteelt (Belder, 2009).

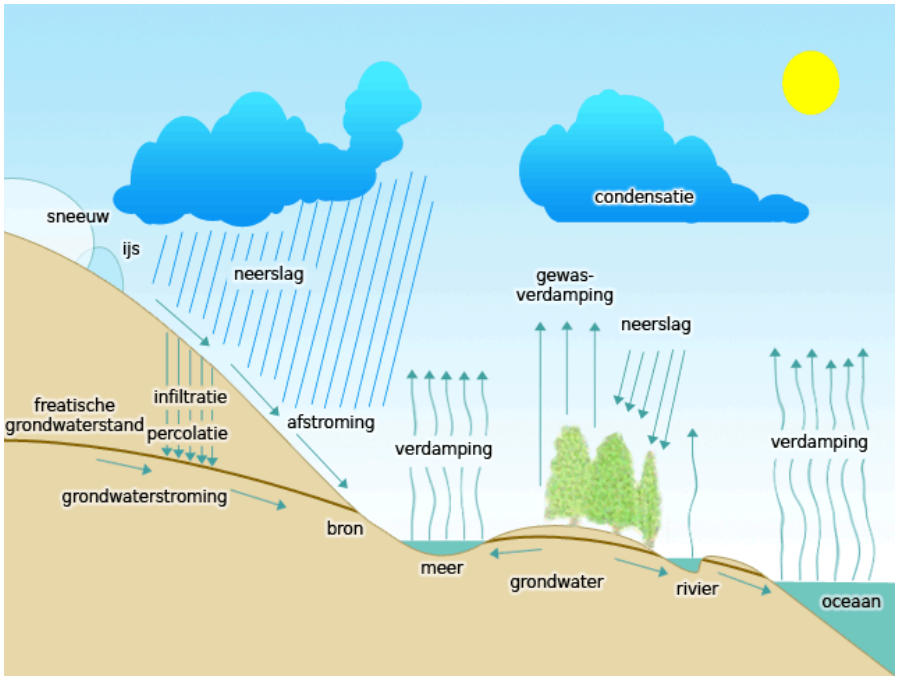
2.2. Watereisen en watercondities

Watereisen zijn de eisen vanuit de functie aan het waterbeheer voor het optimaal faciliteren van de functie. De watereisen zijn dus de gewenste watercondities op een locatie, de werkelijk aanwezige watercondities worden in dit verslag omschreven als watercondities. Het verschil tussen watereisen en watercondities is een indicatie van de mate van inspanning die nodig is om een gebied geschikt te maken voor de functie. De watereisen van de bollenteelt worden bepaald door de soort bloembol en de groeiperiode. De bloembollen hebben de juiste hoeveelheid water van de juiste kwaliteit nodig om optimaal te kunnen groeien en bloeien. De watereisen van de functie zijn dus op te delen in eisen aan

de waterkwantiteit en de waterkwaliteit. In deze paragraaf zullen de eisen en condities van de waterkwantiteit en waterkwaliteit afzonderlijk worden besproken.

Waterkwantiteit

De eisen aan de waterkwantiteit zijn eenvoudig, de bloembollen moeten de juiste hoeveelheid water krijgen zodat ze optimaal kunnen groeien en bloeien. Als er sprake is van te veel of te weinig water zal de teelt schade oplopen. De waterkwantiteit (voor de bloembollen) is afhankelijk van verschillende factoren in het watersysteem, zoals aanvoer vanuit rivieren en meren, neerslag, verdamping, grondwaterstroming en beregening (Figuur 5).



Figuur 5 Hydrologische cyclus (Wikipedia, 2009)

De bloembol neemt water op uit de bodem met zijn wortels. Het is dus voor de bol van belang dat er voldoende water beschikbaar is in de wortelzone (15-40 cm onder maaiveld). In eerste plaats wordt water aangevoerd via de capillaire opstijging vanuit het grondwater (Bokhorst, van Leeuwen en Ter Berg 2008). Het is afhankelijk van de bodemsoort wat de capillaire stijghoogte is. In de Staringreeks (Tabel 2) wordt een indicatie gegeven van de capillaire stijging per soort ondergrond. Wateraanvoer vindt ook plaats in de vorm van neerslag. In het geval van een tekort aan water in de wortelzone, wordt veelal gebruik gemaakt van beregening om het tekort aan te vullen. Meer dan twee derde van het beregeningswater is afkomstig van grondwater, hoewel boeren en telers in principe oppervlaktewater moeten gebruiken. Reden hiervoor is dat in de gebieden waarin beregend wordt

veelal onvoldoende oppervlaktewater beschikbaar is gedurende droge periodes (Hoogeveen, Van Bommel en Cotteleer, 2002).

Tabel 2 Indicatie van capillaire stijging per soort ondergrond (Animal Sciences Group, 2008)

Ondergrond	Leem %	Lutum (%)	Verzadigde doorlatend-heid (m/dag)	Toelaatbare afstand tussen onderkant effectieve wortelzone[1] en grondwater (cm) voor capillaire naleving van:				
				3	2	1	0,8	0,4 mm/dag
Zand								
Grof zand	2 - 6	-	2,23	43	47	54	56	65
Leemarm fijn zand	1 - 9	-	1,0	76	84	98	103	119
Zwak lemig fijn zand	10 - 16	-	0,64	99	109	127	133	152
Sterk lemig fijn zand	21 - 32	-	0,45	105	122	152	161	189
Zeer sterk lemig fijn zand	37 - 47	-	0,53	134	150	176	184	207
Leem								
Keileem	29 - 48	-	0,05	29	37	57	64	93
Siltige leem (löss)	88 - 92	-	0,57	105	125	161	172	201
Zavel								
Zeer lichte zavel	-	9 - 11	0,26	84	97	120	127	151
Matig lichte zavel	-	12 - 16	0,24	69	84	113	123	156
Zware zavel	-	18 - 22	0,26	56	70	100	110	145
Klei								
Lichte klei	-	28 - 33	0,61	39	50	73	81	112
Matige zware klei	-	37 - 47	0,10	18	24	38	43	65
Zware klei	-	52 - 77	0,38	16	19	26	29	41
Veen								
Oligotroof veen	-	-	0,15	34	42	59	66	90
Meso- en eutroof veen	-	-	0,30	52	63	85	93	122

Bron: Alterra (Staringreeks) 1987

[1] Wortelzone uitgedroogd tot h = -250 cm (pF = 2,4)

Opmerking: de hier gegeven waarde voor enkele gronden zijn bedoeld ter oriëntatie. Hierbij mag geen gelaagdheid in de ondergrond voorkomen. Het moeten dus homogene, ongestoorde ondergronden zijn.

Er bestaan verschillende landelijke en regionale kaarten die de waterkwantiteit in de bodem in beeld brengen. Het is noodzakelijk om in de gaten te houden dat er veel verschillende bollen zijn met verschillende watereisen. In dit onderzoek zullen alleen de gemiddelde waarden worden gebruikt, wat voor enkele soorten bloembollen een vertekend beeld kan opleveren. Zo ligt de optimale grondwaterstand voor de hyacint op 60 cm onder maaiveld en de optimale grondwaterstand voor de narcis op 45 cm onder maaiveld (Bokhorst, van Leeuwen en Ter Berg 2008). Zoals eerder gesteld zijn de watercondities bepaald door de watereisen. Bij de watercondities zal dus worden gekeken naar het water dat beschikbaar is in de wortelzone voor de bloembollen .

Waterkwaliteit

De relatie tussen bollenteelt en waterkwaliteit staat sterk in de belangstelling van het Rijk, de provincies en de waterschappen. In veel gevallen komt dit echter door de belasting van meststoffen en bestrijdingsmiddelen uit de bollenteelt op de waterkwaliteit. Voornamelijk in het kader van de Kader Richtlijn Waterkwaliteit (KRW) staat het in de belangstelling (Provincie Noord-Holland, 2002).

Als belangrijkste eis aan de waterkwaliteit wordt voornamelijk het zoutgehalte genoemd. Het blijkt dat een te hoog zoutgehalte de voornaamste factor is dat de bollenteelt problemen kan opleveren qua waterkwaliteit. In dit onderzoek zal voor de waterkwaliteit dan ook alleen worden gekeken naar welke maximale zoutconcentraties de bloembol kan verdragen en welke concentraties er aanwezig zijn in het gebied.

2.3. Methode van modellering

In deze paragraaf wordt beschreven welke indicatoren voor de waterkwantiteit en waterkwaliteit zijn gebruikt en hoe de functiegeschiktheidskaart gemodelleerd is. Zoals vastgesteld in de vorige paragraaf hangen de indicatoren van watereisen en -condities in eerste plaats af van de hoeveelheid water in de wortelzone voor de bloembollen en de zoutconcentratie. Hoewel de watereisen afhankelijk zijn van de periode in het jaar, de soort bloembol, de dichtheid van de beplanting en dergelijke, worden in alle gevallen de gemiddelde waarden gebruikt. De indicatoren van de waterkwaliteit en waterkwantiteit worden in kaart gebracht en worden later gecombineerd tot de functiegeschiktheidskaart.

2.3.1. Indicatorkaarten

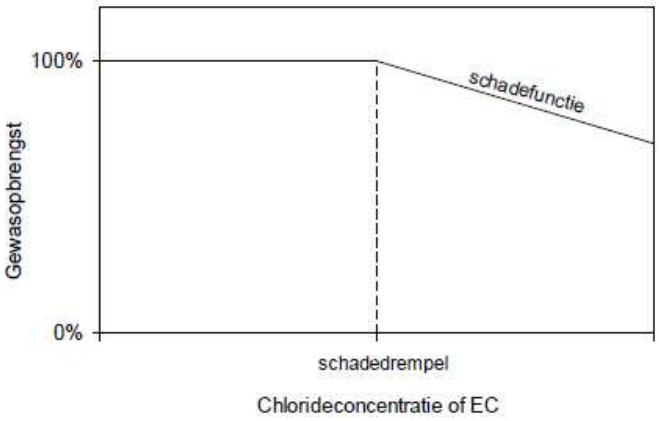
Waterkwantiteit

Uit de gegevens van Waternood (STOWA, 2008) blijkt dat de eisen aan de grondwaterstanden per bodemtype verschillen, in dit programma worden de verschillende bodemtypes gekoppeld aan een OGOR (optimale grondwater- en oppervlakteregime) GLG (gemiddelde laagste grondwaterstand) en OGOR GHG (gemiddelde hoogste grondwaterstand). Deze GLG en GHG geven aan wat de optimale grondwaterstanden zijn voor de bollen om te groeien. Als niet aan deze eisen kan worden voldaan is het een indicatie dat opbrengstderving zal optreden, omdat de bollen zich niet optimaal kunnen ontwikkelen. Om te kijken of aan de eisen voldaan kan worden, moet de OGOR GLG en OGOR GHG worden vergeleken met de werkelijke GLG- en GHG-kaart van Noord-Holland. Het maken van de OGOR-kaarten en de vergelijking met de werkelijke GLG en GHG, wordt gedaan met het programma Waternood. Het programma kan als applicatie worden gebruik binnen ArcGIS en heeft als invoerkaarten de bodemkaart, gebiedsgrenskaart, GLG, GHG en landgebruik (LGN5) nodig. De gegevens die in het onderzoek gebruikt worden, zijn afkomstig van Alterra en het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI). De uiteindelijke kaarten geven aan wat de opbrengstderving is door natschade en droogschade. In werkelijkheid zullen de bollentelers zelf voorzieningen hebben getroffen waardoor ze in droge zomers kunnen beregenen. De uiteindelijke schade door droogteschade zal hierdoor volgens Waternood 80% minder zijn dan de kaart

oorspronkelijk aangeeft. Het is mogelijk om de effecten van beregening in Waternood automatisch door te berekenen in de uiteindelijke schadekaarten. De schadekaarten zijn een indicatie van de mate van inspanning die extra nodig is om de locatie geschikt te maken voor de bollenteelt. Bij veel opbrengstderving zal het meestal vermoedelijk veel inspanning kosten om de locatie geschikt te maken voor de functie bollenteelt, hoewel dit niet altijd het geval zal zijn. In voorkomende gevallen is locatiespecifiek nader onderzoek nodig om na te gaan of bollenteelt mogelijk is.

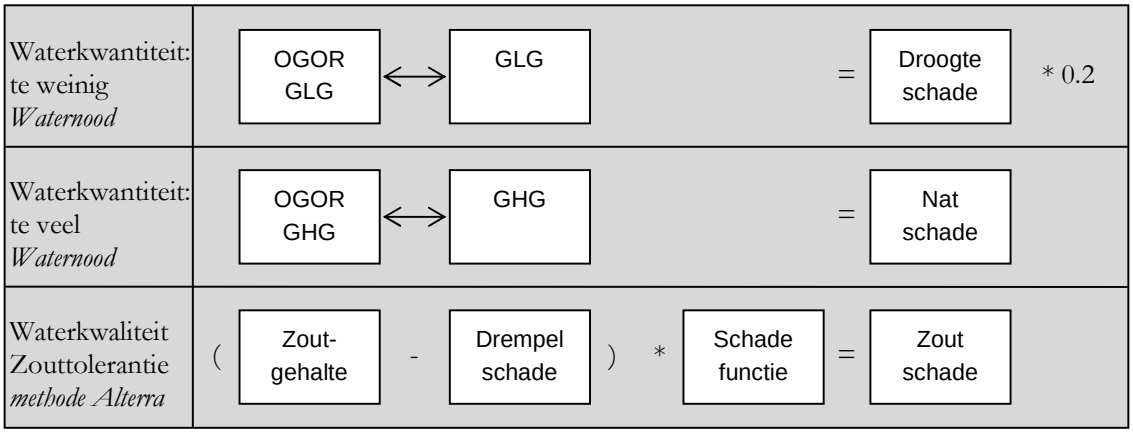
Waterkwaliteit

De gemiddelde maximaal toegestane zoutconcentratie in het bodemvocht voor bloembollen (schade dempel) is 153 mg/l Cl met een hellingshoek (schadefunctie) van 0.0182 %/mg/l Cl. (Van Dam et al, 2007). Dit betekent dat er schade optreedt als het zoutgehalte 153 mg/l Cl of hoger is (Figuur 6). De hellingshoek geeft de toename van schade aan die optreedt vanaf de grenswaarde 153 mg/l Cl, immers 1000 mg/l Cl zal meer schade opleveren voor de bollenteelt dan 170 mg/l Cl.



Figuur 6 Voorbeeld grafiek met schadedempel en schadefunctie

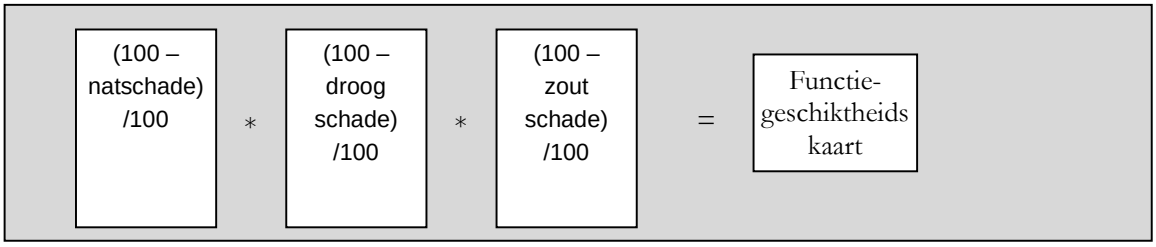
Om een indicatie te krijgen van de mate van inspanning die nodig is om de locatie geschikt te maken voor de bollenteelt, kan ook in dit geval een schadekaart worden gemaakt. In plaats van Waternood zoals gebruikt bij de waterkwantiteit, wordt hierbij gebruik gemaakt van een soortgelijke methode van Alterra die de zouttolerantie van gewassen in beeld kan brengt. Iets wat met het Waternood programma niet mogelijk is. De zoutschade wordt berekend door de functie: (zoutgehalte (mg Cl/l) – drempel schade (mg Cl/l)) * schadefunctie (% per mg Cl/l). De berekening geeft uiteindelijk in procenten de opbrengstderving aan die het verschil tussen de watereisen en watercondities oplevert en daarmee een indicatie van de mate van extra inspanning die nodig is om de locatie functiegeschikt te maken. Om de berekening te maken zal voor de waterconditie een NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium) kaart met zoutgehalten van het bodemwater nabij het maaiveld in Noord-Holland worden gebruikt (Figuur 7).



Figuur 7 Functies en methoden voor het berekenen van de indicatorkaarten

2.3.2. Functiegeschiktheidskaart

In de laatste stap wordt de functiegeschiktheidskaart gemaakt. Deze kaart is een combinatie van de indicatorkaarten van waterkwaliteit en waterkwantiteit. Immers als een gebied qua waterkwantiteit geen opbrengstderving heeft, maar vanuit waterkwaliteit wel, dan heeft het gebied dus toch veel inspanning nodig om het geschikt te maken voor de bollenteelt. In het onderstaande schema is te zien welke functie gebruikt wordt om de kaarten te combineren en de uiteindelijke functiegeschiktheidskaart te maken (Figuur 8). Een soortgelijke functie wordt in Waternood gebruikt om de totale schade door natschade en droogteschade te berekenen (STOWA, 2008).



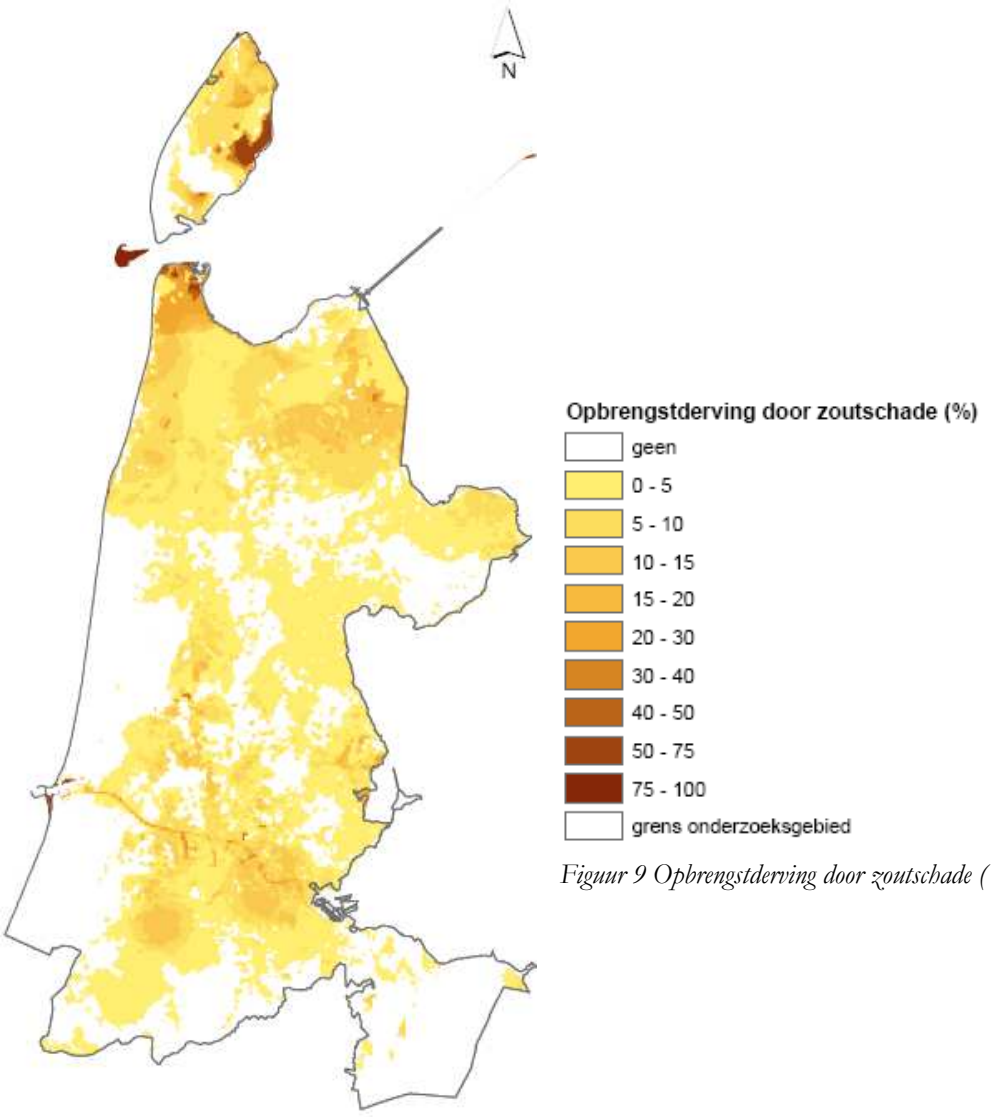
Figuur 8 Functie voor het berekenen van de functiegeschiktheidskaart vanuit indicatorkaarten

3 Resultaten: functiegeschiktheidskaart

In dit hoofdstuk worden de resultaten getoond en omschreven. Eerst worden afzonderlijk de indicatorenkaarten besproken, daarna volgt de functiegeschiktheidskaart.

3.1. Indicatorkaarten - waterkwaliteit

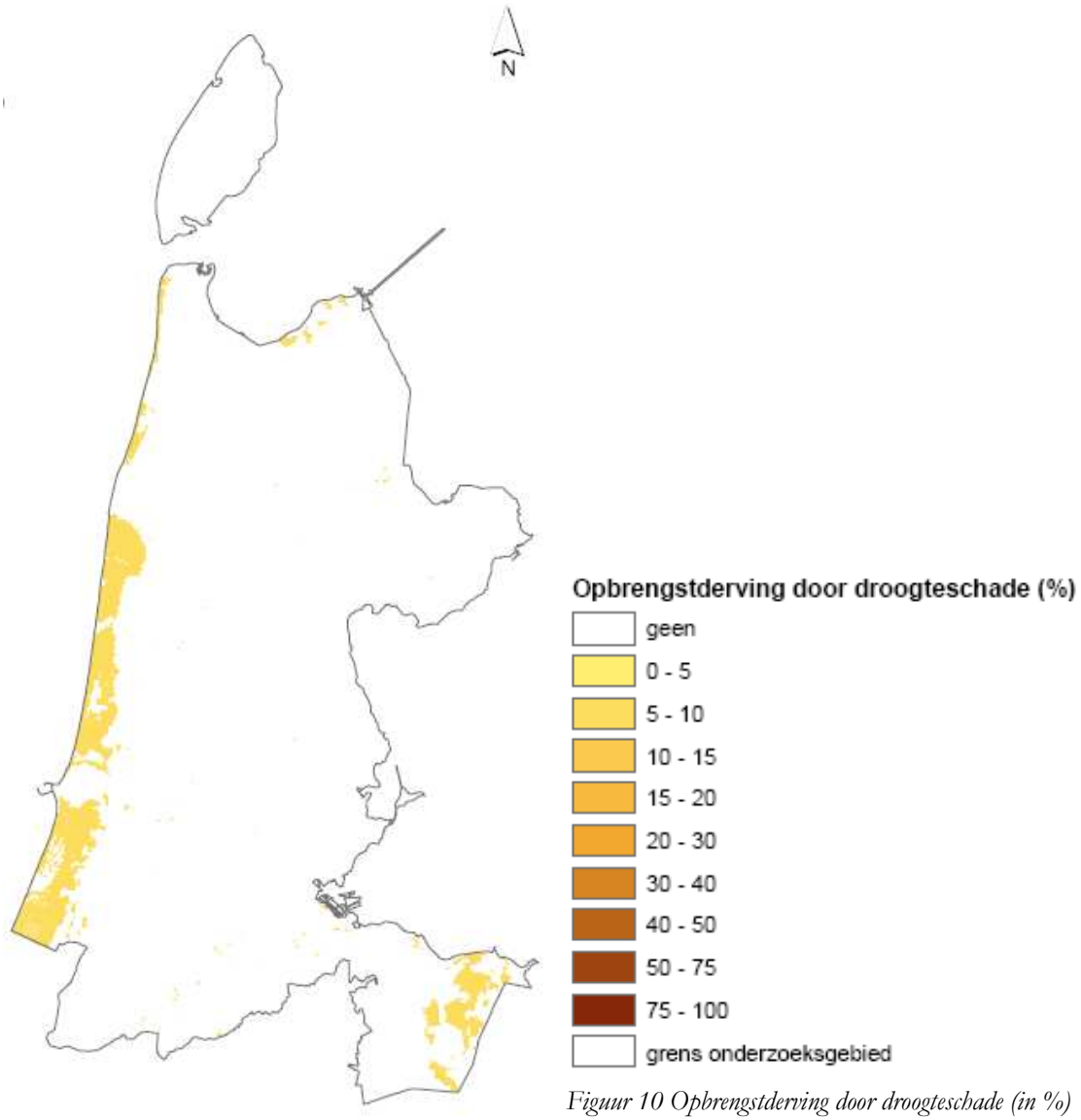
De zoutschade die optreedt bij het huidige faciliteringsniveau (Figuur 9) is het hoogst rond Den Helder. De opbrengstderving kan oplopen van 20 tot 50 %. De opbrengstderving is het gevolg van te hoge zoutconcentraties. Ook in de gemeente Wieringermeer, op Texel, rond Edam, De Rijp en het Amsterdams Rijnkanaal zijn gebieden te vinden waar de bollenteelt relatief veel schade (10-30%) oploopt door de waterkwaliteit. In de hoger gelegen gebieden in de Gooi- en Vechtstreek en rond de duinen is geen schade door zout. In de overige gebieden ligt het schadepercentage veelal tussen 0 en 10 %.



Figuur 9 Opbrengstderving door zoutschade (in %)

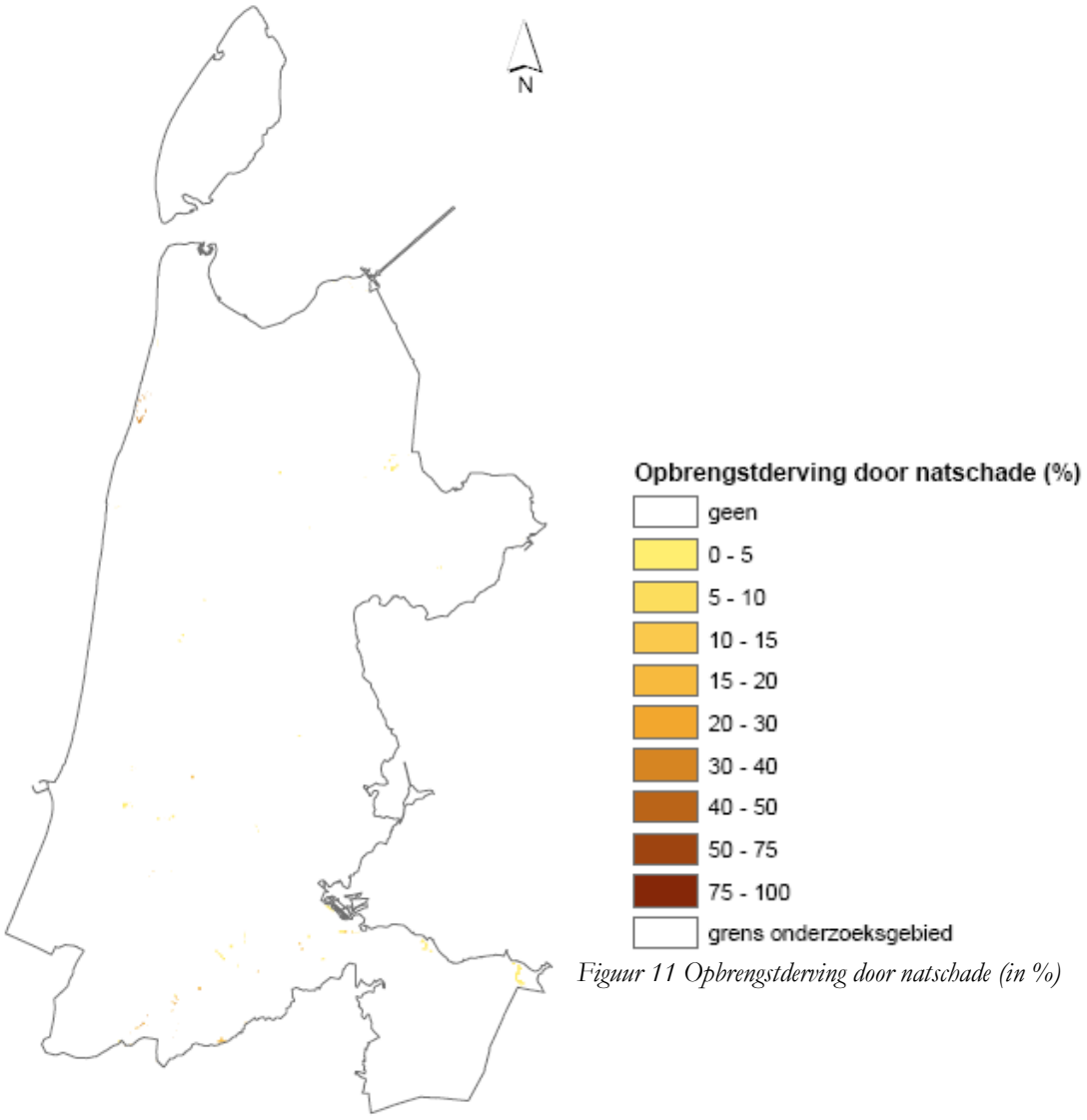
3.2. Indicatorkaarten - waterkwantiteit

Bij de waterkwantiteit is gekeken naar zowel de droogteschade als de natschade. Droogteschade komt slechts in beperkte mate voor als er gebruik wordt gemaakt van beregening (Figuur 10). De droogteschade (tot 10%) is vooral te vinden in hoger gelegen gebieden, zoals de duinen en de stuwwal. Behalve in deze gebieden is de bollenteelt qua waterbeschikbaarheid in Noord-Holland geen probleem vanuit het oogpunt van waterbeheer, zeker als de telers de beschikking hebben over beregening met water van goede kwaliteit.



Figuur 10 Opbrengstderving door droogteschade (in %)

Natschade komt vrijwel niet voor in het gebied (Figuur 11). Slechts her en der zijn kleine gebieden te vinden die last hebben van natschade. Hierbij moet worden opgemerkt dat de schadekaarten zijn gebaseerd op de gemiddelden uit de periode 1990-2000. In extreem natte of droge jaren zullen de kaarten er anders uitzien.

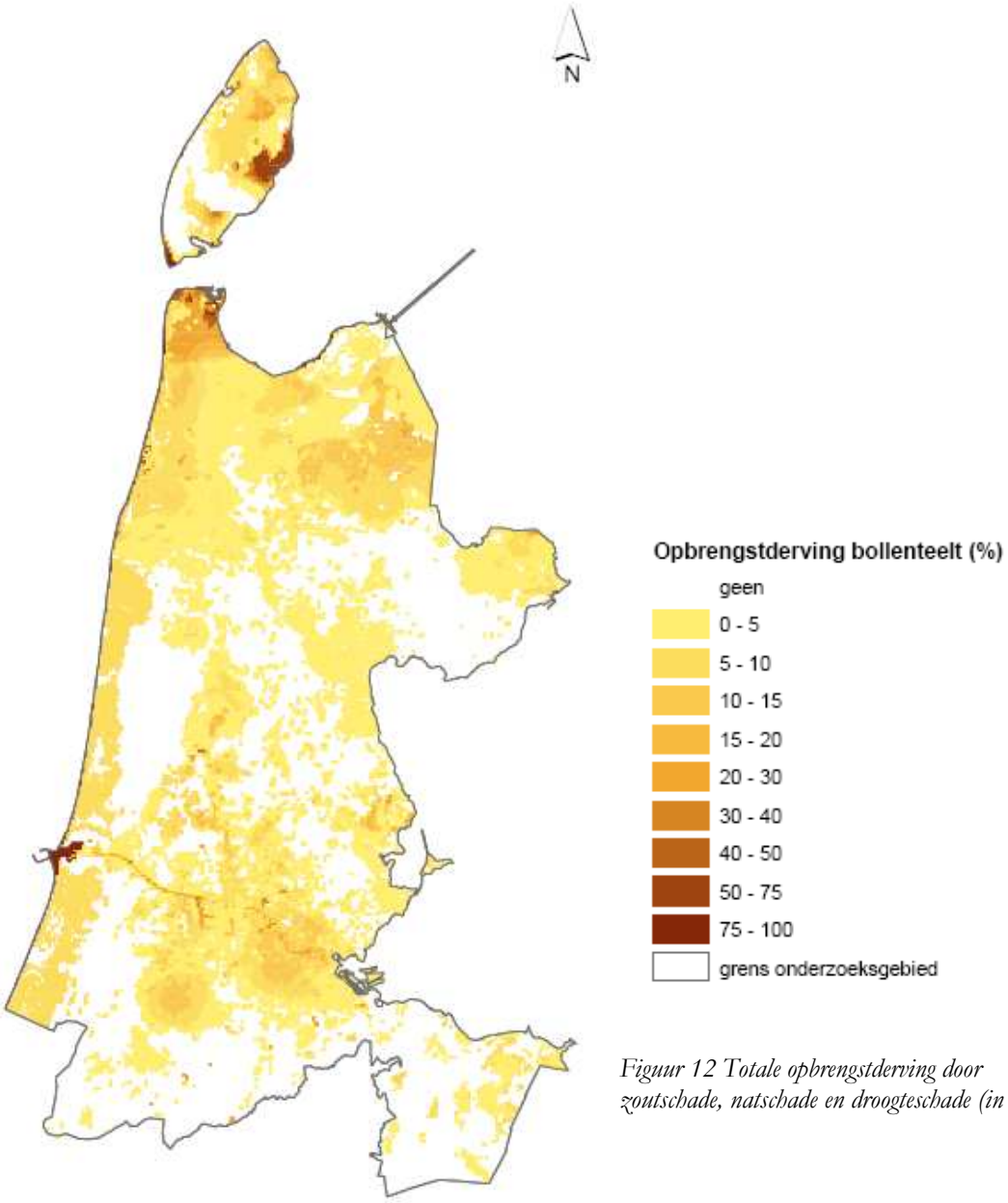


Figuur 11 Opbrengstderving door natschade (in %)

3.3. Functiegeschiktheidskaart

In Figuur 12 is te zien dat volgens de gebruikte methoden, voornamelijk de verzilting tot schade leidt voor bollenteelt in het gebied. In de meeste gevallen is er slechts sprake van een lichte schade van tussen de 0 en 10 procent opbrengstderving. Er zijn echter ook enkele gebieden waar de verzilting meer schade aanricht. De gebieden bevinden zich rond Den Helder, op Texel, in de

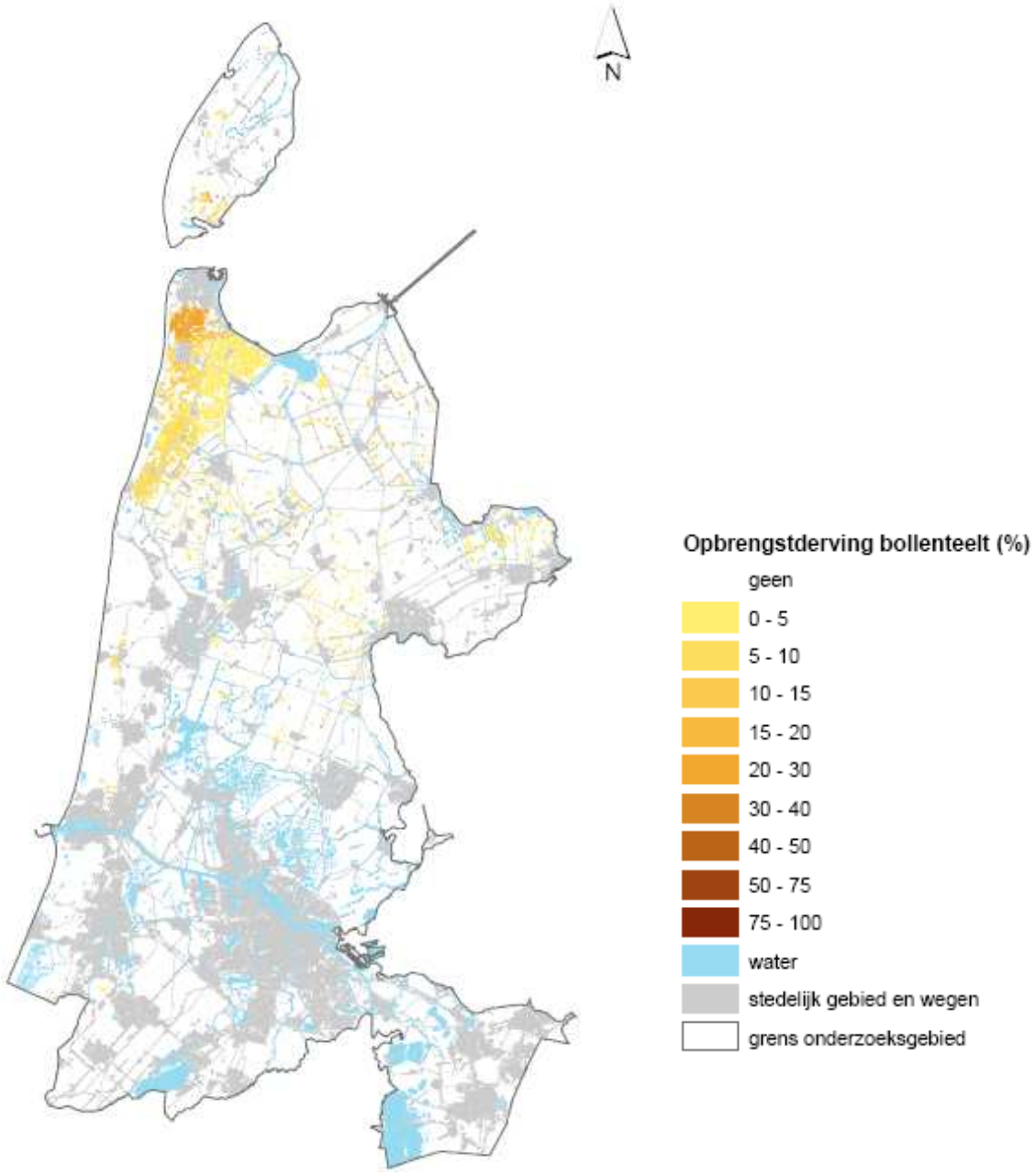
Wieringermeerpolder, in de Schermer polder, rond Edam-Volendam, rond Wormer, het Amsterdam Rijnkanaal, in Amsterdam en in de Haarlemmermeer. De gebieden zijn veelal lager gelegen gebieden die veel last hebben van kwel. Geheel in het westelijke puntje van het Noordzeekanaal is een locatie te vinden die volgens berekeningen meer dan 90% schade op zou leveren. Dit gebied maakt deel uit van het Noordzeekanaal en staat in verbinding met de Noordzee.



Figuur 12 Totale opbrengstderving door zoutschade, natschade en droogteschade (in %)

In

Figuur 13 is de bovenstaande kaart afgezet tegen het huidige landgebruik met bollenteelt. De huidige landgebruikgegevens komen van de LGN5 data. Te zien is dat de huidige bollenteelt voornamelijk rond Den Helder en in de Wieringermeer last heeft van opbrengstderving (rond 20%), in dit geval door zoutschade. Ook in andere kleine gebieden in het Kop van Noord-Holland is lichte opbrengstderving (tot 10%), veelal door zoutschade en in enkele gevallen in combinatie met droogteschade. In het volgende hoofdstuk wordt uitgebreider stilgestaan bij de kansen en knelpunten binnen het onderzoeksgebieden voor de bollenteelt, gezien het huidige faciliteringsniveau.



Figuur 13 Totale opbrengstderving bollenteelt bij huidig landgebruik

4 Knelpunten en kansen bollenteelt

In het vorige hoofdstuk zijn de resultaten te zien met de functiegeschiktheidskaart en de huidige bollenteeltgebieden die niet voldoen aan de watereisen van de bollenteelt. De functiegeschiktheidskaart geeft een indicatie waar knelpunten en kansen zijn voor de bollenteelt. De mate waarin de opbrengstderving een knelpunt is voor de bollenteler is afhankelijk van de opbrengsten van de bollenteler. Ter indicatie zijn in Tabel 3 de opbrengsten, kosten en winst te vinden voor de jaren 2006-2008 per hectare bij een gemiddeld bollenteeltbedrijf. Hieruit is op te maken boven welk percentage van opbrengstderving verlies wordt gedraaid. Deze drempelwaarde verschilt per jaar door de veranderende opbrengsten en kosten. De afgelopen jaren is de winst per hectare afgenomen en hebben de bollentelers minder inkomen. Hierdoor zullen de bollenteeltbedrijven meer gevoelig zijn voor opbrengstdervingen vanwege droogschade, natschade en/of zoutschade, aangezien ze minder financiële buffer hebben de opbrengstdervingen op te vangen.

Tabel 3 Opbrengsten, kosten en winst per hectare in euro's voor een gemiddeld bollenteeltbedrijf in de jaren 2006-2008 (Bont, C.J.A.M. de, W.H. van Everdingen en A. van der Knijf, 2008) en de drempelwaarde van opbrengstderving in %.

Jaar	Opbrengsten (euro)	Kosten (euro)	Winst (euro)	Grens opbrengstderving (%)
2006	24604	21337	3267	13,3
2007	21347	19195	2152	10,1
2008	19433	19103	330	1,7

Op basis van de functiegeschiktheidskaart wordt een indicatie gegeven van de gebieden die gezien hun huidige waterbeheer kansen dan wel knelpunten hebben voor de bollenteelt. Hierbij is dus niet specifiek de bodemgesteldheid in het gebied meegenomen. In de onderstaande tabel worden de belangrijkste gemeenten met kansen en knelpunten opgesomd. Binnen de gemeenten met knelpunten kunnen gebieden voorkomen die wel degelijk kansen bieden voor bollenteelt,

Tabel 4 geeft dus slechts een globale indruk van de kansen en knelpunten voor de bollenteelt in de gemeenten. Te zien is dat in verschillende gemeenten kansen zijn voor bollenteelt en dat ook in verschillende gemeenten knelpunten zijn door zoutschade, droogteschade of natschade. Als je het vergelijkt met Tabel 3 is het te verwachten dat veel bollentelers in deze gemeenten in 2008 geen winst hebben gemaakt.

Tabel 4 Globale indicatie van gemeenten met kansen of knelpunten voor bollenteelt

Kansen (geen opbrengstderving)	Knelpunten (gemiddelde opbrengstderving > 5%)
Heemstede, Heiloo, Wijdemeren, Haarlem, Bussum, Muiden, Weesp, Drechterland, Aalsmeer, Hilversum, Amstelveen, Naarden	Texel, Den Helder, Wieringen, Edam-Volendam, Amsterdam, Haarlemmermeer (noorden), Zijpe, Bergen, Heemskerk, Andijk

Een eerste versie van de kaart is voorgelegd aan beleidsmedewerkers van het Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier en provincie Noord-Holland, uit dit overleg bleek dat er meer verzilting werd verwacht in onder andere het oosten van de Wieringermeer en in de Prins Hendrik Polder op Texel (Schreijer en Vos, 2009). Naar aanleiding van het gesprek is de legenda aangepast en zijn er meer klassen gekomen tussen 0 en 20 % om de kaart te verfijnen. Hierdoor is beter te zien dat in het oosten van de Wieringermeer volgens de kaart inderdaad iets meer opbrengstderving door zoutschade is. Ook de Prins Hendrik Polder is duidelijker op de kaart te zien. Een andere reden dat de kaart niet geheel overeenkomt met de ervaringen van het hoogheemraadschap en de provincie kan komen door de onderliggende data die is gebruikt voor de berekeningen. De data van de NHI is niet gekalibreerd en kan dus afwijken van de werkelijke waarden in het gebied. Het zou beter zijn om in vervolgprojecten als onderliggende data zoveel mogelijk gebruik te maken van de regionale data die de provincie en de waterschappen beschikbaar hebben. Gezien de beperkte tijd, was dat in dit onderzoek niet mogelijk.

5 Aanbevelingen: Functiefaciliteringskaart

De functiegeschiktheidskaart is slechts een onderdeel van de uiteindelijke functiefaciliteringskaart. In dit hoofdstuk wordt verder uitgewerkt hoe de gehele functiefaciliteringskaart gemaakt kan worden. Het hoofdstuk zal alleen de mogelijke methodes omschrijven, voor de volledige uitwerking van de functiefaciliteringskaart is onvoldoende tijd gedurende dit onderzoek.

In de eerste paragraaf wordt globaal omschreven hoe de functiefaciliteringskaart opgebouwd kan worden. In de tweede paragraaf zal per onderdeel een meer uitgebreide invulling worden gegeven voor de normale klimaatsituatie. En in de derde paragraaf wordt omschreven hoe de extreme klimaatsituatie meegenomen kan worden in de functiefaciliteringskaart. In de laatste paragraaf wordt omschreven hoe de kaarten van de normale en extreme klimaatsituatie gecombineerd kunnen worden in de uiteindelijke functiefaciliteringskaart.

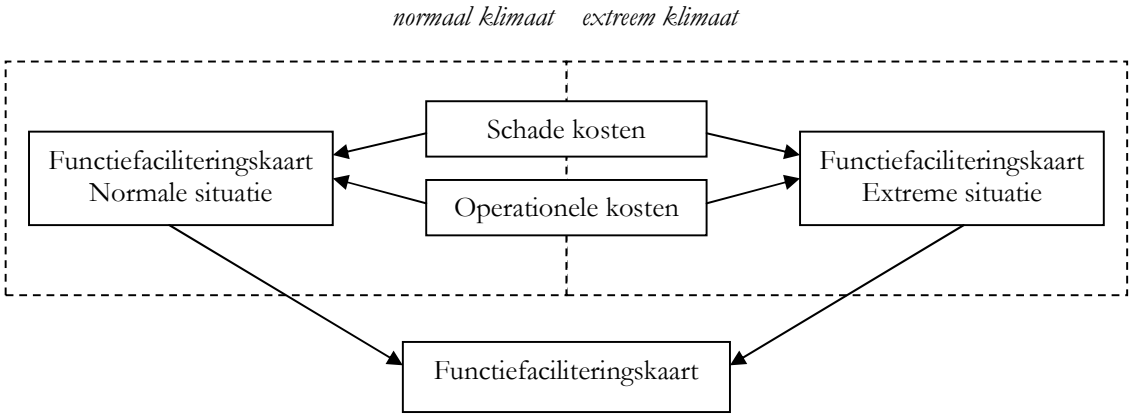
5.1. Globale opbouw functiefaciliteringskaart

Provincie Noord-Holland wil een eindproduct hebben, waarmee een indicatie wordt gegeven van de kosten voor het waterbeheer om een functie te faciliteren op een bepaalde locatie. Het instrument verschaft daarmee inzicht in de waterbeheerkosten van het huidige landgebruik en is bruikbaar voor de toetsing van nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen.

In een rapport van het Hoogheemraadschap van Rijnland (2007) waarin de verzilting en waterbehoefte gekwantificeerd wordt, is een methode gebruikt om de totale kosten te beschrijven door de kosten van schade, de operationele kosten en eventuele investeringskosten bij elkaar op te tellen. De methode werd gebruikt om te kijken of het huidige beleid van het inlaten van extra water en de verziltingbestrijding doorgezet moet worden, of dat een ander beleid meer geschikt is. Deze methode om de totale kosten te berekenen, is ook geschikt voor het maken van de uiteindelijke functiefaciliteringskaart. In de functiefaciliteringskaart zal alleen worden gekeken naar de schadekosten en de operationele kosten.. De investeringskosten zelf worden niet meegenomen in de functiefaciliteringskaarten, aangezien verschillende bestuurlijke keuzes ten grondslag van deze investeringsmaatregelen liggen, waardoor de kosten moeilijk in te schatten zijn. Het is de bedoeling dat de functiefaciliteringskaart een objectieve kaart is, zodat het uiteindelijke doel van de kaart niet wordt ondermijnd door een discussie over de gebruikte gegevens, methoden en interpretatie. Nadeel van deze opzet om de kosten te berekenen, is het dat er alleen wordt uitgegaan van de huidige

kosten en aanvullende kosten als er op een locatie momenteel sprake is van opbrengstderving. De kosten van het huidige faciliteringsniveau zijn echter niet inzichtelijk.

De functiefaciliteringskaart zal gebaseerd zijn op zowel normale als extreme klimaatsituaties. Met oog op toekomstige klimaatsveranderingen en vanwege de schade die in individuele jaren door extreme weersituaties kan ontstaan, is het van belang om zowel de normalen als extremen mee te nemen in de uiteindelijke kaart. In Figuur 14 is het schema te vinden met de globale opbouw van de functiefaciliteringskaart.



Figuur 14 Schema met globale opbouw van functiefaciliteringskaart

5.2. Normale klimaatsituatie

Schadekosten

In de Klimaatscan werd uitgegaan van vier verschillende factoren: wateroverlast, watertekort, overstroming en verzilting, om de schadekosten in kaart te brengen. De factoren kunnen in beeld worden gebracht op de manier waarop ook de functiegeschiktheidskaart is gemaakt. Op provinciaal niveau is deze methode goed te gebruiken. Mocht er echter in de toekomst de wens bestaan om een kaart te maken met de landelijke functiefacilitering, dan zou een methode als de Klimaatscan meer geschikt zijn, aangezien het minder rekenvermogen kost om een dergelijke kaart te berekenen. Daarnaast is voor de landelijke schaal minder detail nodig.

Naast het kiezen van een geschikte methode om schadekosten in beeld te brengen, moet er ook worden gekeken naar welke indicatoren en data van belang zijn. Hierbij is het belangrijk dat de data ook beschikbaar of te verkrijgen zijn. Zo is vanwege het beperkte aantal gegevens over de mate van overstromingen en kans op overstromingen, de factor overstroming momenteel moeilijker in beeld te

brengen. De overstromingskaart zou gebaseerd kunnen worden op de overstromingsgegevens van het project voor de provinciale risicokaarten. Deze gegevens zijn ook gebruikt voor het maken van de overstromingskaart in de Klimaatscan. Een andere methode is om de data te gebruiken van het huidige project Veiligheid van Nederland in Kaart 2. Dit project is bezig om met een verbeterde rekenmethode nieuwe kaarten te maken waarin is verwerkt wat het risico is, uitgedrukt in het aantal slachtoffers per jaar en de economische schade in euro's per jaar. Deze nieuwe risicokaart is naar verwachting in de loop van 2010 klaar en zal de vorige risicokaarten vervangen (Rijkswaterstaat, 2009). De afwegingen over welke data, methoden en indicatoren worden gebruikt, gelden voor het berekenen van de schadekosten van alle factoren. Wat zijn de factoren en hoe kunnen de schadekosten het best in beeld worden gebracht?

Operationele kosten

Operationele kosten kunnen in kaart worden gebracht met hulp van de waterschappen. Het zijn de kosten die het waterschap jaarlijks kwijt is aan bijvoorbeeld doorspoelen. Voor de kaart zijn de operationele kosten per deelgebied nodig, deze kosten zijn te berekenen per peilgebied[1]. In de kaart kan dan per peilgebied worden aangegeven wat momenteel de operationele kosten zijn voor het waterbeheer binnen het onderzoeksgebied. Als er meerdere verschillende functies binnen een peilgebied vallen, is het natuurlijk de vraag welk deel van de operationele kosten aan welke functie toe te schrijven zijn. Om het onderscheid te maken zou gebruik kunnen worden gemaakt van de normering die eerder door Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier is gebruikt om de wateroverlast in kaart te brengen in het project Bescherming Wateroverlast Noorderkwartier (Schreijer, 2009).

5.3. Extreme klimaatsituatie

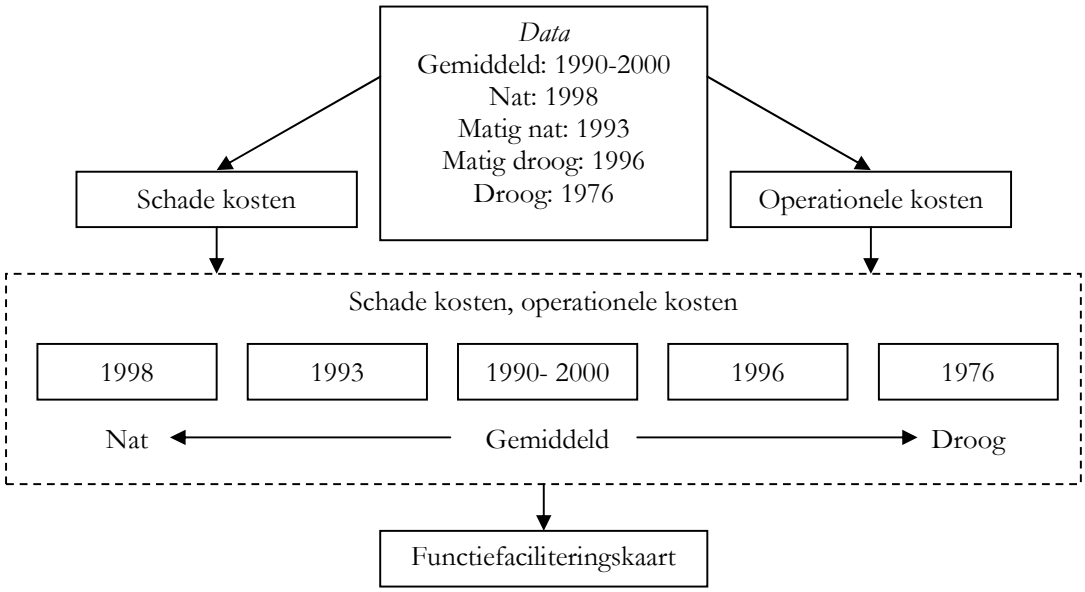
Het is van belang om naast een normale situatie ook stil te staan bij extreme klimaatsituaties. Ook met het oog op de klimaatsverandering, waardoor meer extreme omstandigheden worden verwacht. Als in een normaal jaar geen probleem is met de functiefacilitering, maar er met enige regelmaat een jaar is waarbij wel veel schade optreedt door extreme klimaatsituaties, dan is het qua kosten niet aantrekkelijk om een gevoelige functie op die locatie te vestigen. Voor de bollenteelt kunnen deze situaties zich voordoen bij bijvoorbeeld droge lentes en zomers waarin het watertekort en de verzilting een probleem vormen. Ook kan het optreden als er extreem veel neerslag is, waardoor er wateroverlast optreedt. Een extreme klimaatsituatie kan op twee manieren bekeken worden. Ten eerste kan dezelfde methode worden gebruikt als voor de functiefaciliteringskaart voor de normale

[1] Een waterstaatkundige eenheid waar een zelfde waterpeil heerst

klimaatsituatie is gebruikt, echter met andere invoergegevens (methode Rijnland). Een andere methode (methode Klimaatscan) is om te kijken naar de toekomst. Beide methoden zullen hieronder beschreven worden.

Methode Rijnland

De extreme klimaatsituaties zijn in kaart te brengen door te kijken naar de watercondities in een extreem droog jaar en in een extreem nat jaar in het verleden. De verzilting neemt meestal toe in extreem droge jaren, aangezien er relatief minder water is en de chlorideconcentratie dus stijgt. Voor de verzilting zou dus moeten worden gekeken naar de zoutgehalten in een extreem droog jaar. In Figuur 15 is aangegeven hoe een functiefaciliteringskaart met de methode van Rijnland gemaakt kan worden. De methode is voornamelijk geschikt voor meer gedetailleerde kaarten van onderzoekgebieden die niet groter dan een provincie zijn. De methode vraagt relatief veel rekenvermogen en is dus minder geschikt voor bijvoorbeeld een snelle landelijke scan. Voorwaarde voor het gebruiken van deze methode is dat de data met zoutgehalten, GLG en GHG van individuele jaren met een extreme klimaatsituatie beschikbaar zijn voor het onderzoeksgebied.



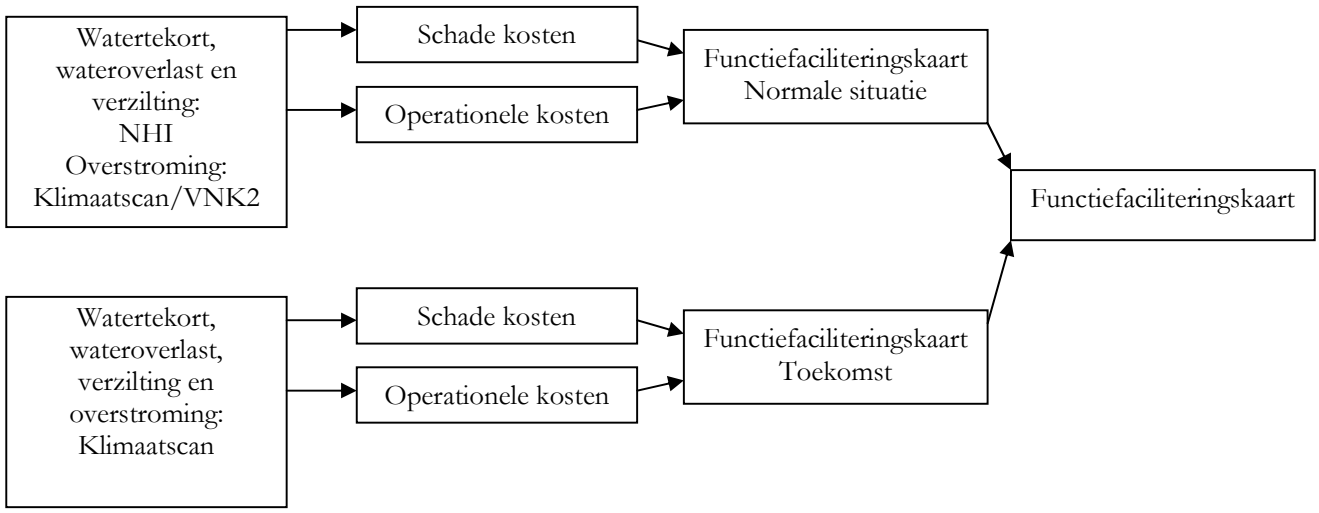
Figuur 15 Opzet functiefaciliteringskaarten voor normale en extreme situaties - methode Rijnland

Methode Klimaatscan

Een andere methode is om rekening te houden met de toekomst en op deze wijze op extreme klimaatsituaties berekend te zijn. De klimaatscan waar eerder in het verslag aan gerefereerd is, geeft aan wat de klimaatbestendigheid van het huidige waterbeheer is. Hierbij wordt gekeken naar de mate en kans van het optreden van extreme klimaatsituaties en de gevoeligheid van de functies hiervoor.

Veel van de ruimtelijke plannen zijn geldig voor enkele tientallen jaren, dus het is van belang om rekening te houden met extremere klimaatsituaties. Door geen rekening te houden met de toekomstige situatie kan er bij ruimtelijke plannen van relatief lange duur grote schade optreden.

In Figuur 16 is opgenomen welke onderdelen nodig zijn om de uiteindelijke functiefaciliteringskaart met deze methode te berekenen. De gegevens van de functiefaciliteringskaart met normale klimaatsituatie kunnen berekend worden door de methode die in de vorige paragraaf is omschreven. De operationele kosten voor de toekomst kunnen gebaseerd worden op basis van de gegevens van het waterschap en hun verwachtingen voor de toekomstige operationele kosten. En de indicatie van de schadekosten zullen berekend worden door middel van de methode Klimaatscan, welke eerder in dit verslag omschreven is (blz. 12). De resultaten van de Klimaatscan kunnen op basis van expert-judgement worden gerelateerd aan een schatting van de schade in euro's. Deze methode is vanwege het relatief lage benodigde rekenvermogen zeer geschikt voor toepassing op grotere onderzoeksgebieden, bijvoorbeeld op landelijke schaal. Het nadeel is dat gedurende deze methode gegevens verloren gaan en het eindresultaat minder gedetailleerd zal zijn.



Figuur 16 Opzet functiefaciliteringskaarten voor normale en toekomstige situaties - methode Klimaatscan

5.4. Combineren tot functiefaciliteringskaart

De uiteindelijke kaart wordt gemaakt door de functiefaciliteringskaart met de normale klimaatsituatie te combineren met de kaart(en) met de extreme klimaatsituaties. Bij de methode van hoogheemraadschap Rijnland (Figuur 15) is gekeken naar een periode van 25 jaar. Voor alle vijf functiefaciliteringskaarten is meegenomen hoe vaak ze naar verwachting optreden gedurende die 25 jaar. Zo kan het bijvoorbeeld zijn dat een extreem droog jaar eens in de 25 jaar verwacht wordt en een matig nat jaar vier keer in de 25 jaar. Per berekend jaar is een herhalingstijd aangegeven waardoor

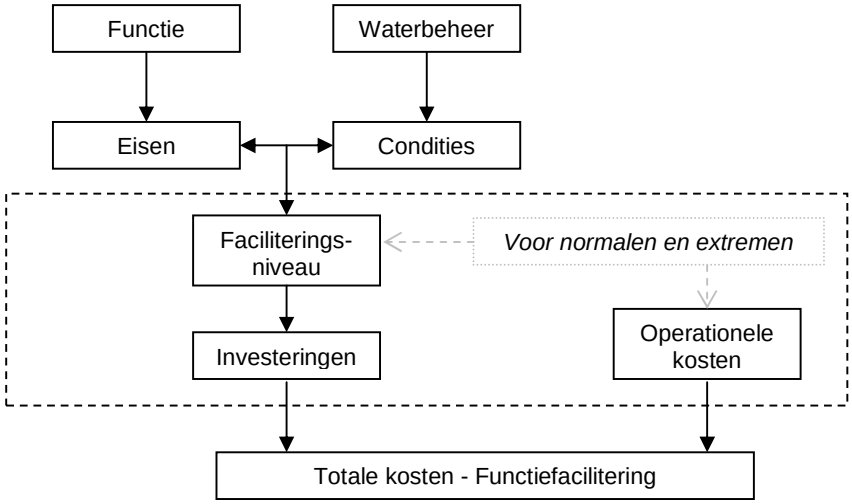
het risico in kaart kan worden gebracht, namelijk kans (herhalingtijd) x mate (vijf functiefaciliteringskaarten) .

Bij de Klimaatscan methode (Figuur 16) kunnen de twee functiefaciliteringskaarten over elkaar gelegd worden door te kijken naar hoe vaak de klimaatsituatie die in de Klimaatscan wordt gebruikt (W+ 2050), in het huidige klimaat al voorkomt. Zo kan voor een bepaald aantal jaar (afhankelijk van de herhalingstijd van W+ 2050) de totale schade worden berekend in de uiteindelijke functiefaciliteringskaart, door kans (herhalingstijd van extreme en normale situatie) x mate (functiefaciliteringskaarten van normale en extreme situatie).

6 Conclusies en aanbevelingen

Het doel van het onderzoek was het ontwikkelen van een kaart waarin vanuit het huidige waterbeheer een indicatie werd gegeven van de mate van inspanning die nodig was op een locatie geschikt te maken voor de bollenteelt en het uitwerken van mogelijkheden om de functiefaciliteringskaart te maken.

Voor het maken van de functiegeschiktheidskaart (Figuur 17) is gebruik gemaakt van de GIS applicatie Waternood en de Alterra zouttolerantie methode die de opbrengstderving door natschade, droogteschade en zoutschade in kaart kunnen brengen. Uit de resultaten blijkt vooral in de gemeenten Texel, Den Helder, Wieringen, Edam-Volendam, Amsterdam, Haarlemmermeer (noorden), Zijpe, Bergen, Heemskerk, Andijk (gemiddelde >5%) sprake is van opbrengstderving met het huidige faciliteringsniveau. Uit de kaarten blijkt dat vooral zoutschade optreedt en in minder mate droogteschade. Natschade is volgens de gebruikte data vrijwel geen probleem voor de bollenteelt gedurende een normaal jaar, op enkele kleine gebieden na. In de gemeenten Heemstede, Heiloo, Wijdemeren, Haarlem, Bussum, Muiden, Weesp, Drechterland, Aalsmeer, Hilversum, Amstelveen, Naarden komt geen opbrengstderving voor in de kaart, bollenteelt in deze gemeente zou dus veel kansen kunnen bieden als ook andere benodigde factoren als bodemeigenschappen en infrastructuur toereikend zijn. Om de functiegeschiktheidskaart in de toekomst te verbeteren is het aan te raden om zoveel mogelijk gebruik te maken van de data van de hoogheemraadschappen en de provincie.



Figuur 17 Globaal overzicht van opbouw functiefaciliteringskaart

Naast het maken van de functiegeschiktheidskaart is er ook gekeken naar een methode om uiteindelijke functiefaciliteringskaart te maken. Hierbij is gebruik gemaakt van interviews, literatuuronderzoek en eigen ervaringen van het maken van de functiegeschiktheidskaart. Hieruit is naar voren gekomen dat de totale kosten te berekenen zijn door de schade kosten, investeringskosten en operationele kosten te combineren met elkaar. Er zijn twee methoden beschreven om de uiteindelijke functiefaciliteringskaart te maken.

De eerste methode is gebaseerd op een methode die Hoogheemraadschap van Rijnland eerder heeft gebruikt voor het kwantificeren van de waterbehoefte en verzilting. Hierbij zijn ze uitgegaan dat de totale kosten te berekenen zijn door de schadekosten, operationele kosten en investeringskosten te combineren. Daarnaast hebben ze gekeken naar de kosten in 5 verschillende jaren en hierdoor rekening gehouden met de extremen en eventuele toekomstige klimaatsveranderingen. De vijf verschillende jaren hebben een herhalingstijd gekregen waardoor het risico in kaart kan worden gebracht door kans x mate.

De tweede methode is gebaseerd op het kijken naar de toekomst en daardoor rekening te houden met verwachte extremen. Bij deze methode kan gebruik worden gemaakt van de kennis die al beschikbaar is binnen het project Klimaatscan. De uitkomsten van het onderzoek geven per klimaateffect, bijvoorbeeld wateroverlast, overstroming, watertekort en verzilting aan wat de robuustheid van het huidige landgebruik is voor dit klimaateffect. Deze methode kan ook deels gebruikt worden voor de functiefaciliteringskaart om rekening te houden met extremen en de toekomst.

Referenties

Animal Sciences Group (2008), *Handboek Melkveehouderij,* editie 2009, Wageningen UR. Zutphen: Roodbont Uitgeverij

Belder, P. (2009), *Antwoord op vraag over bollenteelt en watereisen* [E-mail], 4 september 2009

Bont, C.J.A.M. de, W.H. van Everdingen en A. van der Knijff (2008), *Actuele ontwikkeling van bedrijfsresultaten en inkomens in 2008*, Rapport 2008-072, Den Haag: LEI

Deltaforum (2008), *Hoe zwaar weegt het water? Waterbeheer en ruimtelijke ordening* [Artikel]. Bereikbaar op: http://www.waterforum.net/uploads/documents/140.pdf
[Bekeken op 17 augustus 2009]

Dam, A.M. van, et al (2007) *Zouttolerantie van landbouwgewassen*, deelrapport Leven met zout water. Wageningen: Praktijkonderzoek Plant & Omgeving B.V.

Dijk, J.M. van (2008), *Water and environment in decision-making: Water Assessment, Environmental Impact Assessment, and Strategic Environmental Assessment in Dutch Planning. A Comparison.* Thesis (PhD), Mansholt Graduate School of Social Sciences, Wageningen Universiteit.

Smit, M. en E. Nobbe (2009), Digitale Watertoets, *Gis Conferentie 2009: GIS Werkt!* [Presentatie], Rotterdam 23-24 september 2009. Rotterdam: ESRI. Bereikbaar op:
http://www.gisconferentie.nl/presentaties/WO1600_Watertoets.pdf
[Bekeken op 9 november 2009]

Hoogeveen, M.W., K.H.M. van Bommel en G. Cotteleer (2002), *Beregening in land- en tuinbouw*, Rapport voor de Droogtestudie Nederland. Den Haag: LEI

Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier (2006), *Waterbeheersplan 3 2007-2009: Heldere doelen – Helder Water*. Beleidsplan, Bereikbaar op:
http://www.hhnk.nl/kennisdossiers/kennisdossiers/kennisdossier_water/waterbeheersplan_3
[Bekeken op 17 augustus 2009]

Hoogheemraadschap van Rijnland (2007), *Verzilting en waterbehoefte: kwantificering probleem, onderzoek beleidsopties*. Leiden: Hoogheemraadschap van Rijnland

Internationaal Bloembollen Centrum (2009), *Uitleg over bloembollen in Nederland* [Online]. Bereikbaar op: http://www.bloembollencentrum.nl/
[Bekeken op 31 augustus 2009]

Bokhorst, J., Y. van Leeuwen en C. ter Berg (2008), *Bodem en bemesting in de bollenteelt* [Brochure], Driebergen: Louis Bolk Instituut.

Lulofs, K.R.D., F.H.J.M. Coenen en S.M.M. Kuks (2004), *Positionering planfiguren 'water in de stad'*. CSTM-SR nr. 186, Enschede: Universiteit Twente, pp. 68

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (1998), *Vierde Nota Waterhuishouding*. Regeringsbeslissing, Bereikbaar op: http://www.waterland.net/nw4/index.html
[Bekeken op 17 augustus 2009]

Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2008), *Ontwerp Nationaal Waterplan*. Beleidsvoorstel, Bereikbaar op:
http://www.verkeerenwaterstaat.nl/Images/Ontwerp%20Nationaal%20Waterplan(%201)_tcm195-234652.pdf
[Bekeken op 17 augustus 2009]

Nationaal Water Overleg (2009), *Handreiking Watertoetsproces 3*. Bereikbaar op: http://www.helpdeskwater.nl/watertoets/handreiking/
[Bekeken op 17 augustus 2009]

Provincie Noord-Holland (2002), *Provinciaal Milieubeleidsplan 2002-2006*. Beleidsplan, Bereikbaar op: http://www.noord-holland.nl/web/show/id=123670
[Bekeken op 9 november 2009]

Provincie Noord-Holland (2008*a*), *Agenda Landbouw en Visserij 2008-2011: Economische drager in een duurzame en vitale omgeving*. Beleidsplan, Bereikbaar op: http://www.noord-holland.nl/Images/65_130059.pdf
[Bekeken op 26 augustus 2009]

Provincie Noord-Holland (2008*b*), *Ontwerp Waterplan 2010-2015 Provincie Noord-Holland: Beschermen, Benutten, Beleven en Beheren*. Beleidsvoorstel, Bereikbaar op: http://www.noord-holland.nl/Images/65_136248.pdf
[Bekeken op 17 augustus 2009]

Provincie Noord-Holland (2009*a*), *Concept Klimaatscan (niet-afgeronde versie)*, in samenwerking met Alterra, DHV, KNMI en VU

Rijkswaterstaat (2009), *Informatie over Veiligheid Nederland in Kaart 2* [Online] Bereibaar op: http://www.helpdeskwater.nl/projectvnk/
[Bekeken op 16 november 2009]

Rosenboom, R. (2009), *Gesprek over functiefaciliteringskaart en de wensen van ambtenaren van provincie Noord-Holland* (persoonlijke communicatie, 19 augustus 2009)

Schreijer, M., en J. Vos (2009), *Gesprek over resultaten functiegeschiktheidskaart en methode functiefaciliteringskaart* (persoonlijke communicatie, 9 november 2009)

STOWA (2008), *Waternood 2007*, computer software, ontvangen in november 2008 van STOWA

Unie van Waterschappen (2008), *Waterbelangen in de ruimtelijke ordening: Mogelijkheden voor het waterschap in de ruimtelijke ordeningsketen*. Leidraad, onderzoek uitgevoerd door Sterk Consulting en Universiteit van Tilburg

Wikipedia (onder GFDL licensie), 2009. *Hydrologische cyclus* [Figuur]

Kaartenmateriaal
De kaarten in hoofdstuk 3 zijn gebaseerd op data van NHI en Alterra. De data van het NHI is beschikbaar op nhi.nu en de data van Alterra is voor dit afstudeeronderzoek kosteloos te beschikking gesteld op het intern netwerk van Wageningen UR.