

Economische analyse van de zoetwatervoorziening in Nederland



Syntheserapport:
Economische analyse van de
zoetwatervoorziening in Nederland

Ontwikkeling van een economisch instrumentarium om
de risico's van watertekorten te bepalen

1220104-004

Titel

Economische analyse van de zoetwatervoorziening in Nederland

Project

1220104-004

Kenmerk

1220104-004-ZWS-0008

Pagina's

222

Trefwoorden

Economisch instrumentarium zoetwatervoorziening, Deltaprogramma Zoetwater, Kosten en Baten analyse, Voorzieningenniveau

Samenvatting

Dit rapport beschrijft de resultaten van het project 'Economische analyse van de zoetwatervoorziening in Nederland' uitgevoerd door Deltares, Stratelligence en het LEI in het kader van het Deltaprogramma Zoetwater in opdracht van het Programmabureau Zoetwater en begeleid door RWS-WVL. In 2014 heeft het Deltaprogramma voorstellen voor de deltabeslissing zoetwater uitgebracht. De economische onderbouwing van de deltabeslissing ontbrak grotendeels, omdat er geen goed toepasbaar economisch instrumentarium aanwezig was. Hierdoor bleek het niet mogelijk een complete economische analyse te maken van de verschillende voorgestelde scenario's, strategieën en maatregelen uit het Deltaprogramma. Einddoel van het huidige onderzoek is een methodiek te ontwikkelen en toe te passen die een complete economische analyse van de zoetwatervoorziening mogelijk maakt. Deze methodiek moet toepasbaar zijn om kosten en baten van maatregelen af te wegen en om een economische onderbouwing te geven voor beslissingen ten aanzien van het voorzieningenniveau.

In 2015 is daarvoor een methodiek ontwikkeld (beschreven in Hoofdstuk 2), die is toegepast op drie sectoren (scheepvaart in Hoofdstuk 3, drinkwater in Hoofdstuk 4, natuur in Hoofdstuk 5) en op een case studie voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland (Hoofdstuk 7). Daarnaast heeft LEI een tool ontwikkeld om voor landbouwschade het effect van prijsaanpassing op de (verdeling van de) welvaart te berekenen (Hoofdstuk 6).

De ontwikkelde methodiek is gebaseerd op een risicobenadering, waarbij zowel de welvaartseffecten van een bepaalde droogtegebeurtenis beschouwd worden als de kans dat deze gebeurtenis zich voordoet. Het is voor het eerst in de economische analyse van droogte dat ook de kans systematisch meegenomen wordt.

De verschillende toepassingen laten zien dat de ontwikkelde methodiek in potentie goed toepasbaar is op de droogteproblematiek. De methodiek biedt voldoende ruimte om op consistente wijze het welvaartseffect te bepalen van verschillende ingrepen in het watersysteem, zoals klimaatverandering, aanpassing van de waterverdeling onder droogte, adaptatie door gebruikers en investeringen in wateraanvoer. Hiermee is de methodiek een verbetering ten opzichte van eerdere methodes. Wel vereist de methodiek veel gegevens en kennis die lang niet voor iedere gebruiksfunctie nu al beschikbaar zijn. Het is daarom voor de toepassing van de methodiek noodzakelijk op verschillende vlakken verder te werken om ontbrekende kennis en gegevens aan te vullen.

Referenties

Deltares, Stratelligence en LEI, 2015. Doorontwikkeling van de economische analyse van de zoetwatervoorziening in Nederland. Ontwikkeling van een economisch instrumentarium om de risico's van watertekorten te bepalen. Deltares rapport 1220104-004 in opdracht van RWS-WVL.

Status

definitief

Inhoud

Syntheserapport

1 Inleiding	1
2 Methodiek	3
3 Scheepvaart	7
4 Drinkwater	11
5 Natuur	15
6 Tool voor prijseffect landbouw	19
7 Case studie Rijnland	23
8 Conclusies en aanbeveling	29
8.1 Conclusies	29
8.2 Aanbevelingen	32

Achtergrondrapport

1 Methodiek economische analyse zoetwatervoorziening	37
1.1 Inleiding	37
1.1.1 Doel methodiek	37
1.1.2 Aanpak, uitgangspunten en afbakening	37
1.1.3 Leeswijzer	38
1.2 Beschrijving algemene methodiek	38
1.3 Opzet methodiek	38
1.4 Effecten van veranderende omstandigheden op de nationale welvaart	44
1.5 Kosten en baten van maatregelen	47
2 Historische analyse gebruiksfunctie scheepvaart	49
2.1 Inleiding	49
2.1.1 Aanpak, uitgangspunten en afbakening	49
2.1.2 Leeswijzer	50
2.2 Marktbeschrijving	50
2.2.1 Omvang sector	50
2.2.2 Markten en producten binnenvaart	54
2.2.3 Structuur van de markt en winstgevendheid	59
2.2.4 Trends en ontwikkelingen	63
2.3 Invloed van droogte op sector (dosis-effect)	64
2.3.1 Rijn en Waal	65
2.3.2 Maas	72
2.4 Economische waardering effect	75
2.4.1 Rijn en Waal	75
2.4.2 Maas	81

2.5	Schadecurves en kwadranten	82
2.5.1	Samenhang dosis-effect, welvaartseffect en jaarlijks verwachtingswaarde	83
2.5.2	Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit	86
2.6	Conclusies en aanbevelingen	90
2.6.1	Conclusies	90
2.6.2	Aanbevelingen	91
3	Historische analyse gebruiksfunctie Drinkwatervoorziening	93
3.1	Inleiding	93
3.1.1	Doel	93
3.1.2	Aanpak, uitgangspunten en afbakening	93
3.1.3	Leeswijzer	94
3.2	Marktbeschrijving	94
3.2.1	De sector en de gebruikers	94
3.2.2	Waterverbruik	97
3.2.3	Marktsituatie en prijsvorming	102
3.2.4	Trends en ontwikkelingen	104
3.3	Invloed van droogte op sector (dosis-effect)	104
3.3.1	Dosis en innamestops (aantal en duur)	105
3.3.2	Effect innamestops	108
3.3.3	Effect droogte overige deel waterketen	109
3.4	Economische waardering effect	110
3.4.1	Direct effect: kosten drinkwatersector	111
3.4.2	Externe effecten	114
3.5	Schadecurves en kwadranten	117
3.5.1	Samenhang dosis-effect, welvaartseffect en jaarlijkse verwachtingswaarde	117
3.5.2	Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit	120
3.6	Conclusies en aanbevelingen	121
3.6.1	Conclusies	122
3.6.2	Aanbevelingen	122
4	Historische analyse gebruiksfunctie Natuur	125
	Dit hoofdstuk:	125
4.1	Inleiding	125
4.1.1	Doel	125
4.1.2	Aanpak, uitgangspunten en afbakening	125
4.1.3	Leeswijzer	127
4.2	Theoretisch kader: Achtergrond waardering natuur	127
4.2.1	De waarde van natuur	127
4.2.2	Ecosysteemdiensten	131
4.2.3	Waarderingsmethodes	133
4.3	Invloed van droogte op natuur	138
4.3.1	Aquatische natuur	141
4.3.2	Terrestrische natuur	150
4.3.3	Overzicht effecten droogte	155
4.4	Waardering effect droogte	158
4.4.1	Herstelkosten als proxy voor de waardering van effecten van droogte op de natuur	158
4.4.2	Gebruik concept totale economische waarde en ecosysteemdiensten voor de waardering van effecten van droogte op de natuur.	160
4.4.3	Gebruik intrinsieke waarde voor natuurwaardering	163

4.5	Op weg naar schadecurves en kwadranten	163
4.5.1	Samenhang dosis-effect, welvaartseffect en jaarlijkse verwachtingswaarde	163
4.5.2	Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptatie	165
4.6	Conclusies en aanbevelingen	166
4.6.1	Inzicht en kwantificeren van de effecten van droogte (kwadrant 1 en 2)	166
4.6.2	Economische waardering met herstelkosten (kwadrant 3)	167
4.6.3	Economische waardering met het ecosysteemdiensten concept (kwadrant 3)	168
4.6.4	Waardering effecten droogte op natuur	169
4.6.5	Gebruik kwadrantenmethodiek	170
5	Tool schadeberekening landbouw	171
5.1	Introductie	171
5.1.1	Doel ontwikkeling tool	171
5.1.2	Aanpak, uitgangspunten en afbakening	171
5.1.3	Leeswijzer	173
5.2	Uitwerking methodiek tool effecten landbouw	173
5.2.1	Inleiding	173
5.2.2	Het ruimtelijk evenwichtsmodel	174
5.2.3	Toepassing tool	176
5.2.4	Toelichting resultaten	181
5.3	Conclusies en aanbevelingen	182
5.3.1	Conclusies	182
5.3.2	Aanbevelingen	182
6	Casestudie Rijnland	183
	Dit hoofdstuk:	183
6.1	Inleiding	183
6.1.1	Doel en scope casestudie	183
6.1.2	Aanpak casestudie	184
6.1.3	Leeswijzer	184
6.2	Veenweidegebied Rijnland	185
6.2.1	Gebiedsbeschrijving	185
6.2.2	Droogterisico's Rijnland	185
6.3	Landbouw	186
6.3.1	Grondgebruik Rijnland	187
6.3.2	Dosis-effectrelatie	190
6.3.3	Economische waardering effect	192
6.3.4	Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit	194
6.4	Natuur	195
6.4.1	Beschrijving natuur Rijnland	195
6.4.2	Dosis-effect relatie invloed van droogte op natuur	196
6.4.3	Waardering effect	198
6.4.4	Effecten van klimaatverandering, autonome ontwikkelingen en adaptatiemaatregelen	202
6.5	Bodemdaling in veenweidegebied	202
6.5.1	Dosis-effect relatie: de invloed van droogte op bodemdaling	202
6.5.2	Economische waardering effect	208
6.6	Infrastructuur	213
6.6.1	Dosis-effect relatie van invloed van droogte	214
6.6.2	Economische waardering effect	217

6.7	Effectberekening voor twee maatregelen	218
6.7.1	Onderwaterdrainage	218
6.7.2	Sturen van water	226
6.8	Conclusies en doorkijk	229
6.8.1	Conclusies	229
6.8.2	Doorkijk en aanbevelingen	230
7	Literatuurlijst	233
 Bijlage(n)		
A	Deelnemers focusgroep scheepvaart en drinkwatervoorziening	A-1
B	Habitattypen relevant voor Nederland (Europees beschermde natuur)	B-1
C	SNL beheertypen (nationaal beschermde natuur)	C-1
D	Ecosysteemdiensten van wetlands	D-1
E	Aanvulling waardering Natuur	E-1
F	Ervaringen waterbeheerders	F-1
G	DEMNET ecotopen	G-1
H	Toelichting van een alternatief voor het ruimtelijk evenwichtsmodel	H-1
I	Producenten kunnen tijdens het groeiseizoen anticiperen op droogte	I-1

1 Inleiding

Ter onderbouwing van de Deltabeslissing Zoetwater zijn economische analyses uitgevoerd om de kosten en baten van verschillende maatregelen in beeld te brengen (Ecorys, 2013, en Stratelligence, 2014). Het volledig in beeld brengen van de baten bleek toen echter niet mogelijk onder andere door het ontbreken van een op de problematiek toegerust economisch instrumentarium en de daarvoor benodigde informatie.

In de Deltabeslissing Zoetwater is onder andere opgenomen dat waterbeheerders met watergebruikers afspraken gaan maken over het voorzieningenniveau (VZN), dat inzicht geeft hoeveel water gebruikers kunnen verwachten onder verschillende omstandigheden (en dus ook met hoeveel watertekort zij rekening moeten houden). Volgens de huidige planning moet in 2018 een eerste versie van deze VZN's opgesteld worden. De uiteindelijk besluiten worden in 2021 genomen. Tegelijkertijd zal er ook besloten worden over nieuwe maatregelen en herziening van strategieën in het kader van het Deltaprogramma.

In opdracht van het Programmabureau Zoetwater (in deze vertegenwoordigd door RWS-WVL) wordt de studie 'doorontwikkeling economische analyse zoetwater' uitgevoerd. In 2015 hebben Deltares, het LEI en Stratelligence samengewerkt aan de ontwikkeling van een methodiek die kan worden gebruikt om enerzijds een betere afweging te maken tussen maatregelen onderling en anderzijds om besluitvorming rond de voorzieningenniveaus te ondersteunen. Einddoel is de ontwikkeling van een methodiek om de besluitvorming op het gebied van zoetwater in 2021 mede te onderbouwen.

In het Plan van Aanpak van de studie voor 2015 zijn de volgende vier kennisvragen geformuleerd met betrekking tot de te ontwikkelen methodiek:

- 1 Hoe toepasbaar is de methodiek voor afwegen van maatregelen en ondersteunen van besluitvorming?
- 2 Kunnen er schadecurves worden opgesteld voor de verschillende gebruiksfuncties van zoetwater?
- 3 Hoe kunnen prijseffecten en adaptatie worden meegenomen bij het bepalen van de welvaartseffecten van droogte?
- 4 Hoe kunnen de baten van peilbeheer worden bepaald?

In de conclusies worden geprobeerd op basis van de resultaten van deze studie deze vragen te beantwoorden.

De studie focust vooral op het inschatten van de welvaartseffecten van watertekorten op de verschillende gebruiksfuncties. De (frequentieverdeling van de) hydrologie en dosis-effect relaties hebben daarom minder aandacht gekregen en zijn vooral gebaseerd op bestaande literatuur en/of expertinschattingen.

Dit rapport beschrijft de resultaten van het eerste jaar van de studie en bestaat uit verschillende onderdelen:

- Ontwikkeling van een algemene methodiek
- Historische analyses
 - o Scheepvaart
 - o Drinkwatervoorziening
 - o Natuur
- Toolontwikkeling welvaartseffecten Landbouw
- Casestudie Rijnland

De studie richt zich op de gevolgen van droogte, die niet alleen het resultaat hoeft te zijn van een beperking in de hoeveelheid water die beschikbaar is, maar ook kan ontstaan door de kwaliteit van het beschikbare water. Het gaat dus om het totaal aan beperkingen van het wateraanbod in kwantiteit en kwaliteit.

De historische analyses zijn uitgevoerd om de toepassing van de methodiek te illustreren en om deze te voeden met historische gegevens en de resultaten hieraan te toetsen. Hoewel historische droogte gebeurtenissen interessante informatie over fysieke en economische effecten kunnen verschaffen, is deze informatie slechts beperkt toepasbaar voor de huidige situatie en toekomstige Deltabeslissingen. Dit vanwege veranderingen in de economie en de waterhuishouding van Nederland. Dit geldt in sterke mate voor 1976, de droogste zomer van de afgelopen 50 jaar.

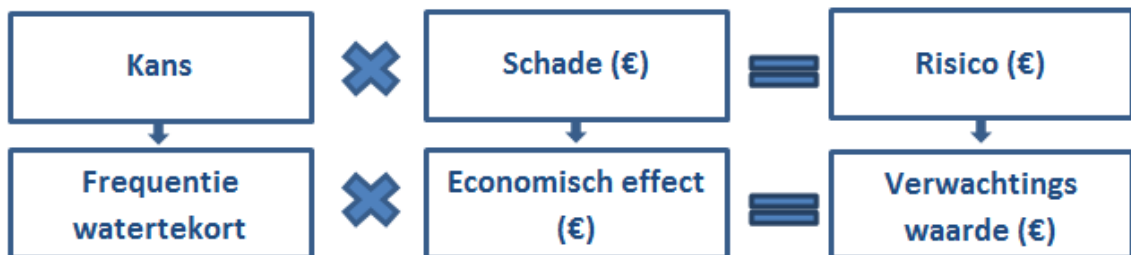
Doel van de casestudie en de analyse voor Rijnland is het testen en illustreren van de methodiek. Daarnaast zijn bij het bepalen van de welvaartseffecten kennisleemtes gesignaleerd met betrekking tot de hydrologie, de dosis-effect relaties en de waardering van de effecten. Om de methodiek toch toe te passen zijn waar nodig aannames gedaan. De uitkomsten kunnen daardoor niet gebruikt in besluitvorming, maar alleen als illustratie van de resultaten die de methodiek op kan leveren.

Dit synthese-rapport is een beknopte samenvatting van het onderzoek en de bevindingen die uitvoeriger beschreven worden in het achtergrondrapport. Hoofdstuk 2 beschrijft de methodiek en hoofdstuk 3 tot en met 6 de toepassingen op de historische analyse van de sectoren scheepvaart, drinkwater, natuur en landbouw. De casestudie voor Rijnland wordt beschreven in Hoofdstuk 7 en in Hoofdstuk 8 worden de conclusies en aanbevelingen gepresenteerd. Dit synthese document bevat geen referenties. Daarvoor wordt verwezen naar de achtergrondrapportage.

In dit onderzoek is samengewerkt door Deltares, Stratelligence en LEI. De methodiek is gezamenlijk opgesteld; de analyses van de sectoren scheepvaart en drinkwater zijn uitgevoerd door Stratelligence; de analyse voor natuur door Deltares; en de tool voor de prijseffecten van landbouw is ontwikkeld door het LEI. De casestudie is uitgevoerd door Stratelligence met bijdragen van Deltares en LEI.

2 Methodiek

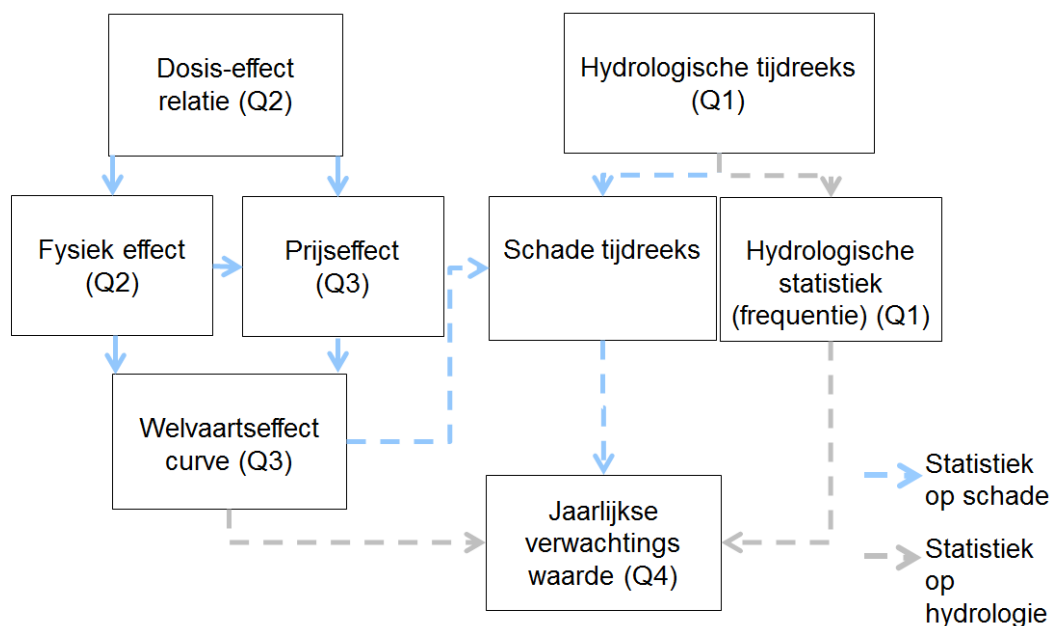
De kern van de ontwikkelde methodiek is een risicobenadering voor de droogteproblematiek, vergelijkbaar met de aanpak bij waterveiligheid gebaseerd op de vergelijking: 'risico is kans maal gevolg' (Figuur.2.1).



Figuur.2.1: De risicobenadering toegepast op droogte

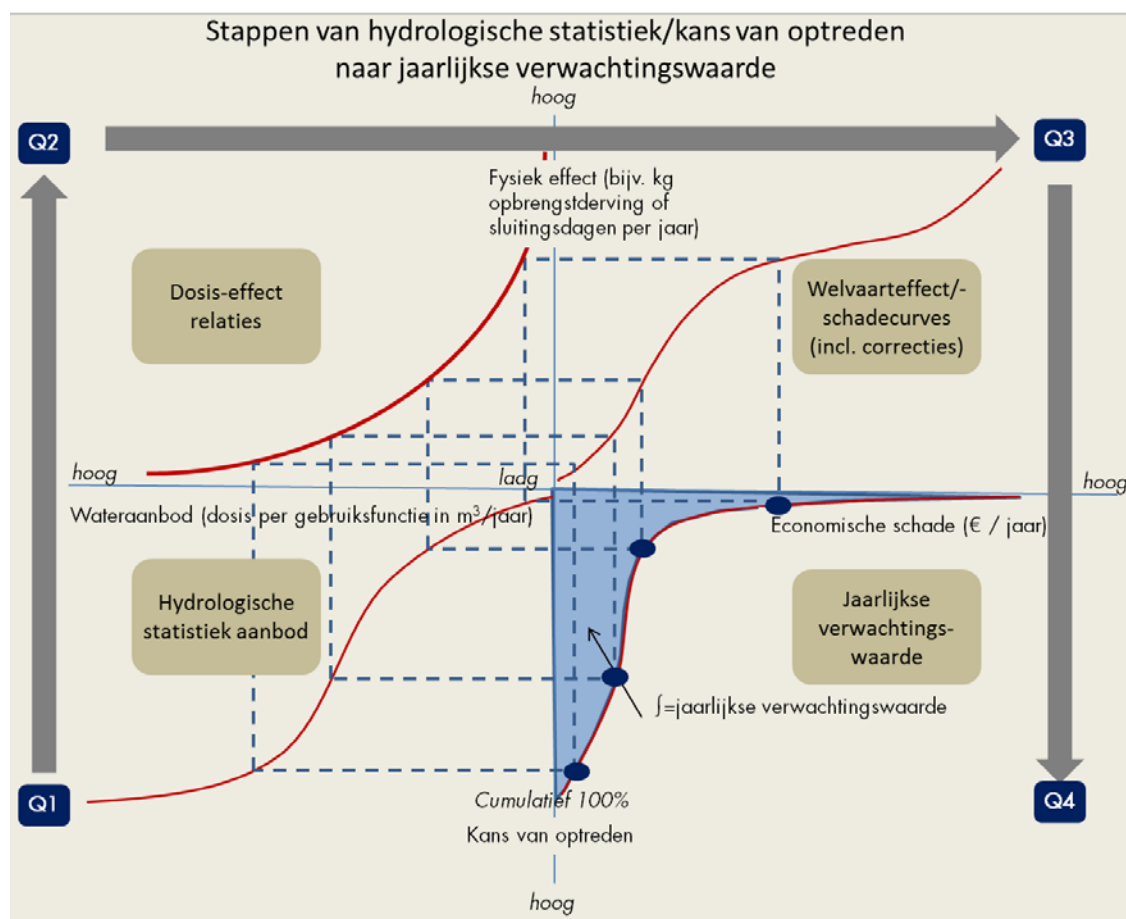
De toepassing van de methodiek (zie Figuur 2.2) resulteert in de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect van watertekorten per gebruiksfunctie door het combineren van de informatie over:

- de frequentie van voorkomen van verschillende situaties van watertekort (meestal op basis van de resultaten van een hydrologisch model voor een groot aantal jaren);
- de fysieke effecten van het watertekort;
- het welvaartseffect van de fysieke effecten.



Figuur 2.2: Schematische weergave van de risicobenadering om de jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade te bepalen

De methodiek wordt geïllustreerd aan de hand van een grafiek met vier kwadranten (Figuur 2.3). Met de kans op watertekorten (Q1), dosis-effect relaties (Q2) en het economische effect (Q3) kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect (Q4) worden berekend als het oppervlak onder de frequentieverdeling.



Figuur 2.3: Illustratie van de risicobenadering voor droogte aan de hand van een grafiek met vier kwadranten

Hieronder wordt de betekenis van ieder van de kwadranten nader beschreven:

1. Kwadrant 1 (Q1): frequentieanalyse van aanbod per gebruiksfunctie gebaseerd op historische hydrologische tijdreeksen of modelresultaten, zoals die van bijvoorbeeld het NHI en eventueel bewerkt voor klimaatscenario's.
2. Kwadrant 2 (Q2): fysieke effect van een beperking van het wateraanbod per gebruiksfunctie. Per gebruiksfunctie kan ook sprake zijn van één of meerdere beperkingen in het wateraanbod (bijvoorbeeld temperatuur, chloridegehalte en volume). Ook kan het effect afhankelijk zijn van meerdere parameters. De dosis-effect relaties drukken per gebruiksfunctie de grootte van het effect van een bepaalde mate van droogte op de betreffende gebruiksfunctie uit. Droogte levert niet bij elke gebruiksfunctie een fysiek effect op dat direct kan door worden vertaald in een welvaartseffect. Soms zijn hiervoor een aantal tussenstappen nodig. Bijvoorbeeld voor de drinkwatervoorziening moet eerst de vertaling van waterstand naar chloridegehalte worden gemaakt voordat dit kan worden gerelateerd aan een economisch effect.
3. Kwadrant 3 (Q3): welvaartscurve per gebruiksfunctie voor de fysieke effecten. Deze curve drukt per gebruiksfunctie het welvaartseffect uit ten opzichte van de fysieke effecten. Daarmee is de welvaartscurve indirect gerelateerd aan de mate van beperking van het wateraanbod (de 'dosis'). Voor de berekening van deze welvaartscurve worden meerdere deelstappen uitgevoerd:
 - a. de waardering van het directe fysieke effect bij gelijkblijvende prijzen;
 - b. de bepaling van het prijseffect; Dit is een correctie van het welvaartseffect door prijsaanpassing. Bij een lager aanbod landbouwproducten zullen prijzen doorgaans stijgen, afhankelijk van de marktomstandigheden. Voor de producenten/de boeren kan het verlies onder 3a deels goedgemaakt worden door hogere prijzen, maar consumenten zullen meer gaan betalen en een nadeel ondervinden.
 - c. De correctie van het welvaartseffect voor grensoverschrijdende effecten. Als bijvoorbeeld een deel van de landbouwproducten voor de export bedoeld is, dan valt niet het hele nadeel onder de *nationale* welvaartseffecten. Bij een 50-50 verdeling hoeft de helft van het verlies aan consumentensurplus niet meegeteld te worden.
 - d. Tot slot wordt gekeken naar een correctie voor indirecte effecten, indien deze en additioneel zijn (in geval sprake is van marktimperfecties op deze markten die worden verminderd; dit lijkt niet echt voor de hand te liggen) en indien deze met enige zekerheid kunnen worden bepaald.
4. Kwadrant 4 (Q4): jaarlijks verwachtingswaarde van de economische schade (gemiddeld welvaartseffect). De frequentie van watertekorten en het economisch welvaartseffect komen samen in dit kwadrant. Alle correcties voor prijs-, grensoverschrijdende en indirecte effecten zijn hierin verwerkt. De jaarlijkse verwachtingswaarde is het oppervlak onder de curve. Hiervoor zijn genoeg punten op de schadefrequentie-curve nodig. Meestal zal de curve opgesteld worden op basis van modelresultaten voor een langere periode van bijvoorbeeld 50 jaar. Deze curve is als volgt geconstrueerd.
 - a. Eerst zijn voor verschillende aanbodsituaties of doses de bijbehorende kans van optreden bepaald in Q1 en het fysieke effect in Q2.
 - b. Voor de verschillende fysieke effecten bestaat stap 2 uit het bepalen van de economische schade en het trekken van curves door de punten in Q1, Q2 en Q3.
 - c. Voor de verschillende combinaties van punten stellen we het overeenkomstige punt in Q4 vast en schatten we de curve. Punten die op de curve in Q4 moeten liggen, volgen uit het kruispunt van de lijnen uit Q1 en Q3.

De totale jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect is een maat voor het risico van watertekorten en kan gebruikt worden om:

- Het welvaartseffect van een andere waterverdeling te bepalen
- Baten van maatregelen in te schatten
- Het welvaartseffect van klimaatverandering en autonome adaptatie te kwantificeren.

Op de geschetste manier zal de ontwikkelde methodologie op een consistente en transparante wijze inzicht verschaffen in de nationale welvaartseffecten van beperkingen in het wateraanbod en in de verdeling van deze effecten over verschillende sectoren en consumenten. Nationaal en internationaal lijkt de methodiek nog niet eerder op deze wijze toegepast ter ondersteuning van beleidskeuzes. De methodiek is besproken in een klankbordgroep bestaande uit materiedeskundige instanties, zoals het Centraal Plan Bureau (CPB), programmabureau Zoetwater, Planbureau voor de Leefomgeving en Rijkswaterstaat. Er is draagvlak bij het Programmabureau Zoetwater als opdrachtgever voor het toepassen en verder ontwikkelen van de methodiek.

3 Scheepvaart

De analyse van de scheepvaart heeft zich in deze studie gericht op de twee drukste vaarwegen waarop de binnenvaart last ondervindt bij droogte: de Rijn en de Maas. Deze keuze dekt het merendeel af van alle vervoersstromen van de Nederlandse binnenvaart en omvat de twee mechanismen waarop droogteschade voor de scheepvaart ontstaat.

Figuur 3.1 presenteert een schematische weergave van de uitgevoerde stappen in het kwadrantenschema voor de bepaling van de jaarlijkse verwachtingswaarde van de droogteschade voor vervoer over de Rijn. In Figuur 3.2 zijn de grafieken ingevuld.

Kwadrant 1: Frequentieverdeling droogte parameter

De invloed op de bevaarbaarheid verloopt voor de Rijn en de Maas via verschillende mechanismen. In de Rijn wordt de bevaarbaarheid tijdens droogte beperkt doordat de vaardiepte op een aantal kritieke punten in Nederland en Duitsland afneemt, waardoor schepen niet meer volledig beladen kunnen varen. De Maas is een gestuwde rivier, waardoor de diepgang vrijwel altijd op peil blijft. Het schutten van schepen door de sluisen bij de stuwen verplaatst echter aanzienlijke hoeveelheden water, waardoor bovenstrooms watertekort kan ontstaan. Daarom wordt op de Maas tijdens droogte het aantal schuttingen beperkt. Dat leidt tot economische schade door de langere reistijd.

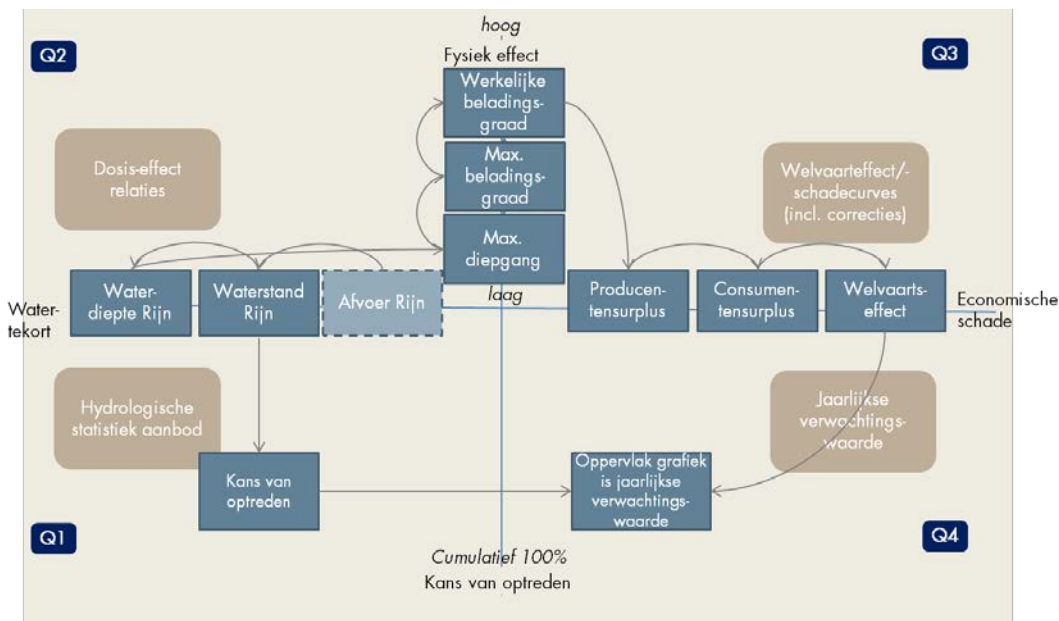
De beschrijving in dit syntheserapport richt zich verder alleen op de Rijn. Als droogte parameter is gekozen voor een combinatie van de ernst (het aantal decimeters dat de waterdiepte onder een referentie diepte ligt) en de duur (in dagen) van de laagwatersituatie. Door deze twee grootheden met elkaar te vermenigvuldigen en deze waarden over het jaar te sommeren worden voor ieder jaar tekort eenheden berekend. Dit is gedaan voor de locatie Ruhrort voor de periode 1976-2014. Figuur 3.2 laat de resulterend frequentieverdeling in Q1 zien.

Kwadrant 2: Dosis-effect relatie

Voor dezelfde periode is de gemiddelde jaarlijkse beladingsgraad berekend. In jaren zonder vaarbepalingen is de gemiddelde beladingsgraad 84% als gevolg van overcapaciteit op de markt. Q2 van Figuur 3.2 beschrijft de resulterende dosis-effect relatie.

Kwadrant 3: Welvaartseffect

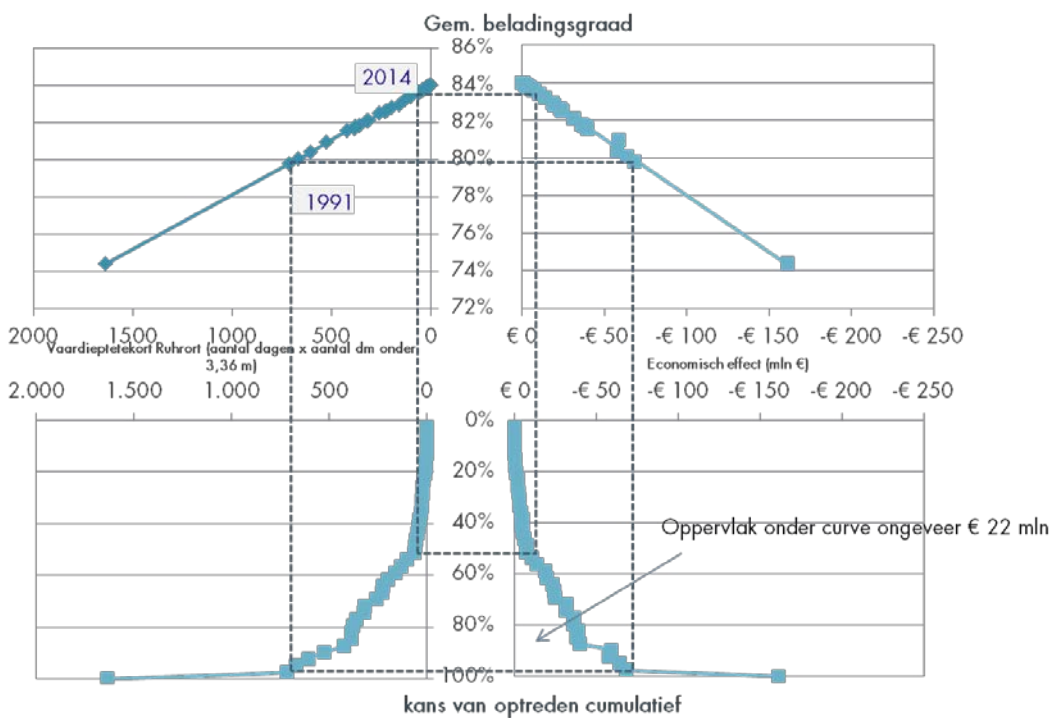
Het welvaartseffect van de vaarbepaling is berekend als de kosten die gemaakt moeten worden om dezelfde vracht te vervoeren door meer trips uit te voeren. Eerst zijn de extra vervoerskosten die overeenkomen met die trips berekend. Vervolgens zijn deze kosten gecorrigeerd voor de extra inkomsten door de hogere prijs. Samen is dit het producentensurplus. Het consumentensurplus is het vervoerde volume maal het prijsverschil bij een gelijk vervoerd volume. Voor het nationaal welvaartseffect is 70% van het producentensurplus en 50% van het consumentensurplus meegeteld om de verdeling weer te geven tussen producenten en consumenten in Nederland en het buitenland.



Figuur 3.1: Uitgevoerde stappen per kwadrant om curves te bepalen voor vervoer over de Rijn

Kwadrant 4: Jaarlijkse verwachtingswaarde

De combinatie van kwadrant 1, 2 en 3 maakt het mogelijk om de grafiek in kwadrant 4 te tekenen. Het oppervlak onder de curve is de jaarlijkse verwachtingswaarde. In dit geval komt het uit op ongeveer 22 mln euro per jaar (zie Figuur 3.2).



Figuur 3.2: Schadecurves voor vervoer over de Rijn, huidige situatie

Conclusies

- In principe is het goed mogelijk de risicobenadering te hanteren voor de scheepvaartschade. Voor ongestuwde rivieren is een relatie met de afvoer en vaardiepte te leggen, voor de gestuwde rivieren een relatie met de passagetijden bij sluizen.
- De methode is goed bruikbaar maar het is belangrijk aan te geven binnen welke grenzen de resultaten toepasbaar zijn. Zo kun je niet altijd extrapoleren naar nul. Er treden trendbreuken op als er bijvoorbeeld maandenlang laag water is of als de vaardiepte beneden de 2,0 m komt. In deze studie geldt de beperking in ieder geval voor zeer lage afvoeren. In dit geval zijn lineaire relaties niet meer van toepassing. Dit heeft geen effect op de methodiek, maar houdt in dat de afgeleide schadecurves en dosis-effectrelaties niet correct zijn. Bovendien is een beperkte hoeveelheid data gebruikt, en waren veel aannames nodig om de hele methodiek te illustreren. **Er kunnen dus nog geen conclusies aan de hoogte van de welvaartseffecten worden verbonden.**
- Hoewel in een welvaartsanalyse indirecte effecten vaak niet meegenomen of gemonetariseerd worden om het risico op dubbel tellen te voorkomen, zijn er als gevolg van lange perioden met laag water onomkeerbare gevolgen voor de sector te verwachten. Klanten die normaal tijdelijk naar een andere vervoerswijze overstappen of langer wachten op hun vrachten zullen dan een andere oplossing kiezen. Als gevolg daarvan zal de positie van de hele sector inclusief de keten met verladers, en overslagbedrijven verslechteren. Ook de posities van havens als Rotterdam en Amsterdam en Nederland als transportland worden hierdoor geraakt.
- Voor betrouwbare resultaten om beleidsafwegingen mee te maken is een verdere uitwerking en analyse gewenst voor alle sluizen over een route, en voor de verschillende vervoersstromen, routes en scheepstypen. Dit vraagt gedetailleerde route-, kosten- en prijsinformatie, die nu nog niet (openbaar) beschikbaar zijn.

Aanbevelingen

Veel van de conclusies en bevindingen leiden tot aanbevelingen. Hieronder zijn de belangrijkste samengevat.

- Het effect van een mindere waterbeschikbaarheid op het brandstofverbruik is niet meegenomen in deze analyse omdat de relatie niet bekend is. Aanbevolen wordt te onderzoeken of de toename van het brandstofverbruik significant is, en zo ja, of hiervoor een extra dosis-effect relatie bepaald moet worden. Evenmin is het effect van omvaren door laag water en langere wachttijden bij sluizen volledig gemodelleerd (alleen indicatie Born). Aanbevolen wordt in een vervolg te kijken naar de reistijdeffecten over het hele traject. Experts verwachten dat veranderingen in reistijd een grotere impact hebben dan de beladingsgraad.
- Voor betrouwbare resultaten is het belangrijk dat de verschillende vervoersstromen (tankvaart, droge bulk, containers), routes en scheepsgrootten apart gemodelleerd worden. De curves zullen namelijk onderling zeer verschillen.
- Voor veel analyses is gedetailleerde informatie nodig. Die wordt niet altijd structureel verzameld en in enkele gevallen is de frequentie aangepast (van dag naar uur of vice versa). Veel marktinformatie is vertrouwelijk en is daardoor niet publiek beschikbaar. Aanbevolen wordt te onderzoeken of:
 - o informatie uit bronnen zoals de vaart-indicator gebruikt kunnen en mogen worden om dosis-effect relaties per segment af te leiden;
 - o de relevante data continu gemeten kan worden;
 - o effecten op beladingsgraad en gedrag in de toekomst gemonitord kunnen worden.

- Het combineren van deze methodiek en analyse met het BIVAS-model vraagt volgens Rijkswaterstaat verder onderzoek en het oplossen van een aantal aandachtspunten. Aanbevolen wordt dit op te pakken.

4 Drinkwater

Drinkwater wordt gewonnen uit oppervlaktewater en grondwater. Grondwaterwinning vindt plaats uit diepere lagen en staat niet rechtstreeks onder invloed van droogte. Daarom richt deze studie zich op het gebruik van oppervlaktewater voor drinkwater. In Nederland wordt op een groot aantal locaties oppervlaktewater gewonnen voor de drinkwatervoorziening.

Drinkwaterbedrijven hebben een publieke functie met een zorgplicht voor overheden om de openbare drinkwatervoorziening veilig te stellen. Eén en ander staat beschreven in de Nota Drinkwater en is vastgelegd in de Drinkwaterwet. Binnen het Deltaprogramma is de bijzondere positie voor drinkwater ook expliciet benoemd als het gaat om de uitwerking van waterbeschikbaarheid. In de bestuurlijke rapportage is dit als volgt verwoord: Overheden betrekken gebruikers op passende wijze bij hun rollen en verantwoordelijkheden, waarbij alle partijen rekening houden met de publieke taken en zorgplicht voor bijvoorbeeld drinkwater en natuur. Dit is het uitgangspunt voor het economisch onderzoek.

Kwadrant 1: Frequentieverdeling droogte parameter

Sluiting zoals in het verleden is opgetreden, wordt in de meeste gevallen veroorzaakt verontreinigende stoffen in het oppervlaktewater en hoge concentraties chloride. Als droogte parameter ligt het voor de hand de duur van overschrijding van een bepaalde norm te nemen. Uit de beperkte set beschikbare gegevens is geen relatie af te leiden tussen droogte en normoverschrijding. De meeste overschrijdingen worden veroorzaakt door incidentele lozingen van verontreinigende stoffen. Hoewel het voor de hand ligt dat de duur van de normoverschrijding door een calamiteit afhangt van de afvoer, kan dit verband niet worden aangetoond uit de beschikbare historische data.

Kwadrant 2: Dosis-effect relatie

De dosis-effectrelaties geven de relatie tussen de gemeten concentratie chloride en verontreinigingen en het aantal dagen met een innamestop. Per innamepunt zijn er meerdere relaties. De dosis-effectrelaties vertonen een drempel- of 'geen effect'-waarde, die wordt bepaald door de desbetreffende norm.

Kwadrant 3: Welvaartseffect

In de huidige situatie is het niet waarschijnlijk dat toenemende droogte leidt tot het niet meer kunnen leveren van drinkwater. De sector is voldoende voorbereid om sluiting van een aantal innamepunten op te kunnen vangen. Wel zijn hieraan kosten verbonden, die beschouwd kunnen worden als een welvaartseffect. Het effect van een innamestop is voor ieder innamepunt verschillend en wordt beïnvloed door de beschikbaarheid van een buffervoorraad en de mogelijkheid water aan te voeren van andere innamepunten (de zogenaamde systeemwerking).

Kwadrant 4: Jaarlijkse verwachtingswaarde

Gezien het bovenstaande is het niet mogelijk geweest om de jaarlijkse verwachtingswaarde van de droogteschade voor de hele drinkwater sector te berekenen.

Conclusies

- Een belangrijke conclusie is dat de ontwikkelde methodiek een handige tool kan bieden voor het analyseren van klimaatrisico's en onderbouwen van aanpassingen in de bedrijfsvoering. Op basis van de beperkte beschikbare informatie is een verkennende analyse uitgevoerd, waarin de kwadranten zijn doorlopen en het droogterisico is afgeleid. Hoewel qua realiteitsgehalte veel is af te dingen op de gepresenteerde waarden, wordt een doorontwikkeling van de aanpak door ons waardevol gevonden. Met deze methodiek zijn we ondanks alle beperkingen verder gekomen dan in alle eerdere fasen, waarin geen welvaartseffecten zijn bepaald en vaak alleen het totaal aantal dagen met een innamestop is vastgesteld.
- De historische analyse waarop deze illustratie gebaseerd is, geeft onvoldoende houvast als het gaat om het waarderen van situaties die nu nog niet voorgekomen zijn. Uit de analyse blijkt dat er nauwelijks problemen bij afnemers zijn ontstaan doordat de sector voorbereid is op calamiteiten. Daarmee is er weinig basis voor een prognose van de toekomstige economische schade.
- Voor betrouwbare resultaten waarmee beleidsafwegingen kunnen worden gemaakt, is meer informatie nodig over hoe de bedrijfsvoering wordt aangepast bij een innamestop, welke mechanismen hierbij in werking treden, de kosten die hierbij optreden en de natuurschade die wordt opgelopen. Dit vraagt verschillende dosis-effectrelaties en schadekentallen per innamepunt en een proces gericht op het verzamelen en / of afleiden van data die nu nog niet (openbaar) beschikbaar zijn. De sector ziet uitdagingen om van hieruit op te schalen naar een eenvoudig (overkoepelend) beslismodel.

Aanbevelingen

- Per innamepunt zijn er behoorlijke verschillen in dosis-effectrelaties en schaderelaties. Aanbevolen wordt de analyse per innamepunt uit te werken. De verwachting is dat de verschillen per punt significant zijn. Van hieruit kan in een vervolgfase worden opgeschaald naar een integraal model, waarin eveneens onderlinge relaties tussen waterbedrijven (systeemwerking) worden meegenomen.
- Over de relatie laagwaterafvoer en concentratie van verontreinigde stoffen is weinig materiaal beschikbaar. Het verdient aanbeveling per innamepunt de data en relaties uit te zoeken. In dit verband verdient het aanbeveling in een volgende fase kennis te nemen van het bedrijfstakonderzoek dat KRW dit jaar nog afrondt. Eveneens is het van belang inzicht te ontwikkelen in de kans op het gelijktijdig samenvallen van verschillende waterkwaliteitsproblemen en -kwantiteitsproblemen bij het innamepunt (met het oog op dubbeltellingen).
- Voor de analyses is veel gedetailleerde informatie nodig. Die wordt niet altijd structureel verzameld en / of is niet publiek beschikbaar. Aanbevolen wordt met de bedrijven te onderzoeken welke informatie tegen relatief lage inspanningen is te genereren en in de toekomst gemonitord kan worden. Wij denken dan met name aan knippunten in de bedrijfsvoering en gevolgkosten. Op dit moment loopt in RIWA-verband een verkenning naar de kosten per dag bij een innamestop, terwijl ook WML in het kader van een recent incident waardevolle informatie verzamelt. Het zou goed zijn als deze data voor dit project beschikbaar komen.
- De verschillende analyses zijn nu gebaseerd op een relatief beperkte reeks jaren. Het verdient aanbeveling het aantal jaren indien mogelijk uit te breiden. Dit geeft een meer representatief beeld van de kans van optreden van onderbrekingen in de rivierwaterinname, en daarmee een betrouwbaardere schatting van het economisch risico.
- In de onderhavige analyse zijn de kosten van adaptatie nog buiten beschouwing gelaten. In een volgend stadium zal de focus liggen op het afwegen van de kosten van maatregelen in relatie tot de met deze maatregelen te bereiken vermindering van het economisch risico. Er is beperkt informatie over de investeringskosten van maatregelen.

Het verdient aanbeveling de kennisbasis op dit punt te verbreden en generieke informatie te genereren over (nog ontbrekende) kosten voor beheer en onderhoud.

- Gerelateerd aan bovenstaande dient rekening te worden gehouden met mogelijke autonome ontwikkelingen bij de waterbedrijven als gevolg van meer strikte beleidsdoelstellingen ten aanzien van drinkwaterkwaliteit (medicijnen, micro-plastics, e.d.) en de impact van generiek beleid (bronaanpak). Deze ontwikkelingen kunnen gevolgen hebben voor het punt waarop inname niet meer toelaatbaar wordt geacht.

5 Natuur

Kwadrant 1 en 2: Frequentieverdeling droogte parameter en Dosis-effect relatie

Om effecten van natuur te kunnen waarderen is allereerst inzicht nodig in de effecten van droogte op natuur. Uit de historische analyse blijkt dat de effecten van droogte op de natuur variëren van waterkwaliteitsproblemen waardoor vissterfte, botulisme en blauwwieren kunnen optreden tot mineralisatie van de bodem, verhoogde CO₂ uitstoot en bosbranden. De meeste ecosysteemttypen krijgen ook te maken met verlies aan biodiversiteit. Het effect van droogte op de natuur is bijna altijd een kwaliteitsverlies. Meestal is dit een tijdelijk verlies, maar onomkeerbare schade is ook mogelijk. Denk daarbij aan inlaat van zout water voor peilregulatie, waardoor obligaat zoete soorten (bijv. Krabbescheer) kunnen verdwijnen. Landelijk zullen soorten niet snel uitsterven, maar op het niveau van een natuurgebied kan dit wel gebeuren. Onomkeerbare effecten van droogte zijn lastig te scheiden van effecten door structurele verdroging. In beide gevallen is sprake van te diep uitzakken van grondwaterstanden waardoor mineralisatie van venige bodems kan optreden.

Informatie over historische effecten van droogte op de natuur is verspreid en slecht gedocumenteerd. Daardoor is het bepalen van de effecten van droogte op basis van feitelijke informatie anekdotisch en ad hoc onderbouwd. Zo wordt informatie over vissterfte in alle wateren (rijks, en regionaal) tijdens droge periodes en grondwaterstanden in de Nederlandse natuurgebieden nergens landelijk gedocumenteerd.

De resultaten van de huidige natuur-effectmodellen blijken nog niet geschikt om op te nemen in de kwadrantenmethodiek. Demnat resultaten zijn ongeschikt, omdat het geen droogte effecten voor individuele jaren kan doorrekenen. De hydrologische invoer van PROBE is nu nog van onvoldoende kwaliteit om realistische effecten te voorspellen.

Om inzicht te krijgen in het effect van droogte is informatie nodig over de ernst van droogte, frequentie van droogte én de sequentie van droogte. Pas hiermee kan een realistische jaarlijkse verwachtingswaarde worden bepaald. De sequentie van droogte wordt meestal nog niet meegenomen in de modellen.

Kwadrant 3: Welvaartseffect

Het economisch effect van droogte op de natuur bestaat uit effecten op de gebruikswaarde en niet-gebruikswaarde van natuur. Daarnaast kan droogte ook effect hebben op de intrinsieke waarde van natuur. De verandering in intrinsieke waarde wordt meestal niet in geld uitgedrukt. Voor het in beeld brengen van het economisch effect van droogte is eerst bekeken of herstelkosten kunnen worden gebruikt.. De kosten van droogtemaatregelen konden echter niet worden achterhaald, omdat er amper maatregelen worden genomen voor na of tijdens een incidentele droogte. Ook is er maar weinig informatie over bekend bij (natuur)beheerders.

Vervolgens worden twee manieren voorgesteld om de effecten van droogte op de natuur te waarderen:

- Herstelkosten op basis van anti-verdrogingsmaatregelen
- Gebruik ecosysteemdiensten

De kosten van anti-verdrogingsmaatregelen kunnen wel worden gebruikt als proxy voor het waarderen van effect van droogte op de natuur.

Het voordeel van het gebruik van anti-verdrogingsmaatregelen is dat dit in Nederland een veel voorkomende maatregel is. Hierdoor is voldoende informatie aanwezig over het type maatregel en de kosten, daarbij is de kans op dubbeltelling gering. Ook zijn er verschillende nadelen. Het belangrijkste nadeel is dat een maatregel de natuur niet direct herstelt. Dit zorgt voor een onderschatting van het werkelijke welvaartseffect. Om kosten van anti-verdrogingsmaatregelen als proxy te kunnen gebruiken is eerst inzicht nodig in de effecten van incidentele droogte op de natuur. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld de uitkomsten van een natuur-effectmodel worden gebruikt. Vervolgens kunnen de passende maatregelen bij de effecten worden geselecteerd. Het is belangrijk dat de maatregel uitgevoerd kan worden in het gebied waar het effect optreedt. Hiervoor kan een database worden aangelegd met de kosten en effectiviteit van anti-verdrogingsmaatregelen.

Het meest complete concept voor natuurwaardering is het ecosysteemdienstenconcept. Met het concept kunnen de effecten van droogte op de diensten die de natuur aan de mens levert worden geïdentificeerd. Vervolgens kunnen de effecten op de diensten worden gemonetariseerd. Momenteel zijn er nog geen modellen beschikbaar waarmee het effect van droogte op ecosysteemdiensten kan worden doorgerekend, daarom is op basis van expertkennis ingeschat welke ecosysteemdiensten het meeste effect van droogte ondervinden. Dit zijn:

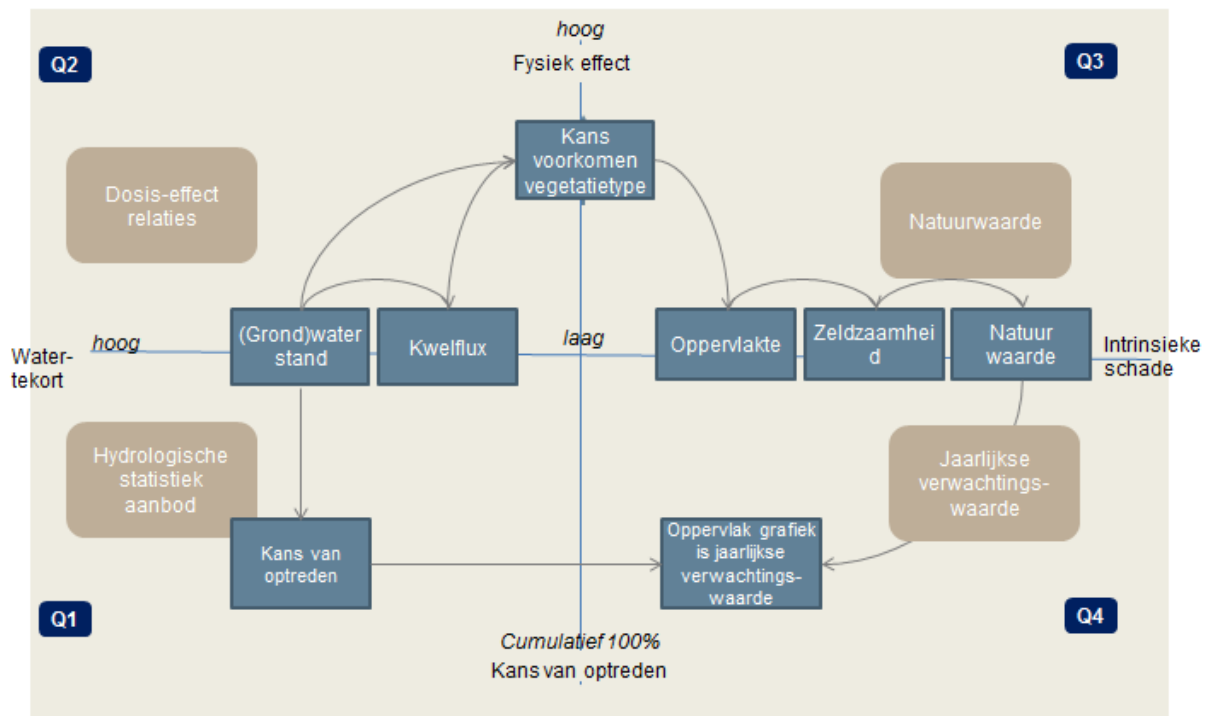
- Supporting services: Bodemvorming;
- Provisioning services: Genetisch materiaal;
- Regulating services: Zoetwaterretentie en berging, klimaatbeheersing, waterbeheer;
- Cultural services: Recreatie, esthetiek.

Dit betekent niet dat het effect van droogte op deze ecosysteemdiensten ook zorgt voor een significant negatief welvaartseffect. Dit hangt af van de grootte van het effect en de waardering.

Het ecosysteemdiensten is in principe het meest interessante concept om het economisch effect van droogte op de natuur mee te waarderen. Door het uitdrukken van de effecten in diensten kan al snel een grof idee worden verkregen van de welvaartseffecten van droogte. Momenteel is echter nog te weinig informatie beschikbaar om de effecten in diensten uit te drukken en vervolgens te monetariseren.

Naast effect op de economische waarde van natuur kan droogte ook effect hebben op de intrinsieke waarde van natuur. Onder intrinsieke waarde wordt de 'waarde van de natuur voor de natuur' verstaan. Deze waardering kan naast de economische waardering worden uitgevoerd. Met behulp van natuur-effectmodellen in combinatie met de natuurlijstmethodiek kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van de intrinsieke waarde van natuur worden bepaald. Een eerste snelle analyse kan worden gedaan zonder de natuurlijstmethodiek. Het berekenen van de intrinsieke waarde van de effecten van droogte op de natuur wordt geïllustreerd aan de hand van Figuur 5.1. In dit voorbeeld wordt de werkwijze van PROBE gebruikt om de kwadranten in te vullen.

De in het voorbeeld gebruikte dosis-effectrelaties kunnen ook in combinatie met andere waarderingsmethodes worden gebruikt.



Figuur 5.1: Voorbeeld toepassing kwadrantenmethodiek met werkwijze Probe

Kwadrant 4: Jaarlijkse verwachtingswaarde

Op basis van de huidige informatie kan nog geen economische jaarlijkse verwachtingswaarde worden berekend. Om de kwadranten in te vullen dient een natuur-effectmodel te worden gekoppeld aan een hydrologisch instrumentarium. Vervolgens kan worden gekozen om de economische waarde te berekenen op basis van herstelkosten of met het ecosysteemdienstenconcept.

Ook voor de intrinsieke waarde dient een hydrologisch model te worden gekoppeld aan een natuur-effectmodel. Vervolgens kan de intrinsieke natuurwaarde met hetzelfde model worden berekend op basis van de oppervlakte en zeldzaamheid van een vegetatietype (zie ook Figuur 5.1). Een beter beeld van de intrinsieke waarde van natuur kan worden verkregen met de natuurlinienmethode. Deze methode neemt niet alleen vegetatie mee, maar het effect op de hele biodiversiteit. Ook de jaarlijkse verwachtingswaarde wordt dan uitgedrukt in natuurlinien.

Conclusies

De kwadrantenmethodiek lijkt toepasbaar op de gebruiksfunctie natuur. Met de methodiek kan het economisch effect van droogte op de natuur nog niet worden berekend door het ontbreken van betrouwbare dosis-effect relaties en welvaartseffecten. Wel is de verwachting dat toepassing op de lange termijn mogelijk is.

De verwachting is dat de methodiek al op korte termijn doorlopen kan worden om de jaarlijkse verwachtingswaarde van de intrinsieke waarde te berekenen (b.v. in natuurlinien). Hiervoor is betere koppeling van natuur-effectmodellen aan het hydrologisch instrumentarium noodzakelijk.

Aanbevelingen

- Het waarderen van de effecten van droogte op natuur is in Nederland nog ver weg. Natuurwaardering is echter onontkoombaar als we een eerlijke afweging willen maken tussen verschillende droogtemaatregelen en uiteindelijk een goed onderbouwd voorzieningenniveau willen vaststellen. Om de kwadrantenbenadering een succes te laten worden is veel kennisontwikkeling nodig op het gebied van natuurwaardering.
- Zorg voor meer regie op de documentatie van effecten van droogte op natuur. Momenteel is de documentatie slecht en verspreid. Hierdoor is er weinig informatie over de historische effecten van droogte op de natuur. Verzamelen en analyseren van SITRAP reportages is bijvoorbeeld een eerste stap. Satellietgegevens kunnen mogelijk helpen bij het verkrijgen van een structureel beeld van de effecten.
- Verbeter natuureffectmodellen
Met doorontwikkeling van de natuur-effectmodellen kunnen de effecten van droogte op natuur beter worden voorspeld. Dit is enerzijds nodig om de intrinsieke waarde van natuur in te schatten en anderzijds als basis voor de economische waarderingsmethodes. Met het project waterwijzer natuur is de vernieuwing van de natuureffectmodellen in gang gezet.
- Verzamel de kosten en effectiviteit van anti-verdrogingsmaatregelen
Hiermee wordt de praktische haalbaarheid van de herstelkostenmethode bekeken. Inzicht in de effectiviteit van de maatregel is nodig, omdat investeringen worden gedaan op basis van het verwachte effect. Is het effect kleiner dan hadden we misschien niet of juist meer geïnvesteerd.
- Focus op ecosysteemdiensten die het meest beïnvloed worden door droogte en verbeter de onderbouwing van deze ecosysteemdiensten.
Het waarderen van het effect van droogte is complex, daarom is het aan te raden om een selectie te maken van ecosysteemdiensten waarop droogte de meeste invloed heeft. Momenteel is de lijst met ecosysteemdiensten gebaseerd op expertkennis. Breder draagvlak is nodig om een selectie te maken van ecosysteemdiensten waar de meeste aandacht aan moet worden besteed. Ook geeft dit een goed beeld van de ordegrrootte van het economisch effect. Dit kan mogelijk worden verkregen in een workshop met de belanghebbenden.
- Koppel natuur-effectmodellen aan ecosysteemdiensten
De huidige Nederlandse natuur-effectmodellen berekenen het effect van droogte op de biodiversiteit. Geen enkel Nederlands model maakt de doorvertaling naar ecosysteemdiensten. Om het effect van natuur in de kwadrantenmethode mee te nemen dient er informatie beschikbaar te zijn over het effect op ecosysteemdiensten. Aanbevolen wordt om uit te zoeken of Nederlandse modellen kunnen worden gekoppeld aan een internationaal ecosysteemdienstenmodel als InVEST of dat indien gewenst een eigen ecosysteemdienstenmodel moet worden ontwikkeld.
- De uitkomsten van natuur-effectmodellen hebben vaak een behoorlijke onzekerheidsmarge. Hetzelfde geldt voor de gebruikte informatie voor de waarderings(kentallen). Om de betrouwbaarheid van resultaten te toetsen in een goede gevoeligheidsanalyse onontbeerlijk.

6 Tool voor prijseffect landbouw

Deze tool richt zich vooral op het prijseffect bij de bepaling van het welvaartseffect in kwadrant 3. Onderstaand wordt voor de overige kwadranten kort aangegeven welke gegevens gebruikt zijn of kunnen worden. Overigens geeft de bepaling van de landbouwschade duidelijk weer dat de kwadranten een illustratie vormen van de benadering, maar dat de werkelijke berekeningswijze anders kan verlopen door kwadranten samen te nemen en een tijdserie van de schade te berekenen waaruit rechtstreeks de jaarlijkse verwachtingswaarde afgeleid kan worden.

Kwadrant 1: Frequentieverdeling droogte parameter

De analyse is gebaseerd op de resultaten van het NHI (Nationaal Hydrologisch Instrumentarium), waarin langjarige reeksen van de hydrologie doorgerekend worden. De hydrologische parameter die uiteindelijk gebruikt wordt om de fysieke opbrengstderving te bepalen is het cumulatieve vochttekort in de bodem om te voldoen aan de verdampingsvraag van het gewas.

Kwadrant 2: Dosis-effect relatie

De dosis-effect relaties worden doorgerekend in het model AGRICOM dat onderdeel uitmaakt van het NHI. De relaties zijn per gewas en per decade in het groeiseizoen verschillend. Het resultaat van de berekeningen met NHI-AGRICOM zijn langjarige tijdseries met voor ieder jaar voor negen gewasgroepen de fysieke opbrengstderving als gevolg van droogte. Voor zout- of natschade zijn aanvullende stappen noodzakelijk.

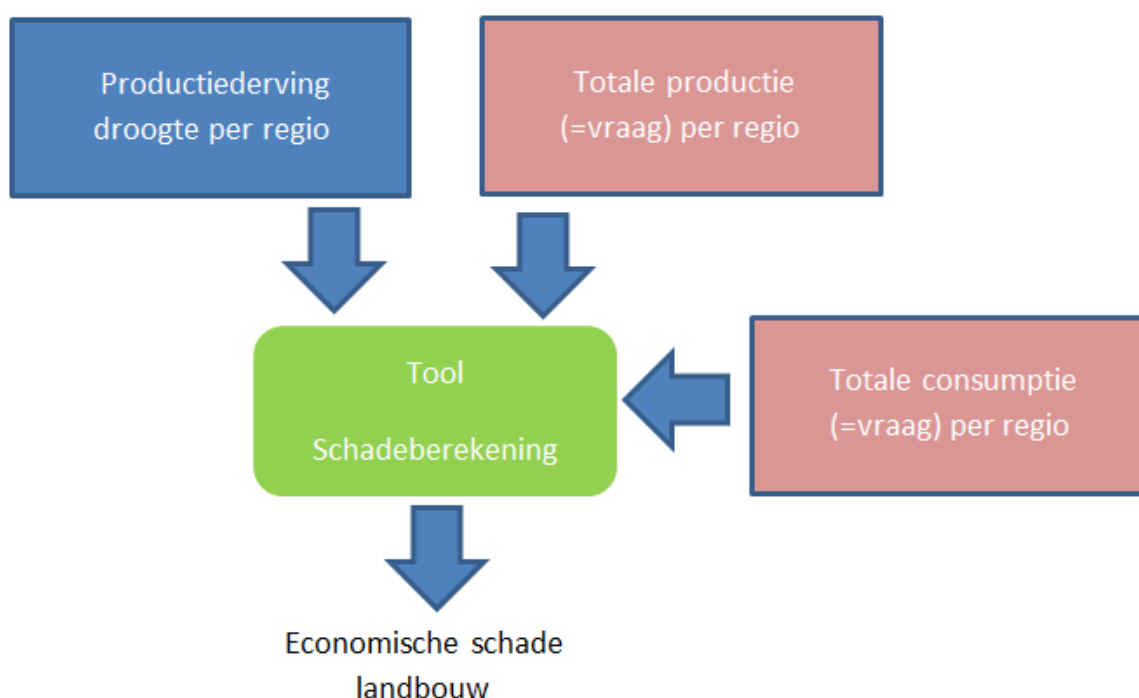
Kwadrant 3: Welvaartseffect

Bij het bepalen van de effecten van droogte voor de landbouw bouwen we voort op de studie 'Bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw' van het LEI. Bij de bestaande berekeningen in het Deltaprogramma wordt bij het bepalen van de economische schade als gevolg van droogte en/of verzilting en de daarmee samenhangende opbrengstderving gerekend met vaste prijzen. Hierbij wordt de fysieke opbrengstderving vermenigvuldigd met een prijs. Deze aanpak kent zijn beperkingen, omdat de gevolgen voor consumenten, de export en de prijsvorming van producten niet worden meegenomen. Naarmate de opbrengstderving groter wordt, neemt de beperking van deze aanpak toe. Baten van maatregelen om opbrengstderving tegen te gaan kunnen nauwkeuriger worden berekend door de verandering van de prijzen mee te nemen. Daarnaast is het nodig om bij het bepalen van het fysieke productie-effect van maatregelen adaptatie van het productieproces door landbouwers zelf mee te nemen. Agrariërs zullen immers proberen het risico op droogteschade te minimaliseren. In dit hoofdstuk wordt een tool ontwikkeld waarbij opbrengstderving van gewassen wordt omgerekend naar economische kosten.

De benadering kan worden gekarakteriseerd als een model met endogene prijzen. In NHI-Agricom wordt verondersteld dat de prijzen vast en exogeen zijn. Modellen met endogene prijzen worden gebruikt in die situaties waarbij deze veronderstelling niet langer opgaat. Dit is relevant voor meerdere landbouwproducten waarbij door opbrengstderving als gevolg van droogte de prijzen veranderen

Prijseffecten worden bepaald aan de hand van een zogenaamd ruimtelijk vraag-aanbod model. De kern van het model, zoals hier beschreven, bestaat uit totale vraag en aanbodfuncties voor drie regio's namelijk Nederland, Europa en de Rest van de Wereld (ROW) voor de verschillende gewassen. In de aanbodfuncties wordt het effect van droogte ingebracht. De productiederving door droogte zoals bepaald in kwadrant 1 en 2 vormen het startpunt. De productiederving, die verschillende oorzaken kan hebben zoals droogte, verzilting of natschade, wordt regionaal bepaald voor gewasgroepen. Deze worden geaggregeerd naar een nationaal effect. Figuur 6.1 schetst hoe vervolgens de economische schade van droogte voor de landbouw per gewas en voor de verschillende gebieden wordt bepaald rekening houdend met het feit dat prijsvorming internationaal plaats vindt.

De tool wordt geïllustreerd aan de hand van de consumptie aardappelen en graskuil en weidegras voor de jaarlijkse reeksen van fysieke opbrengstderving zoals berekend in kwadrant 1 en 2.



Figuur 6.1: Opzet tool berekening economische schade landbouw

Kwadrant 4: Jaarlijkse verwachtingswaarde

Kwadrant 3 levert in dit geval een reeks op van jaarlijkse welvaartseffecten. De gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect kan nu verkregen worden door de gemiddelde waarde over deze reeks te berekenen.

Conclusies

- Een eerste conclusie is dat de tool snel de economische effecten van een droogte kan bepalen voor verschillende gewassen waarvoor in principe een beperkte hoeveelheid informatie nodig is. In een volgende fase kan de tool verder worden geïntegreerd in de kwadrantenmethodiek om te komen tot een jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade. De tool biedt een betere inschatting van de economische effecten van droogte ten opzichte van de bestaande methodiek waarin wordt gewerkt met vaste prijzen.

- Aggregatie van effecten over gewassen en regio's is van belang voor de bepaling effecten van droogte en verzilting. De gewasgroepen, zoals gebruikt bij NHI-Agricom die zijn gebaseerd op hydrologische kenmerken, sluiten niet goed aan bij de bepaling van economische effecten voor gewassen.
- Voor betrouwbare resultaten waarmee beleidsafwegingen kunnen worden gemaakt, is meer informatie nodig over de toekomstige ontwikkeling van de dosis-effectrelaties (adaptatie). Dit vraagt verschillende kentallen per gewas en regio en een proces gericht op het verzamelen en / of afleiden van data die nu nog niet (openbaar) beschikbaar zijn.
- Voor een betere inschatting van de effecten zijn lange termijn scenario's over ontwikkeling van grondgebruik en (internationale) marktomstandigheden noodzakelijk om te komen tot een goede referentie.

Aanbevelingen

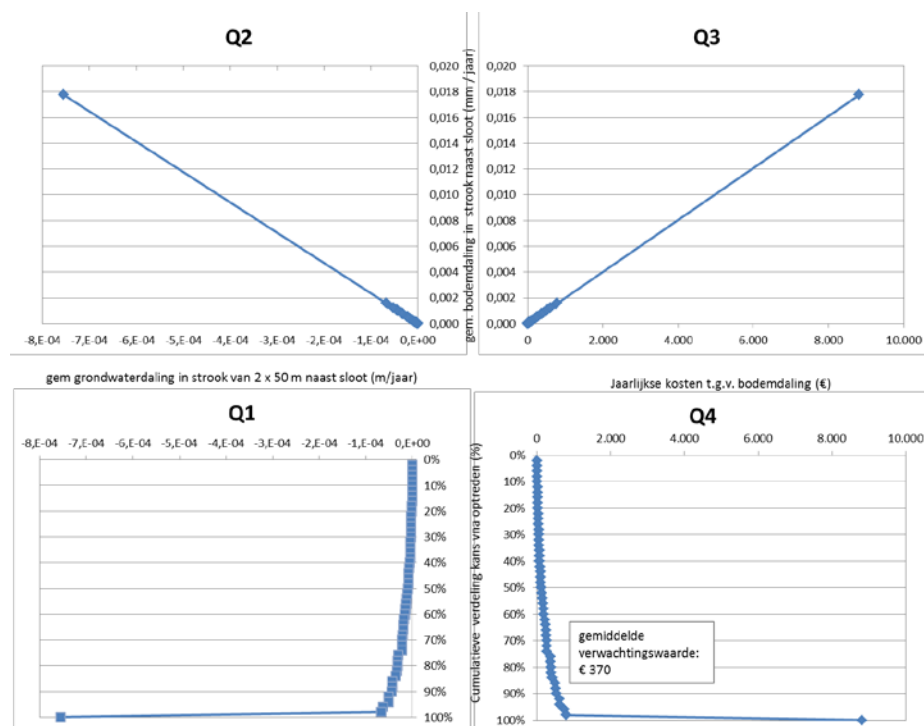
- Per gewas en bedrijfstype zijn er behoorlijke verschillen in dosis-effectrelaties en schaderelaties. Aanbevolen wordt de analyse per gewas en bedrijfstype verder uit te werken. Van hieruit kan in een vervolgfase worden opgeschaald naar een integraal model.
- Voor de analyses is informatie nodig over elasticiteiten en handelsstromen voor specifieke gewassen die niet altijd structureel verzameld en / of is niet publiek beschikbaar. . De gebruikte gewasgroepen in NHI-Agricom sluiten hier ook niet altijd goed aan. Aanbevolen wordt om te onderzoeken welke informatie tegen relatief lage inspanningen is te genereren en in de toekomst gemonitord kan worden.
- De verschillende analyses zijn nu gebaseerd op afzonderlijke jaren. Het verdient aanbeveling om kwadrant 4 te integreren en het model verder dynamisch te maken. . Hiermee sluit de methodiek beter aan bij de andere sectoren en kunnen effecten die het jaar overstijgen worden meegenomen (zoals bij fruit). Daarnaast worden productiebeslissingen vaak beïnvloed door prijzen uit voorgaande jaren.
- Er dient rekening te worden gehouden met lange termijn scenario's over adaptatie (dosis-effect relaties), ontwikkeling van grondgebruik en (internationale) marktomstandigheden om te komen tot een goede referentie.

7 Case studie Rijnland

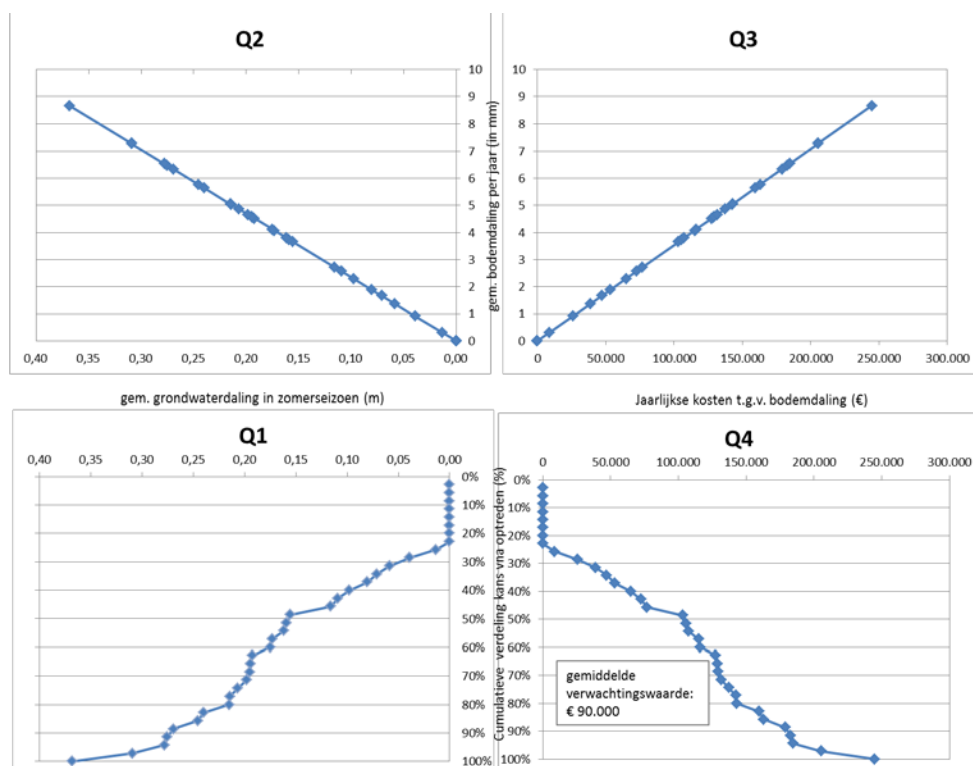
De methodiek is toegepast op de gebruiksfuncties landbouw, natuur en peilbeheer in het beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland. Voor landbouw is het welvaartseffect berekend van de zoutschade aan consumptieaardappelen door toepassing van de tool voor prijseffecten (beschreven in Hoofdstuk 6) op uitkomsten van NHI-AGRICOM voor droogteschade en Eurekaopener voor zoutschade voor de periode 1961-1995. Voor natuur is de verandering in natuurwaarde berekend met het model Demnat. Peilbeheer bleek vooral van belang voor het tegengaan van bodemdaling. De waardering van dit effect wordt hieronder voor de verschillende kwadranten weergegeven, evenals een beschrijving van de bepaling van het effect van twee maatregelen. Er blijkt geen eenduidige relatie te bestaan tussen het beperkt uitzakken van het boezempeil en de stabiliteit van veenkaden en daarom is het voorkomen hiervan verder niet meegenomen in de analyse.

Kwadrant 1: Frequentieverdeling droogte parameter

Bodemdaling in het veenweidegebied ontstaat onder andere door oxidatie van veen boven de grondwaterspiegel. Als maat hiervoor is de daling genomen van het grondwaterpeil in de zomer als gevolg van het neerslagtekort (de mate waarin de gewasverdamping de neerslag overstijgt). Voor het gedeelte van het veenweidegebied dat dichtbij sloten ligt, wordt de daling van de grondwaterstand bepaald door het uitzakken van het slootpeil. De frequentieverdeling van de daling van de grondwaterstand is overgenomen uit NHI-resultaten voor de periode 1961-2010. Voor het gedeelte onder invloed van sloten is gekeken naar de frequentieverdeling van het uitzakken van het slootpeil in de NHI-resultaten. De analyse is verder apart uitgevoerd voor bodemdaling als gevolg van het uitzakken van het slootpeil (Figuur 7.1) en als gevolg van het neerslagtekort (Figuur 7.2).



Figuur 7.1: Schadecurves voor bodemdaling als gevolg van uitzakking slootpeil, deelgebied Bollenstreek, huidige situatie



Figuur 7.2: Schadecurves voor bodemdaling als gevolg van weersinvloeden en gewasverdamping, deelgebied Bollenstreek, huidige situatie

Kwadrant 2: Dosis-effect relatie

Op basis van literatuur is een lineaire relatie gelegd tussen de daling van de grondwaterstand en de jaarlijkse bodemdaling.

Kwadrant 3: Welvaartseffect

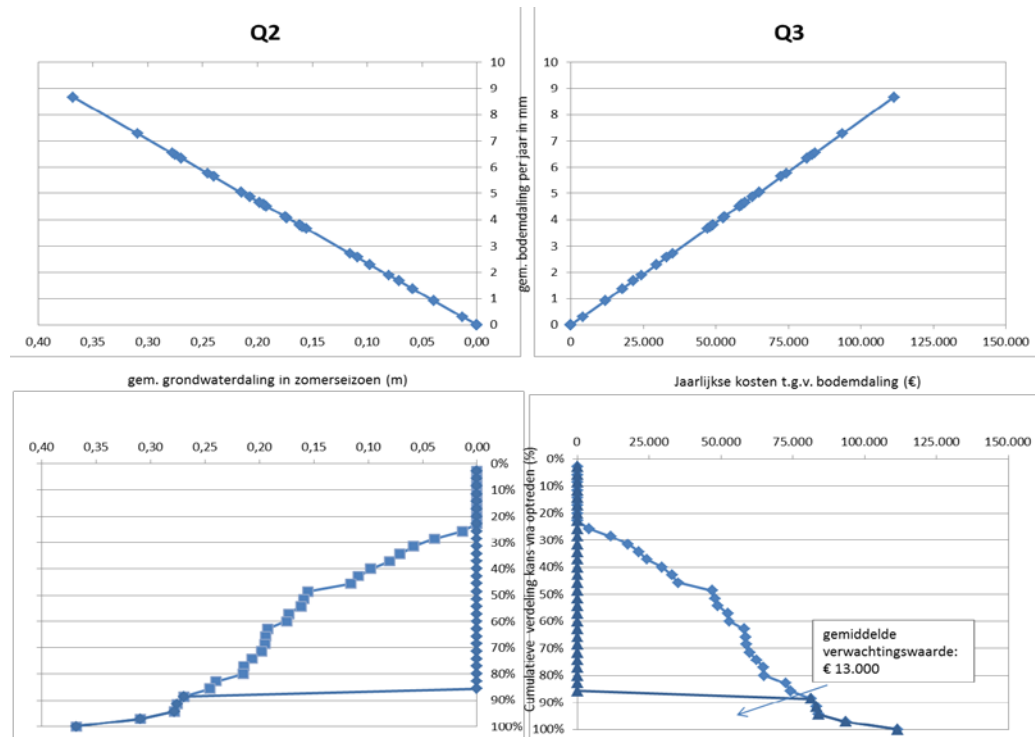
De waardering van de bodemdaling is gebaseerd op concept-resultaten van een studie van PBL naar bodemdaling. Additionele bodemdaling door droogte zorgt voor welvaartseffecten door CO₂-emissie, extra waterbeheerskosten en extra onderhoud aan infrastructuur, zoals wegen, riolering en leidingen. De totale schatting van de kosten komt neer op € 618 per cm bodemdaling per ha. Ook deze relatie is lineair. Van dit bedrag is 75% gerelateerd aan CO₂-emissie.

Kwadrant 4: Jaarlijkse verwachtingswaarde

Figuur 7.1 toont de berekening van de jaarlijkse verwachtingswaarde in de Bollenstreek van de schade van bodemdaling als gevolg van het uitzakken van het slootpeil. Deze blijkt zeer beperkt te zijn (berekend als € 370/jaar). Dit wordt enerzijds verklaard door het beperkte gebied dat onder invloed staat van het slootpeil en anderzijds doordat er alleen in 1976 enigszins sprake is van daling van het slootpeil.

Figuur 7.2 toont de berekening van de verwachtingswaarde van de schade van bodemdaling als gevolg van het neerslagtekort voor hetzelfde gebied. Deze is aanzienlijk groter (ongeveer €90.000/jaar), doordat de meeste jaren een neerslagtekort in de zomer kennen en doordat het om een veel groter oppervlakte gaat.

Ter illustratie is ook het effect bepaald van twee maatregelen. Allereerst is gekeken naar het effect van onderwaterdrainage op de jaarlijkse verwachtingswaarde (Figuur 7.3) onder een aantal vereenvoudigende aannames.



Figuur 7.3: Kwadranten voor bodemdaling door GLG-daling Bollenstreek, huidig klimaat

In de Bollenstreek is de verwachtingswaarde van de schade als gevolg van bodemdaling in het gebied waar onderwaterdrainage toegepast kan worden geschat op € 42.000/jaar. Onderwaterdrainage kan dit terugbrengen tot € 13.000/jaar doordat de uitzakking van het grondwaterpeil beperkt wordt in minder droge jaren. In drogere jaren is hiervoor niet voldoende water beschikbaar en zal ook het slootpeil uitzakken, waardoor de grondwaterstand zal dalen. Dit is weergegeven in kwadranten 1 en 4 van Figuur 7.3, waar uitzakken van het grondwater en schade door bodemdaling alleen optreden in de droogste jaren.

Als tweede maatregel is gekeken naar 'Sturen met water'. Het idee hierachter is om in geval van droogte het water te sturen naar de gebruiksfunctie die de hoogste toegevoegde waarde per m³ water levert. De gegevens en modelresultaten om dit met een risicobenadering te berekenen ontbreken op dit moment. Wel is een eerste verkenning gedaan van de kubieke meters water die beschikbaar te maken zijn vanuit peilbeheer door peilbeheer niet altijd de hoogste prioriteit te geven en van de daardoor veroorzaakte schade per kubieke meter door bodemdaling.

Conclusies

- In lijn met de analyses voor de scheepvaart, drinkwatervoorziening en landbouw, hebben we ook op basis van de casus het beeld dat de kwadrantenmethodiek in potentie een handig hulpmiddel kan zijn voor het beoordelen van maatregelen en schatten van klimateffecten. Een reguliere kosten-batenanalyse besteedt vaak minder expliciet aandacht aan de mogelijke variatie van de verwachtingswaarde tussen de

jaren, maar rekent met gemiddelden. De kwadrantenmethodiek illustreert dit aspect beter en heeft zo een duidelijke meerwaarde.

- Om de methodiek volledig toe te passen, is echter op diverse onderdelen nog aanvullend onderzoek nodig. Zonder de extra hydrologische analyses, die binnen deze studie niet begroot waren, zijn niet altijd de juiste data beschikbaar om de kwadranten volledig te doorlopen. Er ontbreekt dan een goed beeld van de terugkeertijd van bepaalde hydrologische situaties.
- Aanvullend op bovenstaande ontbreekt voor een aantal gebruiksfuncties nog een duidelijk inzicht in de fysieke en economische effecten. Hiervoor zijn nu grove aannames gedaan. Voordat beleidsconclusies worden getrokken, zal een toets op het realiteitsgehalte van de aannames moeten worden uitgevoerd..
- De ruimtelijke schaal waarop de analyse nu is gedaan, volstaat voor het doel van deze verkenning. In het kader van de besluitvorming kan het nodig zijn om informatie op een lager ruimtelijk schaalniveau beschikbaar te hebben. We achten de methodiek ook bruikbaar voor verdere toepassing in andere gebieden. Wel vraagt dit afhankelijk van de gebruiksfunctie nader onderzoek naar dosis-effect relaties en specifieke kentallen (over kosten, financiële en economische schade) per regio.
- De casus was bedoeld om de methodiek te toetsen aan de hand van een tweetal maatregelen, niet om alle relevante effecten uitputtend te beschouwen. Een aantal deelconclusies ten aanzien van de methodiek:
 - o Voor de evaluatie van de maatregel 'Sturen met water' is meer informatie nodig over het effect van meer of minder wateraanvoer per deelgebied voor natuur en de schade per gewas met en zonder berekening.
 - o Voor het formuleren van beleidsuitgangspunten ten aanzien van de realisatie van de maatregel onderwaterdrainage dienen de fysieke effecten van onderwaterdrainage op peilindexatie en daling van de laagste grondwaterstand nader te worden uitgezocht.
 - o De effecten van bodemdaling zijn in de case uitsluitend bepaald voor het landelijk (veenweide)gebied. Voor stedelijk gebied is de methodiek niet uitgewerkt binnen de case. Problemen zijn te verwachten op het gebied van paalrot en zetting. Voor een integrale beoordeling van het voorzieningenniveau is het van belang alle relevante effecten gelijktijdig te bepalen.
 - o Het belang van peilbeheer in het boezemsysteem voor veiligheid en infrastructuur lijkt op basis van de informatie die binnen de case naar boven is gehaald, beperkt. Maar aangezien peilbeheer nu als cruciaal wordt gezien, zal aanpassing van het beleid op dit punt grondig onderzoek en grondige toetsing vergen. Uit de (historische) informatie lijkt dat het uitzakken van het boezempeil met circa 10 centimeter geen noemenswaardige schade oplevert.

Aanbevelingen

Deze casestudie heeft niet aan alle aspecten aandacht kunnen besteden en vraagt verder onderzoek voordat opschaling mogelijk is naar andere regio's. Voorlopig hebben we de volgende aanbevelingen:

- Voor de analyses is veel gedetailleerde informatie nodig. Die wordt niet altijd structureel verzameld. Aanbevolen wordt met de waterschappen te onderzoeken welke informatie tegen relatief lage inspanningen is te genereren en in de toekomst gemonitord kan worden. Wij denken dan in het bijzonder aan verloop van boezempeil, slootpeil, (laagste) grondwaterstand, maaiveldhoogtes en klachten of schade naar aanleiding van afwijkingen.

- In de voorliggende case en het totale project ligt de focus sterk op het vaststellen van de omvang van het welvaartseffect en niet zozeer op de verdeling van de kosten en de baten. Voor de onderbouwing van het beleid en de haalbaarheid van de maatregelen maakt dit echter veel uit. Het verdient aanbeveling als onderdeel van de methodiek (her)verdelingseffecten expliciet inzichtelijk te maken. Door verschillende belangen in de ontwikkelde rekentool in te brengen, is het mogelijk uitruileffecten van keuzes in het waterbeheer te analyseren en zodoende te sturen op maximaal nationaal rendement.
- Daarnaast dient te worden bedacht dat sturen op maximaal rendement niet alleen een technische, maar ook governance component kent. Zo zullen op regionaal niveau afspraken over de waterverdeling moeten worden vastgelegd en moeten afspraken ook handhaafbaar zijn. Sturen met water is bijvoorbeeld alleen zinvol als partijen zich in de praktijk ook houden aan de samen overeengekomen afspraken over watergebruik. Toepassing van deze maatregel leidt naast 'gewone' kosten derhalve tot bijkomende transactiekosten voor gebruikers en overheid. Deze zijn in de huidige opzet van de methodiek nog niet inbegrepen, maar zouden bij een verdere uitwerking relatief eenvoudig kunnen worden geïntegreerd.
- Tot slot kan de methodiek doordat deze de belangen voor verschillende partijen inzichtelijk maakt, behulpzaam zijn bij de huidige discussie over de modernisering van de financiering van het waterbeheer en bijdragen aan een vanuit economische optiek rechtvaardige verdeling van de lasten.

8 Conclusies en aanbeveling

8.1 Conclusies

Dit rapport beschrijft de opzet en toepassing van een nieuwe methodiek om de nationale welvaartseffecten van beperkingen in het wateraanbod in beeld te brengen. Het achterliggende doel is het verschaffen van een economische onderbouwing van besluiten ten aanzien van zoetwatermaatregelen en het voorzieningenniveau. Nieuw is dat in deze methodiek voor het eerst op consistente wijze de economische gevolgen van droogte en de frequentie van voorkomen van verschillende droogte gebeurtenissen bij elkaar gebracht worden. Dat is een belangrijke stap op weg naar een economische onderbouwing van besluiten, maar er is meer kennis en informatie nodig om tot beleidsrelevante resultaten te komen.

De kern van de ontwikkelde methodiek is een risicobenadering voor de droogteproblematiek. De methodiek berekent de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect van beperkingen in het wateraanbod per gebruiksfunctie door het combineren van de informatie over:

- de frequentie van voorkomen van verschillende situaties van beperkingen in het wateraanbod;
- de fysieke effecten van de beperkingen in het wateraanbod; en
- het welvaartseffect van de fysieke effecten.

Om de bruikbaarheid te testen is de methodiek toegepast op de zoetwatergebruiksfuncties scheepvaart, drinkwater, landbouw en natuur. Als startpunt is een historische analyse van de (welvaarts)effecten van droogte op deze gebruiksfuncties uitgevoerd. Daarnaast is een casestudie voor het beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland uitgevoerd en is een tool gemaakt om het prijseffect van opbrengstderving in de landbouw te bepalen.

Scheepvaart: Goede illustratie van de toepasbaarheid van de methodiek

De toepassing op de scheepvaart is een goed voorbeeld van de werking van de methodiek leidend tot een inschatting van de jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade. De historische analyse van de economische effecten van watertekorten op de scheepvaartsector biedt een goede illustratie van de toepasbaarheid van de methodiek, zonder te pretenderen dat de berekende waarden nu al het werkelijk optredende welvaartseffect beschrijven. De betrouwbaarheid van de berekende omvang van de verwachtingswaarde kan nog aanzienlijk worden verbeterd door meer informatie mee te nemen over dosis-effect relaties, bijvoorbeeld door koppeling met het scheepvaartmodel BIVAS. De economische waardering kan verbeterd worden op basis van gedetailleerde route-, kosten- en prijsinformatie voor verschillende vervoersstromen en scheepstypen.

Drinkwater: Aanvullende gegevens nodig voor volledig beeld welvaartseffecten

De historische analyse van de schade voor de drinkwatervoorziening laat zien dat er meerdere dosis-effectrelaties naast elkaar kunnen bestaan om bij de inschatting van het economische risico rekening mee te houden. Sluiting zoals in het verleden is opgetreden, wordt in de meeste gevallen veroorzaakt door incidenten waarbij gevaarlijke stoffen vrijkomen, onafhankelijk van de droogtesituatie.

Daarnaast heeft de drinkwatersector maatregelen per inlaatpunt genomen om tijdelijke sluiting op te vangen, zoals aanvoer vanuit andere inlaatpunten (systeemwerking) en buffers.

Er zijn onvoldoende gegevens beschikbaar om de welvaartseffecten gerelateerd aan droogte te kunnen kwantificeren. Wel zijn voor één specifieke sluiting de operationele meerkosten berekend. Deze informatie is gebruikt om een eerste toepassing van de methodiek voor de drinkwatersector te illustreren. De conclusie hieruit is dat de methodiek alleen zinvol is toe te passen als de komende jaren voldoende gegevens beschikbaar komen voor alle individuele innamelocaties, inclusief natuurschade gerelateerde kosten. Deze informatie ontbreekt op dit moment.

Natuur: Methodiek heeft potentieel, maar nu nog niet toepasbaar op natuur door ontbreken informatie welvaartseffecten

De historische analyse van het economisch effect van watertekort op de natuur (Hoofdstuk 5) geeft een overzicht van opgetreden fysieke effecten op verschillende ecosysteemttypen. Ook is een overzicht gemaakt van mogelijke waarderingsmethoden.

De beperkte historische gegevens laten zien dat aquatische ecosystemen bij droogte vooral te maken krijgen met waterkwaliteitsproblemen (o.a. botulisme en blauwalg). De belangrijkste verwachte effecten in terrestrische ecosysteemttypen bij droogte zijn gerelateerd aan mineralisatie van de bodem, verhoogde CO₂ uitstoot en verminderde evapotranspiratie. Hoewel de verwachting is dat biodiversiteit hierdoor (tijdelijk) onder druk komt te staan, wordt niet verwacht dat soorten uitsterven.

De economische waarde van het effect van droogte kan worden bepaald met:

- Natuur-effectmodellen in combinatie met herstelkosten
- Ecosysteemdienstenconcept

Voor de intrinsieke waarde van natuur geldt dat bestaande natuur-effectmodellen als PROBE, Demnat in combinatie met de natuurpuntenmethodiek bruikbaar zijn. PROBE is het meest geschikt om op te nemen in de kwadrantenmethodiek. Samen met een economische waardering geeft dit een compleet beeld van de effecten van droogte op de natuur.

De kwadrantenmethodiek lijkt toepasbaar op de gebruiksfunctie natuur. Momenteel is toepassing nog niet mogelijk door het ontbreken van betrouwbare dosis-effect relaties en welvaartseffecten. Wanneer kennis op dit gebied wordt doorontwikkeld, kan op termijn de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect worden berekend. De verwachting is dat al op korte termijn de kwadrantenmethodiek kan worden gebruikt om de jaarlijkse verwachtingswaarde van het intrinsiek effect op natuur door te rekenen. Hiervoor is doorontwikkeling nodig van de natuur-effectmodellen.

Opbrengstderving landbouw: Beter inzicht in de nationale welvaartseffecten

Begin 2015 is de studie bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw uitgekomen (Reinhard et al, 2015). Met deze studie als uitgangspunt is een tool ontwikkeld waarmee de welvaartseffecten van opbrengstdervingen kunnen worden gekwantificeerd. Modellen als AGRICOM en EurEyeOpener geven een inschatting van de fysieke opbrengstderving door droogtes en hoge zoutgehaltes van beregeningswater per gewastype uitgedrukt in eenheden product per hectare (bijvoorbeeld kg aardappelen / ha). Bij eerdere analyses in het Deltaprogramma is het welvaartseffect hiervan bepaald door de opbrengstderving te vermenigvuldigen met een vaste prijs (bijvoorbeeld per kg). Dit houdt echter onder andere geen rekening met prijseffecten door vermindering van het aanbod. De ontwikkelde tool houdt rekening met dit prijseffect van een lagere opbrengst binnen Nederland.

Hiermee kan het nationale welvaartseffect bepaald worden en de verdeling daarvan over de producenten en de consumenten. Daarnaast kan bepaald worden welk gedeelte van het welvaartseffect door hogere wereldmarktprijzen geëxporteerd wordt. Hiermee is een aanzienlijke verbetering verwezenlijkt in het bepalen van de welvaartseffecten van droogte voor landbouw.

Case studie Rijnland

De ontwikkelde methodiek is ook toegepast binnen een case studie op de gebruiksfuncties landbouw, natuur, bodemdaling en peilbeheer van het boezemsysteem in het beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland. In de case studie blijkt de methodiek goed toepasbaar, hoewel door het ontbreken van gegevens en de beperkt beschikbare tijd veel met aannames gewerkt moest worden voor bijvoorbeeld hydrologische frequenties, (onderdelen van) de dosis-effect relaties en de economische waarde van effecten.

De verwachtingswaarde van de schade is voor bodemdaling gesommeerd om tot een totale verwachtingswaarde te komen. De berekeningen zijn ter illustratie ook uitgevoerd voor de situatie na invoering van een tweetal maatregelen om te laten zien hoe het effect van deze maatregelen op de verwachtingswaarde berekend kan worden (en hoe effecten tegen elkaar worden afgewogen in deze analyse).

Uit de casestudie is geconcludeerd dat de kwadrantenmethodiek potentieel een handig hulpmiddel is voor het beoordelen van maatregelen en het schatten van klimaat effecten. Zelfs zonder nauwkeurige resultaten blijkt de methodiek al zinvolle nieuwe inzichten te verschaffen door de systematische beschouwing van de fysieke en economische effecten van droogte.

Tot slot

In het Plan van Aanpak voor de doorontwikkeling van de economische analyse van zoetwater zijn vier kennisvragen geformuleerd, die hieronder voor zover mogelijk beantwoord worden op basis van de resultaten van deze studie.

1. Hoe toepasbaar is de methodiek voor afwegen van maatregelen en ondersteunen van besluitvorming?

Uit de dit jaar uitgevoerde studie blijkt dat de gepresenteerde methodiek vernieuwend is en in potentie goed toepasbaar is op de droogteproblematiek. De methodiek biedt voldoende ruimte om op consistente wijze het welvaartseffect te bepalen van verschillende ingrepen in het watersysteem, zoals klimaatverandering, aanpassing van de waterverdeling onder droogte, adaptatie door gebruikers en investeringen in wateraanvoer. Hiermee is de methodiek een verbetering ten opzichte van eerdere methodes. Wel vereist de methodiek veel gegevens en kennis die lang niet voor iedere gebruiksfunctie nu al beschikbaar zijn. Het was niet voorzien dat dit eerste jaar van het traject van het doorontwikkelen van de economische analyse voor zoetwater gelijk met het definitieve resultaat zou komen. Het is noodzakelijk op verschillende vlakken verder te werken aan toepassing van de methodiek om ontbrekende kennis en gegevens aan te vullen. Hoofdstuk 8.2 doet daar een eerste voorzet voor.

2. Kunnen er schadecurves worden opgesteld voor de verschillende gebruiksfuncties van zoetwater?

Schadecurves zijn opgesteld voor verschillende gebruiksfuncties, zoals scheepvaart (Hoofdstuk 3), landbouw (Hoofdstuk 6 en 7) en bodemdaling (Hoofdstuk 7). Het bleek noodzakelijk om verschillende aannames te doen om leemtes in kennis over dosis-effect relaties te ondervangen.

3. Hoe kunnen prijseffecten en adaptatie worden meegenomen bij het inschatten van het welvaartseffect?

Prijseffecten zijn alleen relevant voor de gebruiksfuncties waar een goed functionerende markt voor bestaat. Dit geldt in deze studie alleen voor de gebruiksfuncties scheepvaart (Hoofdstuk 3) en Landbouw (Hoofdstuk 6). Prijseffecten worden in de methodiek meegenomen in kwadrant 3 (relatie tussen fysiek en economisch effect).

Adaptatie speelt vooral op de lange termijn een rol. Bijvoorbeeld, als een boer zich aanpast aan klimaatverandering door extra waterberging aan te leggen heeft dit potentieel invloed op het economisch effect van droogte. In dat geval kan het effect van adaptatie in de methodiek meegenomen worden als een maatregel, die de curves voor het fysieke effect (kwadrant 2) en het economische effect (kwadrant 3) doen veranderen. Hiermee kan het effect van adaptatie op de verandering van de jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect berekend worden. In deze studie is hier nog geen aandacht aan besteed.

4. Hoe kunnen de baten van peilbeheer worden bepaald?

In de casestudie voor Rijnland (Hoofdstuk 7) zijn de baten van peilbeheer onderzocht. Deze blijken vooral gelegen in het tegengaan van bodemdaling en de gevolgen daarvan voor de uitstoot van broeikasgassen, het waterbeheer en het onderhoud van infrastructuur (vooral riolering). Op basis hiervan is het welvaartseffect van peilbeheer bepaald. Overigens lijkt de stabiliteit van veenkaden alleen in het geding bij een extreme verlaging van het boezempeil. Daarom is het voorkomen van schade aan veenkades niet meegenomen als één van de baten van peilbeheer.

De methodiek is in deze studie toegepast op vier sectoren en een regionale casestudie. De methodiek lijkt opschaalbaar naar andere gebruiksfuncties en naar grotere geografische eenheden. Het einddoel is om komende jaren tot een toepasbare methodiek te komen die gebruikt kan worden bij de besluitvorming rondom het voorzieningenniveau in 2021. Met de methodiek kunnen de baten van maatregelen en verschillende voorzieningenniveaus worden berekend door de verandering in jaarlijkse verwachtingswaarde (van het economisch effect) voor verschillende gebruiksfuncties bij elkaar op te tellen. Samen met de kosten van deze maatregelen kunnen er afwegingen worden gemaakt tussen maatregelen. Voor de voorzieningenniveaus kunnen de totale jaarlijkse verwachtingswaarde voor verschillende voorzieningenniveaus worden berekend. Vervolgens kunnen deze worden afgewogen. Hiervoor dienen alle relevante gebruiksfuncties in Nederland in samenhang te worden beschouwd. De verwachting is dat dit met deze methodiek mogelijk is. Wel blijkt uit deze eerste fase dat het resultaat zal afhangen van de kwaliteit van beschikbare kennis en informatie met betrekking tot de eerste drie kwadranten in de methodiek: frequentieverdeling van de relevante droogte parameter, dosis-effect relatie en economische waardering van het droogte effect. Daarnaast vereisen de koppeling tussen het regionale watersysteem en het hoofdwatersysteem en de verdeling van water tussen verschillende regio's specifieke aandacht in een nationale toepassing.

8.2 Aanbevelingen

Methodiek

Aanbevolen wordt als eerste stap in een mogelijk vervolg een inventarisatie uit te voeren van de kennisleemten en een schatting te doen van het effect van de aannames met betrekking tot deze kennisleemte op de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van het eindresultaat.

Bij de inventarisatie kan ook voor iedere kennisleemte een grove raming opgenomen worden van de vereiste inspanning om de kennis en informatie aan te vullen en zo het eindresultaat meer betrouwbaar en nauwkeurig te maken. Deze inventarisatie kan duidelijk maken wat er nu van de resultaten verwacht kan worden en hoeveel inspanning noodzakelijk is om het resultaat verder te brengen, zodat het als onderbouwing van beleidsbeslissingen met betrekking tot maatregelen en het voorzieningenniveau kan dienen in 2021. Ook kan deze inventarisatie als uitgangspunt dienen voor het bepalen van onderzoeksprioriteiten.

Wat betreft de verdere ontwikkeling en toepassing van de methodiek kan in verschillende richtingen gedacht worden:

- Analyse van de nog ontbrekende gebruiksfuncties, zoals industrie en stedelijk gebied;
- Verdieping van de in deze studie geanalyseerde gebruiksfuncties scheepvaart, landbouw, drinkwater en natuur;
- Een casestudie in een nieuw type gebied, zoals Hoog Nederland;
- Verdieping van de nu uitgevoerde case studie voor Rijnland; en/of
- Uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse om de invloed van de kennis, informatie en aannames op de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van het eindresultaat te kwantificeren.

De opschaalbaarheid van de methodiek kan het best getest worden door toepassing op nieuwe sectoren en een casestudie in een nieuw type gebied. Meer betrouwbare en nauwkeurigere resultaten zijn echter het meest kansrijk bij het verdiepen van de analyse van de huidige sectoren en casestudie. Dit is een principiële keuze die het best gemaakt kan worden na het uitvoeren van de inventarisatie van de kennisleemten.

Voor een breder draagvlak en verdere ontwikkeling van de methodiek is het noodzakelijk waterbeheerders en andere belanghebbenden te blijven betrekken bij het toepassen en aanpassen van de methodiek.

Scheepvaart

Voor de historische analyse van de gebruiksfunctie scheepvaart wordt aanbevolen de analyse te verdiepen door verschillende vervoersstromen, routes en scheepsgroottes apart te modelleren en dit te koppelen aan de toepassing van bijvoorbeeld het BIVAS scheepvaartmodel. Daarnaast zou het effect van een lagere waterstand op het brandstofgebruik en het varen via alternatieve routes nader onderzocht kunnen worden.

Drinkwater

Voor de historische analyse van de drinkwatervoorziening wordt aanbevolen een analyse van de welvaartseffecten van sluiting per inlaatpunt uit te voeren en hierbij ook de systeemwerking en de beschikbaarheid van buffers te beschouwen. Verder wordt aanbevolen per inlaatpunt de relatie te onderzoeken tussen de waterbeschikbaarheid en het optreden van overschrijdingen van normconcentraties voor chloride en verontreinigende stoffen. Beide punten vereisen gedetailleerde informatie, die voor deze studie niet beschikbaar was. Het integreren van informatie van KWR en de drinkwaterbedrijven kan hier tot betere resultaten leiden. Het is echter ook denkbaar dat extra monitoring van belangrijke parameters, zoals kosten bij sluiting, noodzakelijk is voor een verdere verdieping van de gepresenteerde analyse.

Natuur

Aanbevolen wordt om de effecten van droogte beter in beeld te brengen. Dat kan enerzijds door meer regie op de documentatie van effecten van droogte op natuur en anderzijds door het verbeteren van de koppeling tussen hydrologische modellen en natuur-effectmodellen (in samenwerking met het Project Waterwijzer Natuur). Hiermee wordt meer inzicht verkregen in de ordegrrootte van de effecten van incidentele droogtes op de natuur. Daarnaast wordt aanbevolen om methodes die de welvaartseffecten van droogte kunnen kwantificeren door te ontwikkelen. De ecosysteemdiensten aanpak kan in een volgende fase worden getest in een bijeenkomst met belanghebbenden waarin een selectie kan worden gemaakt van de meest door droogte beïnvloede ecosysteemdiensten. Ook kan een korte inventarisatie worden gemaakt van de kosten en effecten van anti-verdrogingsmaatregelen. Vervolgens kan de meest bruikbare methodiek worden geselecteerd. Op basis van meer historische informatie en een betere inventarisatie van de effecten op ecosysteemdiensten kan de vraag worden beantwoord of het verwachte (economisch) effect van droogte op ecosysteemdiensten substantieel genoeg is om mee te nemen in de kwadrantenmethodiek. Bij voorkeur wordt de inspanning in 2016 vooral gericht op de natuur die voorkomt in de case studie die in dat jaar wordt opgepakt.

Landbouw

Voor de verdere economische waardering van de landbouwschade is een verdere ontwikkeling van de sociaaleconomische context voor welvaartseffecten van belang. De resultaten hiervan zouden mogelijk gecombineerd kunnen worden met de verdieping van de analyse van prijseffecten en verbreding tot meer gewassen en uitsplitsing van gewasgroepen aansluitend op het economisch belang.

Casestudie

Voor vervolgonderzoek kan een keuze gemaakt worden tussen het verdiepen van de casestudie voor Rijnland of het uitvoeren van een aanvullende case studie in een nieuw type gebied. In het laatste geval kan gedacht worden aan een casestudie op de Hoge Zandgronden in Oost- of Zuid-Nederland. Doel van deze casestudie zou kunnen zijn om de gehele methodiek toe te passen en te testen in andere omstandigheden. De methodiek kan verder worden ontwikkeld ten aanzien van randvoorwaarden om te komen tot nauwkeurige en betrouwbare resultaten en inschatting van onzekerheidsmarges. Daarnaast kan worden gekeken hoe omgegaan kan worden met verdelingseffecten.

Achtergrondrapport: Economische analyse van de zoetwatervoorziening in Nederland

Ontwikkeling van een economisch instrumentarium om de risico's van watertekorten te bepalen.

Deltares, Stratelligence, LEI

1 Methodiek economische analyse zoetwatervoorziening

Dit hoofdstuk:

- Beschrijft een nieuwe methodiek waarmee de effecten en baten van zoetwatermaatregelen in beeld kunnen worden gebracht.
- Operationaliseert risicobenadering door risico uit te drukken in jaarlijkse verwachtingswaarde (frequentie van watertekorten * het economische effect van watertekorten)
- Laat met het kwadrantenschema de stappen zien die nodig zijn om tot een jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect te komen.

1.1 Inleiding

1.1.1 Doel methodiek

Dit hoofdstuk beschrijft de opzet van een werkbare methodiek waarmee de effecten en baten van zoetwatermaatregelen beter in beeld kunnen worden gebracht. Momenteel bestaat er in Nederland nog geen algemeen toepasbare methodiek. Met de ontwikkeling van de methodiek wordt bijgedragen aan de afweging van zoetwatermaatregelen en de economische beoordeling van projectalternatieven en voorzieningenniveaus voor verschillende gebruiksfuncties.

Op lange termijn dient de methodiek toepasbaar zijn om de baten van maatregelen af te wegen op zowel de korte als lange termijn als op lokale en nationale schaal.

1.1.2 Aanpak, uitgangspunten en afbakening

De methodiek is gebaseerd op een risicobenadering, zoals ook toegepast bij de evaluatie van overstromingsrisico's. Een risicobenadering bleek voor overstromingen een goed uitgangspunt voor beleid (CPB, 2011). Alhoewel droogte een andere soort risico's met zich meebrengt dan overstromingen, lijkt ook bij droogte een risicobenadering kansrijk om de schade door droogte beter in te kunnen schatten. Droogte heeft verschillende definities, in dit rapport verstaan we onder droogte een watertekort als gevolg van beperkte beschikbaarheid en/of kwaliteit (chloride/temperatuur/giftige stoffen) van water.

Een belangrijk uitgangspunt is dat de methodiek inzicht verschaft in de welvaartseffecten van watertekorten. Gefocust wordt op het in beeld brengen van de nationale welvaartseffecten.

De methodiek kan in principe worden toegepast op elke gebruiksfunctie van zoetwater. Hiervoor is naast de kans op watertekorten er voor elke gebruiksfunctie informatie nodig over de (1) dosis-effect relaties en de (2) nationale welvaartseffecten van watertekorten. In dit rapport wordt de methodiek verder uitgewerkt voor de gebruiksfuncties: Scheepvaart (H3), Drinkwatervoorziening (H4), Natuur (H5) en Landbouw (H6).

Daarnaast wordt in de casestudie de methodiek beschreven voor de gebruiksfunctie peilbeheer (H7) (o.a. bodemdaling). De methodiek wordt nog niet uitgewerkt voor de overige gebruiksfuncties van zoetwater, zoals industrie en stedelijk gebied.

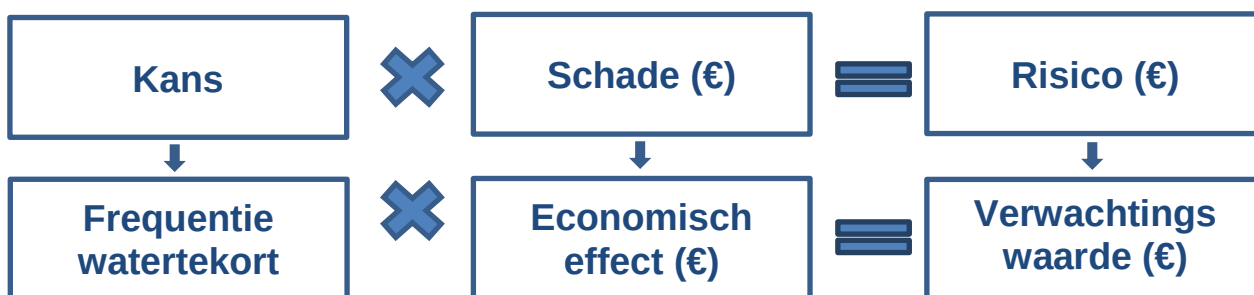
1.1.3 Leeswijzer

In dit document wordt de opzet van de algemene methodiek beschreven en de benodigde stappen toegelicht om tot een welvaartsanalyse voor zoetwatermaatregelen te komen. Paragraaf 1.2 illustreert de kern van de methodiek. Paragraaf 1.3 beschrijft de opzet van de methodiek. In paragraaf 1.4 wordt beschreven hoe de methodiek gebruikt kan worden om het toekomstig risico te bepalen. Paragraaf 1.5 geeft een indicatie hoe met de uitkomsten van de methodiek een kosten-baten analyse kan worden uitgevoerd.

1.2 Beschrijving algemene methodiek

De kern van de ontwikkelde methodiek is een risicobenadering. In een standaard risicobenadering wordt het 'risico' uitgedrukt in verwachte (maatschappelijke monetaire) schade per jaar, opgedeeld in 'kans van optreden' en 'schade' (eerste trits Figuur 1.1). Om de methodiek toepasbaar te maken voor situaties met watertekorten is de standaardterminologie aangepast (tweede trits Figuur 1.1). Onder kans verstaan we binnen deze studie de frequentie van watertekort voor een gebruiksfunctie. Deze frequentie wordt gebaseerd op historische hydrologische tijdreeksen.

Schade wordt vertaald in economisch effect. Dit zijn de in monetaire waarde uitgedrukte gevolgen van droogte, waarbij het effect wordt gezien als de (doorgaans negatieve) afwijking van een referentie. Hoewel in de praktijk het economisch effect wordt berekend ten opzichte van een gemiddeld hydrologisch jaar, wordt voor het opstellen van schadecurves met een minimum en maximum aan schade gewerkt. De frequentie van watertekorten samen met het economisch effect geeft informatie over de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect. Vooral nog wordt aangenomen dat gebruikers risiconeutraal zijn. Dit is o.a. gebaseerd op het ontbreken van droogteverzekeringen in Europa¹.



Figuur 1.1: Basis Onderdelen risico bepaling & de vertaling naar risicobepaling in deze studie

1.3 Opzet methodiek

Verschillende gebruiksfuncties van zoetwater kunnen schade ondervinden door watertekorten. We onderscheiden de volgende: Landbouw, Scheepvaart, Drinkwatervoorziening, Industrie, Wonen, Natuur, Veiligheid en Infrastructuur².

¹ Behalve in Polen ontbreken verzekeringen tegen droogte (CEA, 2011). Dit betekent dat gebruikers zich veelal niet extra indekken tegen extreme droogte. Dit impliceert dat er geen risico opslag nodig is voor extremere droogte gebeurtenissen.

² Recreatie, Visserij en Groenvoorziening zijn ook watergebruikers, maar maken in Nederland een zeer klein deel uit van de watervragers. In deze methodiek is ervoor gekozen deze gebruiksfuncties niet te behandelen.

Hoewel het effect van droogte op een gebruiksfunctie meestal negatief is, hoeven de welvaartseffecten voor Nederland niet altijd negatief te zijn. Een positief effect is mogelijk wanneer de negatieve welvaartseffecten (vooral) in het buitenland neerslaan. Als prijzen stijgen en producenten zich vooral in Nederland bevinden en de consumenten vooral in het buitenland kan dit zorgen voor een positief welvaartseffect in Nederland (zie Tekstbox 1.1).

Zoals in Tekstbox 1.1 wordt toegelicht zal een producent door verkleining van het aanbod (door watertekorten) zijn verlies zoveel mogelijk proberen af te wentelen op de consument door de prijs te verhogen. Tussen gebruiksfuncties bestaan echter verschillen in de mate waarin prijsafwenteling mogelijk is. Niet in alle gevallen is er een markt waarop prijsvorming plaatsvindt. Ook kan de markt gereguleerd zijn. Dit geldt bijvoorbeeld voor de gebruiksfuncties drinkwatervoorziening, veiligheid en natuur. Voor deze sectoren zorgt een watertekort altijd voor een negatief nationaal welvaartseffect. Commerciële sectoren gekoppeld aan een markt waarin prijsvorming plaatsvindt, zullen vaker te maken hebben met prijsafwenteling. Wanneer deze sectoren een deel van hun productie exporteren (landbouw) of deels in buitenlandse handen zijn (scheepvaart, industrie) kan het nationaal welvaartseffect positief uitvallen.

Tekstbox 1.1: toelichting prijseffecten en verdeling van welvaartseffecten consumenten en producenten**Verdeling welvaartseffecten**

Het welvaartseffect van droogte voor consumenten (verandering consumentensurplus) en producenten (verandering producentensurplus) van een bepaald product hangt af van veranderingen in de hoeveelheid (Q) en de marktprijs (P). Dit illustreren we aan de hand van een voorbeeld.

Een aardappelproducent heeft een opbrengst Q_0 die hij tegen een prijs P_0 verkoopt. Door droogte kan de aardappelopbrengst afnemen van Q_0 tot Q_1 .

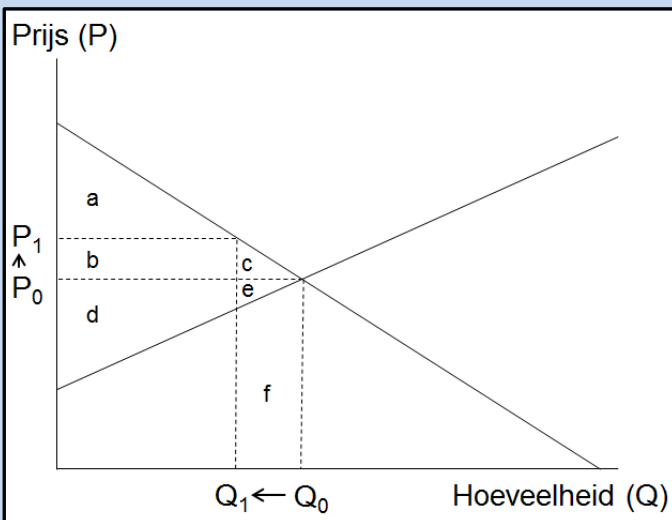
De producent zal dit verlies zoveel mogelijk proberen af te wentelen op de consument door een hogere prijs, P_1 , te vragen. Hierdoor wordt het negatieve welvaartseffect voor de producent deels gecompenseerd (oppervlak B). De mate waarin de prijs kan worden aangepast, hangt af van de elasticiteit van de vraag en het aandeel van de Nederlandse aardappelproducenten in de wereldmarkt.

Door droogte verandert het producentensurplus van de aardappelproducent. In dit voorbeeld is dit een verandering van (oppervlaktes D+E) naar (oppervlaktes B+D). De schade voor de producent is dan oppervlakte E eventueel aangevuld met oppervlakte F. Oppervlakte F is onderdeel van de schade indien er investeringen zijn gedaan die door droogte niet verzilverd kunnen worden (bijvoorbeeld een verloren aardappelooft).

De consument zal aardappelen kopen tegen een hogere prijs (oppervlak B) en zal minder aardappelen afnemen (oppervlak C). Het welvaartseffect voor de consument is dus: $-B - C$ waarbij C wordt berekend met de formule $\frac{1}{2} * (Q_0 - Q_1) * (P_0 - P_1)$. Dit wordt ook wel het verlies aan consumentensurplus genoemd.

Voor de nationale welvaart maakt het niet uit of het verlies bij de producent of de consument terecht komt. Het verlies aan nationale welvaart bij een volledige nationale markt wordt gevonden door het producenten- en consumentensurplus bij een droogte af te trekken van het producenten- en consumentensurplus zonder droogte. In dit voorbeeld is het nationale welvaartsverlies de oppervlaktes C+E eventueel aangevuld met oppervlakte F.

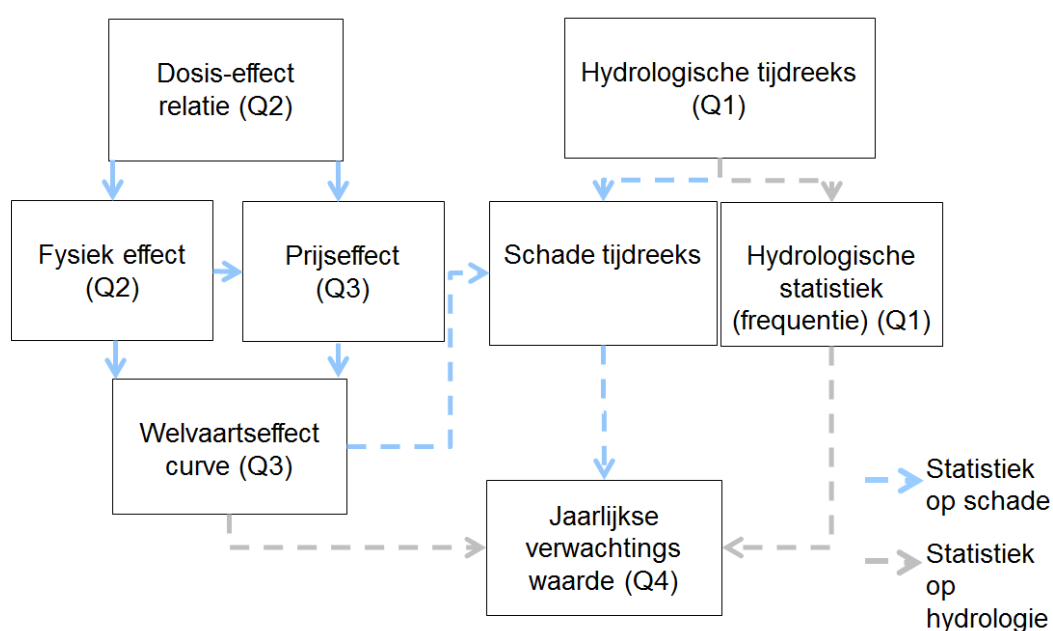
Van belang is het percentage van de opbrengst dat aan het buitenland wordt verkocht. Voor dit deel van de afzet geldt dat de schade die op de (buitenlandse) consument wordt afgewenteld het netto welvaartsverlies voor Nederland verkleint. Het welvaartsverlies voor de Nederlandse consument is immers kleiner en voor de producent blijft het welvaartseffect gelijk. Als de producenten in buitenlandse handen zijn, betekent dit ook dat een deel van de welvaartseffecten worden geëxporteerd.



Illustratie welvaartseffecten van droogte

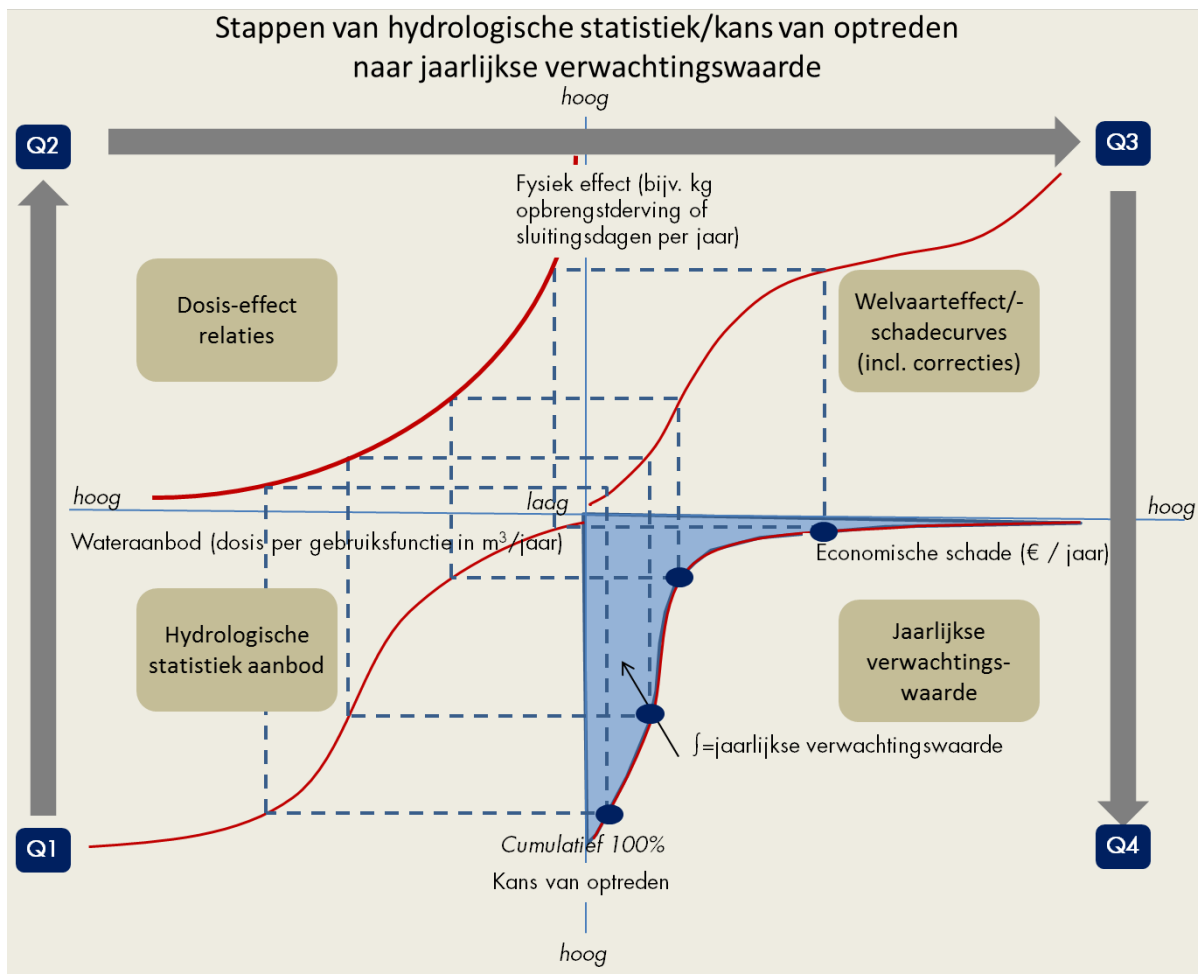
De nationale welvaartseffecten van zoetwatermaatregelen worden bepaald aan de hand van de jaarlijkse verwachtingswaarde. Om deze te verkrijgen worden een aantal stappen doorlopen. Figuur 1.2 geeft de stappen op hoofdlijnen weer. De rechterkant van figuur laat de stappen zien om tot een bepaling van een kans op watertekorten (per gebruiksfunctie) te komen. In de linkerkant van de figuur wordt de kwetsbaarheid van de gebruiksfuncties vastgesteld met als resultaat het economisch effect van bepaalde mate van watertekorten. Om de verwachtingswaarde te bepalen kan met behulp van een historische tijdreeks de frequentie van watertekorten worden doorgerekend. Een alternatief is om eerst een schade tijdreeks door te rekenen en vervolgens de verwachtingswaarde te bepalen. Verwacht wordt dat dit in essentie geen andere resultaten oplevert. Aan de hand van de beschikbare data zal per gebruiksfunctie worden gekozen om statistiek op schade te bepalen of op de hydrologische tijdreeks.

Opzet methodiek



Figuur 1.2: Hoofdlijnen methodiek

De methodiek wordt verder geïllustreerd aan de hand van een grafiek met vier kwadranten (Figuur 1.3). Met de kans op watertekorten (Q1), dosis-effect relaties (Q2) en het economische effect (Q3) kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect (Q4) worden berekend als het oppervlak onder de frequentieverdeling. Voor elke gebruiksfunctie kunnen deze kwadranten worden doorlopen. In de praktijk zal het niet altijd mogelijk zijn om de kwadranten uit elkaar te halen meestal doordat kwadrant 1 en 2 geïntegreerd zijn in modellen. Het kwadrantenschema kan in deze gevallen helpen om de stappen transparant te maken.



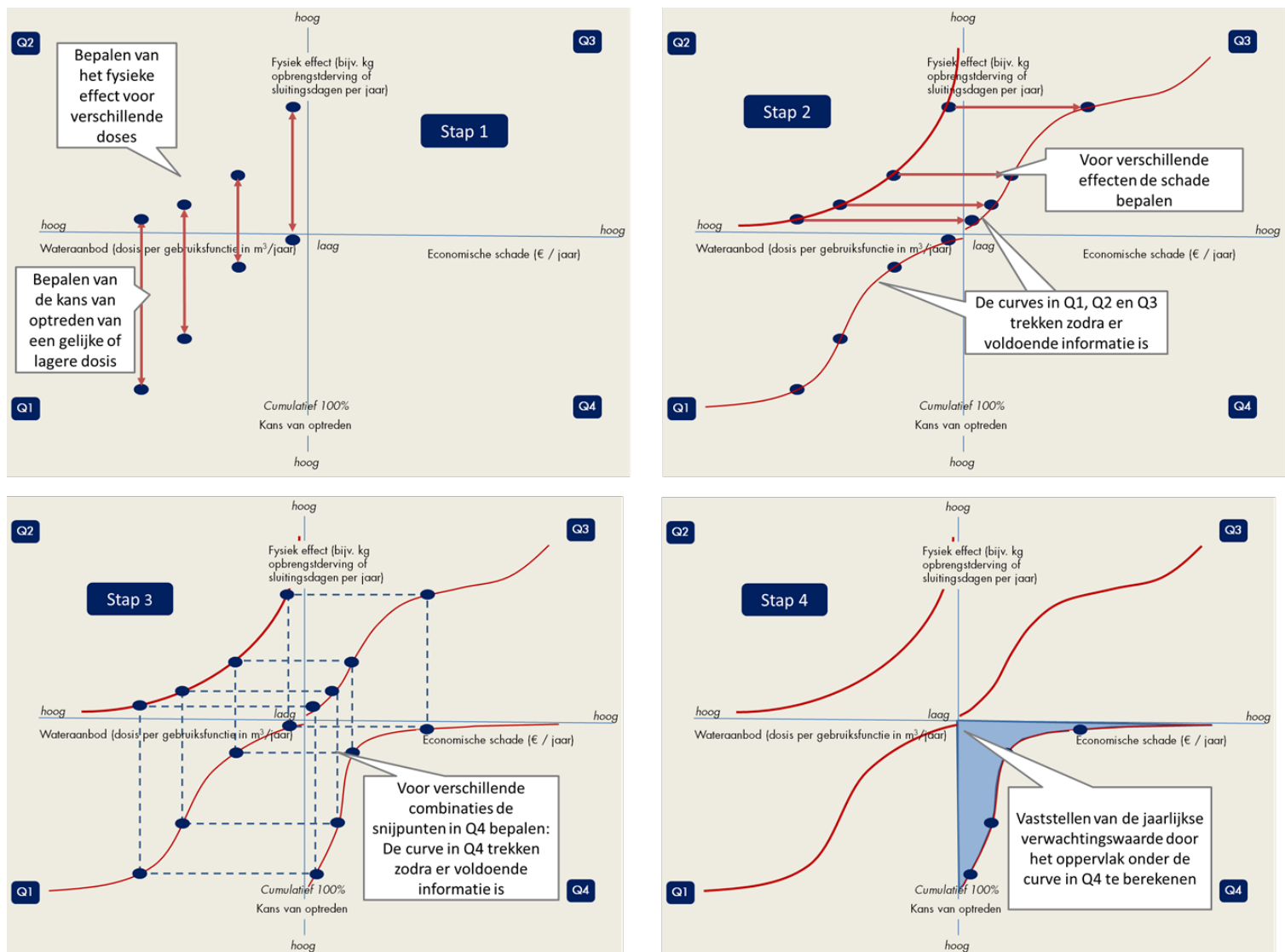
Figuur 1.3: Methodiek op hoofdlijnen uitgebeeld in kwadranten (proces loopt van Q1 naar Q4)

Het schema kent vier kwadranten:

1. **Kwadrant 1 (Q1):** frequentieanalyse van wateraanbod per gebruiksfunctie gebaseerd op historische hydrologische tijdreeksen. Als het wateraanbod voldoende is voor de maximale vraag is het exacte verloop van de curve bij situaties met een groter aanbod minder relevant (m.u.v. bijvoorbeeld vernattingschade). Voor de meeste gebruiksfuncties zal één hydrologische parameter niet voldoende zijn om de dosis-effect relatie in te kunnen schatten. In de meeste gevallen zal het gaan om een kwantiteitparameter en een tijdparameter. Het uiteindelijke effect is afhankelijk van beide parameters. Bijvoorbeeld voor de gebruiksfunctie landbouw bepaalt de mate van het vochttekort in de bodem samen met de duur van het vochttekort en het moment van de droogte in het jaar het effect op de oogst. Hiervoor is meer hydrologische informatie nodig dan alleen de frequentie van wateraanbod per jaar. Modellen als NHI kunnen deze gegevens leveren.

2. Kwadrant 2 (Q2): fysieke effect van een beperking van het wateraanbod per gebruiksfunctie. Per gebruiksfunctie kan ook sprake zijn van één of meerdere beperkingen in het wateraanbod (bijv. temperatuur, chloridegehalte en volume). Ook kan het effect afhankelijk zijn van meerdere parameters. De dosis-effect relaties drukken per gebruiksfunctie de grootte van het effect van een bepaalde mate van droogte op de betreffende gebruiksfunctie uit. Bijvoorbeeld, binnen de landbouw de gewasopbrengstderving (kg) bij een bepaalde waterbeschikbaarheid (m^3/jr), of voor de scheepvaart de werkelijke beladingsgraad op de Rijn en Waal bij een bepaalde vaardiepte (h). Droogte levert niet bij elke gebruiksfunctie een fysiek effect op dat direct door kan worden vertaald in een welvaartseffect. Soms zijn hiervoor een aantal tussenstappen nodig. Bijvoorbeeld voor de drinkwatervoorziening moet eerst de vertaling van waterstand naar chloridegehalte worden gemaakt voordat dit kan worden gerelateerd aan een economisch effect. Door modellen te gebruiken worden deze tussenstappen overgeslagen en kan o.a. ook de sequentie van droogte worden meegenomen.
3. Kwadrant 3 (Q3): welvaartscure per gebruiksfunctie voor de fysieke effecten. Deze curve drukt per gebruiksfunctie het welvaartseffect uit ten opzichte van de fysieke effecten. Daarmee is de welvaartscure indirect gerelateerd aan de mate van beperking van het wateraanbod (de 'dosis'). Voor de berekening van deze welvaartscure worden meerdere deelstappen uitgevoerd:
- de waardering van het directe fysieke effect bij gelijkblijvende prijzen (blokje A+B+C+D in Tekstbox 1.1);
 - de bepaling van het prijseffect; Dit is een correctie van het welvaartseffect door prijsaanpassing. Bij een lager aanbod landbouwproducten zullen prijzen doorgaans stijgen, afhankelijk van de marktomstandigheden. Voor de producenten/de boeren kan het verlies onder 3a deels goedgemaakt worden door hogere prijzen, maar consumenten zullen meer gaan betalen en een nadeel ondervinden. Als zowel de producenten als consumenten Nederlands zijn, is de nationale welvaart gelijk aan blokje A+B+D in Tekstbox 1.1.
 - De correctie van het welvaartseffect voor grensoverschrijdende effecten. Als bijvoorbeeld een deel van de landbouwproducten voor de export bedoeld is, dan valt niet het hele nadeel onder de *nationale* welvaartseffecten. Bij een 50-50 verdeling hoeft de helft van het verlies aan consumentensurplus niet meegeteld te worden.
 - Tot slot wordt gekeken naar een correctie voor indirecte effecten, indien deze en additioneel zijn (in geval sprake is van marktimperfecties op deze markten die worden verminderd; dit lijkt niet echt voor de hand te liggen) en indien deze met enige zekerheid kunnen worden bepaald.
4. Kwadrant 4 (Q4): jaarlijks verwachtingswaarde van de economische schade (gemiddeld welvaartseffect). De frequentie van watertekorten en het economisch welvaartseffect komen samen in dit kwadrant. Alle correcties voor prijs-, grensoverschrijdende en indirecte effecten zijn hierin verwerkt. De jaarlijkse verwachtingswaarde is het oppervlak onder de curve. Hiervoor zijn voldoende punten op de schadefrequentie-curve nodig.
- Meestal zal de curve opgesteld worden op basis van modelresultaten voor een langere periode van bijvoorbeeld 50 jaar.
- De curve is als volgt geconstrueerd.
- Eerst zijn voor verschillende aanbodsituaties of doses de bijbehorende kans van optreden bepaald in Q1 en het fysieke effect in Q2 (zie stap 1, Figuur 1.4)

- b. Voor de verschillende fysieke effecten bestaat stap 2 in Figuur 1.4 uit het bepalen van de economische schade en het trekken van curves door de punten in Q1, Q2 en Q3.
- c. Voor de verschillende combinaties van punten stellen we het overeenkomstige punt in Q4 vast (zie stap 3, Figuur 1.4) en schatten we de curve. Punten die op de curve in Q4 moeten liggen, volgen uit het kruispunt van de lijnen uit Q1 en Q3.
- d. Tot slot moet in stap 4 het oppervlak onder de curve in Q4 berekend worden (frequentie tekort x economische schade). Dit is gelijk aan de jaarlijkse verwachtingswaarde.



Figuur 1.4: Methodiek om in vier stappen de verwachtingswaarde van het economisch effect vast te stellen.

1.4 Effecten van veranderende omstandigheden op de nationale welvaart

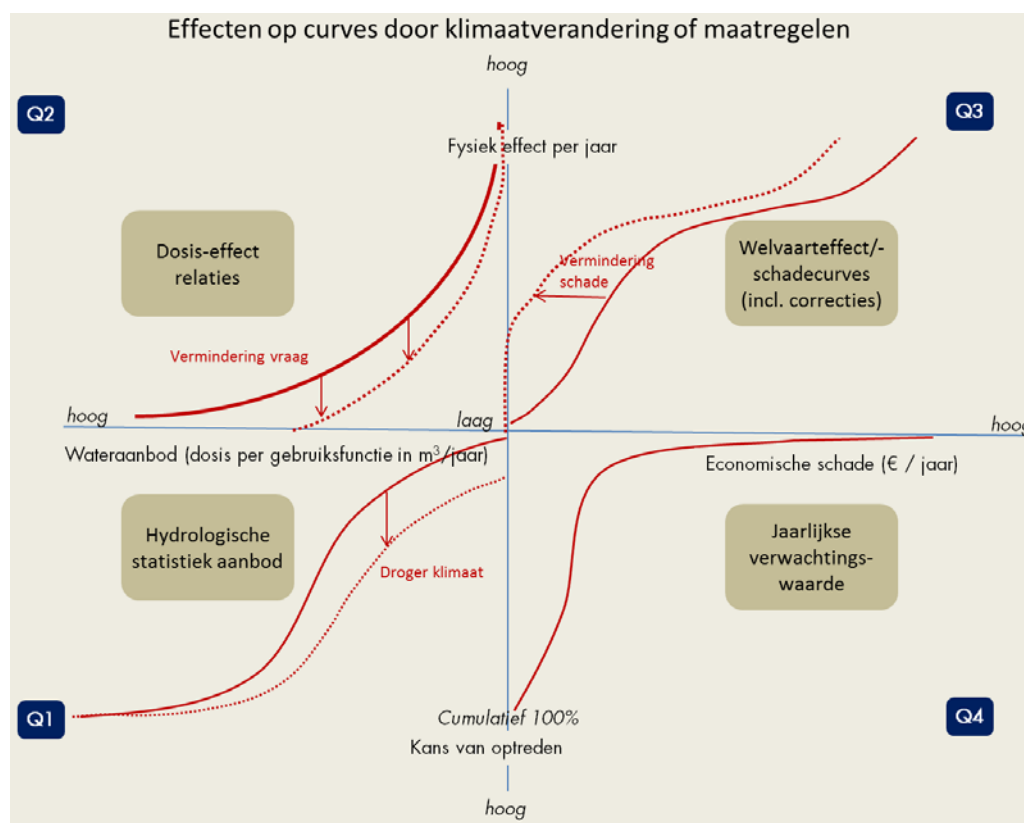
De toekomstige jaarlijkse verwachtingswaarde o.b.v. de risicobenadering kan worden beïnvloed door externe factoren. Klimaatverandering heeft mogelijk effect op het aantal en de lengte van periodes met een verminderd wateraanbod.

Hierdoor verandert de hydrologische tijdreeks en daardoor ook de kans van optreden op een bepaald wateraanbod (kwadrant 1, in Figuur 1.5).

Naast klimaatverandering kunnen ook sociaaleconomische veranderingen en maatregelen effect hebben op de kwadranten. Bijvoorbeeld door grootschalige aanleg van druppelirrigatie schuift de curve in kwadrant 2 naar beneden. De effecten van maatregelen op de schadecurves worden vooral zichtbaar in kwadrant 3. Indien een maatregel ervoor zorgt dat bij eenzelfde fysiek effect minder economische schade optreedt, schuift de schadecurve naar links (kwadrant 3, Figuur 1.5).

Als een of meer van de curves veranderen, dan verandert de jaarlijkse verwachtingswaarde:

- in Q1 door klimaatverandering, of door veranderingen in aanvoer,
- in Q2 door vraagbeïnvloedende maatregelen of lange termijn sociaaleconomische ontwikkelingen of,
- in Q3 door autonome of adaptatiemaatregelen.



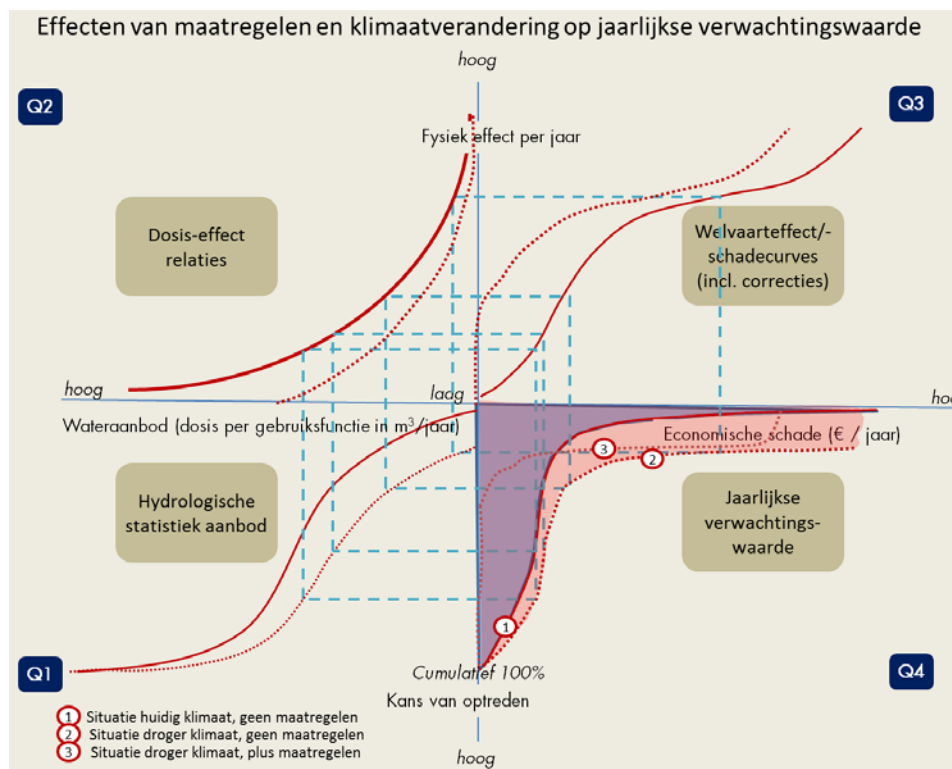
Figuur 1.5: Methodiek met effecten van klimaatverandering, autonome ontwikkelingen en adaptatiemaatregelen op curves.

Met deze methodiek kunnen we de gemiddelde verwachtingswaarde op basis van de risicobenadering bepalen voor verschillende situaties.

- (1) Bepalen van de gemiddelde verwachtingswaarde onder de huidige situatie; Dit is geïllustreerd met de stappen in Figuur 1.4 en getoond met situatie 1 in Figuur 1.6.

- (2) Bepalen van de toekomstige gemiddelde verwachtingswaarde zonder klimaatverandering maar met autonome en sociaaleconomische ontwikkeling en maatregelen die gevoeligheid voor schade en vraag beïnvloeden; In dit geval verschuift de lijn in Q1 niet, maar wel in Q2 en Q3 en daarmee ook Q4.
- (3) Bepalen van de toekomstige gemiddelde verwachtingswaarde met klimaatverandering, en autonome en sociaaleconomische ontwikkeling, maar zonder adaptatie; In dit geval verschuift de lijn in Q1, en blijven de lijnen in Q2 en Q3 gelijk ten opzichte van de vorige situatie (2). Door aanpassing van de curve in Q1 verandert de gemiddelde verwachtingswaarde in Q4 wel. Situatie 2 in Figuur 1.6 laat dit effect zien.
- (4) Bepalen van de toekomstige gemiddelde verwachtingswaarde met klimaatverandering en autonome en sociaaleconomische ontwikkeling, met adaptatiemaatregelen; Adaptatiemaatregelen laten de curves in Q2 en Q3 verschuiven t.o.v. de vorige situatie. De gemiddelde verwachtingswaarde verandert daardoor. Situatie 3 in Figuur 1.6 laat dit effect zien.

In de hierboven beschreven situaties wordt onderscheid gemaakt tussen autonome ontwikkeling en adaptatie. Onder autonome ontwikkeling valt het bestaande beleid, voorgenomen maatregelen en kleinere ingrepen die het probleem deels oplossen of mitigeren (Romeijn & Renes, 2013). Sociaaleconomische ontwikkelingen zijn lange termijn ontwikkelingen binnen de maatschappij, zoals bevolkingsgroei, urbanisatie en groei van het BNP. Onder adaptatie vallen in deze methodiek de maatregelen die worden genomen als voorbereiding of reactie op klimaatverandering.

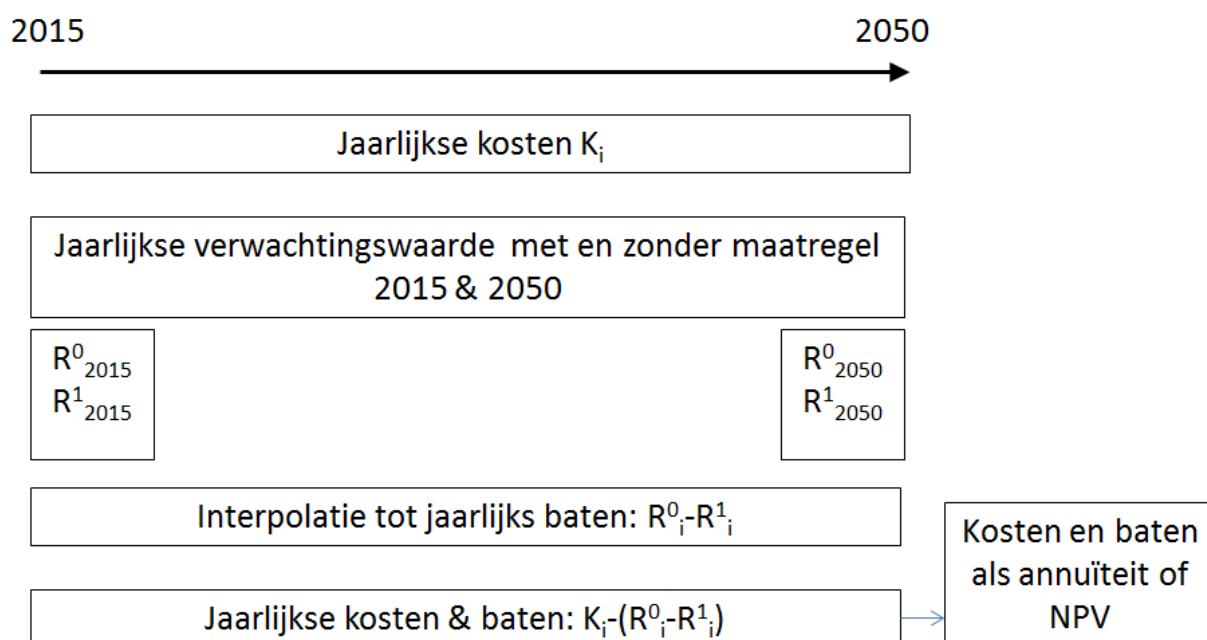


Figuur 1.6: Methodiek met illustratie van effecten van klimaatverandering, autonome ontwikkelingen en adaptatiemaatregelen op de verwachtingswaarde

1.5 Kosten en baten van maatregelen

De hiervoor beschreven methodiek geeft de meeste ingrediënten voor het doorrekenen van kosten en baten van zoetwatermaatregelen. Figuur 1.7 illustreert hoe met de jaarlijkse verwachtingswaarde (bepaald met de kwadranten) een kosten en baten analyse kan worden uitgevoerd. Bijvoorbeeld, een zoetwatermaatregel wordt geïmplementeerd in 2015 en heeft een levensduur van 30 jaar. In 2015 wordt er geïnvesteerd, verder zijn er tot 2045 jaarlijks kosten voor beheer en onderhoud. De baten worden berekend door de verwachtingswaarde van het economisch effect van de verschillende gebruiksfuncties door te rekenen met en zonder maatregel. Dit wordt eerst bepaald voor de jaren 2015 en 2050. Vervolgens wordt de gemiddelde verwachtingswaarde geïnterpoleerd voor de tussenliggende jaren. Om de baten tot 2045 uit te rekenen wordt de totale verwachtingswaarde van de schade (van alle gebruiksfuncties) met de maatregel (voor elk jaar tot 2045) afgetrokken van de verwachtingswaarde van de schade zonder de maatregel (voor elk jaar tot 2045). Vervolgens worden de baten verdisconteerd of worden ze uitgedrukt in annuïteiten. Het kosten-baten saldo kan worden uitgedrukt als annuïteit of als 'net present value'. Indien er veel discussie is over de referentie situatie kan er ook voor gekozen worden de totale (verdisconteerde) kosten van de maatregel op te tellen bij de totale (verdisconteerde) schade. De maatregel met de laagste totale kosten is het economisch te prefereren alternatief. Het voordeel is dat het rendement van een maatregel niet afhankelijk is van de definitie van het nul-alternatief.

Interpolatie voor Kosten-Baten analyse



Figuur 1.7: Berekenen van kosten en baten van zoetwatermaatregelen met de methodiek (R = jaarlijkse verwachtingswaarde met (1) of zonder (0) maatregel voor alle relevante gebruiksfuncties, K =Kosten en NPV =Net Present Value)

De hiervoor beschreven methodiek werkt met de verandering van de gemiddelde verwachtingswaarde. In werkelijkheid is de opeenvolging van droge en natte jaren ook relevant en bepalend voor de verwachtingswaarde.

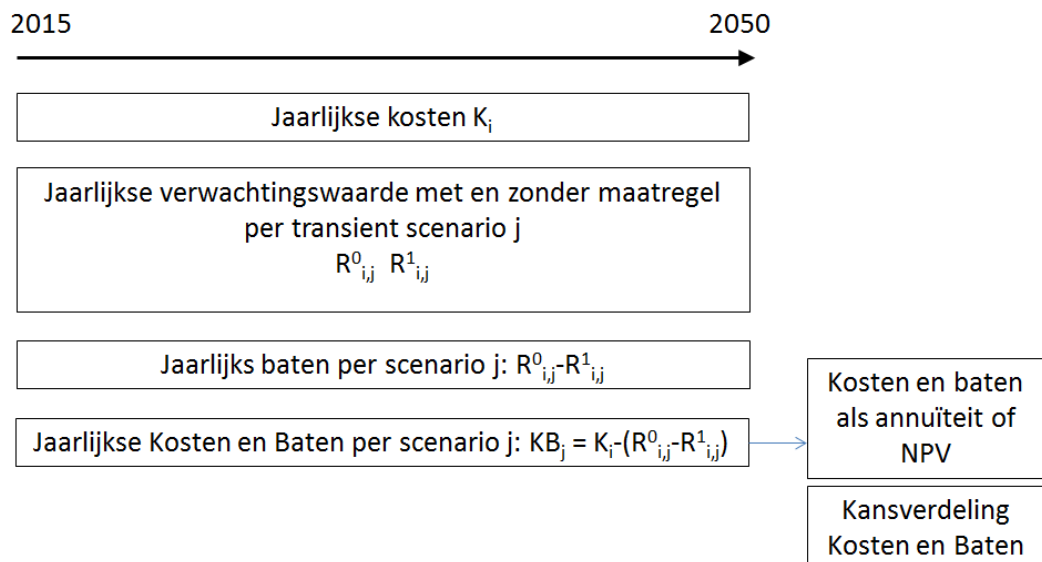
Transient scenario's zorgen voor inzicht hierin (zie Tekstbox 1.2). Het doorrekenen van transient scenario's met het NHI kost echter veel tijd, waardoor dit op korte termijn niet haalbaar is. Op de lange termijn is de doelstelling om over te gaan op transient scenario's. Echter kan dit alleen als er een werkbare hydrologische quick scan tool wordt ontwikkeld. Deltares verkent op dit moment de mogelijkheden van een desbetreffende tool.

Tekstbox 1.2: Uitleg transient scenario's

Transient scenario's

Schade en mate van adaptatie hangen af van de willekeurige opeenvolging van droge en natte jaren. Bijvoorbeeld droge jaren aan het begin van de tijdreeks hebben meer invloed op de economische schade dan droge jaren aan het einde van de tijdreeks. Deze invloed zal groter zijn bij een hogere discontovoet. Ook adaptatie is afhankelijk van deze opeenvolging. Boeren zullen eerder adaptatiemaatregelen nemen als het drie jaar achter elkaar droog is geweest, dan dat er natte jaren tussen de droge zitten (Van Duinen, 2015). Met transient scenario's wordt deze variatie meegenomen. De methodiek werkt als volgt. Uit een hydrologische tijdreeks worden willekeurige jaren getrokken en achter elkaar geplaatst. Dit wordt honderden keren gedaan met als resultaat transient scenario's. Vervolgens kan met behulp van de schadecurves voor elk transient scenario het risico worden doorgerekend. De verwachtingswaarde van de schade per scenario per jaar zijn de baten van een maatregel. Alle transient scenario's samen geven een kansverdeling van de schade.

Kosten-Baten analyse met transient scenario's



2 Historische analyse gebruiksfunctie scheepvaart

Dit hoofdstuk:

- Beschrijft de toepassing van de kwadrantenmethodiek op de gebruiksfunctie scheepvaart
- Beschrijft de markt, dosis-effectrelaties en mogelijke welvaartseffecten
- Concludeert dat de methodiek goed bruikbaar is, maar dat meer data nodig is om betrouwbare resultaten te verkrijgen.

2.1 Inleiding

Dit hoofdstuk heeft als doel het toepassen van de ontwikkelde methodiek op de gebruiksfunctie scheepvaart. Hiermee kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect voor de scheepvaartsector worden bepaald. Met het toepassen van de methodiek op scheepvaart kan de bruikbaarheid van de methodiek worden getest.

2.1.1 Aanpak, uitgangspunten en afbakening

Bij het bepalen van het droogterisico voor de scheepvaart beperken we de analyse tot de beroepsvaart op de Rijn en Waal en op de Maas. Deze rivieren dekken het grootste deel van de transportvolumes af en vertegenwoordigen zowel de effecten op gestuwde als ongestuwde rivieren. Overige rivieren en kanalen, net als de recreatievaart, blijven buiten beschouwing.³ Wel zal kort stil worden gestaan bij de effecten voor de passagiersvaart op de Rijn.

Voor de Rijn en Waal ligt de focus op het economisch effect van een beperkte vaardiepte. Voor de Maas gaat het om de verwachte toename van de wachttijden bij sluizen als bij lage afvoeren minder geschut wordt, om zo water te sparen en te voorkomen dat een probleem met lage vaardiepte ontstaat.

Op basis van literatuurstudie en analyse van historische data is eerst een conceptinvulling van de methodiek gemaakt. Door onder andere de historische beladingsgraden tegen de vaardiepte af te zetten, zijn de schadecurves bepaald nodig voor de methodiek. Via het doorlopen van dit proces, zal blijken of de methodiek praktisch toepasbaar is. Voor welke data ontbreekt nog informatie en moeten aannames gedaan worden? Welk eisen stelt de methodiek aan het type dosis-effect relaties dat kan worden meegenomen?

Vragen die voortkomen uit deze analyse zijn samen met de resultaten van het deskonderzoek voorgelegd aan een focusgroep bestaande uit scheepvaartexperts. Het doel van de focusgroep was aanvulling, toetsing en verfijning van de resultaten. Na afloop van de focusgroep is de notitie afgerond en zijn conclusies getrokken over de praktische toepasbaarheid. Ook heeft de analyse geleid tot aanbevelingen voor vervolg. In dit hoofdstuk worden nog geen bruikbare resultaten voor beleidsmakers opgeleverd.

³ Door de beperkte diepgang van recreatieschepen, zal dit segment naar verwachting nauwelijks last hebben van laag water. Toenemende wachttijden bij sluizen kunnen wel tot hinder leiden.

2.1.2 Leeswijzer

Paragraaf 2.1 geeft kort de aanleiding en het doel weer van het onderzoek en de notitie. Paragraaf 2.2 beschrijft de markt zoals we die als achtergrond voor de economische analyse hebben beschouwd. Paragraaf 2.3 gaat in op de dosis-effectrelatie van droogte (dosis) en op welke wijze we voorstellen de fysieke effecten daarvan te presenteren. Paragraaf 2.4 vertaalt de fysieke effecten in gemonetariseerde welvaartseffecten. Hierbij is, waar relevant, rekening gehouden met verdelingseffecten en prijseffecten. Paragraaf 2.5 brengt de resultaten samen en sluit af met de conclusies over de schadecurves en het gebruik van de kwadrantenmethodiek voor de scheepvaart. Daarnaast geeft deze paragraaf aanbevelingen voor verder onderzoek en vervolgstappen. In Bijlage A is een lijst met deelnemers aan de focusgroep opgenomen.

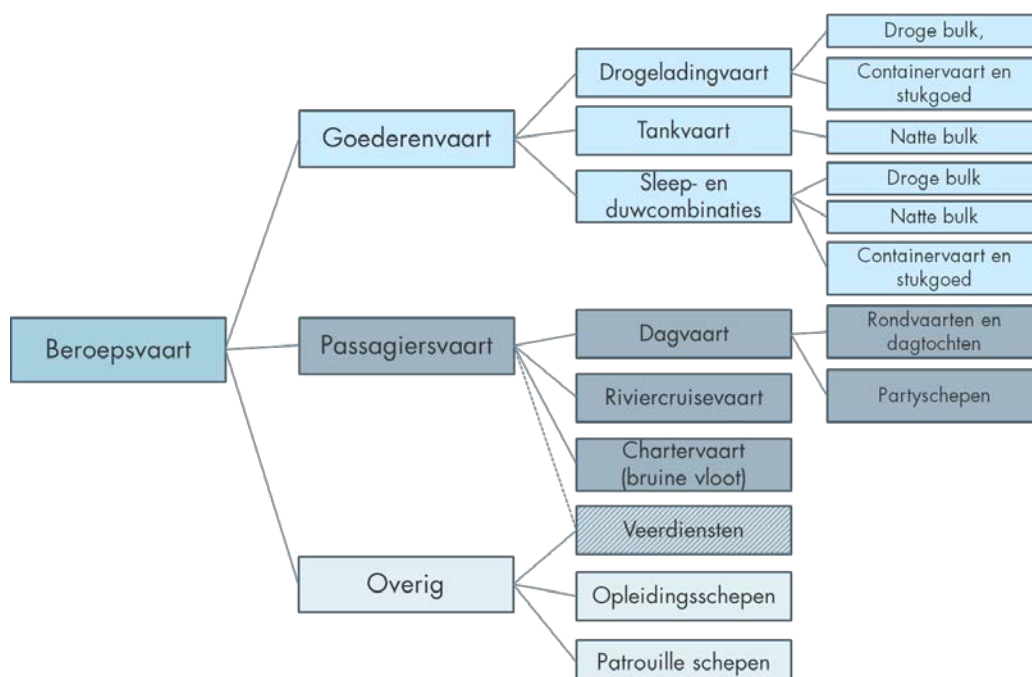
2.2 Marktbeschrijving

Deze paragraaf beschrijft aan de hand van literatuuronderzoek de Nederlandse binnenvaartsector. Eerst wordt de omvang van de sector in aantallen schepen en capaciteit gegeven. Vervolgens gaan we in op de belangrijkste routes en vervoerde goederen. De derde paragraaf licht de marktstructuur en de financiële situatie toe. Dit hoofdstuk sluit af met enkele trends en ontwikkelingen in de sector.

2.2.1 Omvang sector

Aantallen schepen

De Nederlandse binnenvaartvloot is de grootste van Europa. De vloot bestaat uit droge ladingschepen, tankers, sleep- en duwboten, en passagiersschepen. Naast bovengenoemde categorieën behoren ook kleine schepen zoals veer-, patrouille- en opleidingsvaartuigen tot de Nederlandse binnenvaartvloot (zie Figuur 2.1) (CBRB, 2011). In 2014 stonden bij het IVR ruim 10.000 schepen geregistreerd: 6984 schepen voor goederenvervoer, 736 passagiersschepen en 2492 kleine schepen (IVR, 2014). Het genoemde aantal goederenschepen bestaat voor circa 18% uit vracht- en tankduwbakken die niet zelfstandig kunnen varen maar functioneren in koppelverbanden en duwcombinaties (zie Figuur 2.2). Deze duwbakken vertegenwoordigen ruim 20% van het laadvermogen van de binnenvaartvloot. Hiervan is een kleine 3% speciaal voor het vervoer van 'natte bulk' (vloeistoffen en poeders).



Figuur 2.1: Indeling van de beroepsvaart. Veerboten worden o.b.v. hun beperkte afmetingen door IVR gerekend tot de categorie 'overig'. Veerboten horen ook bij de passagiersvaart.

Afmetingen

Rijkswaterstaat heeft de binnenvaartschepen ingedeeld in verschillende scheepscategorieën (RWS/CBS-klassen) op basis van de CEMT-klassen voor vaarwegen⁴. Sinds 2009 wordt deze classificatie door Rijkswaterstaat uitgevoerd op basis van de breedte en lengte, in plaats van de CEMT-klasse en het tonnage (RWS, 2009). In Tabel 2.1 staat een overzicht van de klasse-indeling van motorvrachtschepen.

De scheepstypen voor het goederenvervoer hebben verschillende diepgang, variërend van 1,9 meter tot 4 meter voor de grootste duwstellen in afgeladen toestand. De categorie 'overige schepen' met een laadvermogen tot 205 ton valt onder klasse 0 (RWS, 2011).

De nieuwste riviercruiseschepen zijn 110 meter lang en 11,40 breed (informatie binnenvaart, 2015). Hoewel de afmetingen overeenkomen met een CEMT klasse V, lijkt de diepgang op basis van een kleine steekproef minder (1,4-1,6 m) dan van goederenvervoer met deze afmetingen (3,5 m).

⁴ In 1992 zijn door de Conférence Européenne des Ministres de Transport (CEMT) vaarwegklassen vastgesteld om de bevaarbaarheid van Europese vaarwegen op elkaar af te stemmen.

Tabel 2.1: RWS/CBS-2010 Motorvrachtschepen classificatie (RWS, 2011b)

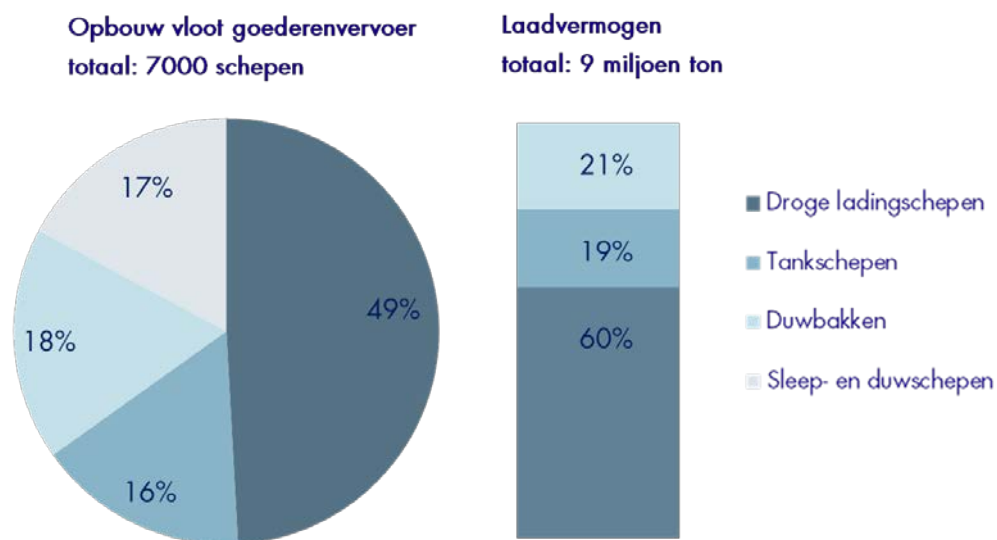
Vrachtschepen				
CEMT-klasse	RWS/CBS-klasse	Maximale diepgang (meter)	Breedte en lengte (meter)	Laadvermogen (ton)
0	M0		$B \leq 5,00$ of $L \leq 38,00$	1-250
I	M1	2,5	$B = 5,01-5,10$ en $L \geq 38,01$	251-400
II	M2	2,6	$B = 5,11-6,70$ en $L \geq 38,01$	401-650
III	M3	2,6	$B = 6,71-7,30$ en $L \geq 38,01$	651-800
	M4	2,7	$B = 7,31-8,30$ en $L = 38,01-74,00$	801-1050
	M5	2,7	$B = 7,31-8,30$ en $L \geq 74,01$	1051-1250
IV	M6	2,9	$B = 8,31-9,60$ en $L = 38,01-86,00$	1251-1750
	M7	3,0	$B = 8,31-9,60$ en $L \geq 86,01$	1751-2050
Va	M8	3,5	$B = 9,61-11,50$ en $L = 38,01-111$	2051-3300
	M9	3,5	$B = 9,61-11,50$ en $L \geq 111,01$	3301 -4000
Vla	M10	4,0	$B = 11,51- 14,30$ en $L = 38,01-111,00$	4001-4300
	M11	4,0	$B = 11,51 -14,30$ en $L \geq 111,01$	4301-5600
	M12	4,0	$B \geq 14,31$ en $L \geq 38,01$	≥ 5601

Capaciteit en omzet

Met een laadvermogen van 9 miljoen ton vertegenwoordigt de Nederlandse vrachtvloot circa 60% van de totale Europese binnenvaartcapaciteit (IVR, 2014; Ecorys, 2014). Het aantal ton vracht dat per jaar over de Nederlandse binnenwateren wordt vervoerd bedroeg in 2014 ruim 365 miljoen ton, waarvan bijna 80% door Nederlandse schippers is vervoerd (CBS, 2015a). Het CBS schat het aantal Nederlandse binnenvaartbedrijven op 4130 in 2013 (CBS, 2015b).

Rond de economische crisis in 2009 nam de capaciteit van de vloot sterk toe door:

- het grote aantal nieuwe schepen dat op de markt kwam;
- een toename van het aantal actieve grote schepen (> 2000 ton laadvermogen) ten koste van de kleinere schepen (< 1000 ton); en
- een intensivering van de binnenvaart door onder andere kortere wachttijden bij terminals en het feit dat steeds meer schepen permanent varen ('volcontinu').

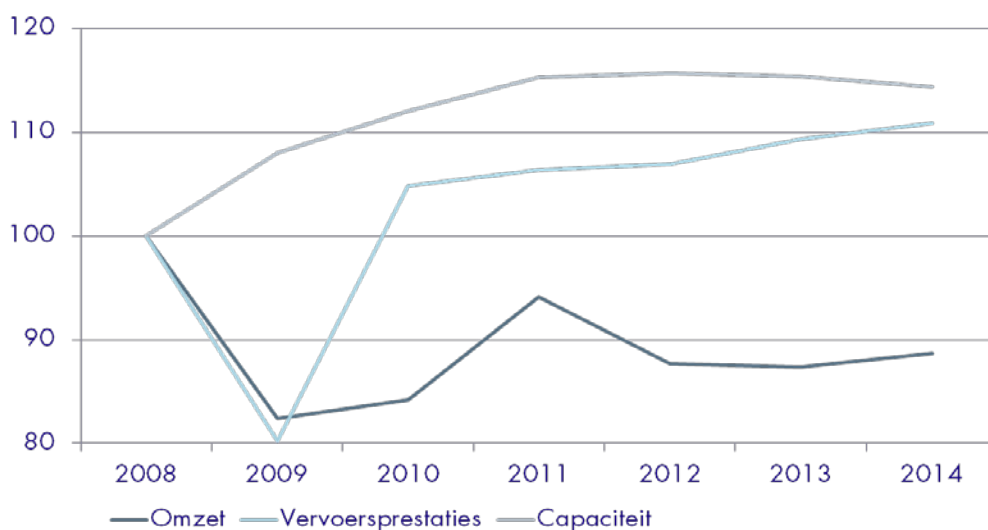


Figuur 2.2: Opbouw van de vloot voor vrachtafvaart naar aantal schepen en laadvermogen (IVR, 2014)

Uit de publicatie van het CBS blijkt dat de omzetgroei van de binnenvaartsector achterblijft bij de snel stijgende vervoersprestaties of het aantal tonkilometers (Figuur 2.3). De totale omzet van de sector (goederen en passagiers) bedroeg 2,3 miljard euro in 2014. Dit is een groei van ruim 1% ten opzichte van 2013 (CBS, 2015b). In totaal zijn in 2014 ongeveer 12.000 personen werkzaam in de binnenvaart.

De dagpassagiers- en riviercruisevaart zijn goed voor circa 10% van de totale omzet van de binnenvaartsector (dus € 230 mln in 2014). Uitgaven die tijdens riviercruises bij dagexcursies aan land worden gedaan, leveren Nederland naar schatting 34 miljoen euro per jaar op (Plaizier, 2011; CCR, 2014). Een kleine 40% van de werknemers in de binnenvaart is werkzaam op een passagiersschip (Plaizier, 2011).

Index 2008 = 100



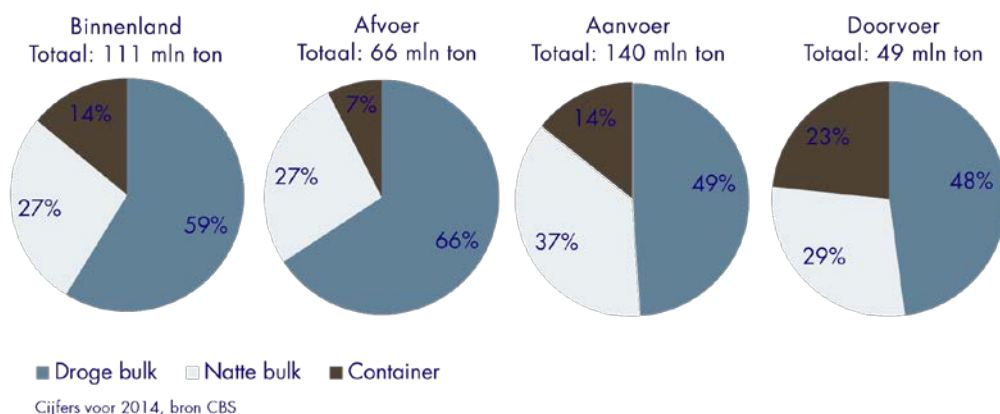
Figuur 2.3: Omzet, capaciteit en vervoersprestatie van de Nederlandse binnenvaartvloot t.o.v. 2008 (CBS, 2014)

2.2.2 Markten en producten binnenvaart

De vraag naar vervoer over water is afhankelijk van sociaaleconomische ontwikkelingen en modal shift. Nederland heeft binnen Europa het grootste aandeel vervoer over water.

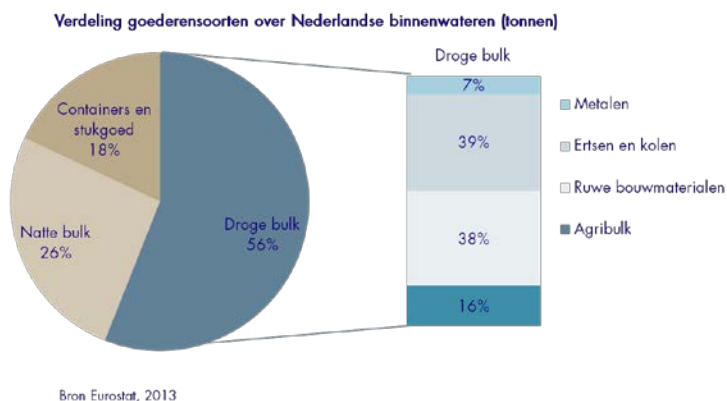
Vervoerde goederen

In Nederland wordt ruim 35% van de goederenstroom vervoerd per binnenvaartschip (Rabobank, 2015). Het merendeel bestaat uit zogenaamde droge bulk, zoals zand of graan (STC Nestra & Maverick, 2015). Het overige deel bestaat voor circa 25% uit natte bulkproducten. Natte bulk kan een vloeistof of een poeder zijn. De derde hoofdcategorie bestaat uit containers. De meeste droge ladingsschepen kunnen zowel droge bulkgoederen als containers vervoeren. Met tankschepen wordt uitsluitend natte bulk vervoerd. Sleep- en duwboden kunnen zowel bulk lading als containers vervoeren afhankelijk van het type duwbak dat wordt gebruikt. Ook 'speciale lading' zoals bruggen of silo's wordt met sleep- of duwschepen vervoerd. Figuur 2.4 toont de verdeling van de goederensoorten per vervoersstroom (binnenland, aanvoer, afvoer, doorvoer).



Figuur 2.4: Verdeling goederensoorten per goederenstroom

Tussen 2010 en 2014 groeide de totaal vervoerde vracht over Nederlandse binnenwateren met 5,7% tot 366 miljoen ton (CBS, 2015c). Hiervan wordt ruim 110 miljoen ton geladen en gelost in Nederland, 140 miljoen aangevoerd, 49 miljoen doorgevoerd en 66 miljoen vanuit Nederland verscheept naar het buitenland (zie Figuur 2.4) (CCR, 2014). De containervaart betreft grotendeels een internationale goederenstroom. Dit marktsegment is redelijk gescheiden van de binnenlandse markt. De containervaart vervoert uiteenlopende ladingsoorten, zoals hightech-apparatuur of kleding (Bureau Voorlichting Binnenvaart, 2015).



Figuur 2.5: Verdeling goederensoorten

De belangrijkste deelmarkten voor droge bulk zijn (zie Figuur 2.5);

- Ertsen en kolen;
- Ruwe bouwmaterialen: voornamelijk zand en grind;
- Agribulk: granen, zaden, veevoergrondstoffen en meststoffen;
- Metalen en metaalproducten.

Ertsen en kolen worden grotendeels via de zeehavens vervoerd naar de staalindustrie en kolencentrales in Duitsland en in mindere mate in België (STC Nestra & Maverick, 2015). Het betreft dus een internationale markt. Zand en grind wordt over relatief korte afstanden vervoerd en is voornamelijk een nationale goederenstroom. Metalen en metaalproducten vormden in 2013 4% van het vervoerde volume. Deze goederenstroom betreft vrijwel volledig internationaal vervoer van de staalindustrie naar de metaalverwerkende industrie.

Het vervoer van natte bulk door de tankvaart is onder te verdelen in de deelmarkten:

- Minerale brandstoffen (circa 55%, dalende trend) (CCR, 2014);
- Chemicaliën (circa 45%, stijgende trend).

Tabel 2.2: Overzicht markten en afzetgebied per goederensoort

Goederensoort	Markt	Afzetgebied
Ertsen en kolen	Staalindustrie en kolencentrales	Duitsland en België
Ruwe bouwmaterialen: voornamelijk zand en grind	Bouwsector	Nationaal
Agribulk: granen, zaden, veevoergrondstoffen en meststoffen	Oogst en handel buiten Europa	Internationaal
Metalen en metaalproducten	Staalindustrie en metaalverwerkende industrie	Internationaal
Minerale brandstoffen	Vraag verwarmingsolie in achterland	Grotendeels internationaal en gerelateerd aan zeehavens. Binnenlands tussen chemische industrie en (brandstof)depots
Chemicaliën	Volcontinue processen in chemische industrie	

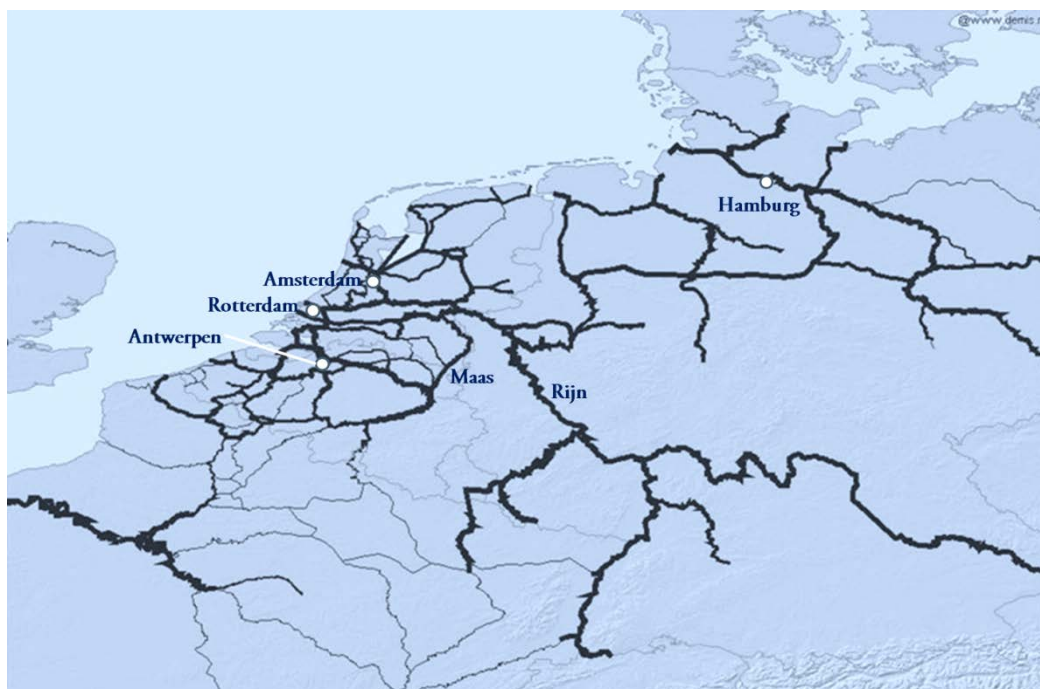
In de tankvaart is de vraag sterk afhankelijk van de wereldwijde handel in ruwe olie en aardoliederivaten (Ecorys, 2008). Het ladingsaanbod aan minerale brandstoffen is gerelateerd aan de prijs van ruwe olie en de vraag naar verwarmingsolie in het achterland (STC Nestra & Maverick, 2015). De uitvoerders in dit segment zijn vaak kleine ondernemers die werken op basis van spotcontracten. Een stagnerende vraag en een sterke toename in de vervoerscapaciteit zetten de prijzen in deze deelsector onder grote druk (Rabobank, 2014). Het vervoer van chemicaliën wordt grotendeels uitgevoerd door grote rederijen op basis van langetermijncontracten. Deze deelmarkt bedient de volcontinue processen in de chemische industrie en is stabiel (Ecorys, 2008).

De goederenstroom in de tankvaart is grotendeels internationaal en gerelateerd aan zeehavens. Het binnenlandse aandeel van dit segment bestaat uit vervoersstromen naar (brandstof-)depots en tussen locaties met chemische industrie.

Belangrijkste vracht- en passagiersroutes

Nederland vervult als 'Gateway to Europe' een essentiële rol in de Europese binnenvaart (zie Figuur 2.4 en Figuur 2.6). De invoer van goederen via de havens van Amsterdam en Rotterdam is bepalend voor het ladingaanbod in Nederland. De sector is voor 60% afhankelijk van de vervoersvraag over buitenlandse wateren (ING Economisch Bureau, 2013).

Rotterdam heeft de grootste zeehaven van Europa. De Rotterdamse haven is een wereldhaven te noemen wat betreft vrijwel alle segmenten van droge lading, vloeibare bulk en containers. Amsterdam is na Rotterdam de grootste steenkoolhaven en wereldwijd de grootste cacaohaven. Daarnaast speelt Amsterdam een belangrijke rol op het gebied van veevoeders, vloeibare bulk en biomassa. De overslag in Rotterdam bedroeg 440,5 miljoen ton in 2013 versus een overslag van 95,7 ton in de zeehaven van Amsterdam. Andere belangrijke havens in Europa liggen in Antwerpen (m.n. natte bulk en containers) en Hamburg (m.n. containers). Figuur 2.7 toont de binnenlandse en internationale vervoersstromen in ton en tonkilometer.

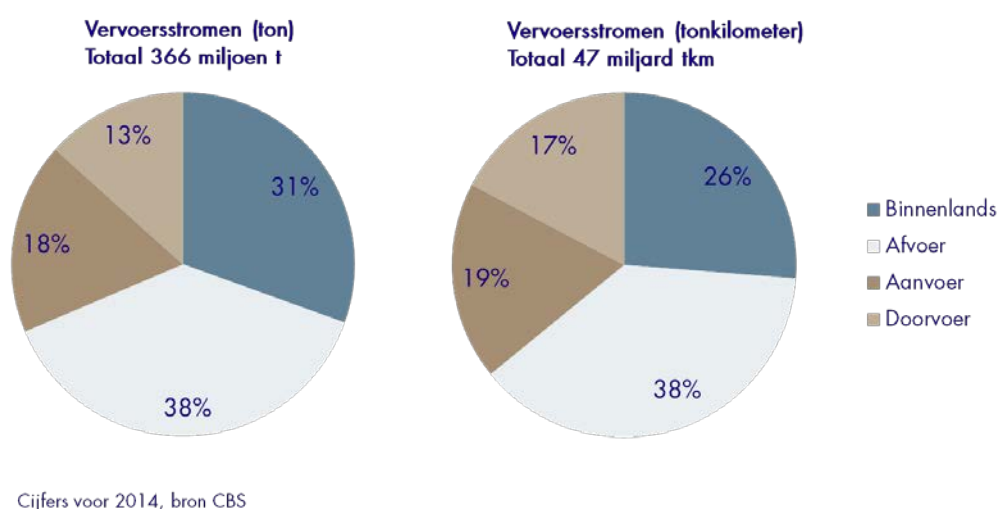


Figuur 2.6: Nederland als 'Gateway to Europe' (Jonkeren et al, 2013)

Vanaf de havens van Amsterdam en Rotterdam worden goederen voornamelijk getransporteerd naar het Duitse en Zwitserse achterland. Dit gaat via de Rijnvaart. De Rijn splitst zich in Nederland in drie hoofdvertakkingen: de Gelderse IJssel, de Neder-Rijn en de Lek, en de Waal. De Waal is de grootste en drukst bevaren vertakking. Per jaar wordt circa 170 miljoen ton vracht over de Rijn-Waalverbinding verscheept (Ten Broeke, 2014). Het merendeel van de schepen neemt uitsluitend bergwaarts lading mee en vaart onbeladen terug (Van Dijk et al, 2012). Alleen schepen in de grote goederenstroom die ver Duitsland invaren, nemen in beiden richtingen lading mee.

Op de Rijn komen vrijwel alle binnenvaartnationaliteiten voor. Van de vervoerde vracht over de Rijn wordt bijna 50% door Nederlandse schippers verscheept (vrachtvervoer over de Rijn binnen en buiten Nederland) (Informatie Binnenvaart, 2015). Voor Nederland als geheel is het percentage 80%.

Voor vrachtvervoer richting het zuiden, België en Frankrijk, zijn de Maas en de Schelde van belang. Van het internationale vrachtvervoer gaat 20% naar België (vooral natte bulk) (ING economisch bureau, 2013). De waterstand op de Maas wordt geregeld met behulp van stuwen. Het aandeel schepen op de Maas groeit, maar is nog steeds stukken kleiner dan op de Rijn (EICB, 2015; Rabobank, 2015). In 2008 passeerden 20.000 tot 40.000 schepen de sluizen op de Maas (RWS, 2009).



Figuur 2.7: Vervoersstromen over water binnen, van, naar en door Nederland in ton en tonkilometer

Benutting van de vloot en beladingsgraad

De benutting van de vloot wordt uitgedrukt in benuttingsgraad en beladingsgraad.

- Als definitie van de benuttingsgraad hanteert het CBS: “De verhouding tussen de totale lading-tonkilometer en de totale laadvermogen-tonkilometer van alle verplaatsingen door vervoermiddelen met en zonder lading (dus inclusief de leeg gereden/gevaren kilometers).” (CBS, 2014)
- De beladingsgraad van schepen wordt vaak berekend door het vervoerde gewicht te delen door het maximale laadvermogen (CE Delft, 2005). Gemiddelde beladingsgraden worden doorgaans berekend over de beladen reizen.

Niet de volledige laadcapaciteit van de binnenvaartvloot wordt in de praktijk benut. Drie redenen hiervoor zijn:

- Niet de gehele laadcapaciteit van de vloot is door de overcapaciteit nodig om aan de vraag te voldoen.
- Door laag water kan tijdelijk de maximale beladingsgraad van schepen verminderen.
- Een groot aantal schepen neemt echter maar in één richting lading mee (20-30% van het aantal reizen is onbeladen) (CE Delft, 2005). Zo is de Rijnvaart vooral bergwaarts geladen.

De onbeladen reizen meegerekend lag de gemiddelde benuttingsgraad van de Nederlandse binnenvaart in 2002 op 55% voor internationaal vervoer en 48% voor nationaal vervoer (CBS, 2014).

De gemiddelde beladingsgraad van beladen vaarten verschilt sterk per goederensegment zie Tabel 2.3 (CCR, 2014). Niet elk goederensegment heeft daarom evenveel last van laag water. De bandbreedtes geven de verschillen aan tussen verschillende grootteklassen van binnenvaartschepen. Bij tank- en containervaart is eerder de laadcapaciteit (volume) dan het laadvermogen (gewicht) bepalend voor de maximale hoeveelheid vracht die per keer kan worden vervoerd. Daarnaast worden relatief veel lege containers vervoerd. Dit leidt tot lagere gemiddelde beladingsgraden in deze marktsegmenten. De overcapaciteit is het grootst in het segment grote schepen. De gemiddelde beladingsgraad van grote schepen ligt dan ook een stuk lager. Veel grote schepen zijn sinds 2008 tegen relatief hoge prijzen gekocht. Ook bij een beperkt ladingaanbod moeten deze schepen om bedrijfseconomische redenen blijven varen. Daarnaast zijn grote schepen gevoeliger voor beperkingen door lage waterstanden dan kleinere schepen met een beperkte diepgang.

Experts verwachten dat de schade voor de passagiersvaart door droogte beperkt is. Op de Rijn in Nederland lopen de waterstanden niet zo erg terug dat riviercruiseschepen in de problemen komen. Wellicht is dat voor kleinere ongestuwde rivieren in Nederland wel mogelijk. Bij de CBRB⁵ zijn geen problemen bekend. In Duitsland hebben riviercruiseschepen hier wel mee te maken op kleinere rivieren en zijrivieren van de Rijn.

Veerdiensten zijn een aparte groep naast de passagier- en goederenvaart. Ze besparen reizigers op jaarbasis 333 miljoen omrijdkilometers (Schuttevaer, 2014). De kosten van het uitvallen van veerdiensten bij laag water kunnen daarom snel oplopen.

Zowel het vervoer in Duitsland als de veerdiensten vallen buiten de scope van deze analyse.

Tabel 2.3: Gemiddelde beladingsgraden van beladen internationale vaarten naar marktsegment

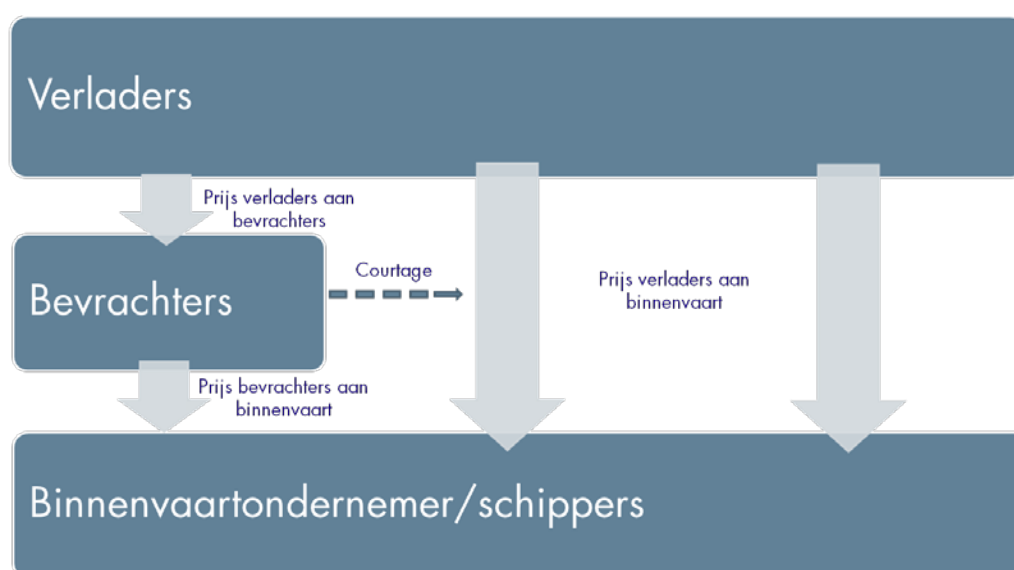
Bron/toelichting	Containers	Natte bulk	Droge bulk
Gemiddelde beladingsgraad van beladen internationale vaarten in 1997. (CE Delft 2005)	10-18%	64-93%	78-87%
Gemiddelde beladingsgraad van Westerse binnenvaartschepen in 2013. (Aangenomen is dat onbeladen vaarten niet zijn meegerekend maar dit staat niet vermeld in de bron CCR 2014.)		52-71%	73-83%

⁵ Gesprek met Maira Helvoirt op 15 september 2015.

2.2.3 Structuur van de markt en winstgevendheid

Eigendomsstructuur

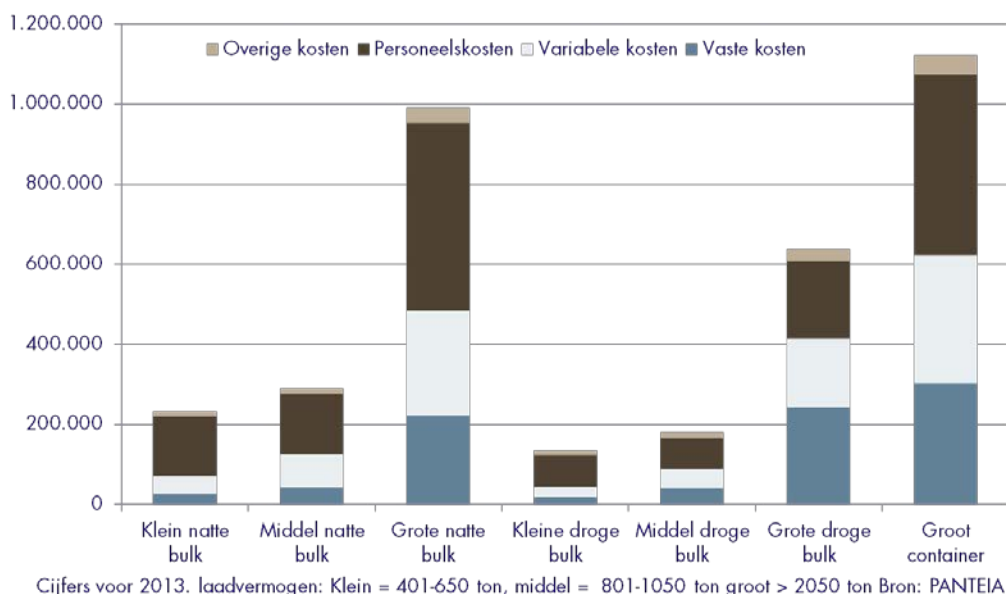
Van de Nederlandse binnenvaartondernemingen is circa 75% een familiebedrijf⁶ dat één schip exploiteert. Kleine ondernemingen met 1-5 werkzame personen waarvan het merendeel schipper-eigenaar is, vertegenwoordigen circa 90% van de binnenvaartbedrijven. Het overige deel bestaat uit rederijen met een groter aantal schepen en is voornamelijk actief in de container-, duw- en tankvaart (AHA Data, 2014). De meeste schipper-eigenaren wonen op hun schip en hebben daarom de neiging om zo lang mogelijk door te varen, ook als hun onderneming niet kostendekkend is (Hassel, 2013).



Figuur 2.8: Marktstructuur van de binnenvaartsector (Panteia, 2013)

Figuur 2.8 toont een schematisch overzicht van de binnenvaartmarkt. De meeste schippers (uitvoerders) werken voor het verkrijgen van lading met één of enkele bevrachtingskantoren. Dit kan via de zogenaamde spotmarkt, of op basis van langdurige contracten. In uitzonderlijke gevallen wordt direct met de eigenaar van de lading, de verlader of producent, onderhandeld. Het komt ook voor dat de bevrachter bemiddelt tussen de verlader en de schipper tegen betaling van een courtage (Panteia, 2013). Sommige verladers of bevrachters beschikken over eigen schepen. In de containervaart vinden transacties ook plaats tussen binnenvaartondernemers en zeerederijen of inland terminals (Ecorys, 2008). Schippers hebben door de overcapaciteit en de niet transparante prijsvorming een zwakke machtspositie. Meestal werken ze op basis van korte contracten en zijn ze voor hun lading afhankelijk van één bevrachter. Een klein deel is aangesloten bij coöperaties. Varen in een coöperatie biedt het voordeel van stabielere vervoersprijzen, maar kan het gevoel van vrijheid beperken (Hassel, 2013). Coöperaties sluiten contracten af met verladers en hebben zelf geen winstoolmerk. Afhankelijk van de betreffende deelmarkt zijn er grote verschillen in contractvorm en -voorwaarden, acquisitie van lading en rol van de verladers en bevrachters.

⁶ Meer dan 50% eigendom in handen van één familie.



Figuur 2.9: Verhouding kostencategorieën (Panteia, 2013)

Kosten

In Figuur 2.9 staat een overzicht van de kostenopbouw voor droge en natte bulk schepen. De kosten voor het beroepsgoederenvervoer zijn hierin onderverdeeld in vier componenten: vaste kosten, variabele kosten, personeelskosten en overige kosten. Onder vaste lasten vallen afschrijvingen, rente, verzekeringen en 50% van de reparatie en onderhoudskosten. Variabele kosten omvatten de overige 50% van de reparatie- en onderhoudskosten en het brandstofverbruik. De risico's met betrekking tot fluctuaties in het brandstofverbruik liggen vaak bij de opdrachtgevers door een contractueel toeslagensysteem. Personeelskosten zijn de kosten op basis van de CAO binnenvaart. Algemene bedrijfskosten (onder andere administratie, communicatie, certificaten & vergunningen en overhead) vallen onder 'overige kosten'. Relatief zijn de vaste kosten voor de grotere schepen het hoogst. Personeelskosten zijn relatief het hoogst voor de kleinere schepen. Doordat sprake is van schipper-eigenaren en meewerkende familieleden zijn deze kosten min of meer 'variabel'. Men is bereid om in te leveren om maar te blijven varen. Grotere schepen hebben personeel in dienst dat onder de CAO valt.

De kosten van een binnenvaartonderneming hangen af van:

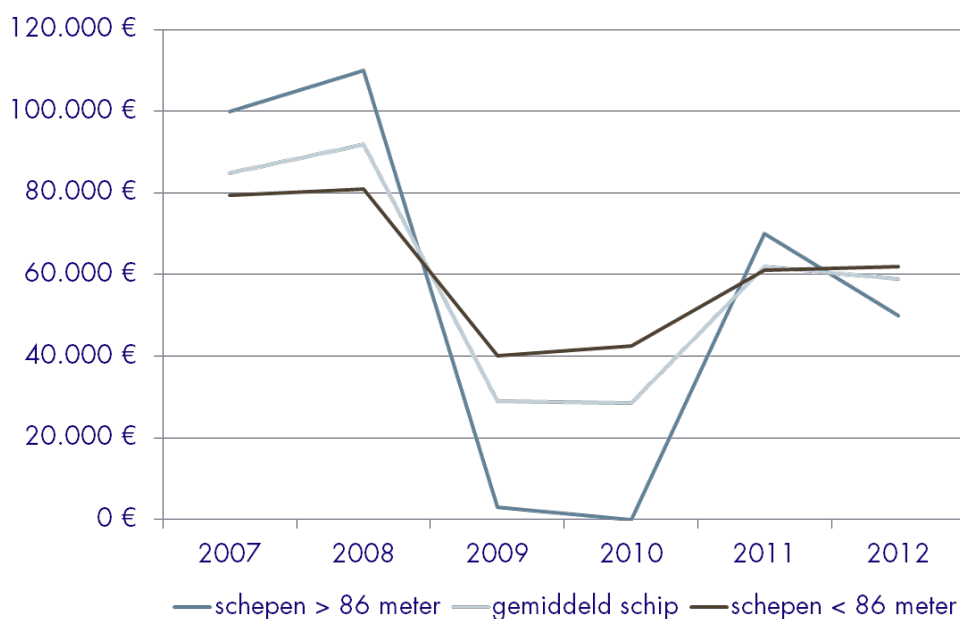
- de wijze waarop het geëxploiteerde schip is gefinancierd;
- het vaarprofiel (leeg, geladen, op- of afvarend, stilliggen);
- het vaargebied;
- fluctuaties in waterstanden (STC Nestra & Maverick, 2015).

Voor het Deltaprogramma en klimaatverandering is vooral het laatste punt van belang. De gemiddelde restschuld van verschillende typen binnenvaartondernemingen verschilt sterk. Sinds 2008 zijn er voornamelijk veel schepen op de markt gekomen in het segment grote schepen (> 86 meter lang). Deze nieuwe schepen zijn tegen relatief hoge prijzen aangeschaft. Oude schepen zijn voor een groot deel afgeschreven en afbetaald.

Hoewel schepen bedrijfseconomisch in 25 tot 30 jaar worden afgeschreven, kan de technische levensduur oplopen tot boven de 50-70 jaar (ING economisch bureau, 2009; AHA data, 2014)). Tussen 2004 en 2013 zijn de totale kosten met circa 35% gestegen (ING economisch bureau, 2009). Oorzaken voor deze stijging zijn een verdubbeling van de variabele kosten en een stijging van bijna 30% van de personeelskosten. Daarnaast stegen de vaste en overige kosten in deze periode met circa 10 en 15% (Panteia, 2013).

Opbrengsten

In de binnenvaartsector is geen sprake van een centrale prijsstelling. De prijsvorming verschilt sterk per deelsegment en vindt in de regel plaats tussen personen (Ecorys, 2008). De Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR) concludeert in de marktobservatie 2013 dat er nauwelijks sprake is van prijselasticiteit (CCR, 2014). Schattingen uit 1999 van CE Delft hebben een grote bandbreedte van -0,3% tot -1,2%, afhankelijk van de deelmarkt en machtsposities van verladers en schippers (Woerd, 2005). De reisafstand speelt ook een rol in de prijsgevoeligheid waardoor de prijselasticiteit voor vervoer over kortere afstanden naar verwachting groter is dan voor langeafstandvaarten (PBL & CE Delft, 2010). Experts zijn van mening dat in veel gevallen niet de vraag/aanbod-verhouding bepalend is voor de prijs, maar de inkoopkracht van grote verladers. De winstmarge van binnenvaarondernemingen bedroeg in 2012 circa 60.000 euro voor schepen met een lengte < 86 meter en circa 50.000 euro voor exploitanten van grotere schepen (PBL & CE Delft, 2009). Voor de crisis genereerden grote schepen nog winsten van 110.000 euro, tegenover 80.000 euro door kleinere schepen (Figuur 2.10) (CCR, 2014).



Figuur 2.10: Boekwinsten, excl. Betaling van de door de ondernemer zelf geleverde arbeid

Het grote aantal schepen, de hogere laadcapaciteit en de veranderingen in de exploitatievorm zetten de vrachtprijzen onder druk.

Tussen 2008 en 2013 is de ladingscapaciteit van de droge ladingvloot met 12% toegenomen. Voor de tankvaart geldt een stijging met 60% (ING economisch bureau, 2013).

Er komen nog steeds nieuwe schepen op de markt en de gemiddelde ladingscapaciteit van schepen neemt toe. De situatie voor exploitanten van kleine schepen is sinds 2009 juist verbeterd. Er komen nauwelijks nieuwe kleine schepen op de markt waardoor de tarieven voor vrachtvervoer naar fijnmazige bestemmingen minder zijn gedaald dan de tarieven voor de Rijnvaart. Daarnaast zijn kleine schepen in het algemeen ouder en daardoor grotendeels afbetaald. Dit biedt schippers de financiële ruimte om te wachten op een lucratievere vracht (ING economisch bureau, 2011).

Het oplossen van congestieproblemen bij overslagplaatsen en het stijgende aantal schepen dat volcontinu vaart, verhogen de rotatiesnelheid en vervoerscapaciteit van de vloot. Het hogere aanbod verlaagt de marktprijzen. Bij een gebrek aan voldoende ladingaanbod stijgt de rotatiesnelheid, omdat schippers hun omzet op peil houden door de vaarsnelheid te verhogen. Dit veroorzaakt een verdere daling van de marktprijzen waardoor vrachtprijzen en rendementen onder druk komen te staan (STC Nestra & Maverick, 2015).

De waterstanden op de grote rivieren beïnvloeden de maximale beladingsgraad van schepen. Bij lage waterstanden zijn er meer schepen nodig om dezelfde hoeveelheid lading te vervoeren. Hierdoor vermindert of verdwijnt tijdelijk de overcapaciteit. Dit versterkt de positie van de schippers en heeft een positief effect op de marktprijzen. Daarnaast bestaan er laagwatertoeslagen om de risico's van fluctuerende waterstanden van de schippers af te wenden. Bij laag water betaalt de opdrachtgever een vergoeding aan de schipper. Laag water verhoogt in eerste instantie de omzet van schippers, maar verhoogt de kosten van de rest van de keten. Hiermee is het uiteindelijk dus ook schadelijk voor de binnenvaartsector. Bij regelmatige problemen met vervoer over water zullen verladers echter kiezen voor alternatieve routes en vervoersmodaliteiten.⁷ De scheepvaart verliest dan lading aan het spoor- en wegvervoer. Vooral de containervaart is hier gevoelig voor omdat containervracht relatief eenvoudig te verleggen is naar andere modaliteiten. Betrouwbaarheid en voldoende vaarwegencapaciteit zijn de belangrijkste verkoopargumenten voor de binnenvaart.

Ondanks de moeilijke financiële situatie in de binnenvaart, gaan relatief weinig bedrijven failliet. Dit komt doordat een groot deel van de ondernemers schipper-eigenaren zijn die op hun schip wonen en zolang mogelijk blijven doorvaren (Hassel, 2013).

Ook de omvang van de passagiersvloot is de laatste jaren snel gestegen. Lastenverhoging, aanvullende regelgeving en de gevolgen van de economische crisis zorgen momenteel voor beperkte marges en een stagnatie van de groei. De directe concurrentie van zeecruises beperkt de mogelijkheid om prijsstijging van riviercruises door te berekenen aan consumenten (Transport Online, 2015). Het CBRB schat de prijselasticiteit van passagiersvaart op -1,2%. Momenteel zijn er kabinetsplannen voor afschaffing van de lage BTW-tarieven in deze deelsector. Naar verwachting van het CBRB zou dit de prijzen met 15% doen stijgen en resulteren in een omzetsdaling van 15 tot 20 procent.

⁷ *Extremere weersomstandigheden door klimaatverandering zullen niet alleen leiden tot hinder voor de binnenvaart. Vervoer over de weg of het spoor kan eveneens hinder ondervinden (kromme wissels, uitzetten van bruggen et cetera.). Bij het berekenen van modal shift door klimaatverandering moet daarom rekening worden gehouden met een 'terugkoppeleffect'.*

2.2.4 Trends en ontwikkelingen

De financiële crisis leidde in 2009 tot een sterke terugval in de vervoersvraag die samenviel met de uitloop van een investeringsgolf in de binnenvaart. De structurele overcapaciteit in de sector die hierdoor is ontstaan zal voorlopig niet verdwijnen.

In de droge ladingvaart zijn de problemen het grootst. In 2013 bedroeg de overcapaciteit 950.000 ton (14%) (ING economisch bureau, 2013). Zonder ingrijpen op de overcapaciteit bestaat de kans dat de situatie verder verslechtert doordat ondernemingen failliet gaan en schepen tegen lage prijzen opnieuw op de markt komen. Sinds 2012 neemt de totale ladingscapaciteit van droge bulk schepen langzaam af doordat vooral kleinere schepen uit de vaart zijn genomen (CBS, 2015b). Door de schaalvergroting dreigt een tekort aan kleinere schepen te ontstaan. Dit gaat ten koste van de bereikbaarheid van kleine inlandse wateren en de concurrentiepositie van de binnenvaart ten opzichte van andere modaliteiten. Het vervoer van kolen naar Duitsland is een belangrijke vervoersstroom voor de droge ladingvaart. Door de transitie naar duurzame energiebronnen zal het vervoer van kolen naar Duitsland op den duur verminderen.

De tankvaart kwam aanvankelijk beter door de crisis maar heeft sinds 2013 te leiden onder een achterblijvende vraagontwikkeling en schaal- en capaciteitsvergroting. Oorzaak van de overcapaciteit is de overschakeling naar (efficiëntere) dubbelwandige tankschepen, terwijl de uitfasering van enkelwandige tankers langzamer gaat dan verwacht (afronding eind 2018). Stagnatie van het vervoer van olieproducten naar het achterland via de binnenvaart zorgt voor vraaguitval. Kansen voor de tankvaart liggen in het vervoer van chemische stoffen, inclusief nichemarkten zoals het vervoer van LNG en CO₂ (ING economisch bureau, 2013).

De binnenvaartsector is van groot belang voor de concurrentiepositie van Nederland en vooralsnog de meest duurzame transportmodus. Zowel de Nederlandse overheid als de EU stimuleert dan ook modal shift van wegvervoer naar vervoer over water (en spoor). Dit biedt vooral kansen voor de containerbinnenvaart. Het vervoersaandeel van de containervaart is de laatste jaren gestegen en was in 2014 goed voor 35% van de totale goederenstroom over water. Voorwaarde voor een blijvende groei is dat zich geen langdurige perioden van laag water zullen voordoen. Daarnaast is het van belang dat de congestieproblemen in de Rotterdamse haven verminderen (CCR, 2014). De tweede Maasvlakte zal naar verwachting de congestieproblemen bij Rotterdam oplossen en het vervoersaandeel over water vergroten. Naar verwachting zal de containeroverslag van de Rotterdamse haven tot 2030 verdrievoudigen.¹²

Om te kunnen blijven concurreren met andere modaliteiten op het punt van duurzaamheid, is innovatie van de binnenvaart noodzakelijk. Op dit gebied liggen zowel uitdagingen (cultuur/mind-set schippers en lange levensduur schepen) als grote kansen (Stratelligence et al, 2015). De ladingsvraag van de totale sector stabiliseerde in 2012 en vertoont sinds 2014 een lichte stijging door de aantrekkende export en groei in Duitsland. Voor 2015 en 2016 wordt een volumegroei van 1,5% verwacht.¹² Goederen worden in steeds grotere pakketten aangeboden aan de markt. Kleine bevrachters worden hierdoor gedwongen om samen te werken met grotere partijen. De toenemende schaalvergroting en consolidatie bij verladers en bevrachters verslechtert de machtspositie van individuele schippers (Rabobank, 2015). Volgens de meeste prognoses zullen het aantal binnenvaartschipbewegingen, de scheepsgrootte en het vervoerde volume de komende decennia blijven toenemen. De groei is sterk afhankelijk van economische ontwikkelingen.

Volgens de scheepvaartscenario's berekend in het kader van het Deltaprogramma, kan het vervoerde volume in de binnenvaart tot 2050 ten opzichte van 2010 gelijk blijven (Warm) of met 70% stijgen (Druk). Tot 2100 is de verwachte bandbreedte -50% (Warm) tot +110% (Druk) (RWS, 2012).

2.3 Invloed van droogte op sector (dosis-effect)

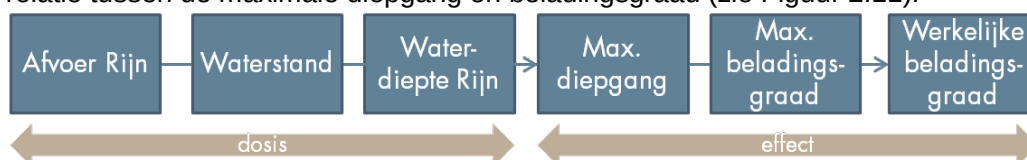
Voor scheepvaart onderscheiden we twee typen karakteristieke rivieren die, elk op een andere wijze, last hebben van droogte, de ongestuwde Rijn/Waal en gestuwde Maas.

- Voor de *Rijn en Waal* is de vaardiepte bepalend voor de vervoerscapaciteit en de mogelijkheid voor schepen om te kunnen varen. De waterstand op de Rijn en daarmee de beschikbare vaardiepte kunnen sterk fluctueren. Bij een vermindering van de diepgang kunnen schepen minder zwaar beladen worden. Op een gegeven moment wordt een punt bereikt dat schepen helemaal niet meer kunnen varen. Laagwatersituaties veroorzaken een afname van de maximale beladingsgraad. De vervoerde tonnages nemen af of er zullen meer trips gevaren of omgevaren worden om dezelfde lading te vervoeren, of de lading wordt later vervoerd. Dit leidt tot hogere kosten. Een beperkte waterbeschikbaarheid verhoogt ook het brandstofverbruik van schepen. Dit komt doordat bij een beperkte waterdoorsnede meer vermogen nodig is om het water onder het schip door te laten stromen. Dit laatste effect wordt niet uitgewerkt in dit rapport.
- De *Maas* is een gestuwde rivier. Op het Nederlandse gedeelte van de Maas liggen zeven stuwen die ervoor zorgen dat de vaardiepte minstens drie meter is (RWS, 2015). Voor de Maas wordt het effect op de scheepvaart bepaald door het water dat aanwezig is om te schutten. Indien er onvoldoende water aanwezig is, nemen de wachttijden om te schutten toe. In het uiterste geval kan er helemaal niet meer worden geschut. In beide gevallen stijgen de reistijden per trip en de kosten per ton vervoerde vracht. Het terugpompen van schutwater kan de toename van wachttijden voorkomen of beperken. De jaarlijkse kosten van pompinstallaties zijn onder ander afhankelijk van de waterbeschikbaarheid.

Voor de overige routes zoals de Schelderoute en de IJssel worden binnen deze studie geen effecten doorgerekend. Volgens de geraadpleegde experts geldt voor het verkeer op de IJssel eenzelfde verband als voor de Rijn en Waal. Over de IJssel wordt ongeveer 15-20 mln ton goederen vervoerd (SEO, 2005). Dit is ongeveer 10% van het vervoer over de Rijn-Waal. Voor de overige rivieren en kanalen is geen significant droogterisico, of geldt een vergelijkbare dosis-effectrelatie als op de Maas. Met de Maas en de Rijn-Waalverbinding is het merendeel van de effecten op het Nederlandse goederenvervoer afgedekt. Om een precieze schatting te maken is een analyse van alle vaarwegen nodig en voor alle type goederenstromen, bijvoorbeeld met BIVAS. Voor deze studie waren hier geen bruikbare resultaten voor beschikbaar.

2.3.1 Rijn en Waal

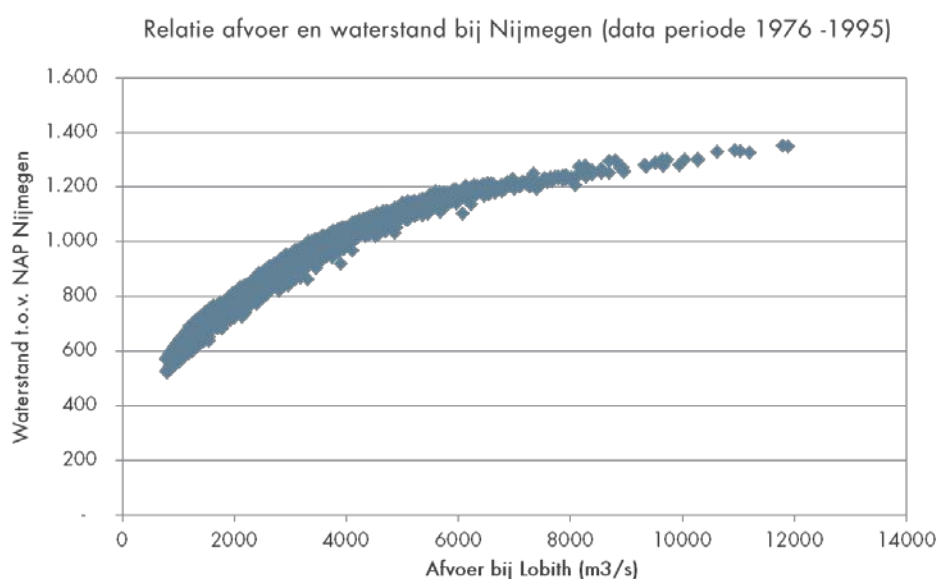
De vaardiepte is bepalend voor de beladingsgraad van de schepen. Om deze dosis-effect relatie te bepalen is het nodig eerst de relatie tussen de Rijnafvoer, de waterstanden en maximale vaardiepte of diepgang te bepalen. De tweede stap is dan het bepalen van de relatie tussen de maximale diepgang en beladingsgraad (zie Figuur 2.11).



Figuur 2.11: Dosis-effect relatie Rijn-Waal

Afvoer, waterstand en vaardiepte

Door klimaatverandering treden situaties met een lagere afvoer mogelijk vaker op (Turpijn & Weekhout, 2011). Als gevolg daarvan is dan vaker sprake van een lagere waterstand en hinder voor de scheepvaart (zie Figuur 2.12 voor relatie) (Deltares, 2012). De waterstand wordt gemeten ten opzichte van NAP voor Nederland en ten opzichte van de Pegel Norm in Duitsland en is daarom niet gelijk aan de waterdiepte.



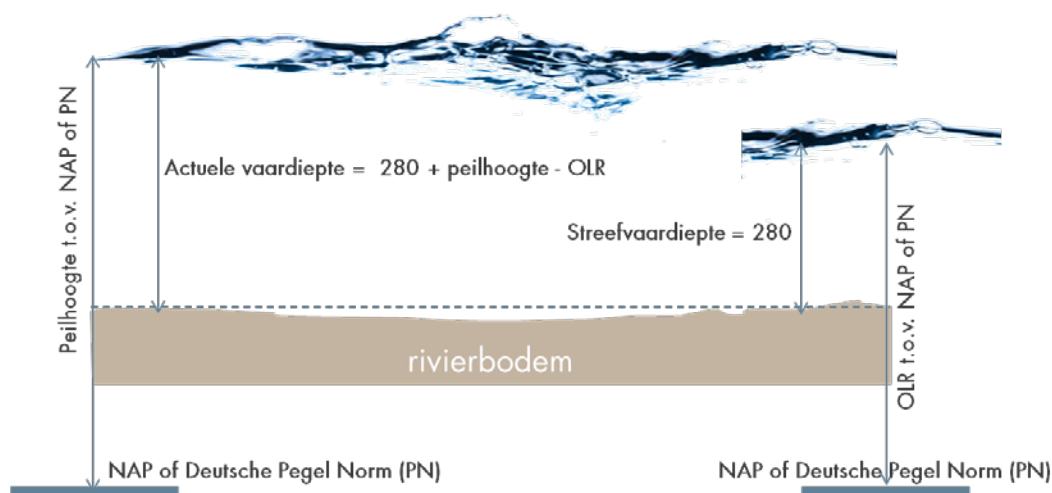
Figuur 2.12: Illustratie relatie afvoer en waterstand

Om de relatie tussen de waterdiepte en de waterstand uit te rekenen wordt gewerkt met een peilschaalstand, streefdiepte en de overeengekomen laagste waterstand (OLR). Bij de OLR (of Gleigwertiger Wasserstand - GLW in Duitsland) garandeert de overheid een bepaalde waterdiepte. Zo is de waterdiepte van de Waal en de Rijn tussen Rotterdam en Lobith minimaal 2,80 m. Ook in Duitsland heeft de Rijn tussen Lobith en Krefeld (net boven Ruhrort) een gegarandeerde diepgang van 2,80 m.

Met behulp van de peilstand en de streefdiepte voor het betreffende traject is de diepte van de vaargeul bij elke willekeurige peilstand te berekenen. Hiervoor kan de volgende formule worden gehanteerd:

$$\text{Vaargeuldiepte} = \text{Streefdiepte} + \text{peilschaalstand} - \text{OLR-peilstand}$$

De peilschaalstand is altijd variabel, terwijl de OLR-peilstand een vast gegeven is en door waterbeheerders is vastgesteld. Wanneer OLR en peilschaalstand ten opzichte van dezelfde vaste norm worden bepaald (wat die ook is, NAP of Pegel Norm), ontstaat vanzelf een juiste en vergelijkbare vaardiepte (Zie Figuur 2.13).



Figuur 2.13: Illustratie berekening vaardiepte in centimeters

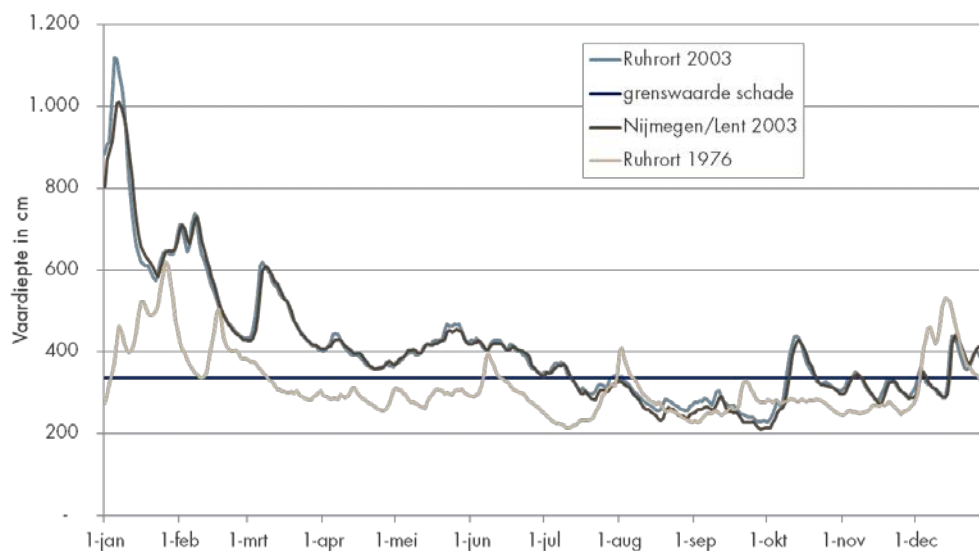
De normhoogte of 'normal Null' ligt in Duitsland hoger dan het NAP. Bij de peilschaalstandwaarden moet een waarde opgeteld worden, terwijl er in Nederland een waarde afgetrokken moet worden (zie Tabel 2.4).

Tabel 2.4: Vertaalslag waterstand naar vaardiepte voor Nijmegen en Ruhrort

Plaats	Streefdiepte	OLR	Vaardiepte
Nijmegen/Lent	2,80 m	5,45 m	Peilschaalstand – 2,65 m
Ruhrort	2,80 m	2,25 m	Peilschaalstand +0,55 m

Indien de Pegel van enige dag bij Ruhrort 175 cm aangeeft, dan is de maximale diepgang, zonder veiligheidsmarge, 230 cm. Een schipper zal in de praktijk ook nog rekening houden met een veiligheidsmarge of 'under keel clearance'. De vaardiepte moet minimaal 20 cm hoger zijn dan de diepgang om veilig te kunnen varen bij een zand of grindbodem. Door Rijkswaterstaat wordt een marge van 30 cm aangehouden. Met een veiligheidsmarge van 30 cm is de maximale diepgang 200 cm.⁸ In deze situatie is er nog weinig scheepvaart mogelijk. Zelfs de kleine rijnschepen met een maximale diepgang van 2,5 m (zie Tabel 2.1) kunnen dan niet meer met hun volle belading varen.

⁸ In de praktijk wordt de aanbevolen veiligheidsmarge of 'under keel clearance' niet in alle gevallen gehandhaafd als sprake is van een zachte (zand) bodem.



Figuur 2.14: Vaardiepte in 2003 en 1976 in Ruhrort en Nijmegen (zonder veiligheidsmarge)

Een dergelijke situatie is in het verleden voorgekomen bijvoorbeeld in 1976 (1/100 droogtejaar) (RWS, 1978). Dit was op basis van de tijdreeks 1976-2014 het jaar met de meest ernstige laagwaterperiode. Andere jaren met lange perioden van laag water zijn 1991, 2003, 2011, 1985, 1989 (1/10 droogtejaar), zie Tabel 2.5.

Tabel 2.5: Aantal dagen per jaar dat bepaalde vaardiepte voorgekomen is in Ruhrort (zonder veiligheidsmarge, schrikeldagen verwaarloosd)

	≤ 255	≤ 265	≤ 275	≤ 285	≤ 295	≤ 305	≤ 315	≤ 325	≤ 335	> 335
1976	62	27	26	46	26	33	21	11	10	103
1977	0	1	12	11	16	3	11	13	1	297
1978	18	7	3	5	3	3	2	14	12	298
1979	0	0	2	6	9	10	12	15	21	290
1980	0	0	0	0	0	3	4	6	5	347
1981	0	0	0	0	0	0	0	2	2	361
1982	0	0	0	0	0	0	0	0	2	363
1983	18	4	3	3	5	8	10	10	10	294
1984	0	0	0	0	0	0	7	6	5	347
1985	30	5	14	4	4	13	8	9	7	271
1986	1	6	4	2	5	8	4	11	8	316
1987	0	0	0	0	0	0	0	0	4	361
1988	0	0	0	0	0	0	4	7	5	349
1989	9	5	10	12	10	11	4	12	11	281
1990	0	11	6	10	9	18	17	8	12	274
1991	26	11	7	9	15	19	7	23	19	229
1992	3	12	9	6	3	10	12	17	8	285
1993	0	0	0	0	0	0	0	3	13	349
1994	0	0	0	0	0	0	4	5	2	354
1995	0	0	0	0	0	1	9	12	5	338
1996	0	0	0	0	0	10	19	22	20	294
1997	0	1	3	9	9	6	17	8	9	303
1998	0	0	1	5	4	2	5	3	13	332
1999	0	0	0	0	0	0	2	3	5	355
2000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365
2001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365
2002	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365
2003	15	10	16	18	7	18	15	19	13	234
2004	0	0	0	0	0	1	4	12	13	335
2005	0	0	7	16	6	8	8	11	5	304
2006	0	0	0	0	8	5	4	22	16	310
2007	0	0	0	0	0	3	5	6	3	348
2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365
2009	4	6	3	10	10	10	6	17	6	293
2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	365 ⁹
2011	15	9	10	10	18	19	14	11	9	250
2012	0	0	0	0	0	0	2	6	5	352
2013	0	0	0	0	0	1	2	2	6	354
2014	0	0	0	0	0	3	6	9	14	333

Beladingsgraad en vaardiepte

De tweede stap voor de dosis-effectrelatie is het bepalen van de gemiddelde beladingsgraad als functie van de vaardiepte.

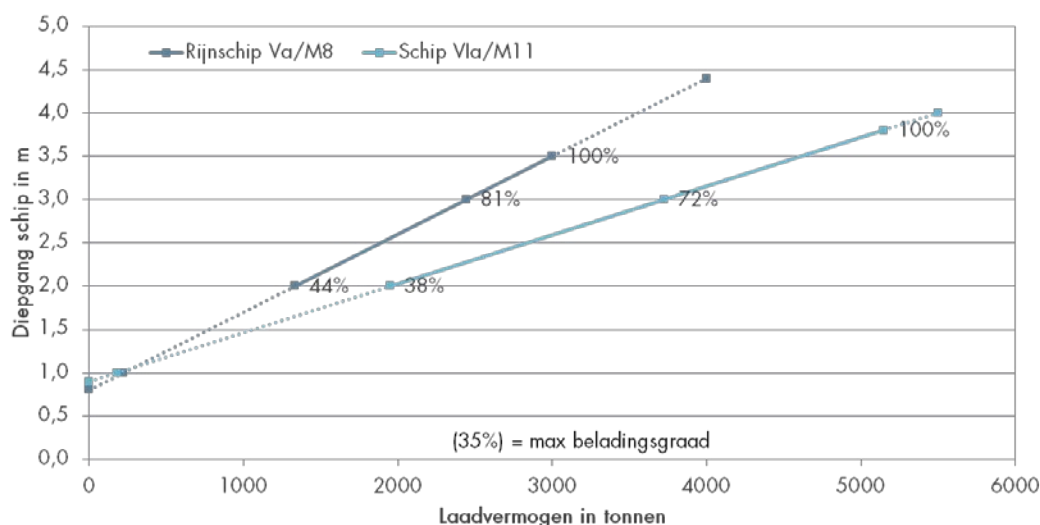
⁹ In 2010 ontbreken metingen gedurende 46 dagen in de periode juli-augustus. Aangenomen is dat er geen sprake was van een tekort.

Dit kan benaderd worden met de wet van Archimedes en de aanname dat een schip ongeveer rechthoekig is, en aan de hand van informatie van binnenvaartschippers.

In de scheepvaartscenario's voor het Deltaprogramma (RWS, 2012) zijn twee relaties bepaald op basis van informatie uit de binnenvaart:

- een voor een standaard Rijnschip met een afmeting van 110 x 11,45 m en een diepgang van 3,5 m (Va – M8);
- een voor een standaard schip met een afmeting van 135 x 14,20 m en een diepgang van 3,8 m (Vla – M11).

De beladingskrommen staan in Figuur 2.15. Hieraan hebben we de geschatte beladingsgraden in laadvermogen toegevoegd. Als we deze relaties vergelijken met de toename van het laadvermogen als functie van de diepgang, dan is de toename in werkelijkheid ongeveer 90% van het de lengte x de breedte van het schip x de toename van de diepgang.¹⁰ Voor andere scheeptypen zou de relatie dus benaderd kunnen worden door ongeveer 10% van de geschatte verandering in laadvermogen af te trekken. Deze relatie geldt alleen binnen een bandbreedte van 2 tot 3,5/3,8 meter. Onder de 40% beladingsgraad neemt de diepgang niet meer lineair af, en boven de 100% kan deze niet verder toenemen.



Figuur 2.15: Maximale belading karakteristieke Rijnschepen (bewerking van figuur uit RWS, 2012)

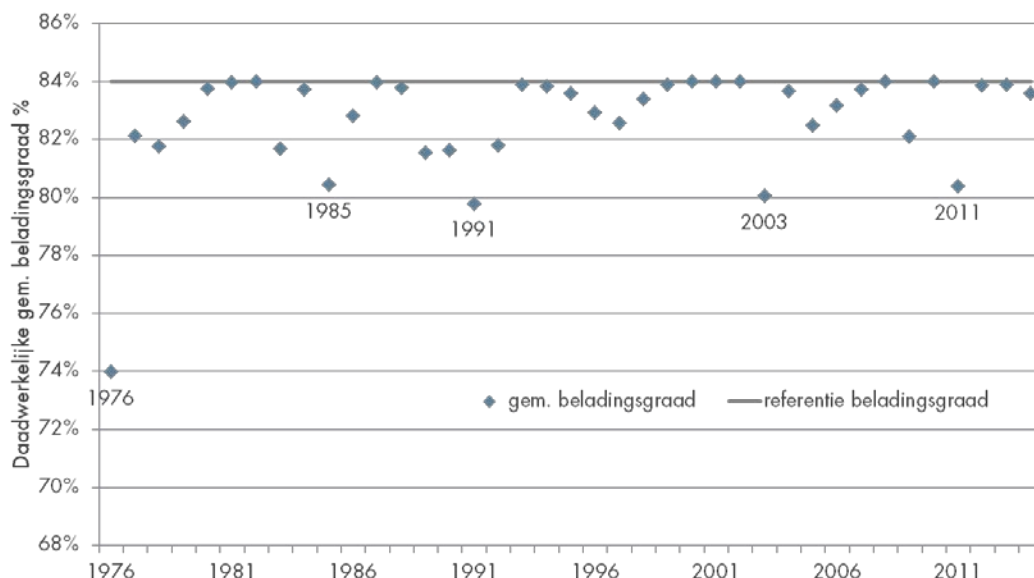
De werkelijke minder vervoerde lading is niet direct gelijk aan de afname van de maximale laadcapaciteit. Doordat het aanbod nu groter is dan de vraag, en de vraag niet gelijk verdeeld is over alle routes, wordt nu niet op elke route de maximale lading vervoerd. Als de gemiddelde beladingsgraad 60% is van de theoretische maximale beladingsgraad, dan leidt een afname van de maximale beladingsgraad met 10% niet tot een afname van 10% van de vervoerde lading. Het is zelfs zo dat als het extra aanbod gelijk verdeeld is, een daling van de maximale laadcapaciteit tot 90% van het theoretisch maximum, geen effect heeft op de vervoerde lading en het aantal trips. Deze situatie kan een opwaarts effect op de prijzen hebben door de vermindering van de onbalans tussen vraag en aanbod.

¹⁰ Voor Rijnschip met afmeting 110 m x 11,45 m is berekende waterverplaatsing 88%, voor M11 schip 93%.

Aangezien een nauwkeurige berekening een heel gedetailleerde analyse vraagt van vervoerde vrachten en type schepen per route, geven we in deze studie de voorkeur aan een pragmatische analyse van de relatie tussen daadwerkelijke beladingsgraad en de waterstand.

Aan de hand van de 'Vaart vrachtindicator' hebben O. Jonkeren en anderen coëfficiënten geschat die het verband aangeven tussen de waterstand bij Ruhrort en de afname van de daadwerkelijke beladingsgraad, en tussen de waterstand en de referentieprij per vervoerde ton (Jonkeren et al, 2010).¹¹ Deze daadwerkelijke gemiddelde beladingsgraad is gelijk aan 84% in 2003-2007 in de dataset.¹² Deze waarde past binnen de cijfers die door CE Delft (2005) voor 1997 zijn bepaald en ligt iets hoger dan de cijfers die volgens het CCR (2014) actueel zijn in 2013. De capaciteitstoename na 2008 is een mogelijke verklaring hiervoor. In 2013 is de capaciteit 15% hoger dan in 2008 en de vervoersprestatie 10% hoger dan in 2008.

Met behulp van deze coëfficiënten hebben we de effecten op de beladingsgraad bepaald voor verschillende jaren in de periode 1976-2014 (zie Figuur 2.16 en Tabel 2.5).



Figuur 2.16: Verlies aan gemiddelde beladingsgraad berekend met behulp van coëfficiënten (Jonkeren et al. 2010)

Onderscheid tussen natte en droge vaart, type lading, route en trends in afmetingen van schepen, is niet te maken zonder een zeer omvangrijke studie van marktdata per vaart, en die zijn niet openbaar toegankelijk. Wel zijn de volgende relaties uit de (markt)informatie af te leiden:

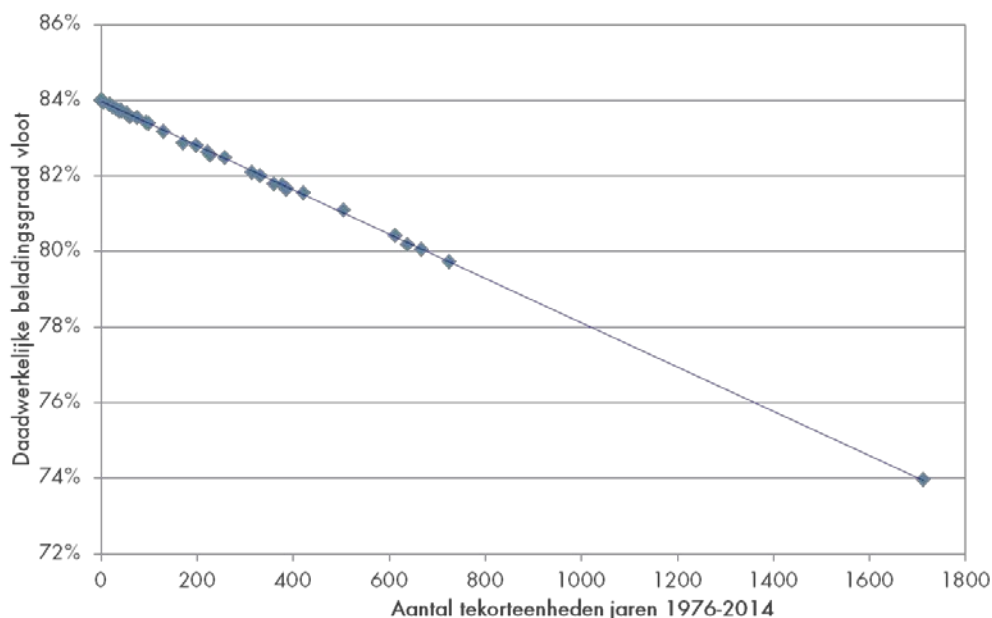
- Hoe groter de schepen, hoe eerder er sprake is van beperkingen. Grote schepen hebben echter nu nog vaak een lagere beladingsgraad, waardoor ze vaak hun maximale diepgang niet nodig hebben.

¹¹ De manier waarop Jonkeren et. al omgaan met een lagere gemiddelde beladingsgraad bij de tank- en containervaart is niet duidelijk. Bij deze marktsegmenten is vaak niet het gewicht (laadvermogen) beperkend maar het volume (laadcapaciteit). Het gemiddelde percentage gebruikte laadvermogen kan daardoor lager uitvallen.

¹² Behalve de gemiddelde beladingsgraad speelt ook de wachttijd (tijd dat een schip stilligt met of zonder lading) en rol bij het bepalen van de economische effecten van laag water. Gemiddelde wachttijden variëren sterk per marktsegment.

- Hoe minder de overcapaciteit, hoe hoger de normale beladingsgraad en hoe sneller er sprake zal zijn van beperkingen en schade bij de scheepvaart door laag water.
- Bij kleinere schepen zal de maximale beladingsgraad sneller afnemen bij een beperking. De te vervoeren tonnages nemen minder snel af dan bij grote schepen. De afname van het aantal tonnages is ongeveer 90% van het oppervlak x de afname van de maximale diepgang.
- In de toekomst verwacht men een toename van de vraag naar vervoer over water. Dit zorgt ervoor dat als de capaciteit minder snel toeneemt bij eenzelfde vlootmix en operatie, de afname van de beladingsgraad door laag water groter zal worden.
- In de toekomst verwacht men eveneens een toename van het aantal grote schepen ten koste van kleinere schepen. Hierdoor zal gemiddeld eerder sprake zijn van beperkingen of negatieve effecten door laag water.

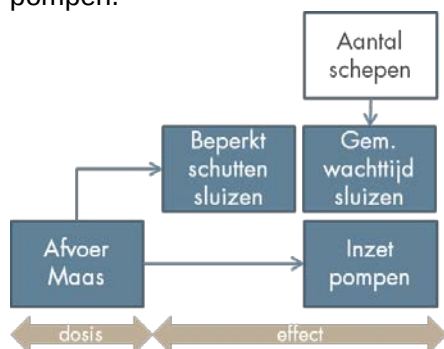
Als effect uit de dosis-effectrelatie nemen we de daadwerkelijke beladingsgraad van de Rijnvaart. Voor de dosis in de dosis-effectrelatie moet er een combinatie gezocht worden van de duur (in dagen) en de ernst van de laagwatersituatie (aantal cm onder referentie). De ernst van de laagwatersituatie vertaalt zich in een lineaire afname van het aantal te vervoeren tonnen als de vlootmix en inzet niet veranderen. Voor het aantal dagen met een tekort nemen we aan dat deze zich ook lineair verhouden. Het gecombineerde tekort per jaar berekenen we door het aantal dagen met een bepaald tekort te vermenigvuldigen met de waarde van het tekort, uitgedrukt in aantal decimeters onder 336 cm bij Ruhrort. Bijvoorbeeld 3 dagen met een waterstand van 316 cm betekent $3 \text{ (dagen)} \times 2 \text{ (decimeters onder 336 cm)} = 6$ tekorteenheden. Bij een reguliere beladingsgraad (zonder droogte) van 84% treedt er vanaf 336 een daling van de daadwerkelijke beladingsgraad op. Als de reguliere beladingsgraad hoger is, treedt vanaf een hogere vaardiepte een beperking op (zie Figuur 2.17)



Figuur 2.17: Relatie tussen voorgestelde tekort eenheden en berekende beladingsgraden per jaar

2.3.2 Maas

Doordat de Maas een gestuwde rivier is, treden niet snel effecten op door lagere waterstanden. Men slaagt er tot nog toe goed in de waterstanden op peil te houden door zuinig en minder te schutten (bijvoorbeeld niet op zondag en 's nachts) en door het schutverlies te compenseren door water terug te pompen (zie Figuur 2.18). In beide situaties is wel sprake van mogelijk welvaartverlies. Minder schutten kan tot extra wachttijden bij de sluizen leiden en het terugpompen van water kost energie en vereist een investering in pompen.



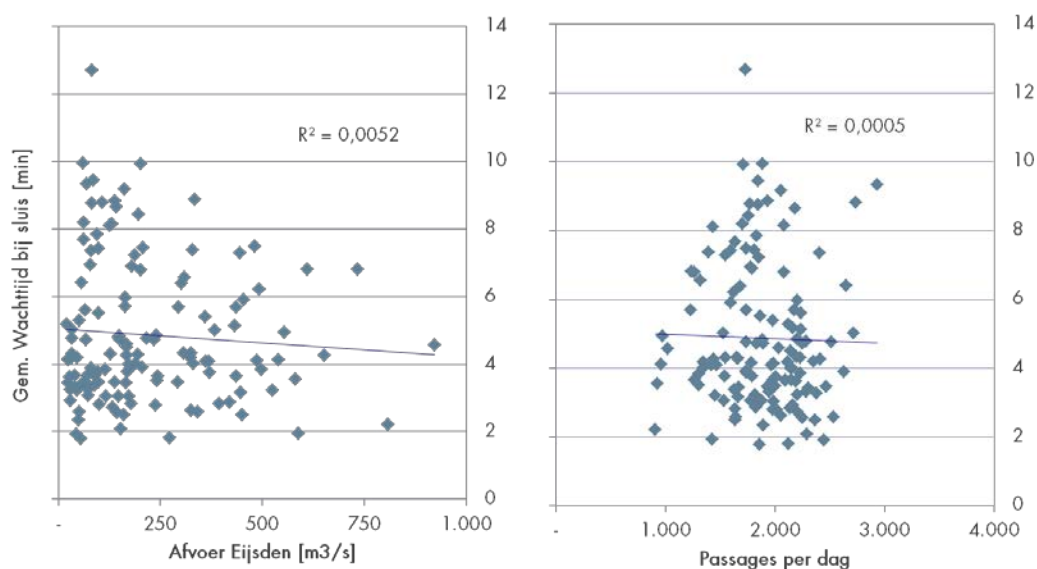
Figuur 2.18: Dosis-effect relatie Maas

Effect beperkt schutten

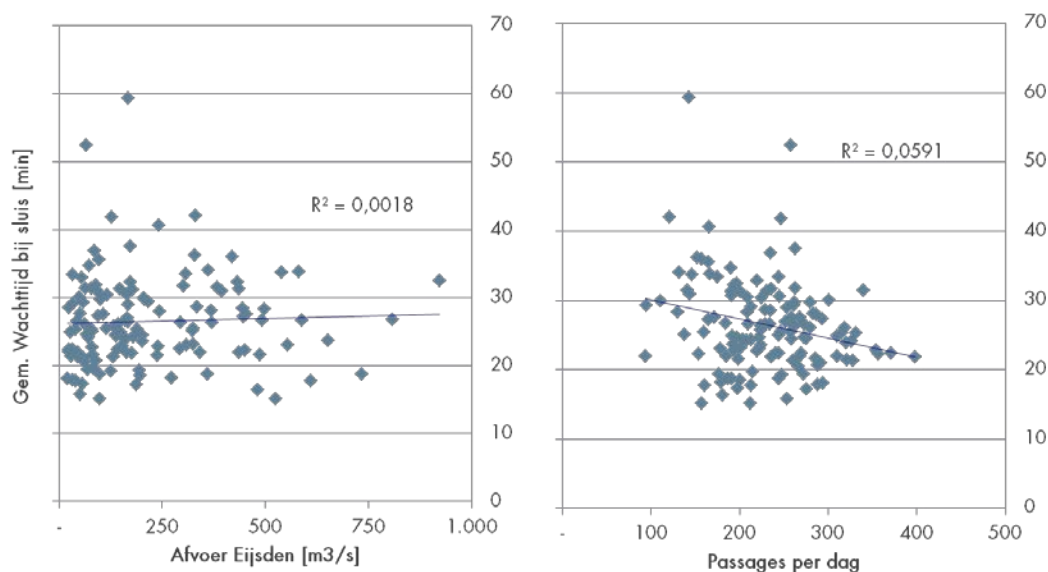
Om schades ten gevolge van verlies door schutbeperkingen in te schatten voor de Maas, is de relatie tussen de rivierafvoer en de gemeten schuttijd geanalyseerd. In een droog jaar schut men schepen tegelijk en moet er gewacht worden totdat de sluis vol is om waterverlies door het schutten zoveel mogelijk te voorkomen (Heijde, 1978). In de zomer van 2015 is dit het geval, zoals blijkt uit nieuwsberichten (NOS, 2015).

Volgens experts leidt dit tot nu toe niet tot een noemenswaardige toename van de wachttijden bij sluizen. Dit is in overeenstemming met de analyse van de gemiddelde maandelijkse wachttijden voor verschillende sluizen langs de Maasroute.¹³ De wachttijden laten geen correlatie zien tot de gemiddelde rivierafvoer bij Eijsden of het aantal passages (zie Figuur 2.19 en Figuur 2.20 voor de resultaten van de sluis Belfeld en Born ter illustratie).

¹³ De gemiddelde wachttijden zijn verkregen van Rijkswaterstaat en afkomstig van het informatie en volgsysteem voor de binnenvaart (IVS90). Volgens experts is de nauwkeurigheid van deze wachttijden beperkt.



Figuur 2.19: Wachtijd sluis Belfeld

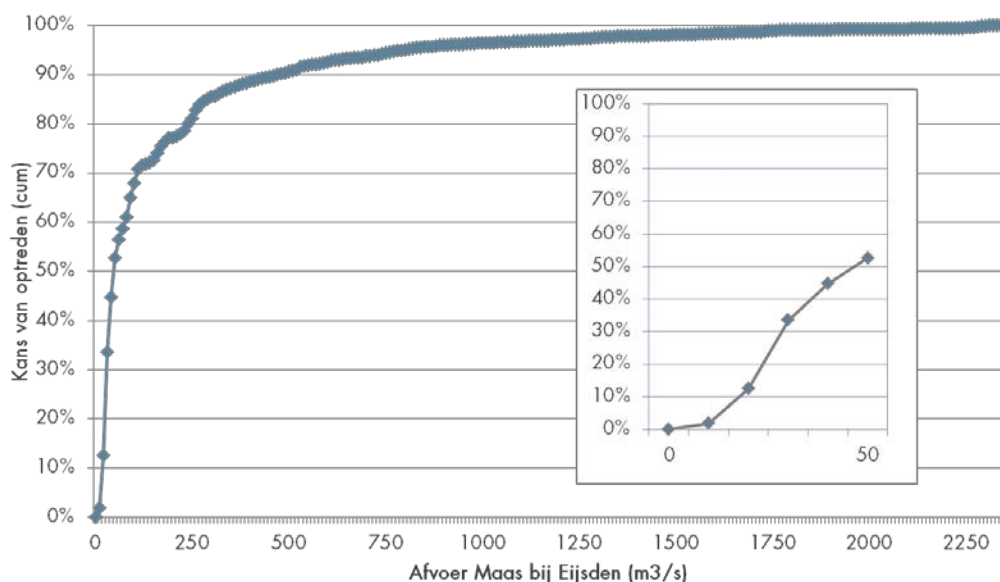


Figuur 2.20: Wachtijd sluis Born

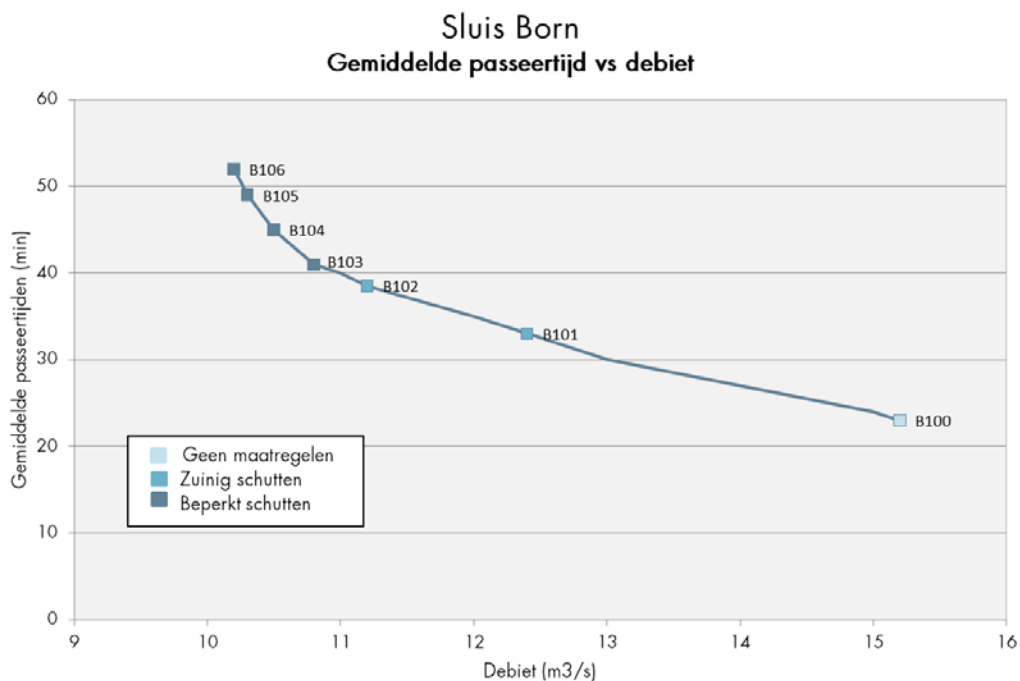
In de toekomst kunnen naar verwachting wel grote problemen ontstaan als vaker sprake is van lage rivierafvoeren en het aantal schepen op de Maas toeneemt.

Omdat de historisch verzamelde informatie geen betrouwbare relatie laat zien, hebben we gekeken naar een studie van RWS waarin effecten bij enkele sluisen worden gesimuleerd. Hieruit volgt dat pas maatregelen nodig zijn bij een afvoer die onder de 15,5 m³/s ligt. Dan wordt eerst nog met hevelen en terugpompen gewerkt voordat de scheepvaart zelf last krijgt door langere wachttijden. Dit gebeurt pas onder een afvoer van 11 m³/s. Afvoeren van onder de 11 m³/s komen niet vaak voor. In 2011 was dit 5% van de tijd het geval (zie Figuur 2.21), in 2014 slechts 1% van de tijd. In de toekomst neemt de frequentie mogelijk toe.

Om de methodiek ook voor de Maas te illustreren gebruiken we een van de simulaties (zie Figuur 2.22) voor de sluis bij Born wanneer er niet gepompt wordt. De simulatie laat dan een toename van de passagetijden zien.



Figuur 2.21: Kans van optreden van afvoer Maas bij Eijsden (Waterbase, 2011)



Figuur 2.22: Verloop passeertijd vs. debiet Maas voor verschillende gesimuleerde situaties (B-nummers) (RWS, 2003).

Tussen een afvoerdebiet van 11 en 15 m³/s lopen de passeertijden op met 15 minuten, ongeveer 4 minuten per m³/s onderschrijding van 15 m³/s. Onder de 11 m³/s neemt de passeertijd toe met ongeveer 15 minuten per m³/s onderschrijding.

Voor 2011 is dan sprake van een toename van gemiddeld 3 minuten per passage. Bij een aantal passages van ongeveer 23500 per jaar levert dat een extra wacht- en reistijd op van 1175 uur. Voor een gemiddeld jaar waarin geen sprake is van extreme laagwatersituaties zoals 1967, maar ook 1989, is de gemiddelde vertraging 0,0 minuten per passage. In 1976 zou de gemiddelde toename van de wachttijd 33,9 minuten bedragen; in 2003 0,3 minuten¹⁴.

Effect inzet pompen

Op dit moment zijn pompen geïnstalleerd bij de sluizen Maasbracht en Born. Deze worden gebruikt om water terug te pompen dat verloren gaat bij het schutten. De inzet van pompen neemt toe als laagwatersituaties vaker voorkomen. Door pompen in te zetten kan de toename van de passeertijden uitgesteld worden. In Born kunnen de pompen tot een afvoerdebiet van 3,2 m³/s in de Maas de aanvoer nog compenseren (maximale besparing is 12 m³/s). Daaronder is een effect voor de scheepvaart niet meer te voorkomen.

2.4 Economische waardering effect

Om tot een schatting van het welvaartseffect te komen moet de lagere beladingsgraad of langere passagetijd worden gewaardeerd. Achtereenvolgens moeten deze effecten voor de sector gecorrigeerd worden voor de mate waarin kosten afgewenteld worden op afnemers en in welke mate de effecten de nationale welvaart beïnvloeden. In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de Rijn-Waal verbinding en vervolgens op de Maas.

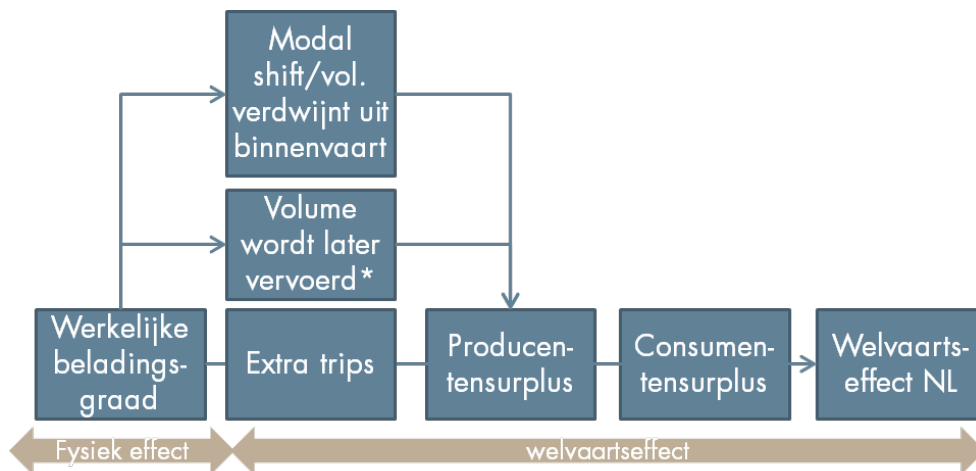
2.4.1 Rijn en Waal

De lagere beladingsgraad bij laag water kan verschillende gevolgen hebben (zie Figuur 2.23) (Rense, 2013):

- De gemiste lading wordt niet over water vervoerd, maar wordt via de weg of het spoor op de plaats van bestemming gebracht. De directe schade voor de scheepvaart bestaat dan uit de omzet van de niet vervoerde lading, eventueel deels gecompenseerd door de hogere prijzen voor de wel vervoerde lading. Het spoor en wegtransport profiteren hiervan, maar als de prijs bij laagwatersituaties toeneemt, kan de vraag naar vervoer ook deels vervallen. De effecten van modal shift van andere sectoren worden in deze analyse buiten beschouwing gelaten. Ook vervoer van vracht over water maar via een andere route laten we nu buiten beschouwing, omdat dit een integrale modellering van alle routes vraagt. Voor verladers hoeft modal shift niet negatief uit te pakken.
- De initieel gemiste lading wordt op een later tijdstip vervoerd. Over het hele jaar geteld, levert dit geen daling van de gemiddelde beladingsgraad op. In totaal wordt dezelfde lading vervoerd met hetzelfde aantal trips. De kosten in de keten zoals voor hogere voorraden bepalen dan de welvaartschade. De marktwerking zorgt voor een mogelijke verschuiving van de welvaart van afnemer en verlader naar de schippers. Bij hogere prijzen kan een deel van de vraag vervallen.

¹⁴ Hiervoor zijn dagafvoeren bij Eijsden in de genoemde jaren uit waterbase gebruikt.

- De initieel gemiste lading wordt wel vervoerd, maar dit gebeurt door extra trips uit te voeren. De kosten van de extra vaarten bepalen dan de schade voor de scheepvaart. Ook is er een positief effect voor de schippers doordat de prijzen door de laagwatertoeslag en marktwerking hoger liggen. Verladers en afnemers van de vervoerde goederen ervaren dan een nadeel. Door de hogere prijzen kan een deel van de vraag vervallen.



* Over het hele jaar geteld, levert dit geen daling van gem. beladingsgraad op.

Figuur 2.23: Schematisering

In deze studie focussen we op de derde mogelijkheid om de methodiek te illustreren. Wel berekenen we wat het effect is als het volume voor de binnenvaartketen (optie 1) direct vervalt. De tweede situatie vraagt een analyse van de toename van de voorraadkosten in de keten en hangt niet samen met de werkelijke gemiddelde beladingsgraad. Analyse naar de modal shift effecten en de voorraadkosten past niet binnen de scope van dit onderzoek.

Producentensurplus

In een jaar met veel laagwatersituaties wordt het effect voor de scheepvaart in drie stappen bepaald:

- Eerst berekenen we aan de hand van het effect (beladingsgraad) hoeveel ton lading er bij een gelijke operatie blijft staan ten opzichte van het vervoer in een jaar zonder droogteschade. De gemiste opbrengst tegen de referentieprijs per ton is dan de eerste schadepost. Deels wordt dit gecompenseerd als de prijzen door marktwerking (toeslagen, vraag-aanbod) stijgen.

- Deze schade wordt vervangen wanneer de schippers kosten maken om de lading alsnog te vervoeren. Deze kosten berekenen we op basis van het aantal extra trips en extra vaaruren. De gemiddelde variabele kosten per uur zijn geschat op € 150 per uur (zie Textbox 2.1). Bij een referentiebeladingsgraad van 84%¹⁵, moet men bij een laagwaterbeladingsgraad van 75% en een gelijke verdeling over de vloot $(84\%-75\%)/75\%$ x het normale aantal vaaruren extra varen. Het vervoerde volume is dan gelijk, maar de kosten zijn hoger dan zonder een laagwatersituatie.
- In werkelijkheid kunnen niet alle schepen extra trips uitvoeren. Sommige (vaak grotere) schepen varen al volcontinu en andere schepen hebben onvoldoende personeel om meer uren te varen. In deze analyse verwaarlozen we dit effect en gaan we uit van een gelijke verdeling.

Textbox 2.1: Berekening gem. kosten per uur voor extra trips

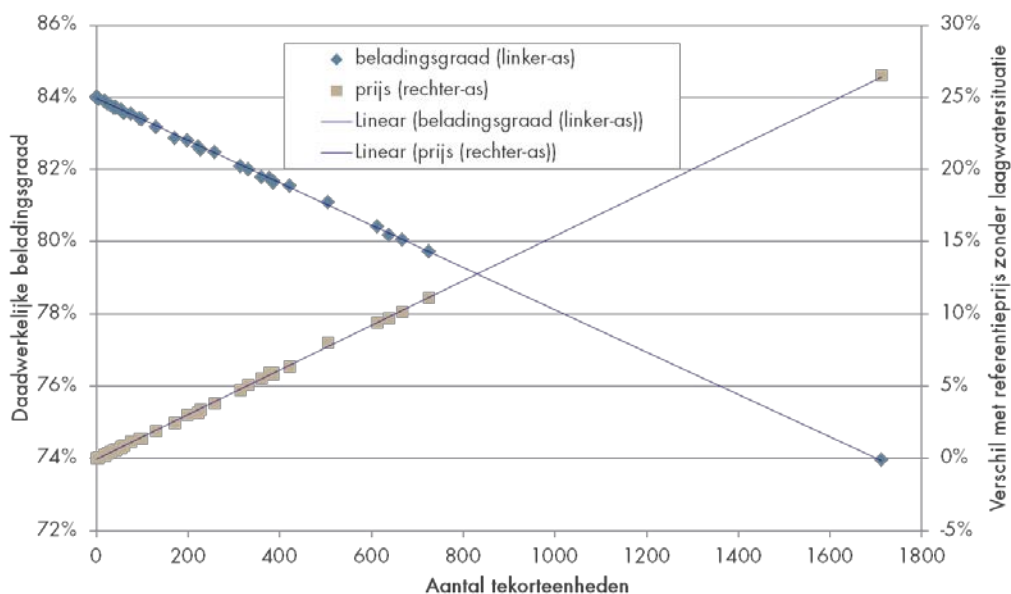
De kosten voor een effectief uur extra operatie zijn berekend door de gemiddelde variabele kosten per uur te bepalen met de NEA kostenkentangspreadsheet. De variabele kosten bevatten de variabele kosten uit het kostenmodel plus de personeelskosten. De brandstofkosten zijn niet gecorrigeerd voor een lagere beladingsgraad (lagere brandstofkosten) omdat uit de expertmeeting bleek dat bij laag water ook effecten optreden die het brandstofverbruik juist verhogen. Omdat geen informatie bekend is over de exacte relatie, verwaarlozen we dit effect.

Voor een klein schip komen we uit op: ong. € 60 per uur, voor een gemiddeld schip op € 75 per uur, voor een groot schip ong. € 200 per uur.

Gemiddeld rekenen we de kosteneffecten door tegen € 150 per uur. Dit bedrag is een schatting van het gewogen gemiddelde van het huidig aantal uren per type schip maal de uurprijs, gedeeld door het totaal aantal vaaruren.

Als derde stap wordt de prijscorrectie bepaald met behulp van de analyse van Jonkeren. Bij een laagwatersituatie met lagere maximale beladingsgraden is een positief effect op de gemiddelde prijs geregistreerd (marktwerking, laagwatertoeslag, zie Figuur 2.24). De toeslag op de referentieprijs (zie Textbox 2.2) bedraagt tussen de 0% en 27%.

¹⁵ De referentiebeladingsgraad is om praktische redenen gelijk gekozen aan de gemiddelde beladingsgraad die volgt uit de database gebruikt door Jonkeren. Deze valt binnen de bandbreedten genoemd in andere bronnen.

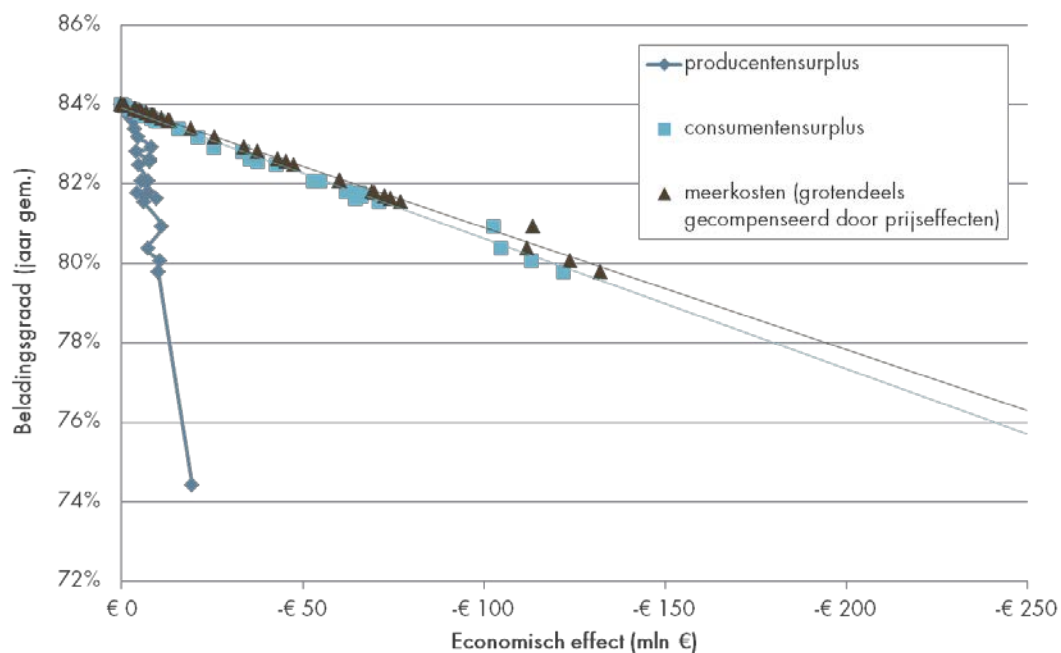


Figuur 2.24: Verloop prijs toeslag t.o.v. referentieprijs per ton als functie van tekorteenheden. Tekorteenheden zijn aantal dagen maal hoogte van tekort uitgedrukt in decimeters tekort aan vaardiepte (zie paragraaf 2.4.1)

Textbox 2.2: Berekening referentieprijs

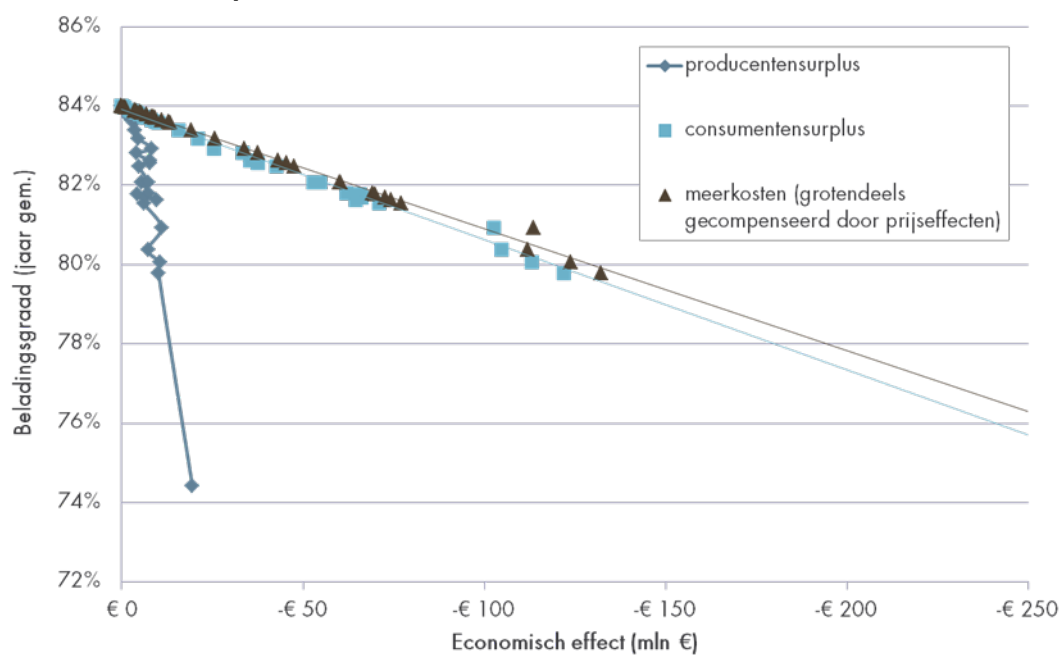
Prijzen voor vervoerde vrachten variëren sterk afhankelijk van de mate van overcapaciteit, marktmacht, de route en lengte van de route, vaste afspraken en dergelijke. We gebruiken in de berekeningen een gemiddelde prijs per ton, ondanks al deze verschillen. De referentieprijs is € 6,55 per ton. Dit bedrag is geschat door de Nederlandse goederenomzet van 2014 te delen door de vervoerde tonnen in Nederland. We nemen aan dat 366 mln ton per jaar vervoerd wordt (CBS). De omzet van de Nederlandse binnenvaart is 2300 mln euro. Ongeveer 10% is passagiersvaart. Die trekken we er vanaf. Dit betekent dat 2070 mln euro wordt omgezet. Hiervoor vervoert men 80% van de 366 ton = 293 ton. De gemiddelde prijs is daarmee € 7,07 per ton. In 2014 is echter ook al sprake van beperkingen die prijs verhogen. De toename is 8% op referentie prijs. Gecorrigeerd voor 8% komen we op gemiddeld 6,55 per ton. Met deze referentieprijs worden de welvaartseffecten bepaald.

De combinatie van meerkosten, volumeveranderingen en prijseffecten is het producentensurplus (zie Figuur 2.25). Voor een extreem jaar voor de scheepvaart (1976) levert dit tot 300 miljoen aan meerkosten voor de binnenvaart op. Deze worden in voorbeeld grotendeels gecompenseerd voor de schippers door afnemers in de keten. Per saldo is er in een jaar zoals 1976 voor schippers een nadeel van 20 mln euro.



Figuur 2.25: Relatie tussen beladingsgraad, producentensurplus en consumentensurplus

Consumentensurplus



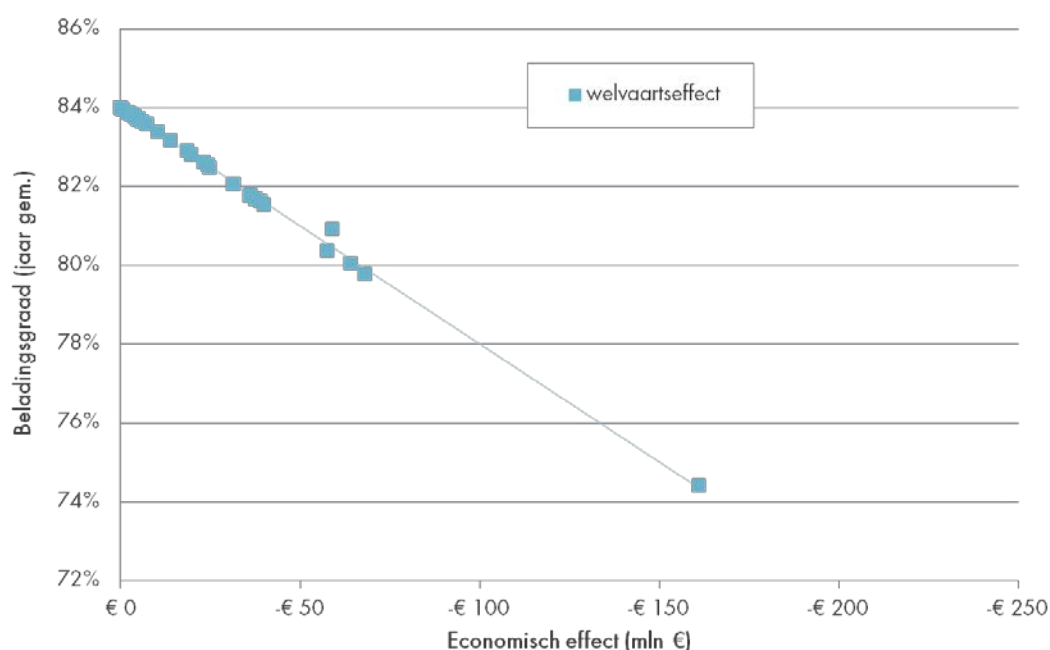
Figuur 2.25 laat ook het consumentensurplus zien. Om het welvaartseffect te berekenen moet eerst het consumentensurplus bepaald worden, ofwel het effect voor de klanten van de schippers, de verladers et cetera. Deze ervaren een nadeel door de hogere prijzen (laagwatertoeslag) van de goederen en de verminderde betrouwbaarheid van de levering. We nemen aan dat de hele vraag alsnog door de schippers vervoerd wordt door extra trips uit te voeren. Het consumentensurplus is dan gelijk aan het normale volume dat over de Rijn vervoerd wordt vermenigvuldigd met de prijsstijging zoals volgt uit de analyse van Jonkeren. Bij deze prijsstijging wordt door experts niet verwacht dat de vraag door de prijselasticiteit direct afneemt. Er zijn geen betrouwbare cijfers voor de prijselasticiteit en in de binnenvaart is geen normale vraag-aanbod dynamiek. Zelfs bij een grote vraag stijgen de prijzen vaak niet. De inkoopkracht ligt bij een beperkt aantal spelers en is de dominante factor.

Welvaartseffect

Het nationale welvaartseffect wordt bepaald door het welvaartseffect voor de sector en de consument en het effect op andere sectoren. Waarschijnlijk zullen andere transportsectoren profiteren van droogte, terwijl sectoren die hun producten vervoeren per schip wel schade zullen ondervinden door prijsstijgingen. In deze studie beschouwen we alleen de effecten voor de directe klanten of verladers en nemen we de modal shift niet mee. Dan is relevant welk deel van de afnemers en welk deel van de schippers de Nederlandse welvaart betreft. Als vooral partijen in het buitenland schade ondervinden door droogte kan een laagwatersituatie in een nationale welvaartsanalyse positief uitpakken voor Nederland. In werkelijkheid is de Nederlandse markt zeer sterk gecorreleerd met de Duitse markt. Indirect zal er ook op termijn in Nederland schade optreden als de welvaartschade initieel bij de Duitse afnemers komt te liggen.

Bovendien verliest Nederland en de Nederlandse binnenvaart aan concurrentiekracht ten opzichte van andere landen en modaliteiten als de kosten voor transport over water in Nederland stijgen.

Uit de marktanalyse volgt dat ongeveer 80% van het vervoer in ton over Nederlandse wateren door Nederlandse schippers wordt vervoerd. Over de Rijn gaat het om 50% van de vervoerde tonnages. Van het producentensurplus nemen we daarom 70% mee voor het nationale welvaartseffect. Van de afnemers schatten we dat tussen de 35% en 70% in Nederlandse handen is. Ongeveer 35% van scheepspassages bij Lobith heeft een Nederlandse bestemming (RWS, 2009). De 70% is het aandeel binnenlandse vervoer, plus de aanvoer naar Nederland van al het vervoer over Nederlandse wateren. Voor het nationale welvaartseffect tellen we 70% (50-80%) van het producentensurplus mee en 50% (35-70%) van het consumentensurplus. Laagwatersituaties leiden dan tot welvaartsschade. Het Nederlandse aandeel in de gehele keten (schippers, verladers, afnemers, overslagpunten, opslag, logistiek et cetera.) is hoger. Experts schatten het Nederlands aandeel van de gehele keten op 80-90%. Deze indirecte effecten zijn binnen dit onderzoek niet nader onderzocht.



Figuur 2.26: Relatie tussen beladingsgraad en nationaal welvaartseffect¹⁶

2.4.2 Maas

De langere passagetijden van sluizen, komen tot uiting in een langere reistijd. Deze langere reistijd heeft gevolgen voor de schippers. Deze waarderen we eerst. Doordat het volume niet verandert en de situatie nog weinig voorkomt, nemen we voor deze studie aan dat het hele effect bij de producenten neerslaat en niet wordt afgewenteld op afnemers. Het consumentensurplus is dan nihil en het welvaartseffect gelijk aan het nationale deel van het producentensurplus.

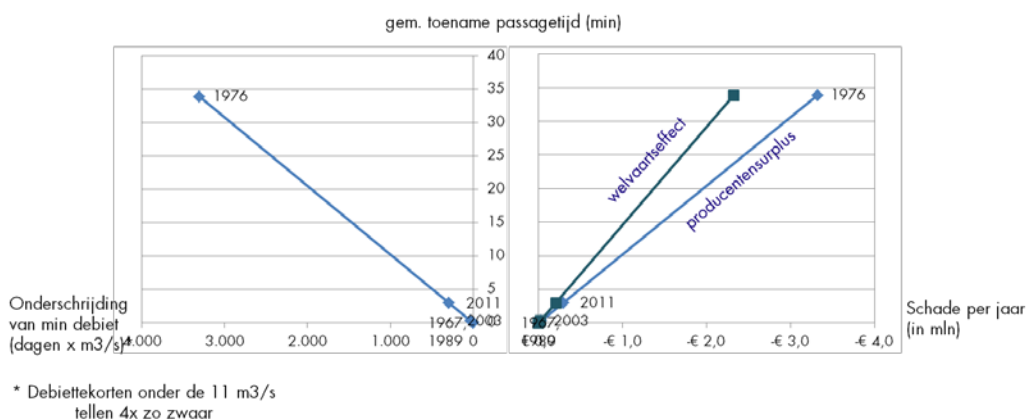
Producentensurplus

Met behulp van de *value of time* voor het beroepsgoederenvervoer over water, het aantal schepen en de gemiddelde vertraging berekenen we de welvaartschade voor de schipper. Voor het recreatieverkeer nemen we geen schade mee.

Gemiddeld wordt voor de verschillende WLO-scenario's in 2020 met een *value of time* gerekend van € 338 per uur in beladen vaart (KIM, 2013). Bij wachten in plaats van varen, vervalt een aantal kosten. We schatten de kosten van wachten met draaiende motor algemeen op 75% hiervan, dus ongeveer € 250 per uur voor de schippers.

Voor de sluis bij Born hebben we de relatie onderzocht wanneer geen pompen worden ingezet. Dit levert een hoge schatting van de schade op omdat normaalgesproken pompen worden gebruikt. Het producentensurplus is dan de gemiddelde wachttijd (in 1976 33 minuten) vermenigvuldigd met 250 euro per uur en het aantal passages (23500 per jaar). In totaal is de schade in 1976 dan ruim 3 mln euro (zie Figuur 2.27).

¹⁶ De knik in de figuur is het gevolg van een sprong in de coëfficiënten zoals berekend door Jonkeren et al. (2010). Op basis van zijn analyse is er een gem. beladingsgraad van 76,6% bij 3,00 m vaardiepte en 74,8% bij 3,10m. De coëfficiënten bij andere waarden nemen wel monotoon toe met toenemende vaardiepte. Binnen dit onderzoek was het niet mogelijk te onderzoeken of dit resultaat het gevolg is van de gebruikte dataset of een andere reden heeft.



Figuur 2.27: Dosis-effect en waardering effect sluis Born

De jaarlijkse pompkosten hangen af van de waterbeschikbaarheid, het schutwaterverbruik en het laagwaterbeleid (zoals pompen in combinatie met zuinig schutten). Indicaties voor de jaarlijkse pompkosten voor verschillende droogtesituaties staan in Tabel 2.6. De kosten zijn gebaseerd op cijfers van Rijkswaterstaat voor de verwachte gemiddelde pompkosten bij Born (RWS, 2003). Uit de RWS-studie blijkt dat de totale kosten van pompen en wachttijden het laagst uitvallen als maximaal ingezet wordt op pompen. In Born kunnen de pompen 12 m³/s besparen en treedt er ook in 1976 maar een beperkte schade voor scheepvaart op, namelijk alleen als het afvoerdebiet onder de 3 m³/s komt. De tekorten door onderschrijding zijn dan maar 90 (= gemiddeld 90 dagen een m³/s te kort). De kosten zijn dan ongeveer € 0,5 mln (€ 0,43 mln voor pomp en € 0,09 mln voor scheepvaart), in plaats van ruim 3,0 mln euro.

Voor een complete analyse dienen ook de curves voor de andere sluisen op de route bepaald te worden. Dit is met huidige informatie en binnen deze analyse niet mogelijk.

Tabel 2.6: Indicatie jaarlijkse pompkosten o.b.v. verwachte gemiddelde pompkosten bij Born (Rijkswaterstaat, 2003).

Droogtejaar	Gemiddeld	10% droog (1949)	2% droog (1976)
Jaarlijkse pompkosten excl. installatiekosten (k€)	126	190	433

Welvaartseffect

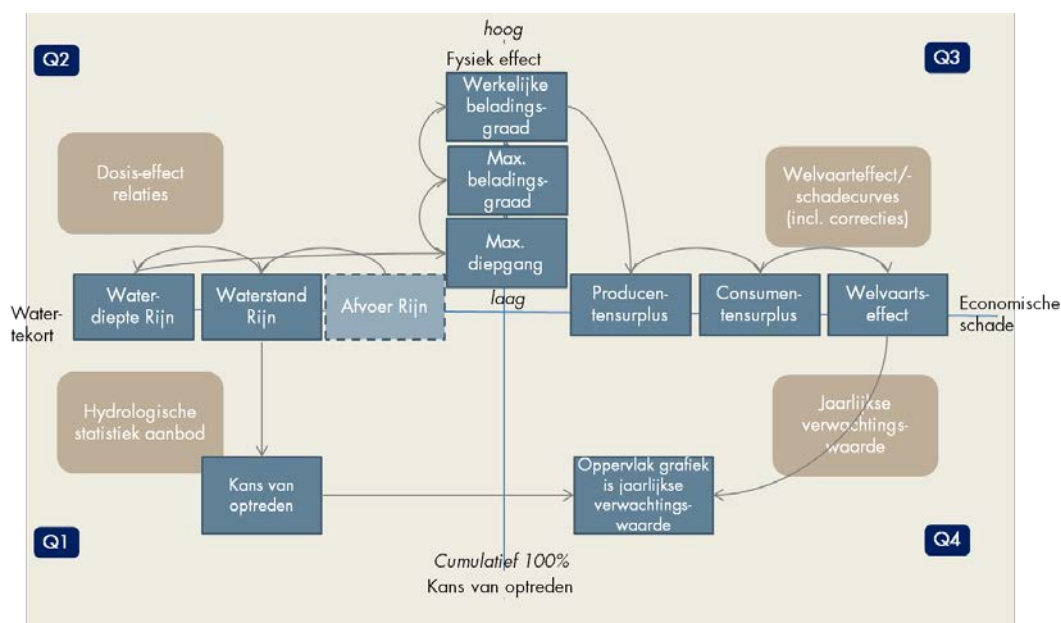
Zoals vermeld nemen we aan dat de schade niet afgewenteld wordt op de afnemers. Het consumentensurplus is dan nihil en het welvaartseffect is gelijk aan het Nederlandse deel van de schippers. We hebben geen gedetailleerde informatie over de scheepvaart op de Maas. Stel dat het aandeel 70% is, dan is het welvaartseffect van de schadecurve 70% van de schade voor de producenten (zie Figuur 2.27).

2.5 Schadecurves en kwadranten

In deze paragraaf vatten we de verschillende relaties waar mogelijk samen in het kwadrantenmodel. Vervolgens doen we hier een kleine gevoeligheidsanalyse op en laten we zien hoe klimaatverandering, autonome ontwikkeling en adaptiviteit hierop aangrijpen. Dit hoofdstuk sluit af met conclusies en aanbevelingen.

2.5.1 Samenhang dosis-effect, welvaartseffect en jaarlijks verwachtingswaarde

De hydrologische analyses hebben in deze studie geen aparte aandacht gehad. Daar zijn andere studies op gericht. Ter illustratie zullen we daarom de verdeling van de tekorten voor de Rijn, zoals ze volgen uit de periode 1976-2014, als representatief beschouwen voor de huidige situatie en daarmee de kwadranten completeren. Voor de Maas hebben we van een beperkt aantal jaren gedetailleerde informatie en wordt deze daarom niet verder uitgewerkt.



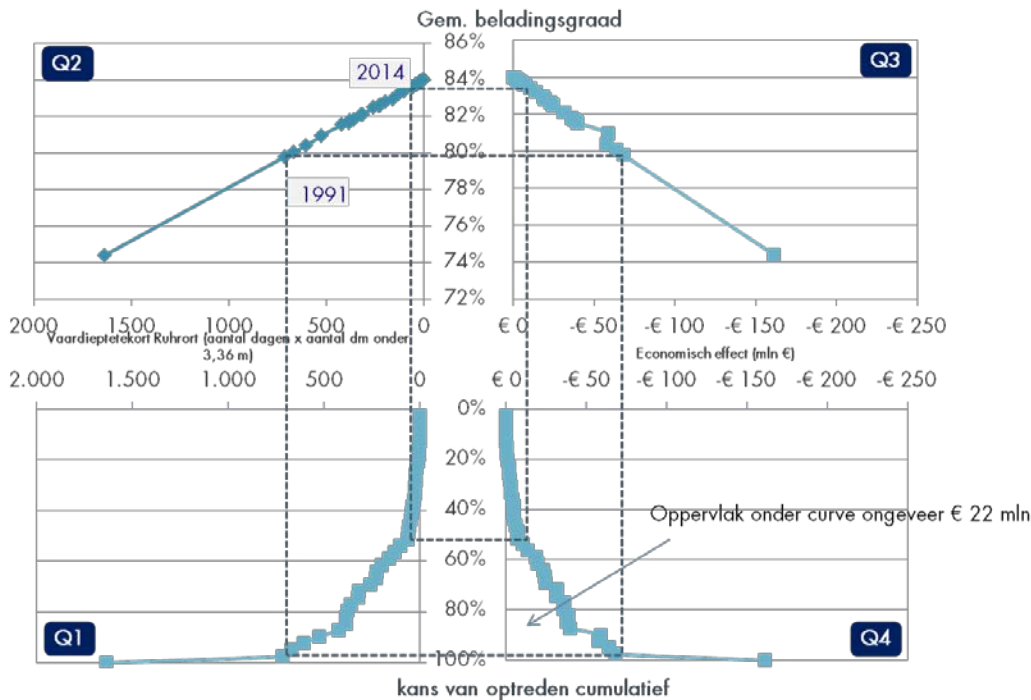
Figuur 2.28: Uitgevoerde stappen per kwadrant om curves te bepalen voor vervoer over de Rijn

Zoals in de methodiek beschreven, bestaan de kwadranten uit vier grafieken (zie Figuur 2.28) die tegen elkaar geplaatst worden. De gemiddelde verwachtingswaarde kan in kwadrant vier afgeleid worden uit de curves in kwadrant 1 en 3.

Kwadrant 1 laat de cumulatieve verdeling zien van de kans van optreden (y-as naar beneden) van de oplopend gesorteerde tekorten of dosis per jaar. Elk punt heeft hier een kans van optreden van 1 jaar / 39 jaar. Voor de kans van optreden is de frequentie van de waterstand genomen. Deze heeft een lineair verband met de waterdiepte, de vaardiepte, en de beladingsgraad en de afvoer niet. Door dit lineaire verband kunnen de tekorten over een jaar relatief eenvoudig opgeteld worden. De tekorten zijn via de waterstand en vaardiepte per dag berekend op basis van overschrijding van de waterdiepte waarbij schade gaat optreden en getoond in Tabel 2.7.

Voor kwadrant 2 hebben we de coëfficiënten van Jonkeren (2013) gebruikt en daarmee de gemiddelde jaarlijkse beladingsgraad berekend. Voor individuele schepen kan dat ook via de berekening van de maximale diepgang, de maximale beladingsgraad en de werkelijke beladingsgraad. Hiermee kan de dosis-effectrelatie worden geplot. In kwadrant 3 kan een aantal curves getekend worden. Voor de overzichtelijkheid tekenen we er nu maar één. De getekende lijn is de lijn die geldt wanneer hetzelfde volume vervoerd wordt via extra trips. Eerst zijn de extra vervoerskosten die overeenkomen met die trips berekend. Vervolgens zijn deze kosten gecorrigeerd voor de extra inkomsten door de hogere prijs. Samen is dit het producentensurplus.

Het consumentensurplus is het vervoerde volume maal het prijsverschil bij een gelijk vervoerd volume. Als nationaal welvaartseffect hebben we 70% van het producentensurplus en 50% van het consumentensurplus meegeteld.



Figuur 2.29: Schadecurves voor vervoer over de Rijn, huidige situatie

De combinatie van kwadrant 1, 2 en 3 maakt het mogelijk om de grafiek in kwadrant 4 te tekenen. Het oppervlak onder de curve is de jaarlijkse verwachtingswaarde. In dit geval komt het uit op ongeveer 22 mln euro per jaar (zie Figuur 2.29).

Tabel 2.7: Overzicht jaren, tekorten, gemiddelde beladingsgraad, producenten en consumentensurplus en welvaart.
(let op: door vele aannames geen basis voor beleidsbeslissingen)

Jaar	Tekorten	beladingsgraad	Effect prijs t.o.v. ref.	Meerkosten vervoer	Compensatie door prijs	Productensurplus	Consumentensurplus	Nationaal welvaartseffect
1976	1713	74,0%	26,5%	€ -314	€ 295	€ -19	€ -295	€ -161
1991	714	79,8%	11,0%	€ -132	€ 122	€ -10	€ -122	€ -68
2003	668	80,1%	10,2%	€ -124	€ 113	€ -11	€ -113	€ -64
1985	613	80,4%	9,4%	€ -112	€ 105	€ -7	€ -105	€ -57
2011	606	80,4%	9,2%	€ -113	€ 103	€ -11	€ -103	€ -59
1989	422	81,5%	6,4%	€ -77	€ 71	€ -6	€ -71	€ -40
1983	386	81,7%	5,9%	€ -73	€ 66	€ -7	€ -66	€ -38
1990	386	81,6%	5,8%	€ -74	€ 64	€ -10	€ -64	€ -39
1978	378	81,8%	5,9%	€ -70	€ 66	€ -4	€ -66	€ -36
1992	361	81,8%	5,6%	€ -69	€ 62	€ -7	€ -62	€ -36
2009	321	82,1%	4,9%	€ -60	€ 55	€ -6	€ -55	€ -31
1977	310	82,1%	4,7%	€ -60	€ 53	€ -7	€ -53	€ -32
2005	258	82,5%	3,8%	€ -47	€ 43	€ -5	€ -43	€ -25
1997	228	82,6%	3,4%	€ -45	€ 38	€ -8	€ -38	€ -24
1979	222	82,6%	3,2%	€ -43	€ 35	€ -8	€ -35	€ -23
1986	198	82,8%	3,0%	€ -38	€ 33	€ -4	€ -33	€ -20
1996	161	82,9%	2,3%	€ -34	€ 25	€ -8	€ -25	€ -19
2006	132	83,2%	1,9%	€ -26	€ 21	€ -5	€ -21	€ -14
1998	99	83,4%	1,4%	€ -19	€ 16	€ -4	€ -16	€ -10
2014	62	83,6%	0,8%	€ -13	€ 9	€ -3	€ -9	€ -7
1995	60	83,6%	0,9%	€ -13	€ 10	€ -3	€ -10	€ -7
2004	53	83,6%	0,7%	€ -11	€ 8	€ -3	€ -8	€ -6
2007	42	83,7%	0,6%	€ -9	€ 7	€ -2	€ -7	€ -5
1980	41	83,7%	0,6%	€ -8	€ 6	€ -2	€ -6	€ -5
1984	38	83,7%	0,6%	€ -9	€ 6	€ -3	€ -6	€ -5
1988	31	83,8%	0,5%	€ -7	€ 5	€ -2	€ -5	€ -4
1994	24	83,8%	0,4%	€ -6	€ 4	€ -1	€ -4	€ -3
2012	23	83,8%	0,3%	€ -5	€ 4	€ -1	€ -4	€ -3
2013	20	83,9%	0,3%	€ -4	€ 3	€ -1	€ -3	€ -2
1993	19	83,9%	0,2%	€ -4	€ 2	€ -1	€ -2	€ -2
1999	17	83,9%	0,2%	€ -4	€ 3	€ -1	€ -3	€ -2
1981	6	84,0%	0,1%	€ -1	€ 1	€ -0	€ -1	€ -1
1987	4	84,0%	0,0%	€ -1	€ 0	€ -0	€ -0	€ -0
1982	2	84,0%	0,0%	€ -0	€ 0	€ -0	€ -0	€ -0
2000	0	84,0%	0,0%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
2001	0	84,0%	0,0%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
2002	0	84,0%	0,0%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
2008	0	84,0%	0,0%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -
2010	0	84,0%	0,0%	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -

2.5.2 Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit

Autonome ontwikkelingen

Autonome ontwikkelingen die de scheepvaartsector beïnvloeden zijn de sociaal economische ontwikkeling en de transitie naar een duurzame maatschappij. De trend naar een toenemend aantal grote schepen en de capaciteitsontwikkeling kunnen ook als autonome ontwikkelingen worden beschouwd.

De sociaal economische ontwikkeling: Hoe de transportvraag zich op de lange termijn ontwikkelt, hangt onder andere af van de sociaal economische ontwikkeling. De transportvraag is hierbij direct gerelateerd aan de economische productie.

Er zijn twee bronnen relevant voor de scheepvaart:

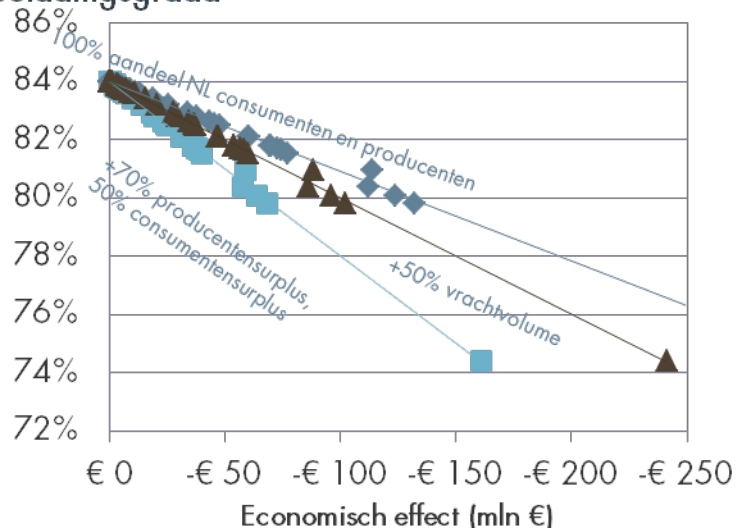
- De Deltascenario's zijn over het algemeen gebaseerd op extrapolatie van de door CPB veronderstelde economische groei tot 2040. Dit betekent tot het jaar 2100 een jaarlijkse groei van 1,2% (Rust en Warm) tot 2,1% (Druk en Stoom).
- De scheepvaartscenario's van Rijkswaterstaat gaan uit van alternatieve verwachtingen die zijn afgeleid van zeer langetermijnontwikkelingen van het binnenlandse vaarwegensysteem (Dorsser, 2015). Met een betrouwbaarheidsinterval van 80% groeit het BBP met een factor 1,2 tot 1,8 van 2011 tot 2050 en 1,1 tot 3,0 van 2011 tot 2100. Dit is een veel lagere groei dan de verwachtingen op basis van de CPB-cijfers. Volgens de onderzoekers kan de transportvraag zich niet ontwikkelen conform de extrapolatie van de cijfers van het CPB. Vandaar dat voor de scheepvaart de cijfers van Rijkswaterstaat zijn overgenomen in de Deltascenario's (RWS, 2012).

De transitie naar een duurzame maatschappij: Rijkswaterstaat noemt de transitie naar een duurzame maatschappij als een ontwikkeling die bepalend is voor de toekomst van de Nederlandse binnenvaartsector (Dorsser, 2015). Verduurzaming van het transportsysteem leidt naar verwachting tot een stijgende transportvraag over water en investeringen in verruiming van de capaciteit en afmetingen van vaarwegen. Op basis van de effecten van verduurzaming stelt Rijkswaterstaat naast de bestaande Deltascenario's twee aanvullende scenario's voor: Doorstromen en Waterdruk. Deze resulterende binnenvaartscenario's staan in Textbox 2.3.

De trend naar steeds grotere schepen en de huidige overcapaciteit in de binnenvaart zijn eerder in hoofdstuk twee besproken.

De gevolgen van een verwachte toename van het vrachtvervoer over water komen tot uiting in de economische waardering van de effecten. Bij een verdubbeling van de vrachtvolumes zal de schade in Q3 door laag water twee maal zo groot zijn. Veranderingen in het nationale aandeel van het producenten- en consumentensurplus hebben ook een verschuiving tot gevolg (zie Figuur 2.30).

Gem. beladingsgraad



Figuur 2.30: Illustratie Q3 de gevoeligheid voor nationaal aandeel in welvaartseffect en vrachtvolume

Veranderingen in het type schepen (groter) en de verhouding van vraag en aanbod spelen een rol in de dosis-effect relatie (Q2-kwadrant 2) in plaats van Q3.

Bij een toename van de gemiddelde scheepsgrootte zal de waterdiepte waaronder de beladingsgraad beperkt wordt (de nulwaarde van de x-as in Q2 en Q3) hoger zijn en dus al bij hogere afvoeren bereikt worden.

Bij een verminderde overcapaciteit zal er eerder sprake zijn van tekorten (ook bij vaardiepten tussen 3,36 en 4,00 m). De beladingsgraadlijn in Figuur 2.17 zal dan de lijn met nul tekorten snijden bij een hogere beladingsgraad.

Textbox 2.3: Binnenvaartsenario's (RWS, 2012)

RUST: Lage economische groei, succesvolle transitie naar duurzame maatschappij en beperkte effecten van klimaatverandering:

Rijn blijft bevaarbaar

beperkte investeringen in opwaardering van grotere nationale en internationale vaarwegen.
verschuiving van bedrijvigheid naar aan het water gelegen locaties

WARM: Lage economische groei, zeer beperkte transitie naar een duurzame maatschappij en sterke effecten van klimaatverandering:

bevaarbaar houden van de Rijn heeft geen prioriteit: Rijn is enkele maanden per jaar niet bevaarbaar

geen investeringen in duurzame opwaardering van de vaarwegen: multimodaal vervoer van continentale lading over water komt nauwelijks van de grond

STOOM: Hoge economische groei, zeer beperkte transitie naar een duurzame maatschappij en sterke effecten van klimaatverandering:

bevaarbaar houden van de Rijn heeft geen prioriteit: Rijn is enkele maanden per jaar niet bevaarbaar

weinig politiek animo voor het verbeteren van de infrastructuur op de kleine vaarwegen en het ontwikkelen van natte bedrijfsterreinen

multimodaal vervoer komt wel in beperkte mate van de grond door de sterke groei van de totale vervoersvolumes

DRUK: Hoge economische groei, succesvolle transitie naar een duurzame maatschappij en beperkte effecten van klimaatverandering:

investeringen in bevaarbaar houden van de Rijn

groeioende containervolumes leiden tot de ontwikkeling van een dicht containerterminal netwerk

investeringen in het opwaarderen van de kleine vaarwegen, het aanleggen van 'missing links' (zoals het Twente – Mittelland kanaal) en het ontwikkelen van watergebonden bedrijfslocaties.

DOORSTOMEN: Hoge economische groei, zeer beperkte transitie naar een duurzame maatschappij en beperkte effecten van klimaatverandering:

Rijn blijft redelijk goed bevaarbaar

geen grootschalige investeringen in het verruimen van kleine vaarwegen

bedrijven blijven voor hun transport voornamelijk op het wegtransport georiënteerd

beperkte groei van de continentale containerbinnenvaart door de sterke groei van de totale transportvolumes.

WATERDRUK: Hoge economische groei, succesvolle transitie naar een duurzame maatschappij en sterke effecten van klimaatverandering:

Rijn en Gelderse IJssel worden (verder) gekanaliseerd

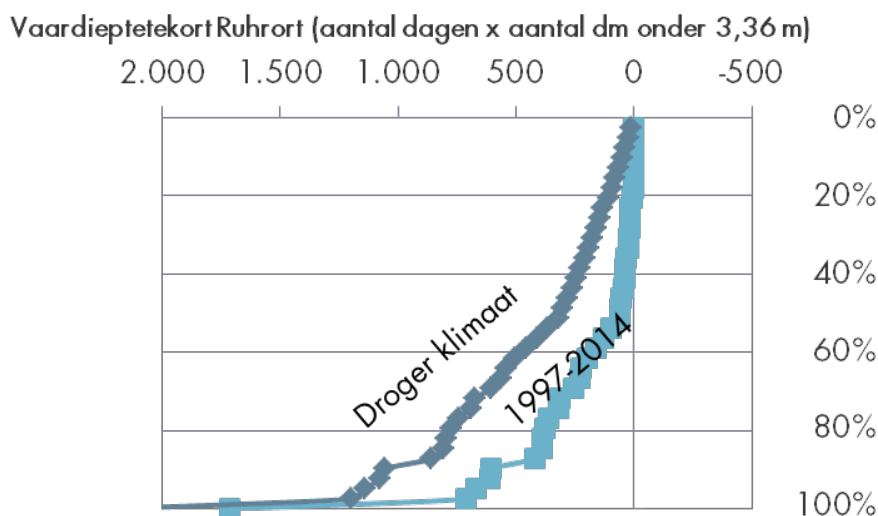
groei multimodaal continentaal binnenvaartvervoer

investeringen in het opwaarderen van de kleine vaarwegen, het aanleggen van 'missing links' (zoals het Twente – Mittelland kanaal) en het ontwikkelen van watergebonden bedrijfslocaties

Klimaatverandering en adaptiviteit

De binnenvaart is van alle transportmodaliteiten het meest gevoelig voor klimaatverandering. Vooral op ongestuwde rivieren leidt klimaatverandering tot vermindering van de vaardiepte als gevolg van lagere rivierafvoeren.

Als het structureel droger wordt, dan zullen dezelfde tekorten als bijvoorbeeld in 1976 vaker optreden. De curve in kwadrant 1 verschuift dan naar links.



Figuur 2.31: Effect van drogere klimaatomstandigheden op verloop van curve in Q1

Voorbeelden van adaptieve maatregelen om de schade van laag water te beperken zijn (Arcadis et al, 2011; TNO, 2012):

- **Riviermanagement:** kanalisatie van ongestuwde rivieren en onderhoudswerkzaamheden in de vaarweg. Voorbeelden van onderhoudswerkzaamheden zijn: baggeren, het aanleggen en aanpassen van constructies in de vaarweg en verschillende vormen van bodembescherming. Het resultaat is een extra waterdiepte van 10 tot 50 cm. Dit veroorzaakt het tegenovergestelde effect van een droger klimaat. De vaardiepte neemt minder af dan op basis van de klimaatomstandigheden verwacht mag worden.
- **Logistiek management:** vergroten van opslagcapaciteiten, alternatieve vaarroutes, andere transportmodaliteiten en extra overslagcapaciteit in havens. Dit vermindert de schade die ontstaat in Q3. De schadecurve zal minder snel oplopen.
- **Informatiemanagement:** ICT-voorzieningen voor een optimale uitwisseling van verkeers- en vrachtinformatie. Als de informatie over de vaardiepte nauwkeuriger is dan kan met een kleinere veiligheidsmarge gevaren worden. Een kleinere veiligheidsmarge betekent dat de tekorten (Q1 en Q2) minder snel ontstaan.
- **Vlootmanagement:** de vaardiepte van schepen verkleinen door het gebruik van lichte bouwmaterialen, het aanpassen van de afmetingen of door schepen te voorzien van extra (tijdelijk) drijfvermogen. Hierdoor duurt het langer voordat bij een lage afvoer schepen niet meer de gewenste lading mee kunnen nemen. De afname van de maximale beladingsgraad zal pas later optreden.

2.6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de voorgaande analyses en de resultaten van de focusgroep komen we tot de volgende conclusies en aanbevelingen.

2.6.1 Conclusies

- In principe is het goed mogelijk de risicobenadering te hanteren voor de scheepvaartschade. Voor ongestuwde rivieren is een relatie met de afvoer en vaardiepte te leggen, voor de gestuwde rivieren een relatie met de passagetijden bij sluizen.
- Een aanpak zoals de kwadrantenmethodiek is zeer welkom om harde getallen te hebben (te monetariseren), maar het is erg oppassen met absolute uitkomsten – cijfers worden snel uit hun verband gerukt en de werkelijkheid is altijd complexer. Het is noodzakelijk om bandbreedtes te hanteren en gevoeligheidsanalyse uit te voeren.
- De methodiek is goed bruikbaar maar het is belangrijk aan te geven binnen welke grenzen de resultaten toepasbaar zijn. Zo kun je niet altijd extrapoleren naar nul. Er treden trendbreuken op als er bijvoorbeeld maandenlang laag water is of als de vaardiepte beneden de 2,0 m komt. In deze studie geldt de beperking in ieder geval voor zeer lage afvoeren. In dit geval zijn lineaire relaties niet meer van toepassing. Dit heeft geen effect op de methodiek, maar houdt in dat de afgeleide schadecurves en dosis-effectrelaties niet correct zijn. Bovendien is een beperkte hoeveelheid data gebruikt, en waren veel aannames nodig om de hele methodiek te illustreren. **Er kunnen dus nog geen conclusies aan de hoogte van de welvaartseffecten worden verbonden.**
- Hoewel in een welvaartsanalyse indirecte effecten vaak niet meegenomen of gemonetariseerd worden om het risico op dubbeltellen te voorkomen, zijn er als gevolg van lange perioden met laag water onomkeerbare gevolgen voor de sector te verwachten. Klanten die normaal tijdelijk naar een andere vervoerswijze overstappen of langer wachten op hun vrachten zullen dan een andere oplossing kiezen. Als gevolg daarvan zal de positie van de hele sector inclusief de keten met verladers, en overslagbedrijven verslechteren. Ook de posities van havens als Rotterdam en Amsterdam en Nederland als transportland kunnen hierdoor worden geraakt.
- Voor betrouwbare resultaten om beleidsafwegingen mee te maken is een verdere uitwerking en analyse gewenst voor alle sluizen over een route, en voor de verschillende vervoersstromen, routes en scheepstypen. Dit vraagt gedetailleerde route-, kosten- en prijsinformatie, die nu nog niet (openbaar) beschikbaar zijn.
- Ook is er meer informatie nodig over de dosis-effectrelaties. Mogelijk kan BIVAS-informatie hiervoor gebruikt worden. Volgens Rijkswaterstaat is dit het geval, maar zijn er nog wel wat punten die aandacht behoeven zoals:
 - o De koppeling van het nationaal watermodel netwerk en het BIVAS-netwerk: welke relatie tussen waterstand en bruikbare vaardiepte is er gebruikt, relatie bij lage waterstanden moet nog gevalideerd worden.
 - o BIVAS gebruikt een basisjaar-reizenbestand. Het reizenbestand zou meer generiek moeten zijn voor dit soort studies.
 - o Bij de aanwezigheid van alternatieve routes zal BIVAS eerst aannemen dat er wordt omgevaren voordat er afgeladen wordt, ongeacht de extra afstand. Dat zal niet altijd realistisch zijn.
 - o De extra lege reizen als gevolg van meer beladen reizen door afladen moeten nog toegevoegd worden.
 - o Het gedrag bij de stuwen is nog niet helemaal juist gemodelleerd.

- Enkele dosis-effect relaties zijn nu nog niet meegenomen omdat inzicht in de exacte relatie ontbreekt, ook bij de sector zoals de relatie tussen brandstofverbruik en laagwater/vaardiepte. Onbekend is of dit een significant effect is.
- Uit een simulatie van drie sluizen in de Maas blijkt dat de passagetijden per sluis verschillen. Ook is er een verband met het aantal schepen. Dit aantal beïnvloedt vanaf welk afvoerdebiet er tekorten kunnen ontstaan.
- Uitdaging in de aanpak is het combineren van verschillende factoren die van invloed zijn op de schade. Als er meer dan één factor is (bijvoorbeeld vaardiepte en duur) zal de methodiek soms voor twee of meer dosis-effectrelaties moeten worden gemaakt. De totale schade in Q4 moet dan worden opgeteld. De methodiek wordt al snel complex als er met veel type effecten gerekend moet worden.
- De historische en marktanalyse waarop deze illustratie gebaseerd is, geeft onvoldoende houvast als het gaat om het waarderen van situaties die nu nog niet voorgekomen zijn. Als de schade in het verleden beperkt was, is deze niet uit historische reeksen te bepalen en kan een schade alleen worden gesimuleerd voor hypothetische situaties die droger zijn dan nu, of waarin effectieve maatregelen die nu ingezet worden, zijn uitgezet. Dit geldt momenteel voor de Maas. Als de huidige middelen niet meer afdoende zijn of het waterverbruik door een toename van de scheepvaart stijgt, zal de schade exponentieel oplopen. Er is geen lineaire trend: lange tijd gaat het goed en dan neemt de schade sterk toe.

2.6.2 Aanbevelingen

Veel van de conclusies en bevindingen leiden tot aanbevelingen. Hieronder zijn de belangrijkste samengevat.

- Het effect van een mindere waterbeschikbaarheid op het brandstofverbruik is niet meegenomen in deze analyse omdat de relatie niet bekend is. Aanbevolen wordt te onderzoeken of de toename van het brandstofverbruik significant is, en zo ja, of hiervoor een extra dosis-effect relatie bepaald moet worden. Evenmin is het effect van omvaren door laag water en langere wachttijden bij sluizen volledig gemodelleerd (alleen indicatie Born). Aanbevolen wordt in een vervolg te kijken naar de reistijdeffekten over het hele traject. Experts verwachten dat veranderingen in reistijd een grotere impact hebben dan de beladingsgraad.
- Voor betrouwbare resultaten is het belangrijk dat de verschillende vervoersstromen (tankvaart, droge bulk, containers), routes en scheepsgrootten apart gemodelleerd worden. De curves zullen namelijk onderling zeer verschillen.
- Voor veel analyses is gedetailleerde informatie nodig. Die wordt niet altijd structureel verzameld en in enkele gevallen is de frequentie aangepast (van dag naar uur of vice versa). Veel marktinformatie is vertrouwelijk en is daardoor niet publiek beschikbaar. Aanbevolen wordt te onderzoeken of:
 - o informatie uit bronnen zoals de vaart-indicator gebruikt kunnen en mogen worden om dosis-effect relaties per segment af te leiden;
 - o de relevante data continu gemeten kan worden;
 - o effecten op beladingsgraad en gedrag in de toekomst gemonitord kunnen worden.

- Het maken van de analyse zou profijt hebben bij het automatiseren van het tekenen van (kwadranten)-grafieken, het analyseren van correlaties en kentallen. Vanwege het experimentele karakter is dit nog niet geautomatiseerd, maar vanwege de mogelijke tijdsbesparing en kwaliteitsverbetering verdient dit wel aanbeveling om te doen.
- Het combineren van deze methodiek en analyse met het BIVAS-model vraagt volgens Rijkswaterstaat verder onderzoek en het oplossen van een aantal aandachtspunten. Aanbevolen wordt dit op te pakken

3 Historische analyse gebruiksfunctie Drinkwatervoorziening

Dit hoofdstuk:

- Beschrijft de toepassing van de kwadrantenmethodiek op de gebruiksfunctie drinkwatervoorziening
- Beschrijft de markt, dosis-effectrelaties en mogelijke welvaartseffecten
- Concludeert dat ontwikkelde methodiek een handige tool kan bieden voor het analyseren van klimaatrisico's en onderbouwen van aanpassingen in de bedrijfsvoering

3.1 Inleiding

3.1.1 Doel

Dit hoofdstuk heeft als doel het toepassen van de ontwikkelde methodiek op de gebruiksfunctie drinkwatervoorziening. Hiermee kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect voor de drinkwatervoorziening worden bepaald. Met het toepassen van de methodiek op drinkwatervoorziening kan de bruikbaarheid van de methodiek worden getest.

Drinkwaterbedrijven hebben een publieke functie met een zorgplicht voor overheden om de openbare drinkwatervoorziening veilig te stellen. Eén en ander staat beschreven in de Nota Drinkwater en is vastgelegd in de Drinkwaterwet. Binnen het Deltaprogramma is de bijzondere positie voor drinkwater ook expliciet benoemd als het gaat om de uitwerking van waterbeschikbaarheid. In de bestuurlijke rapportage is dit als volgt verwoord: Overheden betrekken gebruikers op passende wijze bij hun rollen en verantwoordelijkheden, waarbij alle partijen rekening houden met de publieke taken en zorgplicht voor bijvoorbeeld drinkwater en natuur. Dit is het uitgangspunt voor het economisch onderzoek.

3.1.2 Aanpak, uitgangspunten en afbakening

De drinkwatervoorziening is een van de gebruiksfuncties waarop de ontwikkelde aanpak als eerste is getoetst. In dit hoofdstuk komen de onderdelen aan bod die relevant zijn bij de bepaling van het droogterisico voor drinkwaterproductie. Hierbij gelden de volgende uitgangspunten:

- **Focus op inname van oppervlaktewater.** Het droogterisico voor drinkwaterproductie uit grondwater blijft buiten beschouwing. Reden hiervoor is dat is gebleken dat voor grondwaterwinning de urgentie minder is.

- **Focus op verzilting en kwaliteit van het water.** Kwantiteit en temperatuur blijven in deze pilot buiten beschouwing.¹⁷

Op basis van literatuurstudie en analyse van historische data is eerst een concept invulling van de methodiek gemaakt. Vragen die voortkomen uit deze analyse zijn, samen met de resultaten van het deskonderzoek, voorgelegd aan een focusgroep bestaande uit drinkwaterexperts. Doel van de focusgroep was aanvulling, toetsing en verfijning van de resultaten. Na afloop van de focusgroep is de notitie afgerond en voorzien van aanbevelingen voor vervolg. In dit hoofdstuk worden nog geen bruikbare resultaten voor beleidsmakers opgeleverd.

3.1.3 Leeswijzer

Paragraaf 3.1 geeft kort de aanleiding en het doel van het onderzoek en de notitie. Paragraaf 3.2 beschrijft de markt zoals we die als achtergrond voor de economische analyse hebben beschouwd. Paragraaf 3.3 gaat in op de dosis-effectrelatie van droogte (dosis), en op welke wijze we voorstellen de fysieke effecten daarvan te presenteren. De volgende paragraaf vertaalt de fysieke effecten in gemonetariseerde welvaartseffecten. Hierbij is, waar relevant, rekening gehouden met verdelingseffecten en prijseffecten. Paragraaf 3.5 sluit af met de conclusies over de schadecurves en het gebruik van de kwadrantenmethodiek voor de drinkwatervoorziening. Ook geeft deze paragraaf aanbevelingen voor verder onderzoek en vervolgstappen.

In bijlage A is een lijst met deelnemers aan de focusgroep opgenomen. Omdat een deel van het commentaar vooral de projectopzet en projectdoelen betreft en lastig te verwerken is binnen deze paragraaf, hebben we ervoor gekozen deze reactie integraal op te nemen.

3.2 Marktbeschrijving

In deze paragraaf volgt aan de hand van literatuuronderzoek, een korte introductie van de Nederlandse drinkwatersector. Achtereenvolgens worden de sector, het waterverbruik, en de kosten en opbrengsten besproken. Deze paragraaf sluit af met enkele trends en ontwikkelingen in de sector.

3.2.1 De sector en de gebruikers

De drinkwatersector is onderdeel van de grotere watersector waarin waterschappen, provincies, gemeenten en Rijkswaterstaat samen werken aan waterveiligheid, schoon (drink)water, peilbeheer en scheepvaart (bereikbaarheid en veiligheid van vaarwegen).

Kenmerken aanbieders

Drinkwaterbedrijven zijn verantwoordelijk voor de winning, zuivering en distributie van drinkwater. Het aantal drinkwaterbedrijven in Nederland wordt gereguleerd door de overheid en is sinds 1990 teruggebracht van 52 tot tien bedrijven:

- Waterbedrijf Groningen (WBG);
- Waterleidingmaatschappij Drente (WMD);
- Vitens;
- Waterleidingbedrijf Noord-Holland (PWN);
- Waternet;

¹⁷ Volgens de drinkwatersector kan de kwantiteit in de Maas wel van belang zijn (zie ook paragraaf 3.1). De sector is van mening dat bij studies ten behoeve van beleidsbeslissingen de kwantiteit moet worden meegenomen.

- Dunea;
- Oasen;
- Evides;
- Brabant Water;
- Waterleiding Maatschappij Limburg (WML).

In Figuur 3.3.1 staat een overzicht van de drinkwaterbedrijven en de bijbehorende voorzieningsgebieden. Drinkwaterbedrijven hebben een monopolierecht voor het leveren van drinkwater in hun eigen voorzieningsgebied. Naast de drinkwaterbedrijven zijn er twee bedrijven die geen water distribueren, maar gedeeltelijk gezuiverd water leveren aan de drinkwaterbedrijven en de industrie. Dit zijn de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland (WRK) en het Waterwinningsbedrijf Brabantse Biesbosch (WBB). Een aantal grote industriële afnemers produceert zelf drinkwater.

Drinkwater wordt in Nederland gewonnen uit drie verschillende bronnen:

- Grondwater;
- Oppervlaktewater/oevergrondwater;
- Natuurlijk duinwater.

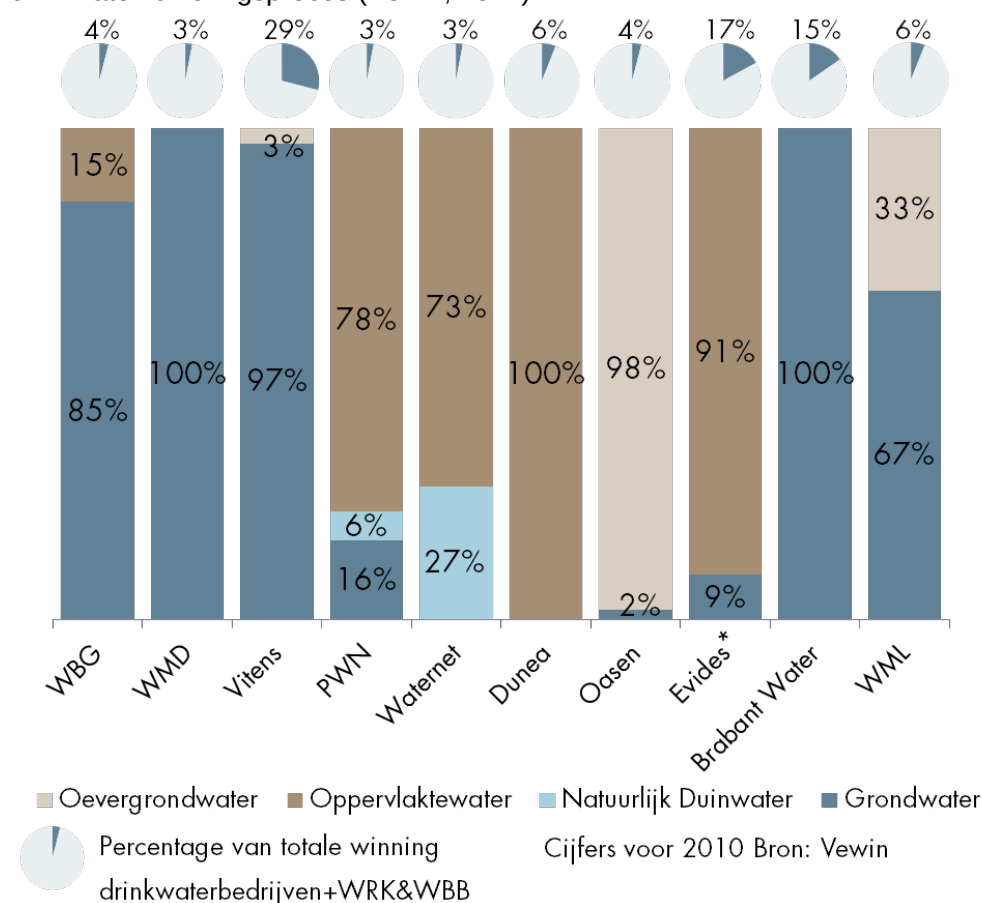


Figuur 3.3.1: Overzicht drinkwaterbedrijven en voorzieningsgebieden (Vewin 2012)

Het merendeel wordt gewonnen uit grondwater (62% in 2010) (TU Delft, 2012). In gebieden waar het grondwater te zilt is, wordt oppervlaktewater gebruikt. Dit water is voornamelijk afkomstig uit de Rijn en de Maas. De kwaliteit van grondwater is over het algemeen redelijk tot goed. Oppervlaktewater bevat relatief veel onzuiverheden en schadelijke stoffen. Een gedeelte van het oppervlaktewater wordt gewonnen in de vorm van oevergrondwater (7% van de totale winning in 2010).

Dit is oppervlaktewater dat deels is gereinigd door (natuurlijke of kunstmatige) infiltratie in de bodem. Als dit in duingebieden plaatsvindt, spreekt men van 'duininfiltratie'.

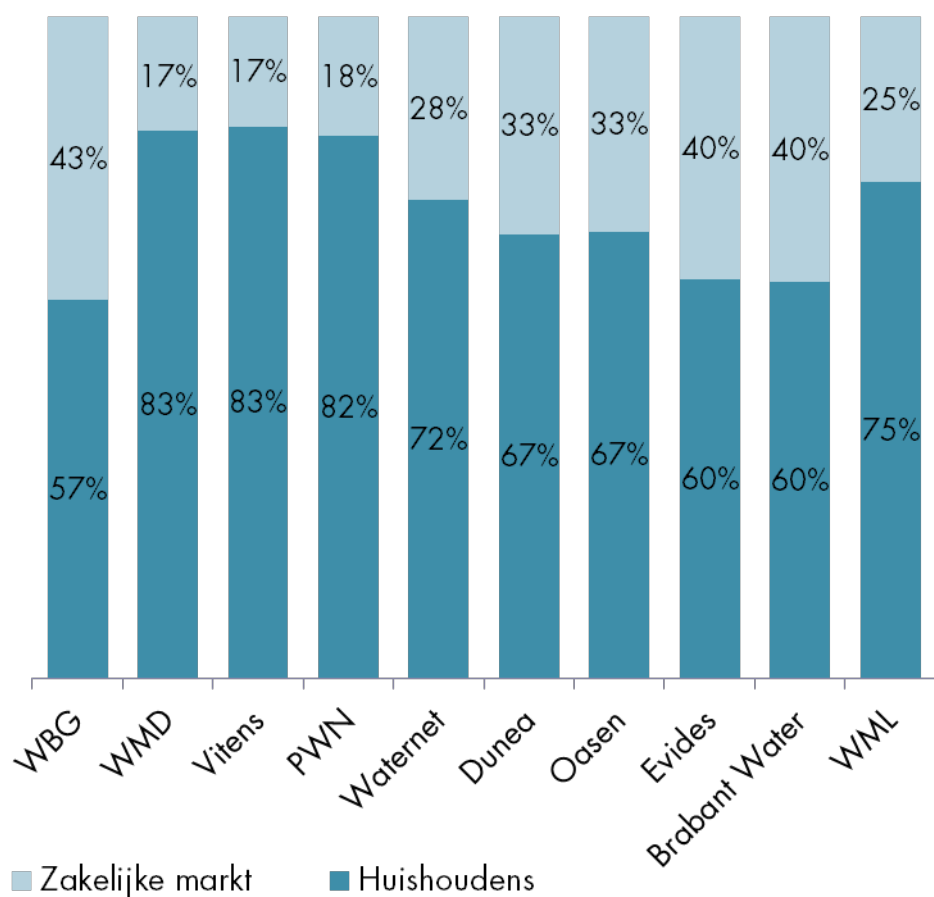
Slechts één procent van het gewonnen drinkwater is zogenaamd natuurlijk duinwater. Niet-natuurlijk duinwater wordt via kunstmatige duininfiltratie gewonnen. In Figuur 3.3.2 staat per bedrijf een overzicht van de gebruikte waterbronnen en het relatieve aandeel in de totale waterwinning. Verspreid door het land zijn er meer dan 200 winlocaties waar via 'innamepunten' duin- grond- of oppervlaktewater wordt gewonnen voor het drinkwaterzuiveringsproces (Vewin, 2012).



Figuur 3.3.2: Aandeel in totale waterwinning en de gebruikte waterbronnen per bedrijf

Gebruikers

Na de winning en zuivering, wordt het drinkwater opgeslagen in zogenaamde reinwaterkelders. Daarvandaan wordt het drinkwater via pompstations in het waterleidingnetwerk gepompt. Het transport- en hoofdleidingennet had in 2010 een totale lengte van 118 duizend kilometer. Jaarlijks wordt circa 1,1 miljard kubieke meter drinkwater naar afnemers getransporteerd. Van de totale drinkwaterafname is ruim 70% bestemd voor huishoudelijk gebruik. Een kleine 2% wordt naar het buitenland getransporteerd en het overige deel gaat naar de zakelijke markt (CBS, 2014). Figuur 3.3.3 toont per bedrijf de verhouding tussen de hoeveelheid geleverd drinkwater aan huishoudens en de zakelijke markt.



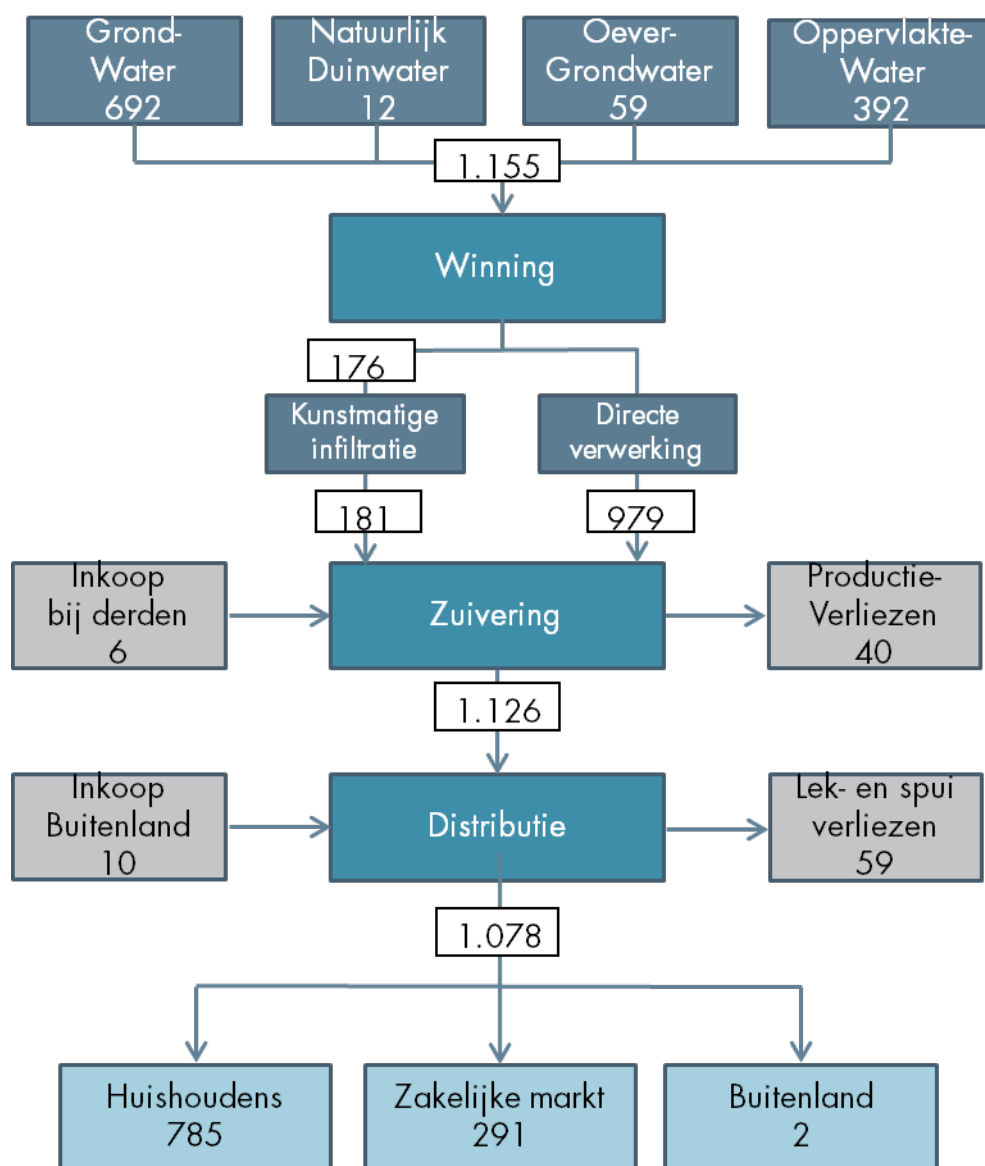
Cijfers voor 2010 Bron: Vewin

Figuur 3.3.3: Levering per drinkwaterbedrijf aan huishoudens en zakelijke markt

3.2.2 Waterverbruik

Waterverbruik en toepassing

Per persoon gebruikten we in 2013 bijna 119 liter water per dag (VEWIN, 2015a). Dit betekent op jaarbasis ruim 43 m³ per persoon. In 2013 is 785 miljoen kubieke meter drinkwater naar huishoudens getransporteerd (zie Figuur 3.4). Hiervan wordt slechts een klein deel (1,2%) gebruikt om te drinken (zie Figuur 3.5). Douchen, toiletspoeling en kleding wassen zijn samen goed voor bijna 84%. Schoon drinkwater is van groot belang voor de gezondheid (vochtinname en persoonlijke hygiëne) en drinkwatervoorziening wordt erkend als een nationaal belang (VEWIN, 2015b). Er is beperkt substitutie mogelijk door gebrek aan betaalbaar alternatief.

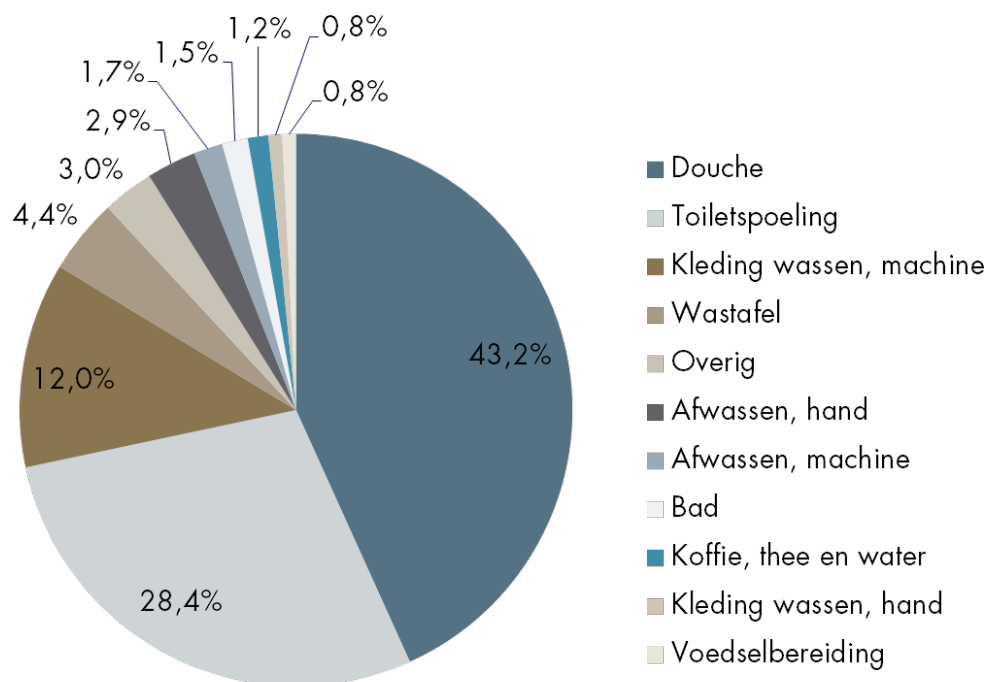


Cijfers voor 2013 in miljoen m³ Bron: Vewin

Figuur 3.3.4: Drinkwaterproductie en distributie

Behalve huishoudens nemen ook bedrijven drinkwater af. In Figuur 3.3.6 staat een overzicht van de afname door de landbouw, bosbouw en visserij, de dienstensector en industriële activiteiten. Onder industriële activiteiten vallen de winning van delfstoffen (2%), de productie en distributie van elektriciteit (1,5%) en het maken van industriële producten (96,5%). Voorbeelden van industriële producten die veel drinkwater kosten om te maken zijn:

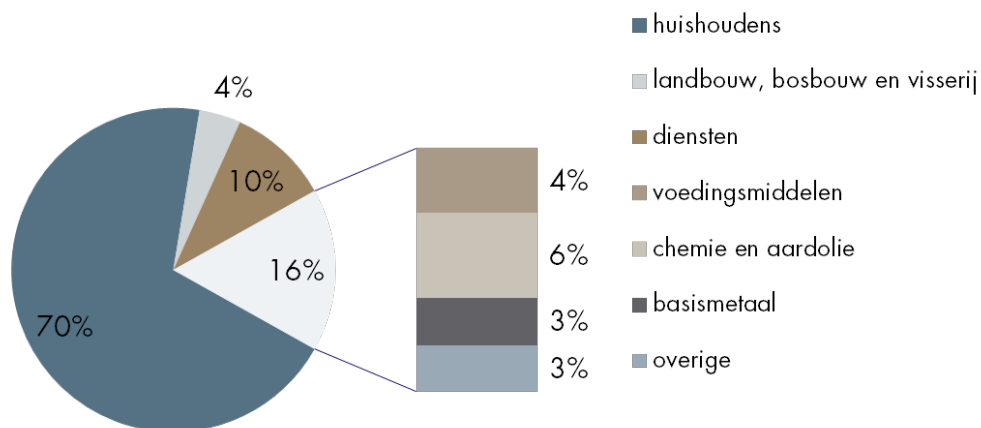
- Chemische en aardolie producten (36%);
- Voedingsmiddelen (m.n. bier- en frisdrankproductie, 28%);
- Basis metaalproducten en (20%).



Cijfers voor 2010 Totale afname: 118,9 liter p.p.p.d.

Bron: Vewin

Figuur 3.3.5: Drinkwaterverbruik per persoon naar toepassing



Cijfers voor 2008 Totale afname: 1093 mln m³

Bron: Vewin Drinkwaterstatistieken 2012

Figuur 3.3.6: Drinkwaterverbruik naar sector

Waterkwaliteit

De waterkwaliteit ligt vast in het Drinkwaterbesluit. Hierin zijn verschillende normen te onderscheiden: gezondheidkundige normen, esthetisch/organoleptische normen, bedrijfstechnische normen en voorzorgnormen¹⁸.

- **Gezondheidkundige normen** omvatten chemische stoffen en micro-organismen (zoals bacteriën). Bij het vaststellen van de gezondheidkundige norm wordt gekeken naar de concentratie van een stof waarbij de consument bij levenslange consumptie van drinkwater geen nadelige effecten op de gezondheid ondervindt. Voorbeelden van gezondheidkundige stoffen zijn: lood, koper, nitraat, nitriet en fluoride.
- **Esthetisch/organoleptische normen** hebben betrekking op stoffen die geen gevaar geven voor de gezondheid, maar vaak direct leiden tot klachten van de consument. Ze brengen smaak- en kleurafwijkingen teweeg en zijn uit esthetisch oogpunt niet gewenst in drinkwater. Voorbeelden van deze stoffen zijn ijzer en mangaan en stoffen die smaak, kleur, en troebeling van het water beïnvloeden.
- **Bedrijfstechnische normen** waarborgen een goede technische bedrijfsvoering en een goede waterkwaliteit. Indirect kunnen zij van invloed zijn op andere stoffen en daarmee op de gezondheid van de consument. Voorbeelden van deze stoffen zijn zuurstof, ammonium en chloride en stoffen die de zuurgraad en het geleidingsvermogen van het water beïnvloeden.
- **Voorzorgnormen** zijn opgesteld voor stoffen die een schadelijk effect kunnen hebben op het milieu. Voor deze stoffen is niet aangetoond dat ze in zeer geringe hoeveelheden schadelijk zijn voor de gezondheid, maar ze horen niet in het drinkwater thuis. Voorbeelden van deze stoffen zijn: bestrijdingsmiddelen en fosfaat.

Leveringszekerheid

Volgens de Nederlandse drinkwaterwet dienen de drinkwaterbedrijven hun klanten van voldoende zoetwater te voorzien.¹⁹ Dit geldt ook voor de toekomst. Drinkwaterbedrijven moeten rekening houden met verwachte ontwikkelingen, en passende maatregelen nemen om ook in de toekomst de afnemers van voldoende drinkwater te voorzien (zie Textbox 3.1). Nuancering hierbij is dat de openbare drinkwatervoorziening een samenspel betreft tussen de overheid en waterbedrijven. De overheid dient te zorgen voor voldoende bronnen van voldoende kwaliteit. De taak van de waterbedrijven is om van die bronnen drinkwater te maken. Als de kwaliteit van de waterbronnen bepaalde grenzen overschrijdt (door een overmaat aan zout, pesticiden, geneesmiddelen et cetera), is het voor drinkwaterbedrijven niet langer mogelijk om drinkwater te produceren. De zuivering wordt dan te duur, of is technisch niet langer mogelijk. Drinkwaterbedrijven ervaren momenteel onvoldoende afstemming tussen de drinkwaterregeling en het 'Besluit kwaliteitseisen en monitoring water 2009' dat onder andere regels met betrekking tot lozingen bevat. De drinkwatersector kan moeilijk aan zijn leveringsplicht gehouden worden als er geen water van voldoende kwaliteit is.

¹⁸ Bron: website Dunea.

¹⁹ Als een drinkwaterbedrijf geen water kan leveren dat geschikt is voor consumptie, moet per persoon per dag drie liter drinkwater (flessen) worden geleverd. Dit is in de praktijk nog niet voorgekomen.

Vooralsnog zijn er geen voorbeelden bekend waarin er geen drinkwater geleverd kon worden ten gevolge van droge periodes.²⁰ Wel zijn er voorbeelden bekend waarin is opgeroepen om zuinig te zijn met het watergebruik tijdens droge periodes. Droogtesituaties hebben niet geleid tot daadwerkelijke beperkingen of boetes bij onzuinig gebruik.

Textbox 3.1: Drinkwaterwet: leveringsverplichting

Artikel 32 Drinkwaterwet

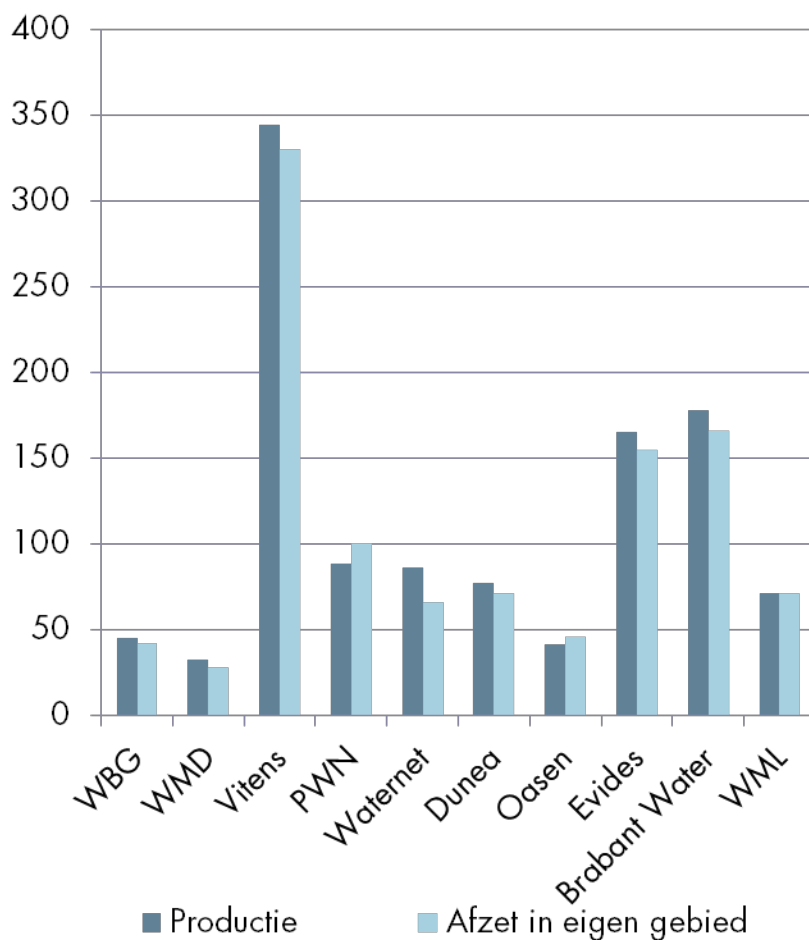
1. De eigenaar van een drinkwaterbedrijf draagt er zorg voor dat de levering van deugdelijk drinkwater aan consumenten en andere afnemers in het voor zijn drinkwaterbedrijf vastgestelde distributiegebied gewaarborgd is in een zodanige hoeveelheid en onder een zodanige druk als in het belang van de volksgezondheid vereist is.
2. De eigenaar van een drinkwaterbedrijf neemt alle passende maatregelen om te kunnen voorzien in de toekomstige behoefte aan drinkwater in het voor zijn drinkwaterbedrijf vastgestelde distributiegebied.

Verklaring hiervoor is dat drinkwaterbedrijven hebben geïnvesteerd in voorzieningen om in een periode dat er geen water ingenomen kan worden, nog wel drinkwater te leveren. Eén van de oplossingen voor een productietekort in een voorzieningsgebied is uitwisseling van drinkwater tussen drinkwaterbedrijven onderling. Figuur 3.3.7 toont per bedrijf de productie en afzet in het eigen voorzieningsgebied. Uit de figuur blijkt dat in 2014 PWN en Oasen meer water hebben verkocht dan geproduceerd. Een aantal andere mogelijkheden om bij problemen de drinkwatervoorziening te blijven garanderen, is:

- het aanleggen van buffers of het vergroten van de capaciteit;
- het verplaatsen van drinkwaterinnamepunten of het aanleggen van nieuwe innamepunten;
- het aanpassen van de zuiveringen met meer geavanceerde zuiveringsinstallaties of ontziltingsinstallaties;
- het inzetten van alternatieve bronnen
- het nemen van maatregelen aan de bron, zoals het aanpassen van de vergunningsvoorwaarden van lozingen.

Ten slotte kunnen consumenten gevraagd worden om hun drinkwatergebruik te reduceren (op vrijwillige basis) (Vewin, 2013).

²⁰ Medio 2015 dreigde 2,5 miljoen mensen geen kraanwater meer te krijgen. Oorzaak was een verontreiniging van de Maas door pyrazool waar een droge periode aan vooraf ging. Er was toestemming van de minister nodig om op basis van een tijdelijke norm toch Maaswater in te kunnen nemen.



Cijfers voor 2014 in miljoen m³ Bron: Vewin

Figuur 3.3.7: Drinkwaterproductie en afzet in eigen voorzieningsgebied per bedrijf

3.2.3 Marktsituatie en prijsvorming

Kosten drinkwaterbedrijven

De belangrijkste kostenposten voor drinkwaterbedrijven zijn personeelskosten, belastingen en investeringen. In 2013 werd 258 miljoen euro aan belastingen betaald en bedroegen de investeringen van de drinkwaterbedrijven in totaal 431 miljoen euro (Vewin, 2012; RIVM, 2013). Tussen 2000 en 2013 varieerden de jaarlijkse investeringen van 320 tot 480 miljoen euro (Vewin, 2014). Voorbeelden van investeringen zijn:

- Uitbreiding van de productiecapaciteit;
- Uitbreiding van het leidingennet;
- Kwaliteitsinvesteringen met betrekking tot zuiveringstechnologie;
- Kwaliteitsinvesteringen ten behoeve van de leveringszekerheid.

Een mogelijkheid om de leveringszekerheid te vergroten, is het aanleggen van een (oppervlakte)waterbuffer in de vorm van een 'spaarbekken'. Als een innamepunt geen water kan innemen, spreken we van een innamestop. Tijdens een innamestop door verontreinigingen of droogte kan een waterbuffer tijdelijk als vervangende bron dienen. Oorzaken voor een innamestop zijn onder andere verontreiniging van de bron of beperkte waterbeschikbaarheid door droogte. In Tabel 3.1 staat een indicatie van de aanlegkosten van een aantal waterbuffers. In 2010 werd 36% van de investeringen besteed aan productieprocessen (Vewin, 2012).

Tabel 3.1: Indicatie aanlegkosten drinkwaterbuffer in de vorm van een bekken

Innamepunt	Buffercapaciteit (mln m ³) ²¹	Indicatie aanlegkosten buffer (mln euro) ²²
Andijk	1,2	8
Heel	1,2	8
Gat van Kersloot/Brabantse Biesbosch	40,8	265
Andelse Maas/Brakel	2,2	14

Opbrengsten

De kosten die drinkwaterbedrijven maken, worden gedekt door de opbrengsten uit de verkoop van drinkwater. Drinkwaterbedrijven hebben geen winstoogmerk. Toch wordt er in de praktijk wel winst gemaakt. Deze wordt tot een bepaalde hoogte uitgekeerd aan de aandeelhouders. Boven een bepaalde grens wordt de winst gecompenseerd in de tariefstelling van het volgende jaar.

De drinkwatertarieven worden jaarlijks door de drinkwaterbedrijven vastgesteld. De tarieven moeten worden goedgekeurd door de algemene vergadering van aandeelhouders. De aandeelhouders zijn de gemeenten en provincies. Drinkwaterbedrijven zijn naamloze (overheids)vennootschappen (NV's) (TU Delft, 2012). De enige uitzondering is Waternet. Waternet is een stichting die is opgericht door de gemeente Amsterdam en het waterschap Amstel, Gooi en Vecht. In de stichting zijn, naast de drinkwaterzuivering en distributie, ook de gemeentelijke riolering en de uitvoeringstaken van het waterschap ondergebracht.

In 2010 bedroeg het gemiddelde tarief (vast plus variabel) voor huishoudens 1,43 euro per m³, en voor zakelijke afnemers 1,05 euro per m³. Het gemiddelde tarief is stabiel: tussen 2000 en 2014 varieerde de gemiddelde prijs per m³ voor particulieren van 1,34 tot 1,50. Dit zijn de bedragen exclusief verbruikersbelastingen (BTW) en Belasting op Leidingwater (BoL). Wel meegerekend zijn grondwaterbelasting, provinciale grondwaterheffingen, en leiding en concessievergoedingen (precario).

Consumenten betalen een vast bedrag voor de aansluiting (vastrecht) en een variabel bedrag dat afhankelijk is van de afname. De tarieven kunnen verschillen per leveringsgebied. Een gemiddeld huishouden betaalde in 2014, afhankelijk van het leveringsgebied, 0,46 tot 1,24 euro per m³ aan variabele kosten (Vewin, 2013). De tarieven voor het vastrecht liepen uiteen van 40 euro per jaar (Vitens) tot 86,64 euro per jaar (WML).

²¹ RIVM (2013), *Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater*.

²² Vewin (2013), *Economische Analyse Zoetwater (memo kostenkanten)*.

Tariefverschillen komen voort uit verschillen in:

- Hoogte van de gemeentelijke en provinciale belastingen;
- Gebruikte waterbron: voor de zuivering van oppervlaktewater zijn relatief ingewikkelde (dure) methoden nodig en over grondwaterwinning moeten extra milieuheffingen worden betaald;
- Omvang van het watergebruik per afnemer;
- Transportafstanden;
- Drukke in de ondergrond;
- Bodemgesteldheid: voor zwakke ondergronden zijn de aanleg- en onderhoudskosten van leidingen hoger.

3.2.4 Trends en ontwikkelingen

De totale drinkwaterafname steeg tot 1990 en bleef daarna tot 1995 stabiel. Sindsdien is er sprake van een (licht) dalend tot stabiel waterverbruik. Volgens Vewin is de belangrijkste oorzaak van deze ontwikkeling een daling in de afname door het zakelijke segment. Bedrijven gingen meer drinkwater hergebruiken, besparen en substitueren door ander water (TU Delft, 2012). Daarnaast gingen grotere industriële afnemers zelf water winnen. In 2010 produceerde de waterbedrijven in totaal 1.136 miljoen m³ drinkwater. Dit is 91 miljoen m³ minder dan in 1990 en 4,7 miljoen m³ minder dan in 2009 (Vewin, 2012). Het jaarlijkse waterverbruik door huishoudens is sinds 1990 ongeveer stabiel (Vewin, 2012). Per persoon neemt het watergebruik af door zuinigere toiletten en wasmachines. Tussen 1995 en 2013 daalde het drinkwatergebruik per persoon van 50 m³ tot 43 m³ per jaar (Vewin, 2015a; TU Delft, 2012). Deze besparingen worden gecompenseerd door de bevolkingstoename.

De prijzen voor drinkwater voor de eindgebruikers zijn stabiel. De totale kosten voor de drinkwaterbedrijven stegen tussen 1985 en 2010 met gemiddeld 1,8% per jaar (nominale stijging bedroeg een factor 1,6) (TU Delft, 2012). Door optimalisatie van de samenwerking tussen gemeenten, waterschappen en drinkwaterbedrijven wordt vanaf 2020 een jaarlijkse besparing van 450 miljoen euro verwacht (Visitatiecommissie Waterketen, 2014).

De verwachtingen over het toekomstige watergebruik lopen uiteen. Vewin gaat voor 2025 uit van een drinkwaterverbruik tussen de 990 en 1350 miljoen m³ (Visitatiecommissie Waterketen, 2014). Dit betekent een krimp van 12%, tot een stijging van 20% ten opzichte van 2015 (Vewin, 2012). De deltasenario's gaan wat betreft de ontwikkeling van de drinkwatervraag, tot 2050 uit van een krimp van 15% in scenario Rust, tot een stijging van 40% in deltasenario Stoom (Deltares et al, 2013).

3.3 Invloed van droogte op sector (dosis-effect)

In deze paragraaf wordt het effect van droogte op de drinkwatersector besproken. Schade treedt mogelijk op wanneer door de droogte de concentratie opgeloste stoffen te hoog is om nog oppervlaktewater in te nemen en men een (tijdelijke) innamestop instelt.²³ Door maatregelen te treffen kan de schade worden gereduceerd of voorkomen. De kosten van deze maatregelen moeten verrekend worden met de vermeden schade.

²³ *Situatie van te weinig water (kwantiteit) of te warm water is niet beschouwd, omdat deze minder voorkomen, en de meeste problemen te wijten zijn aan de kwaliteit van het oppervlaktewater (te hoog natriumchloridegehalte of te hoge concentratie andere verontreinigende stoffen).*

De maatgevende dosis-effectrelaties van droogte die in deze notitie worden beschreven, zijn het zoutgehalte (chloride concentratie) en de concentratie toxische stoffen. Afhankelijk van de winningslocatie kunnen beide, en zelfs ook andere dosisfactoren (temperatuur, volume), een rol spelen.

Om een volledig beeld te krijgen van de effecten van droogte voor de Nederlandse drinkwatersector, dient op drinkwaterbedrijf een analyse van de maatgevende dosis-effect relaties te worden uitgevoerd. Dit voert voor dit project te ver. In plaats daarvan, wordt op basis van beperkt beschikbare data, ingezoomd op het verband tussen droogte en innamestops, en de effecten bij een innamestop.

3.3.1 Dosis en innamestops (aantal en duur)

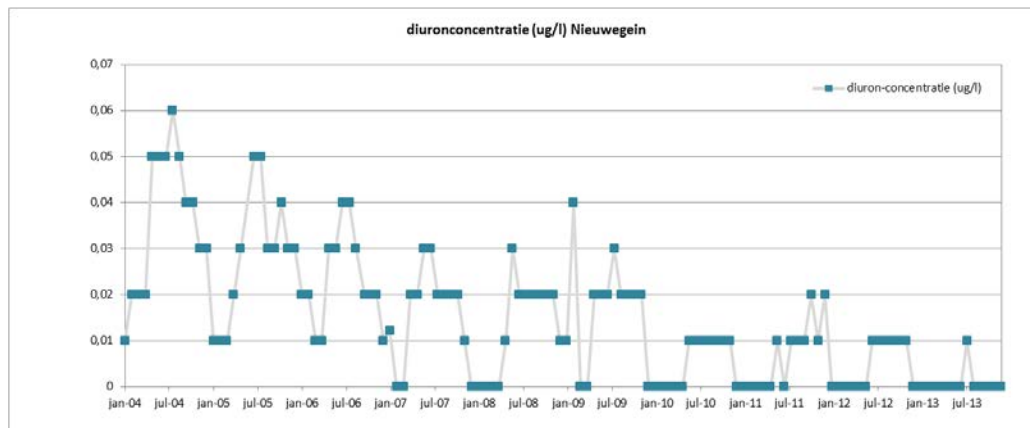
Drinkwaterbedrijven hanteren kwaliteitscriteria voor het oppervlaktewater bij innamepunten (zie de volgende paragraaf). Deze hebben betrekking op fysische, chemische en/of biologische parameters. Wanneer de normwaarde wordt overschreden, wordt de inname gestaakt.

Droogte kan leiden tot een lage rivierwaterafvoer. Een gevolg hiervan kan zijn dat de concentratie chloride en toxische stoffen bij het innamepunt boven de kritische grens uitkomen en de inname (tijdelijk) wordt gestaakt.

De rivierafvoer van de Rijn en Maas is niet de enige factor die hierbij bepalend is voor de situatie bij het innamepunt. Naast hydrologie kunnen eveneens lokale puntlozingen en keuzes in het waterbeheer van invloed zijn op de ontwikkeling van de concentratie chloride en / of verontreinigende stoffen bij het innamepunt. Hierdoor komt de relatie tussen rivierafvoer en vervuilingsgraad bij het innamepunt niet altijd expliciet uit de beschikbare data.²⁴

Zo heeft het verbod op diurongebruik (een zeer giftig bestrijdingsmiddel) een geleidelijke afname van het middel in het oppervlaktewater veroorzaakt. In Nederland is het gebruik van diuron als onkruidbestrijder sinds 1 juni 1999 verboden. In 2007 heeft de Europese Commissie beslist om het gebruik van diuron niet te erkennen in de Europese Unie. Lidstaten moesten eventuele erkenningen van producten op basis van diuron intrekken voor 13 december 2007. Bestaande voorraden mochten nog 1 jaar na deze datum gebruikt worden. Zichtbaar in Figuur 3.3.8 is dat concentraties boven de norm in het oppervlaktewater bij Nieuwegein minder worden, maar nog niet volledig verdwenen zijn.

²⁴ In historische data over het aantal normoverschrijdingen zitten de beheersmaatregelen en beleidskeuzes verwerkt in de waterbeschikbaarheid voor drinkwaterproductie. In toekomstvoorspellingen zijn de effecten van beheersmaatregelen en beleid niet per definitie meegenomen. Prognoses kunnen input leveren voor het implementeren van beheersmaatregelen en voor het waterbeleid.

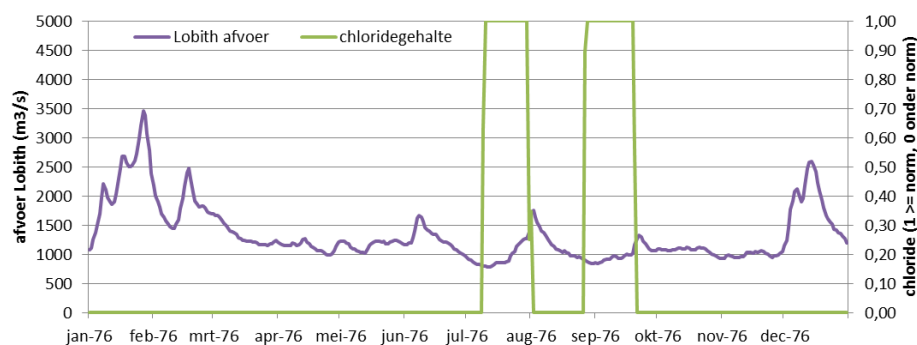


Figuur 3.3.8: Diuronconcentratie (ug/l) (maandelijks opgenomen, 2004-2013, bron: waterbase Rijkswaterstaat)

Drinkwaterbedrijven ervaren (incidentele) vervuiling van waterbronnen op dit moment als een grotere bedreiging dan droogte. Hierbij geldt wel dat de duur van een innamestop bij een calamiteit in een droge periode langer kan zijn, doordat in mindere mate verdunning optreedt en er minder mogelijkheden zijn voor doorspoeling. Hierdoor zit droogte (deels) verdisconteerd in de innamestops, maar wordt niet benoemd als oorzaak voor de innamestop. De drinkwatersector benadrukt dat droogte in de toekomst wel degelijk een dreiging kan worden als door klimaatverandering de maasafvoer met 40% afneemt in droge tijden.

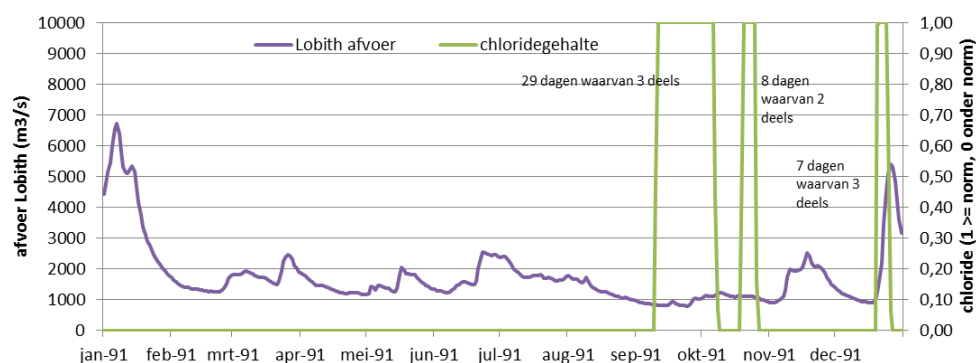
Afvoer en chloridegehalte/concentratie opgeloste stoffen

Voor de relatie tussen de afvoer per dag en het chloridegehalte per innamepunt, zijn er voor verschillende jaren per dag chlorideconcentraties geregistreerd, ook als fractie van het deel van de dag dat de concentratie hoger is dan de norm is.²⁵ In Figuur 3.3.9 en Figuur 3.3.10 zijn twee, respectievelijk drie, perioden zichtbaar waarbij de norm een aantal dagen overschreden is. In de voorbeelden valt dit samen, of vlak na momenten waarbij er minder dan ongeveer 1000 m³/s afvoer van de Rijn bij Lobith is.



Figuur 3.3.9: Voorbeeld verloop chloridegehalte in 1976 voor een inlaatpunt (data van Deltares)

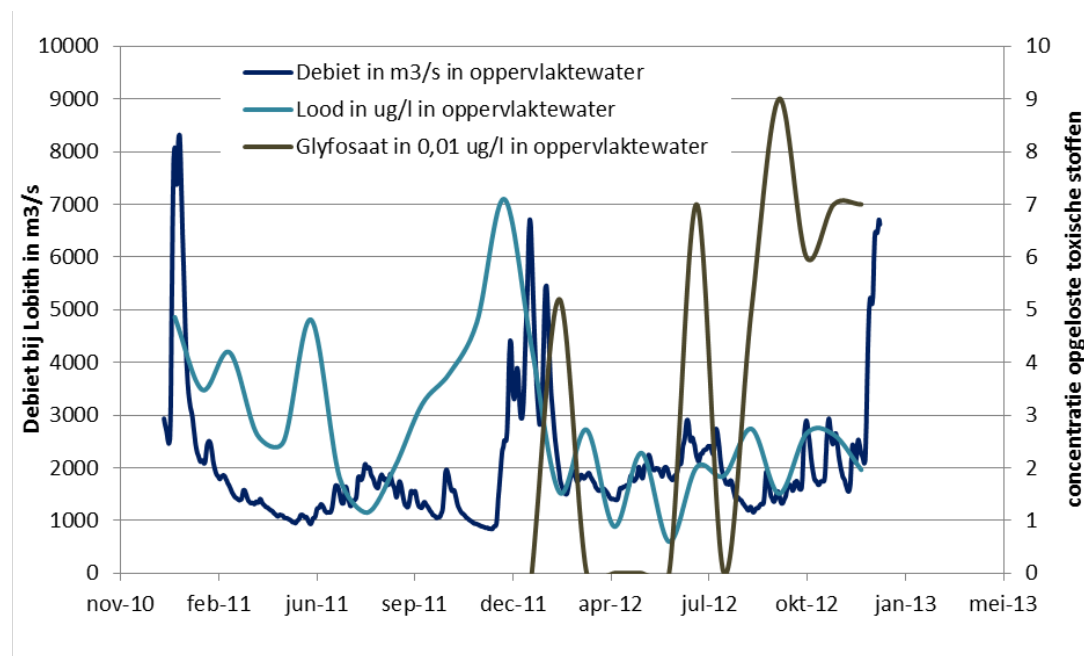
²⁵ De norm voor chloride is conform het drinkwaterbesluit 150 mg/l. Dit ligt lager dan de norm van de EU en WHO (250 mg/l). Gouda is een inlaatpunt voor landbouw met een hogere afgesproken norm (250 mg/l). Het zou kunnen dat aanpassing van de drinkwaternorm naar een EU-niveau een welvaartvoordeel oplevert.



Figuur 3.3.10: Voorbeeld verloop chloridegehalte in 1991 voor een inlaatpunt (data van Deltares)

Historische tijdreeksen voor andere verontreinigende stoffen zijn niet beschikbaar gekomen binnen deze studie. Incidenteel hebben we van een aantal stoffen in openbare bronnen het verloop van enkele jaren / locaties gevonden, bijvoorbeeld in de historische tijdseries van Rijkswaterstaat (benaderd via Waterbase²⁶).

Het optreden van verontreinigingen blijkt in veel gevallen gelijk verdeeld over het jaar of seizoensgebonden (bestrijdingsmiddelen). In geval van seizoensinvloeden kan een samenhang met de afvoer worden gevonden. Dit is echter niet vanzelf een oorzaak-effect relatie.

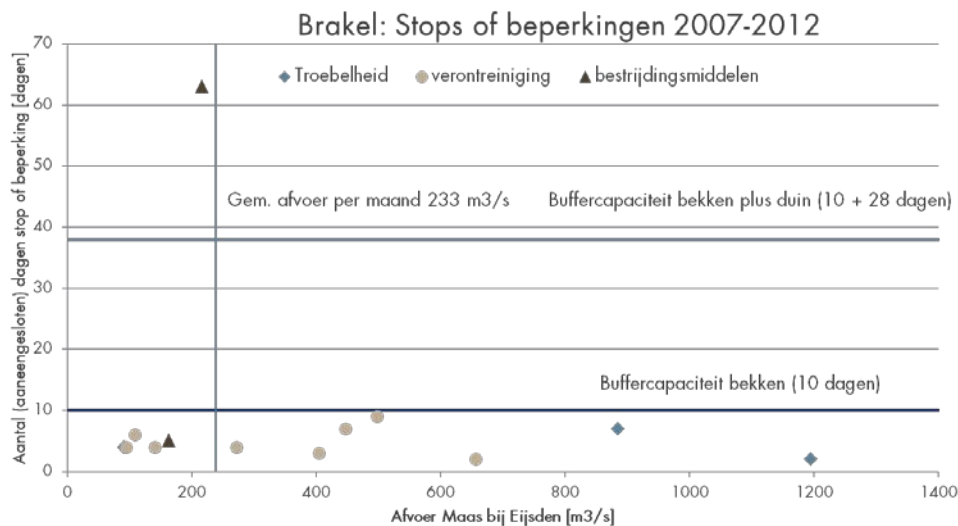


Figuur 3.3.11: Verloop toxische stoffen bij Nieuwegein afgezet tegen afvoer (Waterbase Rijkswaterstaat)

²⁶ Waterbase is een database met een subset van DONAR: Data Opslag Natte Rijkswaterstaat.

Afvoer en duur dat concentratie (vervuiling) te hoog blijft (boven norm)

Hoewel het voor de hand ligt dat de duur van de vervuiling door een calamiteit afhangt van de afvoer, hebben we dit verband niet kunnen afleiden uit de voor ons beschikbare historische data. De concentraties toxische stoffen lopen soms op als de afvoer daalt, maar er is ook sprake van incidentele afnames die samengaan met een dalende afvoer (zie Figuur 3.3.11). De incidenten die we bij Brakel over de periode 2007-2012 hebben geanalyseerd (zie Figuur 3.12), laten niet significant langere perioden met problemen zien bij lage afvoeren dan bij hogere afvoeren.



Figuur 3.3.12: Aantal sluitingsdagen voor periode 2007-2012 bij Brakel, onderverdeeld naar troebelheid, bestrijdingsmiddelen en verontreinigingen, data aangeleverd door RIVM

Het aantal aaneengesloten dagen dat het chloridegehalte hoger dan de norm ligt, valt voor de meeste innamepunten samen met de periode dat de afvoer lager ligt dan een kritische grens. Uit de data zijn geen significante andere relaties af te leiden. Volgens experts laten de modellen het effect van een hogere concentratie bij lagere afvoeren wel degelijk laten zien, en zijn er ook aanwijzingen uit veldmetingen dat dit verband bestaat.

Chloridegehalte/ concentratie opgeloste stoffen en innamestops

Uit voorgaande analyses volgt dat het lastig is om uit de beschikbare data harde conclusies te trekken. Er is geen duidelijke relatie tussen de afvoer, het optreden en de duur van innamestops, behalve als het gaat om het chloridegehalte (lage afvoer is hogere concentratie en meer innamestops). Veel innamepunten hebben vooralsnog echter geen last van een te hoog chloridegehalte. Een te hoog chloridegehalte speelt vooral in West-Nederland. Dit jaar rondt KWR een bedrijfstakonderzoek af waarin deze relatie nader is onderzocht. Te zijner tijd kan bekeken worden of en hoe deze resultaten benut kunnen worden in de economische analyse.

3.3.2 Effect innamestops

De mogelijkheden om bij het staken van de inname de productie door te zetten, verschillen per bedrijf. Voor een goed begrip van het risico van droogte voor de drinkwatervoorziening, is het nodig te kijken naar de hele water(waarde)keten.

De meeste oppervlaktewaterbedrijven hebben de beschikking over één of meerdere bekkens. De beschikbare capaciteit per bekken verschilt sterk per bedrijf. Het kan voorkomen dat een bekken slechts beperkt kan worden uitgenut omdat natuurschade door verdroging moet worden voorkomen. In het geval van een innamestop, herorganiseren drinkwaterbedrijven die kunnen terugvallen op een bekken hun waterwinning om natuurschade te minimaliseren. Naarmate langere periodes water wordt onttrokken uit natuurlijke reserves, is de kans op (onomkeerbare) natuurschade groter.

Een aantal waterbedrijven heeft geïnvesteerd in diepe grondwaterwinning of buffers in de duinen die, indien nodig, oppervlaktewaterwinning kunnen vervangen. Bij het winnen van duinwater dient, naast natuurschade, eveneens rekening te worden gehouden met een risico van permanente besmetting van de bron bij langdurige winning, als gevolg van menging met diep (zout) grondwater.

Naast deze terugvalopties kan, indien nodig, ook drinkwater worden ingekocht bij een collega-bedrijf (bijvoorbeeld samenwerking Dunea, Evides, PWN / Waternet).

Afhankelijk van de situatie is het mogelijk om tussentijds, gedurende een kortere periode, water in te nemen en de buffervoorraden weer aan te vullen. In Tabel 3.2 staat voor een aantal innamepunten de maximale overbruggingsperiode bij een *aaneengesloten* innamestop (RIVM, 2013). De vermelde periode is tot op heden voldoende gebleken om perioden, waarin de inname tijdelijk moest worden gestaakt, te overbruggen.

Tabel 3.2: Overbruggingsperiode bij innamestop (Bron: RIVM, 2013)

Drinkwaterbedrijf	Innamepunt (en)	Overbruggingsmogelijkheden
Waternet	Nieuwegein	Grondwaterwinning: 14 dagen Wateronttrekking duingebied: 90 dagen
Evides	Scheelhoek	Wateronttrekking duingebied: 7-14 tot 42 dagen afhankelijk van het groeiseizoen
PWN	Andijk	Bekken: 4 - 7 dagen
WML	Heel	Bekken: 14 dagen Grondwaterwinning: 120 dagen
Evides	Gat van Kersloot/Brabantse Biesbosch	Bekken: 60-90 dagen
Dunea	Andelse Maas/Brakel	Bekken: 10 dagen Wateronttrekking duingebied: 28 dagen

3.3.3 Effect droogte overige deel waterketen

Afgaand op de literatuur en gesprekken, blijkt dat gebruikers in het verleden vrijwel geen hinder hebben ondervonden van de innamestops die er zijn geweest. De reden hiervoor is dat er voldoende zekerheidsmarge in het systeem is ingebouwd om de periode waarin er geen inname mogelijk is, te overbruggen. Dit is iets waar de drinkwaterbedrijven continu aan werken.

Alleen in uitzonderlijke gevallen is het voorgekomen dat drinkwaterbedrijven hebben gevraagd om het drinkwatergebruik te temperen. De oorzaak hierbij was dan niet een beperking in het aanbod, maar een overbelasting van de capaciteit van het drinkwaternetwerk, als gevolg van extreme piekvraag in warme zomers. Bij extreem verbruik nemen de stroomsnelheden in het leidingnet toe. Hierdoor wordt eerder bezonken materiaal zoals ijzer of mangaan opgewoeld. Het drinkwater is dan in sommige gevallen nog steeds geschikt voor consumptie, maar de slipdeeltjes geven het water een bruine kleur. De consument ervaart deze kleur als onaantrekkelijk.

Door klimaatverandering kan het aantal pieken in de vraag en de hoogte van de pieken toenemen. Ook verwacht men dat door klimaatverandering het aantal innamestops door een hoog chloridegehalte en door een te hoge concentratie toxische stoffen, zal toenemen (Figuur 3.3.13).

In de zomer van 2015 was drinkwaterbedrijf Evides genoodzaakt om een tijdelijke aanpassing van de norm aan te vragen. Oorzaak was een langdurige innamestop door verontreiniging van de Maas met de stof pyrazool. Vanwege de droogte die aan de verontreiniging vooraf ging, was al sterk ingeteerd op de beschikbare waterbuffers. De tijdelijke norm maakte het mogelijk om toch water in te nemen en de levering van drinkwater veilig te stellen. Dit incident toont aan dat droogte in combinatie met calamiteiten potentieel tot grote problemen kan leiden.

	Chloridegehalte	Incidenten (lozingen, verontreiniging)	Achtergrondconcentratie toxische stoffen
Huidig/historisch	Beperkt, enkele inlaten West-Nederland	Enkele keren per jaar	Nog geen groot issue
Toekomst/-W+	Neemt sterk toe	Kans van optreden niet gerelateerd aan droogte (duur mogelijk wel, maar niet vast te stellen)	Kan sterk toenemen

Figuur 3.3.13: Schema met samenvatting effect droogte en klimaatverandering op het aantal innamestops door overschrijding van het chloridegehalte of de hoeveelheid verontreinigende of toxische stoffen (naar RIVM, 2013).

3.4 Economische waardering effect

Om de effecten van droogte op de drinkwatervoorziening te waarderen, dienen de gevolgen van een innamebeperking of -stop in economische termen te worden geduid. Naast de primair financiële gevolgen voor de drinkwatersector, moet hierbij rekening worden gehouden met niet-geprijsde effecten op het gebied van natuur en consumentenwaardering.

Oorspronkelijk was het de bedoeling voor de bepaling van de economische effecten de historische schade te analyseren, en hieruit het effect van droogte te isoleren. Gedurende het project is echter gebleken dat de extra kosten die optreden bij een innamebeperking of -stop, zelden of nooit apart zijn geregistreerd, en daarmee niet uit de bedrijfsinformatie van de waterbedrijven zijn te halen.

Het is in het verleden nooit (zowel niet in droge perioden als in situaties waarin zich een calamiteit voordeed) zover gekomen dat niet aan de vraag kon worden voldaan en significante schade is ontstaan bij afnemers. Drinkwater is van zo een cruciaal maatschappelijk belang, dat er afspraken zijn gemaakt met de sector over het leveringsniveau. Hierdoor is het zeer onwaarschijnlijk dat zich in de toekomst situaties zullen voordoen waarin onvoldoende drinkwater beschikbaar is. De watersector benadrukt hierbij dat adequate overheidsmaatregelen noodzakelijk zijn om levering van drinkwater veilig te stellen. De sector doelt hierbij zowel op maatregelen ten behoeve van voldoende bronnen van voldoende kwaliteit als op voldoende waterbeschikbaarheid (rivierafvoer) tijdens droogte.

De analyse van de effecten van droogte richt zich daarom op twee kostenposten:

- De extra (operationele) kosten gedurende een innamestop bij het drinkwaterbedrijf (en mogelijk het waterschap);
- De kosten en investeringen van de noodmaatregelen (om blijvend te kunnen voldoen aan de drinkwatervraag).

3.4.1 Direct effect: kosten drinkwatersector

Innamestops kunnen meerdere typen kosten met zich meebrengen voor drinkwaterbedrijven:

- Kosten voor monsternamen en -analyse voor monitoringsdoeleinden;
- Operationele kosten van het overschakelen op een alternatieve waterbron;
- Communicatiekosten met afnemers;
- Natuurschadeherstelkosten.

Kosten van innamestops in het verleden zijn niet apart geregistreerd. Dit betekent dat nu geen informatie voorhanden is om een complete inschatting te maken van de kosten voor de drinkwatersector als gevolg van droogte.

Uitzondering hierop is een rechtszaak van Dunea die betrekking heeft op een lange innamestop in 2012. In het kader van de rechtszaak zijn de meerkosten van de innamestop globaal becijferd. Hoewel deze innamestop niet kan worden toegerekend aan een laagwatersituatie, worden de kosten door de deelnemers van de focusgroep als vergelijkbaar beschouwd.

Case Dunea

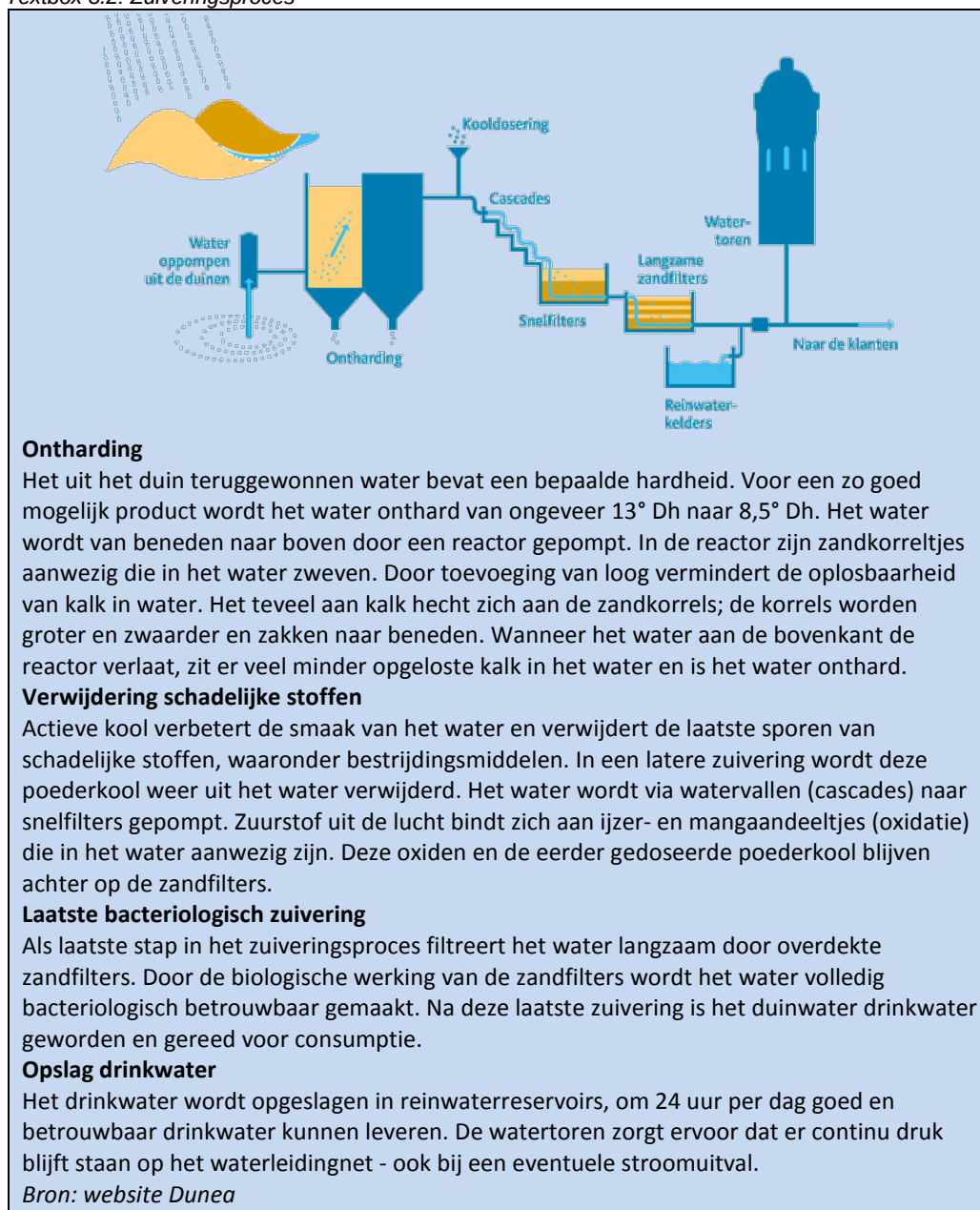
Dunea gebruikt de Afgedamde Maas als bron voor drinkwater. De afgedamde Maas is een zijtak (twaalf kilometer lang) van de rivier de Maas. De Afgedamde Maas heeft een geringe stroming. Dat maakt het zeer geschikt als bezinkings- en voorraadbekken.

Door de lange verblijftijd van het water (gemiddeld twee maanden), beschikt de Afgedamde Maas over een groot zelfreinigend vermogen. Vanuit het innamepunt in Brakel wordt het water 30 km verderop naar Bergambacht getransporteerd, waar het water wordt voorgezuiverd met behulp van zandfilters. Het voorgezuiverde rivierwater gaat via twee grote buizen naar het duingebied tussen Monster en Katwijk.

Het voorgezuiverd rivierwater wordt in zogenoemde infiltratieplassen in het duingebied gepompt. Langzaam zakt het water de duinbodem in en vermengt het zich met het neerslagwater. Na een gemiddeld verblijf van twee maanden, wordt een groot deel van het water weer opgepompt en ondergaat het een verder zuiveringsproces zoals getoond in Textbox 3.2.

In 2012 werd bij het innamepunt Brakel in de Andelse Maas een verhoogde concentratie van het bestrijdingsmiddel Dimethomorf aangetroffen, dat illegaal is geloosd op het oppervlaktewater van de Bommelerwaard (dat zich via bemaling mengt met het Maaswater in de Afgedamde Maas). Hierdoor heeft Dunea de inname van rivierwater meerdere keren (tijdelijk) moeten staken. In totaal was er gedurende 63 dagen een innamestop (niet aaneengesloten) (zie Figuur 3.3.12).

Textbox 3.2: Zuiveringsproces



Ondanks het (langdurig) doorbreken van de aanvoer van rivierwater, is Dunea erin geslaagd de drinkwaterproductie te handhaven en te voldoen aan de vraag. De gebruiker heeft geen last gehad van deze verontreiniging. Om geen enkel risico te lopen, worden zowel de rivierwater- als de drinkwaterkwaliteit extra gecontroleerd wanneer bij de periodieke metingen een overschrijding zoals in 2012 wordt geconstateerd. Daarnaast wordt een systeemanalyse uitgevoerd, om duidelijk te krijgen hoe lang het water met de betreffende overschrijding is ingenomen. Uit voorzorg is in 2012 ook de nazuivering op het onttrokken duinfiltraat verzwaard (door poederkool). Om het proces van verversing van het water in de Afgedamde Maas te versnellen, zijn extra pompen ingezet voor doorspoeling.

De kosten voor het aanpassen van de bedrijfsvoering waren bijna € 1 miljoen voor Dunea. Per dag kwam de schade op € 15.000. Figuur 3.14 laat de opbouw van de kosten zien.



Figuur 3. 3.14 : Verdeling operationele meerkosten bij innamestops, case Dunea

In werkelijkheid zijn de kosten hoger dan hiervoor gecijferd. Het was volgens Dunea heel lastig om de exacte financiële schade vast te stellen. Ten behoeve van de case, is een aantal moeilijker te bepalen kostenposten buiten beschouwing gelaten. Dit geldt bijvoorbeeld voor de kosten van versnelde afschrijving van de ruwwaterleiding Brakel door het optreden van grote schommelingen in de druk, als gevolg van het vele stoppen en starten van de inname. Andere voorbeelden zijn de kosten van aangepast beheer, natuurschade door onttrekking van duinwater en de indirecte kosten (onder andere communicatie).

Vaste kosten reservecapaciteit

De kosten van buffers die waterbedrijven aanhouden, zijn zeker niet 100% toe te schrijven aan het anticiperen van de bedrijven op een zeker droogterisico, maar ook bedoeld voor het opvangen van moeilijk te voorspellen calamiteiten. De verhouding hiertussen is onduidelijk. Deze kosten zijn al gemaakt en zijn niet meer te veranderen (sunk costs). Om die reden blijven deze kosten in deze analyse (die bedoeld is om toekomstige afwegingen te kunnen maken over maatregelen) buiten beschouwing. De in het verleden gemaakte kosten zijn verdisconteerd in de huidige drinkwaterprijs en worden betaald door de consument.

3.4.2 Externe effecten

Natuur

De meeste drinkwaterbedrijven die oppervlaktewater innemen, maken gebruik van één of meer (duin)buffers / bekkens voor voorraadvorming, piekafvlakking en natuurlijke zuiveringsprocessen. Als door aanhoudende droogte, door staking van de inname als gevolg van verontreinigen of te hoge chloridegehalten, geen aanvoer van rivierwater meer plaatsvindt, wordt een beroep gedaan op deze strategische voorraden.

Waterleidingbedrijven hebben duinen en andere natuurgebieden in bezit, in de eerste plaats voor filtering en opslag van water. De kwaliteit van de natuur in de waterwingebieden wordt zeer hoog ingeschat. Op het grondgebied van de waterwinbedrijven (21.000 hectare), wordt 60-80% van alle planten- en diersoorten in Nederland aangetroffen. Ruim 14.000 hectare van het natuurgebied van waterleidingbedrijven is habitatrichtlijngebied (WUR, 2013). De kosten voor het natuurbeheer worden doorberekend aan de consument. Afgaand op de beperkte beschikbare literatuur, gaat het om een bedrag van 4 tot 6 cent per m³ of circa € 1.000 per hectare natuur (WUR, 2013).

Door een verminderde waterdiepte of het uitzakken van de grondwaterstand, kunnen innamestops (wanneer de periode te lang wordt) leiden tot verdroging van de natuur en verlies aan natuurwaarden. Er is geen informatie gevonden die een inschatting van de natuurschade die is opgetreden door (langdurige) inzet van waterwingebieden, mogelijk maakt. Het is echter duidelijk dat negatieve effecten kunnen optreden, en dit wordt ook algemeen onderkend. Schade aan natuur kan in beginsel al na een paar dagen optreden, maar de omvang van de schade zal in werkelijkheid sterk afhangen van de duur van de innamestop en het seizoen waarin dit plaatsvindt. Daarnaast is ook het beheer van invloed op de schade (zie Textbox 3.3).

Textbox 3.3: Case Dunea

Ondanks het (langdurig) doorbreken van de aanvoer van rivierwater is Dunea in 2012 erin geslaagd de drinkwaterproductie te handhaven. Dit is wel ten koste gegaan van de voorraad zoet water in de duinen. Al na een paar dagen kan schade aan de natuur optreden. Na 28 dagen zonder infiltratie is er een risico op onomkeerbare schade.

Dunea kan eventueel overstappen op water uit de rivier de Lek (noodinlaat). In dat geval zijn er voor de natuur in de duingebieden geen gevolgen. In 2012 is dit niet gebeurd, omdat de kwaliteit van water uit de Lek onvoldoende was.

Om bedreigde diersoorten die zich in de vochtige duinvalleien en kwelplasjes bevinden zoveel mogelijk te ontzien, is op het moment dat er weer water kon worden ingenomen bij het innamepunt Brakel zoveel mogelijk water naar deze kwetsbare locaties geleid en minder naar de diepe infiltratieplassen. Nadien is ook het grondwaterpeil in de overige delen van de duinen weer op het oude niveau gebracht. Een volledig herstel van het waterpeil in de infiltratieplassen duurt ongeveer 10 dagen.

Bron: website Dunea, Focus Groep Discussie Drinkwater

De Nederlandse duinen hebben in het verleden veel schade opgelopen, onder meer door verdroging. Er zijn verschillende voorbeelden van duinherstelprojecten, gericht op het herstel van vochtige duinvallei. Aan de uitvoering van deze projecten blijken behoorlijke kosten verbonden, die al snel oplopen van enkele duizenden, tot € 50.000 per hectare (Dunea, 2009).

Het kwantificeren en monetariseren van de natuurschade, valt buiten de scope van dit project.²⁷ Om de effecten te bepalen, is in de toekomst meer specifiek onderzoek gewenst naar de impact van een verandering in de hydrologische status van voorraadbuffers en natuur (dosis-effect). Vervolgens dient een waarde te worden afgeleid voor de natuurverandering, bijvoorbeeld van de kosten voor natuurherstel of -compensatie.

Nutsverlies consument

In algemene zin geldt dat consumenten in het verleden niets hebben gemerkt van innamestops die zich hebben voorgedaan als gevolg van een calamiteit of droogte. Zoals eerder opgemerkt, is het ongemak (nutsverlies) voor de consument tot op heden beperkt gebleven tot het verleggen van het afnamemoment (buiten piek) en incidenteel cosmetisch verlies. Dit is echter toe te schrijven aan een overbelasting van het distributienetwerk en niet aan tijdelijke beperkingen in de inname van rivierwater.

Het is niet waarschijnlijk dat de consument in de toekomst ineens met een groot ongemak opgezadeld zal worden. Dit is, omdat in drinkwaterprotocollen is vastgelegd dat de consument in alle gevallen de benodigde basishoeveelheid drinkwater krijgt geleverd die nodig is voor menselijke consumptie. Ervan uitgaand dat een constant niveau van leveringszekerheid wordt bereikt en voldoende water van voldoende kwaliteit beschikbaar blijft, spelen gezondheidseffecten geen rol. Alleen bij zeer extreme situaties, waarbij meerdere waterbedrijven gelijktijdig en gedurende een lang aaneengesloten periode geen water kunnen innemen, zal de consument mogelijk de gevolgen merken, door bijvoorbeeld rantsoenering.

Indirecte effecten

Indirecte effecten zijn afgeleid van de directe effecten en betreffen de verdere doorwerking in de economie. In de meeste gevallen zal hierbij sprake zijn van een (her)verdelingseffect, omdat partijen die kosten maken deze zullen proberen door te belasten, of partijen die een voordeel hebben dit niet altijd kunnen vasthouden. In een welvaartsanalyse zijn de indirecte effecten alleen relevant in situaties dat er sprake is van een marktverstoring of grensoverschrijdende effecten.

In relatie tot drinkwater zijn er waarschijnlijk slechts beperkt indirecte effecten, zolang er nog wel drinkwater geleverd kan worden. Omdat de productie plaatsvindt door en voor Nederlandse partijen, worden ook de gevolgen primair nationaal gedragen. Op beperkte schaal zou wel sprake kunnen zijn van marktversturende effecten, doordat, als gevolg van het doorberekenen van de kosten in de drinkwaterprijs, in de toekomst nieuwe marktevenwichten ontstaan. Doordat de vraag naar drinkwater inelastisch is, en de vraag dus slechts beperkt zal (mee)veranderen met de prijs, kan beredeneerd worden dat het indirecte effect verwaarloosbaar is. Daarom kan dit verder buiten beschouwing worden gelaten.

²⁷ Voor de aanpak voor natuurwaardering wordt op deze plek verwezen naar de historische analyse natuur elders in het rapport.

3.5 Schadecurves en kwadranten

In deze paragraaf wordt, op basis van de (nog sterk) globale inzichten in de dosis-effect relaties en economische principes, het huidige economische droogterisico afgeschat aan de hand van het in paragraaf 3.1 geïntroduceerd kwadrantenmodel. Vervolgens volgt een toelichting op hoe klimaatverandering, autonome ontwikkeling en adaptiviteit hierop aangrijpen. De paragraaf sluit af met conclusies en aanbevelingen.

3.5.1 Samenhang dosis-effect, welvaartseffect en jaarlijkse verwachtingswaarde

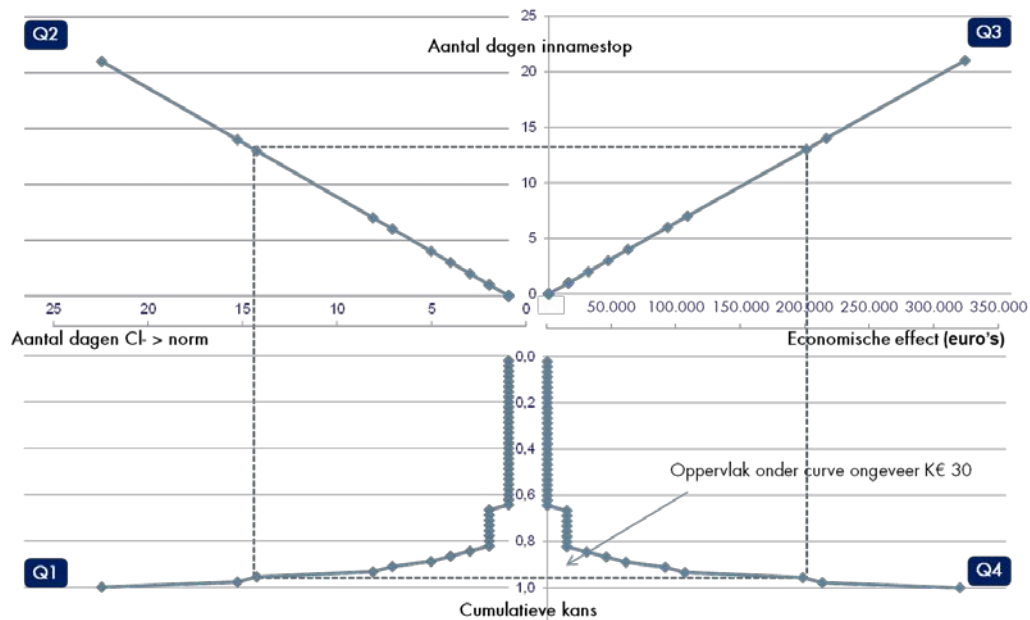
Ter illustratie is hieronder het (droogte)risico dat is toe te schrijven aan te hoge chloridegehalten, uitgewerkt. De hydrologische analyse heeft in deze analyse geen aparte aandacht gekregen. Andere studies zijn daarop gericht. Gemakshalve is het aantal dagen dat het chloridegehalte boven de norm was, in de periode 1961 tot en met 2015, als representatief beschouwd voor de huidige situatie. Hiermee zijn de kwadranten gecompliceerd (zie Figuur 3.3.15).

De kwadranten bestaan uit vier grafieken die tegen elkaar worden geplaatst. De gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect wordt in kwadrant vier (Q4) afgeleid, op basis van de curves in kwadrant een (Q1) en drie (Q3).

Kwadrant 1 laat de cumulatieve verdeling zien van de kans van optreden (y-as naar beneden) van de oplopend gesorteerde dosis (het aantal dagen dat het chloride gehalte boven de norm uitkomt) per jaar. Elk punt heeft een kans van optreden van 1/ 45 per jaar. Het aantal dagen is berekend op basis van overschrijding van de inlaatnorm van 150 mg/ l.

Voor kwadrant 2 is er vanuit gegaan dat een overschrijding van de norm één-op-één in relatie staat tot een innamestop. Hiermee kan de dosis-effectrelatie worden geplot. Op basis van de extra operationele kosten per dag bij een innamestop, kan vervolgens in kwadrant 3 de curve voor het economische effect worden getekend. Hierbij is uitgegaan van een bedrag van € 15.000 aan meerkosten voor iedere dag met een innamestop. Dit bedrag is gelijk gekozen aan de kosten per dag bij Dunea. Dit is echter een grove aanname. Per bedrijf en per type verontreiniging kan dit bedrag verschillen.

De combinatie van kwadrant 1, 2 en 3 maakt het mogelijk om de grafiek in kwadrant 4 te tekenen. Het oppervlak onder de curve in dit kwadrant, is de jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect. In dit geval komt het uit op ongeveer € 30.000 per jaar.



Figuur 3.3.15: Schadecurves chlorideconcentratie voor een innamepunt in de huidige situatie

Belangrijk om op te merken, is dat het hierboven becijferde risico als zuiver illustratief moet worden gezien.

- De gepresenteerde case is op een aantal punten noodzakelijkerwijs sterk vereenvoudigd. Dit komt deels doordat er geen data beschikbaar zijn, op basis waarvan validatie kan plaatsvinden van de schade die in het verleden is opgetreden als gevolg van te hoge chloride-gehalten of die is voorkomen door maatregelen te nemen. Ook zijn de effecten onvolledig. De kosten voor natuur zijn bijvoorbeeld niet meegenomen. Dat geldt voor dit innamepunt, maar ook voor de andere innamepunten. Aangenomen is dat dezelfde schade per dag optreedt als bij Dunea.
- Een andere nuancerende opmerking is dat de oorzaak voor het risico op overschrijdingen van het chloride-gehalte, niet uitsluitend een oorsprong heeft in lage rivierafvoeren, maar ook in andere weersinvloeden, keuzes in het waterbeheer en de door de overheid aan de industrie gestelde lozingseisen. Dat geldt zeker voor dit specifieke innamepunt, maar ook bij andere innamepunten is rivierafvoerstatistiek niet de enige bepalende factor.
- Daarnaast geldt dat in werkelijkheid de kosten niet lineair, maar eerder progressief (en op zeker moment zelfs mogelijk exponentieel) oplopen met de duur van de innamestop. Dit doordat, naarmate de innamestop langer duurt, andere schademechanismen in werking treden.

Deze factoren zijn in bovenstaande uitwerking niet meegenomen. In de conclusies en aanbevelingen komen we hierop terug.

Integreren dosis-effectrelatie natuur: hypothetische schade

In het algemeen zal per innamepunt met meerdere dosis-effectrelaties rekening moeten worden gehouden. Hierboven werd al opgemerkt dat, naast het aantal dagen, bijvoorbeeld ook de duur van de innamestop relevant is. Om te illustreren dat binnen de methodiek verschillende dosis-effectrelaties prima naast elkaar kunnen worden uitwerkt en opgeteld, is hieronder voor hetzelfde innamepunt de kwadrantenfiguur uitgewerkt voor de maximale (veronderstelde) duur van de innamestop gecorreleerd aan de natuurschade.

Kwadrant 1 laat wederom de cumulatieve verdeling zien van de kans van optreden (y-as naar beneden) van de oplopend gesorteerde dosis (het maximum aantal aaneengesloten dagen dat het chloridegehalte boven de norm uitkomt) per jaar.

In kwadrant 2 staat nu op de y-as het in een jaar maximale aantal aaneengesloten dagen tijdens een innamestop. Aangenomen dat dit aantal gelijk is aan het maximale aantal aaneengesloten dagen dat de norm bij het innamepunt wordt overschreden.

Op basis van een natuurschadebedrag per dag innamestop, kan vervolgens in kwadrant 3 de curve voor het economische effect worden getekend. Nu is er geen historische data over de geaccumuleerde natuurschade met het oplopen van het aantal dagen. In het voorbeeld zijn, rekening houdend met de duur van de innamestop, de volgende hypothetische schade(herstel)kosten gehanteerd:

- 0-2 dagen: geen schade;
- 3-10 dagen: schade beperkt / omkeerbaar (schadeherstel via intensivering natuurbeheer, opslag van 50% op reguliere beheerkosten per hectare van € 1.000 per hectare);
- > 10 dagen: schade significant / onomkeerbaar (schadeherstel via uitvoering van revitalisatieproject, herstelkosten van € 50.000 per hectare).

Voorts is uitgegaan van een exclusief voor waterwinning bestemd (als natuur beheerd) wingebed van 150 hectare (Vewin, 2013).

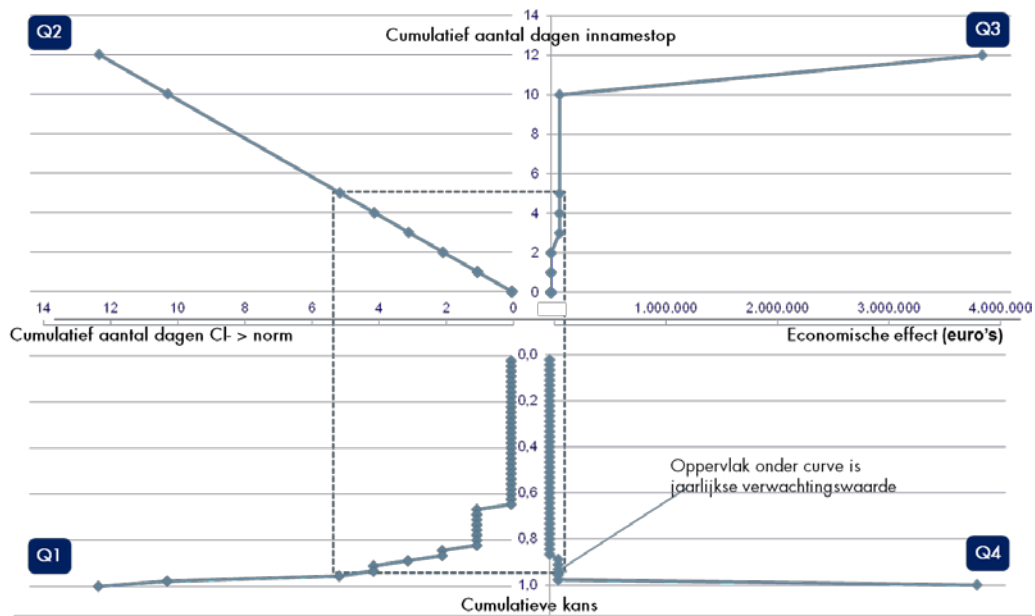
Het oppervlak onder de curve in kwadrant 4 in Figuur 3.16, is de gemiddelde (fictieve) jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect door natuurschade of schadeherstel. Dit zou moeten worden opgeteld bij de € 30.000 per jaar verwachtingswaarde aan operationele kosten.

De extra kosten die door de sector gemaakt worden om de robuustheid van het systeem te vergroten zitten hier nog niet bij. Als de buffercapaciteit onvoldoende is voor de duur van een innamestop, zijn adaptatiemaatregelen nodig om de schade bij calamiteiten of extreme droogte te voorkomen of te verminderen. De kosten daarvan zijn zeer locatie specifiek en alleen vast te stellen door een gedetailleerde modellering van het drinkwatersysteem en de mogelijkheid voor onderlinge leveringen.

Als deze maatregelen in de toekomst genomen worden om de robuustheid te verbeteren zouden de jaarlijkse kosten bij de hiervoor berekende verwachtingswaarde moeten worden opgeteld voor zover ze de effecten van droogte betreffen.

Samenvattend zijn er in ieder geval drie mechanismes relevant:

- Schade die oploopt per dag innamestop (zie Figuur 3.15);
- Schade die na een bepaalde duur van de innamestop zeer sterk toeneemt (zie Figuur 3.3.16). Door het ontbreken van voorbeelden in het verleden en grote verschillen tussen drinkwaterbedrijven is de hoogte hiervan nog moeilijk te bepalen;
- De jaarlijkse kosten van adaptatiemaatregelen. Deze zullen per innamepunt en drinkwaterbedrijf verschillen.



Figuur 3.3.16: Schadecurves natuur voor een innamepunt op basis van fictieve cijfers.

3.5.2 Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit

Autonome ontwikkelingen

De volgende autonome ontwikkelingen zijn van invloed op de curves in de kwadranten:

Bevolkingsontwikkeling en watergebruik: De toekomstige vraag van afnemers naar drinkwater is bepalend voor de inrichting van het productieproces. De huidige ingebouwde reserves blijken op dit moment groot genoeg om droge periodes te overbruggen. De gevolgen van een tekortschietende buffercapaciteit, als gevolg van een autonoom hogere watervraag, komen tot uitdrukking in kwadrant 3 (Q3).

Beleid ten aanzien van 'nieuwe' milieubezwaarlijke stoffen: Inspelend op verdergaand beleid ten aanzien van de risico's van hormoonverstorende stoffen en micro-plastics, komen (parallel aan bronaanpak) mogelijk nieuwe zuiveringsconcepten tot ontwikkeling.²⁸ Mogelijk worden met deze nieuwe zuiveringsconcepten als bijvangst ook enkele huidige probleemstoffen zoals chloride aangepakt, waardoor het punt tot wanneer een inname toelaatbaar is, verschuift. Dit komt tot uitdrukking in kwadrant 2 (Q2).

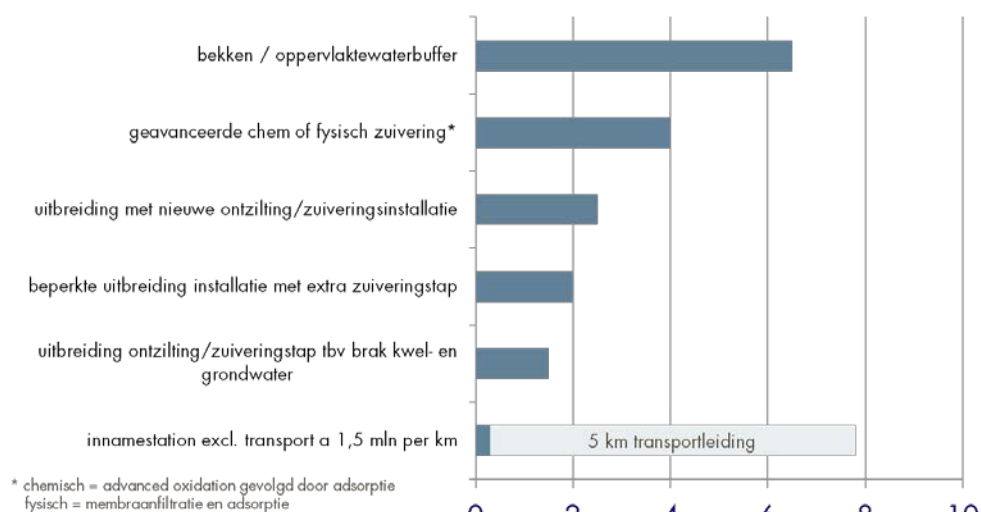
²⁸ Het uitgangspunt is overigens, in lijn met de KRW, de zuiveringsinspanning te reduceren in plaats van meer te gaan zuiveren. Een eventuele extra zuivering kan aan de orde zijn bij het toevoegen van stoffen bij de periodieke revisie van het Drinkwaterbesluit.

Klimaatverandering en adaptiviteit

De waterbedrijven die oppervlaktewater als primaire waterbron hebben, zijn gevoelig voor klimaatverandering. Lagere afvoeren in de toekomst leiden eerder tot ontoelaatbaar hoge concentraties chloride en / of verontreinigende stoffen (ook indien de oorzaak niet primair droogte is). Zonder aanvullende maatregelen neemt de kans op overschrijding van de normwaarden toe. In de kwadrantenopzet komt dit tot uitdrukking in een verschuiving (naar links) van de curve in kwadrant 1.

Een tweede effect dat samenhangt met klimaat, heeft betrekking op de omvang van de vraag. In droge perioden neemt de vraag toe. Naarmate vaker en langer extreem droge perioden optreden en de piekvraag toeneemt, zal de capaciteit bij innamestops moeten toenemen. Omdat waterbedrijven gebonden zijn aan de Drinkwaterwet, zullen ze zich moeten aanpassen aan deze omstandigheden. Voorbeelden van adaptieve maatregelen, gericht op een duurzame levering, zoals het verplaatsen van inlaten of aanleggen van extra buffers zijn genoemd in paragraaf 3.2.2 Leveringszekerheid.

De onderstaande Figuur 3.3.17 geeft inzicht in enkele kentallen voor de investeringskosten van deze maatregelen. Hier bovenop komen de jaarlijks terugkerende kosten voor productie, beheer en onderhoud.



Figuur 3.3.17: Investeringskosten in mln. € per 10⁶ m³ per jaar (bron: Vewin 2013 kentallen memo)

3.6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de voorgaande analyses en de resultaten van de focusgroepdiscussie komen we tot de volgende conclusies en aanbevelingen.

3.6.1 Conclusies

- Een belangrijke conclusie is dat de ontwikkelde methodiek een handige tool kan bieden voor het analyseren van klimaatrisico's en onderbouwen van aanpassingen in de bedrijfsvoering. Op basis van de beperkte beschikbare informatie is een verkennende analyse uitgevoerd, waarin de kwadranten zijn doorlopen en het droogterisico is afgeleid. Hoewel qua realiteitsgehalte veel is af te dingen op de gepresenteerde waarden, wordt een doorontwikkeling van de aanpak door ons waardevol gevonden. Met deze methodiek zijn we ondanks alle beperkingen verder gekomen dan in alle eerdere fasen, waarin geen welvaartseffecten zijn bepaald en vaak alleen het totaal aantal dagen met een innamestop is vastgesteld.
- De historische analyse waarop deze illustratie gebaseerd is, geeft onvoldoende houvast als het gaat om het waarderen van situaties die nu nog niet voorgekomen zijn. Uit de analyse blijkt dat er nauwelijks problemen bij afnemers zijn ontstaan doordat de sector voorbereid is op calamiteiten. Daarmee is er weinig basis voor een prognose van de toekomstige economische schade. De watersector geeft aan dat het eerder genoemde pyrazoolincident wel geschikt is voor het maken van een prognose. Omdat dit incident nog onderzocht werd tijdens onze studie, konden hiervan nog geen resultaten gebruikt worden.
- Voor betrouwbare resultaten waarmee beleidsafwegingen kunnen worden gemaakt, is meer informatie nodig over hoe de bedrijfsvoering wordt aangepast bij een innamestop, welke mechanismen hierbij in werking treden, de kosten die hierbij optreden en de natuurschade die wordt opgelopen. Dit vraagt verschillende dosis-effectrelaties en schade kentallen per innamepunt en een proces gericht op het verzamelen en / of afleiden van data die nu nog niet (openbaar) beschikbaar zijn. De sector ziet uitdagingen om van hieruit op te schalen naar een eenvoudig (overkoepelend) beslismodel.

3.6.2 Aanbevelingen

De bevindingen geven aanleiding tot de volgende aanbevelingen:

- Per innamepunt zijn er behoorlijke verschillen in dosis-effectrelaties en schaderelaties. Aanbevolen wordt de analyse per innamepunt uit te werken. De verwachting is dat de verschillen per punt significant zijn. Van hieruit kan in een vervolgfase worden opgeschaald naar een integraal model, waarin eveneens onderlinge relaties tussen waterbedrijven (systeemwerking) worden meegenomen.
- Een aanpak zoals de kwadrantenmethode is welkom om harde getallen te hebben (te monetariseren) en zo de besluitvorming te ondersteunen, maar het is oppassen met absolute uitkomsten – het gevaar bestaat dat cijfers oneigenlijk worden gebruikt en de werkelijkheid is altijd complexer. Het is noodzakelijk om bandbreedtes te hanteren en gevoeligheidsanalyses uit te voeren.
- Over de relatie laagwaterafvoer en concentratie van verontreinigde stoffen is weinig materiaal beschikbaar. Het verdient aanbeveling per innamepunt de data en relaties uit te zoeken. In dit verband verdient het aanbeveling in een volgende fase kennis te nemen van het bedrijfstakonderzoek dat KRW dit jaar nog afrondt. Eveneens is het van belang inzicht te ontwikkelen in de kans op het gelijktijdig samenvallen van verschillende waterkwaliteitsproblemen en -kwantiteitsproblemen bij het innamepunt (met het oog op dubbeltellingen).

- Voor de analyses is veel gedetailleerde informatie nodig om per drinkwaterbedrijf en inlaatpunt de methodiek toe te passen. Die wordt niet altijd structureel verzameld en / of is niet publiek beschikbaar. Aanbevolen wordt met de bedrijven te onderzoeken welke informatie tegen relatief lage inspanningen is te genereren en in de toekomst gemonitord kan worden. Wij denken dan met name aan knikpunten in de bedrijfsvoering en gevolgkosten. Op dit moment loopt in RIWA-verband een verkenning naar de kosten per dag bij een innamestop, terwijl ook WML in het kader van een recent incident waardevolle informatie verzamelt. Het zou goed zijn als deze data voor dit project beschikbaar komen.
- De verschillende analyses zijn nu gebaseerd op een relatief beperkte reeks jaren. Het verdient aanbeveling het aantal jaren indien mogelijk uit te breiden. Dit geeft een meer representatief beeld van de kans van optreden van onderbrekingen in de rivierwaterinname, en daarmee een betrouwbaardere schatting van het economisch risico.
- In de onderhavige analyse zijn de kosten van adaptatie nog buiten beschouwing gelaten. In een volgend stadium zal de focus liggen op het afwegen van de kosten van maatregelen in relatie tot de met deze maatregelen te bereiken vermindering van het economisch risico. Er is beperkt informatie over de investeringskosten van maatregelen. Het verdient aanbeveling de kennisbasis op dit punt te verbreden (bijvoorbeeld door per waterbedrijf een aantal toekomstscenario's uit te werken) en generieke informatie te genereren over (nog ontbrekende) kosten voor beheer en onderhoud.
- Gerelateerd aan bovenstaande dient rekening te worden gehouden met mogelijke autonome ontwikkelingen bij de waterbedrijven als gevolg van meer strikte beleidsdoelstellingen ten aanzien van drinkwaterkwaliteit (medicijnen, micro-plastics, e.d.) en de impact van generiek beleid (bronaanpak). Deze ontwikkelingen kunnen gevolgen hebben voor het punt waarop inname niet meer toelaatbaar wordt geacht.
- Het maken van de analyse zou profijt hebben bij het automatiseren van het tekenen van (kwadranten)-grafieken, het analyseren van correlaties en kentallen. Vanwege het experimentele karakter is dit nog niet geautomatiseerd, maar vanwege de mogelijke tijdsbesparing en kwaliteitsverbetering verdient dit wel aanbeveling om te doen.

4 Historische analyse gebruiksfunctie Natuur

Dit hoofdstuk:

- Beschrijft de mogelijke toepassing van de kwadrantenmethodiek op de gebruiksfunctie drinkwatervoorziening
- Beschrijft historische effecten van watertekorten op natuur en mogelijke waarderingsmethodes, waaronder natuureffectmodellen in combinatie met herstelkosten en het ecosysteemdienstenconcept.
- Concludeert dat in de toekomst het waarschijnlijk mogelijk wordt om de methodiek toe te passen.

4.1 Inleiding

4.1.1 Doel

De Nederlandse natuur is één van de belangrijke gebruikers van zoetwater. Zo staat onomkeerbare natuur in de eerste categorie van de landelijke verdringingsreeks. In het Deltaprogramma, maar ook al eerder (Droogtestudie, 2005), is getracht de effecten van watertekort en droogte op natuur in beeld te brengen. Het gaat daarbij om effecten zoals die in het verleden zijn opgetreden, maar ook om potentiële effecten die onder een toekomstig klimaat kunnen optreden. Het kwantificeren van effecten in toekomstprojecties gebeurt veelal aan de hand van modellen zoals Demnat, HABITAT, PROBE en VSD⁺-SUMO-NTM. Echter, het welvaartseffect van deze mogelijke veranderingen is veelal onbekend.

Dit hoofdstuk heeft als doel te onderzoeken op welke manier de ontwikkelde methodiek toegepast kan worden op de gebruiksfunctie natuur. Hiervoor worden de historische fysieke effecten en potentiële welvaartseffecten van droogte op de natuur in beeld gebracht.

4.1.2 Aanpak, uitgangspunten en afbakening

Het in beeld brengen van de welvaartseffecten van droogte op natuur vereist een nadere omschrijving van het begrip “natuur” en het begrip droogte. Er zijn grote verschillen in opvattingen over wat natuur is. Bijvoorbeeld, natuurbeschermers focussen zich veelal op beschermde ‘natuurlijke’ gebieden waarbij het behoud van biodiversiteit voorop staat terwijl voor private partijen de aanwezigheid van natuur verdienmogelijkheden met zich mee kan brengen (b.v. kanoverhuurders).

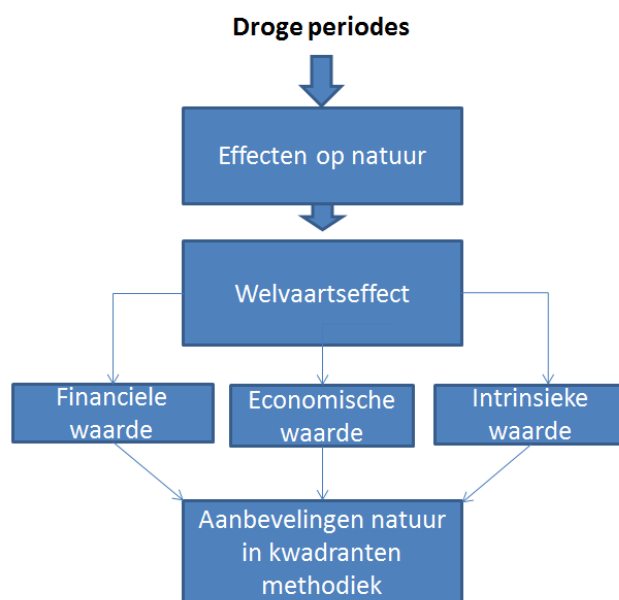
Recentelijk heeft het PBL een Natuurverkenning uitgevoerd waarin een omschrijving van het begrip natuur ook aan de orde was (PBL, 2012). PBL is uitgegaan van een brede definitie van het begrip ‘natuur’. Het begrip biodiversiteit maakt er deel van uit, maar ook ‘groen en blauw’ voor recreatie, en het landschap zoals mensen dat beleven. Deze studie focust op het (nationale) welvaartseffect van veranderingen in de natuur, daarom is de brede definitie hier goed van toepassing.

Ook het verschil tussen droogte en verdroging vereist nadere toelichting. In Nederland is er veel aandacht voor verdrogingsproblematiek, o.a. door structureel te lage grondwaterstanden. Deze studie focust zich niet op structurele verdroging van natuur, maar op de (welvaart)effecten van incidentele watertekorten.

Om de effecten van droogte op de natuur in beeld te brengen wordt de natuur ingedeeld in de hoofdgroepen aquatische (rijkswater en regionaal water) en terrestrische natuur en vervolgens verdeeld over landschaps- en ecosysteemtipes (zie voor de meest gebruikelijke indelingen Bijlages B en C). Stadsnatuur wordt hier buiten beschouwing gelaten.

Een belangrijk doel van deze studie is het geven van aanbevelingen op welke manier natuur meegenomen kan worden in de methodiek. Daarom wordt eerst beschreven op welke manieren natuur gewaardeerd kan worden. Hierbij worden verschillende waarden van de natuur onderscheiden (financiële, economische, intrinsieke).

Op basis van een literatuurstudie en korte interviews met natuur- en waterbeheerders worden de historische effecten van droogte op de natuur beschreven. Hieruit volgen enerzijds aanbevelingen over de wijze waarop de effecten van droogte kunnen worden gewaardeerd en anderzijds aanbevelingen over de manier waarop natuur meegenomen kan worden in de kwadrantenmethodiek. Figuur 4.1 laat de opzet van het hoofdstuk zien.



Figuur 4.4.1: Opzet van het hoofdstuk historische analyse gebruiksfunctie natuur

4.1.3 Leeswijzer

Paragraaf 4.2 beschrijft verschillende natuurwaarderingsmethoden en het belang van een ecosysteemdienst per ecosysteemtype. Paragraaf 4.3 beschrijft de effecten van droogte op natuur op basis van historische evaluaties, nieuwsberichten, uitgevoerde studies en interviews. In paragraaf 4.4 komt de analyse van de methode en de effectenanalyse samen in een analyse van mogelijkheden om de effecten van droogte te waarderen. Paragraaf 4.5 beschrijft op welke manier natuur meegenomen kan worden in de kwadrantenmethodiek. Paragraaf 4.6 sluit af met conclusies en aanbevelingen.

4.2 Theoretisch kader: Achtergrond waardering natuur

4.2.1 De waarde van natuur

‘Should we put a dollar value on nature?’

Dit is een vraag die over de hele wereld al tientallen jaren wordt gesteld. Voorstanders (Constanza et al., 1997) beargumenteren dat het monetair waarderen van natuur nodig is om natuur te beschermen (‘money talks’), maar tegenstanders wijzen erop dat de waarde van natuur niet in geld is uit te drukken. Voor beide valt wat te zeggen. Ecosystemen, en zeker ook natuurlijke of semi-natuurlijke ecosystemen, bieden de mens vele waardevolle producten en diensten die direct of indirect in geld zijn uit te drukken, zoals hout en vis, maar ook waterzuivering en habitat voor dieren. De mens heeft de natuur nodig om te kunnen overleven. Daar staat tegenover dat er ook fundamentele bezwaren bestaan tegen een monetaire waardering van natuur (Heertje, 2006). Wat is de prijs van het laatste exemplaar van een zeldzame vlinder? Wat is de prijs van een uniek natuurgebied? Wij mensen kunnen een uitgestorven soort of verdwenen natuurgebied in al zijn complexiteit niet maken (produceren). Als deze redeneerlijn wordt voortgezet is het waarderen van deze ‘niet door de mens produceerbare goederen’ niet mogelijk.

Er is binnen Nederland, maar ook daarbuiten, een toenemende behoefte om natuur economisch te waarderen, zodat het belang van natuurbescherming een betere economische onderbouwing krijgt. Ook in de laatste MKBA leidraad wordt beredeneerd dat door alle effecten van een strategie of maatregel zoveel mogelijk in geld uit te drukken effecten beter onderling vergelijkbaar worden. Benadrukt wordt dat het MKBA saldo de kosten en baten bevat van alle effecten op de maatschappelijke welvaart. Dit betekent ook de effecten op de onderdelen van de maatschappelijke welvaart waarvoor geen marktprijzen bestaan, zoals natuur. Immers, alle effecten van een maatregel (geprijsd of ongeprijsd) hebben invloed op de individuele welvaart en dus op de sociale welvaart en daarmee op het saldo van een MKBA (Romeijn & Renes, 2013).

In deze studie nemen we beide standpunten mee, daarom wordt allereerst drie verschillende waarden van natuur onderscheiden: De economische, financiële en intrinsieke waarde van natuur (Figuur 4.2)²⁹. Hier zullen we kort op ingaan.



Figuur 4.4.2: Visualisatie economische, financiële en intrinsieke waarde (Nederland boven water, geciteerd 2015)

Economische c.q. maatschappelijke waarde

In de neoklassieke welvaartseconomie wordt veelal het begrip totale economische waarde gehanteerd. Deze theorie beschrijft de economische waarde als mate waarin goederen of diensten kunnen bijdrage aan het bevredigen van individuele wensen. De prijs van een product of dienst op een markt zonder verstoringen geeft in principe de economische waarde weer (Gomez-Baggethun et al, 2010). De prijs op de markt weerspiegelt echter alleen de zogenaamde directe gebruikswaarde. De bereidheid om te betalen is direct gerelateerd aan het gebruik van het product of dienst. Voor de waarde van de meeste producten zoals boeken, auto's en kleren is dit een redelijk goede weerspiegeling van de totale waarde, maar voor de waarde van veel natuurlijke systemen geeft de directe gebruikswaarde niet de totale economische waarde weer. Voor diensten of producten waar geen of een niet goed functionerende markt voor bestaat wordt de totale economische waarde naast de directe gebruikswaarde weergegeven door een indirecte gebruikswaarde, optiewaarde en niet-gebruikswaarde (Figuur 4.3). De intrinsieke waarde van natuur valt hier niet onder. Zie bijlage E voor een verdere beschrijving van deze verschillende typen economische waarde.

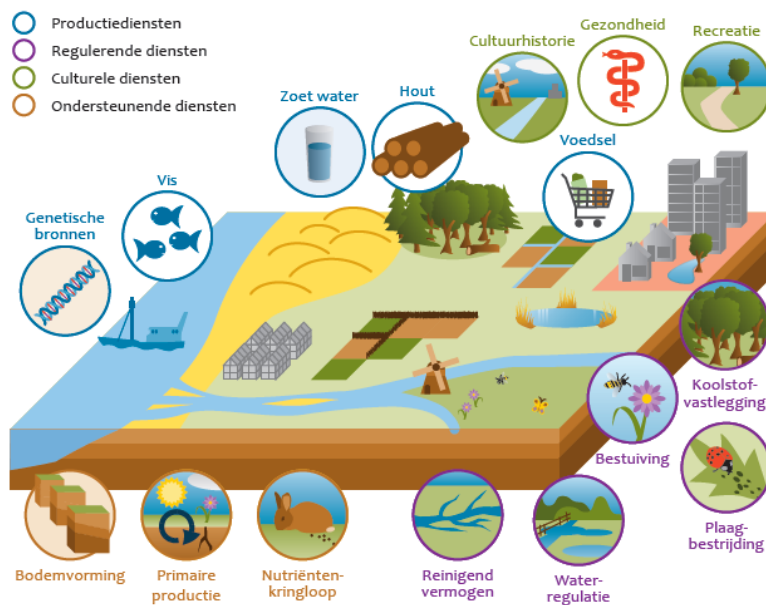
Ook de Nederlandse MKBA leidraad is gebaseerd op neoklassieke welvaartstheorie en hanteert zoveel mogelijk de totale economische waarde. Echter worden er veel problemen gesignaleerd om natuur volgens deze wijze te kwantificeren en waarderen (Romeijn & Renes, 2013). Naast gebruik in MKBA's wordt het totale economische waarde concept wordt ook veel gebruikt bij het waarderen van ecosysteemdiensten (de goederen en diensten die het ecosysteem ons levert) (De Groot, 1992, Constanza, 1997; Pascual et al, 2010).

²⁹ Binnen het denkmodel Natuurlijk Kapitaal Nederland wordt ook wel gesproken van maatschappelijke, marktwaarde en ecologische waarde²⁹.



Figuur 4.4.3: Totale economische waarde inclusief waarderingmethoden. Gebaseerd op TEEB (Pascal et al, 2010)

Aan de hand van het ecosysteemdiensten concept (Figuur 4.4) en de theorie van totale economische waarde heeft Constanza et al (1997) een raming gemaakt van de economische waarde van alle natuurlijke ecosystemen waarbij ze uitkwamen op een bedrag in de orde van 16.000-54.000 miljard dollar per jaar. Voor Nederland zijn er ook ramingen gemaakt (ECORYS-NEI, 2002) die uitkomen op een bedrag tussen de 12,9 en 21 miljard euro (ofwel 3,2 tot 5,2 procent van het Bruto Nationaal Product). Per hectare is dit 3.700 tot 6.000 euro per jaar. De financiële baten van Natura-2000 gebieden zijn geschat (Kuik et al., 2006) op 4.000 euro per hectare per jaar. Voor heel Nederland komt dit uit op een jaarlijkse bruto bijdrage aan de welvaart van 4,5 miljard euro. Ter vergelijking, in Nederland wordt ongeveer 1 miljard euro per jaar uitgegeven aan natuur- en landschapsbeheer (CBS, 2015). Dit zou gezien kunnen worden als die minimale economische waarde van natuur in Nederland.



Figuur 4.4: De ecosysteemdiensten van natuur (PBL, 2012)

Financiële c.q. marktwaarde

Een onderdeel van de economische waarde is de financiële waarde. Dit is het geld wat verdient kan worden met natuur. Deze waarde is relatief eenvoudig te monetariseren. Een voorbeeld is de financiële waarde van een productiebos of de entreegelden van een natuurpark. Inzicht in de financiële waarde is belangrijk bij het ontwikkelen van business modellen en business cases.

Intrinsieke c.q. ecologische waarde

De meeste waarderingstechnieken gaan uit van een antropocentrisch wereldbeeld, natuur moet vooral bijdragen aan het welzijn of de welvaart van de mens. De intrinsieke waarde gaat ervan uit dat de natuur een waarde heeft omdat het bestaat, het is de waarde van de natuur voor de natuur.

De intrinsieke waarde van natuur is het grootst als een natuurgebied (Achterhuis & Achterberg, 1995):

- zichzelf kan handhaven;
- een grote (bio)diversiteit heeft;
- natuurlijk is (niet aangelegd);
- onaangetast is;
- een grote complexiteit aan levensvormen heeft;
- de planten en dieren die er leven zeldzaam zijn.

De Nederlandse natuur voldoet meestal niet aan alle indicatoren. Vooral natuurlijke en onaangetaste natuur komt in Nederland weinig voor. In de praktijk is het Nederlandse natuurbeheer vooral gericht op het stimuleren van de biodiversiteit en voorkomen dat (kenmerkende) soorten uitsterven. Onze aandacht gaat daarbij vooral uit naar soorten die zeldzaam zijn, of zeldzaam zijn geworden. Om de intrinsieke waarde van de natuur in beeld te brengen zijn er verschillende natuurwaarderingmethoden beschikbaar.

Vaak gaat het daarbij om een score, die een maat is voor het doelbereik gewogen naar bijvoorbeeld zeldzaamheid. Deze methoden nemen niet alle eerder genoemde onderdelen van de intrinsieke waarde mee. De verschillen tussen de gebruikte aannamen en formules zijn groot, daardoor leveren de methoden zeer uiteenlopende uitkomsten op (Witte & Meuleman, 2006). Voorbeelden zijn WAFLO, Demnat, methode Gelderland, Probe en de natuurpuntenmethodiek.

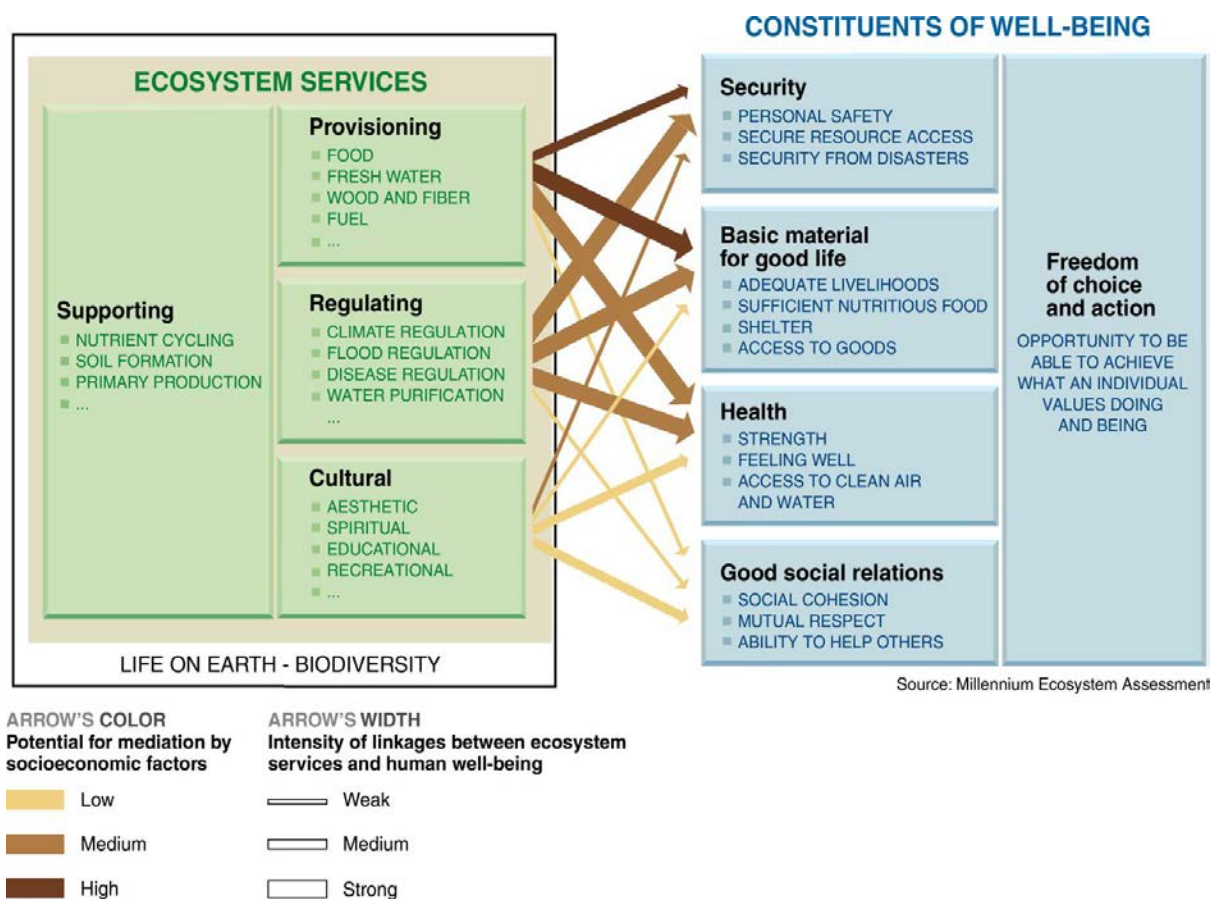
Het voordeel van deze methodes is dat ze, anders dan bij economische waarderingsmethodes, het effect op de biodiversiteit inzichtelijk kunnen maken. Het nadeel van deze methodes is dat de gevonden intrinsieke waarde niet in geld wordt uitgedrukt en daardoor minder eenvoudig kan worden vergeleken met andere waarden. Ook zijn veelal geen harde gegevens beschikbaar voor biodiversiteitswaardering, waardoor de resultaten minder betrouwbaar zijn. Een ander nadeel is dat het waarderen van soortenrijkdom leidt tot onderschatting van de ecosysteemtypes die van nature biodiversiteitsarm zijn. Voor een uitgebreidere discussie over de nadelen zie Witte & Meuleman (2006).

4.2.2 Ecosysteemdiensten

Een ecosysteemdienst is een dienst die door een ecosysteem aan mensen wordt geleverd (SCEP, 1970). Er wordt daarbij onderscheid gemaakt in goederen en diensten. Een ecosysteem kan bepaalde producten opleveren (bijvoorbeeld hout of voedsel), of bepaalde functies vervullen die door mensen worden gewaardeerd (bijvoorbeeld waterzuivering of bescherming tegen erosie). Ook kunnen ecosystemen ons inspireren of een geluksgevoel bezorgen (inspiratie tot het scheppen van kunst, gedichten, maar ook voor innovatie kijken we veel af van de natuur). Daarnaast spelen er processen die andere ecosysteemdiensten mogelijk maken (bijvoorbeeld afbraak van organisch materiaal maakt de groei van nieuwe vegetatie mogelijk waaruit we weer kunnen oogsten).

In eerste instantie werd het ecosysteemdiensten concept vooral ontwikkeld om aandacht te generen voor het behoud van biodiversiteit. Met het concept kon beter inzichtelijk worden gemaakt welke diensten het ecosysteem levert. Via de Millennium Ecosystem Assessment (MEA, 2005) heeft het concept wereldwijd bekendheid verkregen. Er wordt een onderscheid gemaakt in (MEA, 2005):

1. Provisioning services: "Products obtained from ecosystems"
2. Regulating services: "Benefits obtained from the regulation of ecosystem processes"
3. Cultural services: "Nonmaterial benefits people obtain from ecosystems through spiritual enrichment, cognitive development, reflection, recreation, and aesthetic experiences"
4. Supporting services: Ecosystem services "that are necessary for the production of all other ecosystem services"



Figuur 4.4.5: Ecosysteemdiensten in relatie tot de welvaart van mensen (MEA, 2005)

Na de ontwikkeling van het concept werd al snel gezien dat het ook bruikbaar is om natuur economisch te waarderen (zie Figuur 4.5). De eerste voorbeelden zijn van De Groot (1992) & Constanza (1997). Vervolgens is het initiatief The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) opgezet. Dit initiatief heeft als doel de waarde van natuur zichtbaar te maken waardoor het makkelijker meegenomen kan worden in besluitvorming. Om dit doel te bereiken worden pogingen gedaan om ecosysteemdiensten wereldwijd nader te identificeren en kwantificeren (www.teebweb.org), daartoe is onder andere een database opgezet (Vittie & Hussain, 2013). Momenteel is er vooral aandacht voor het toepassen van het ecosysteemdiensten concept in een beleidscontext.

In Tabel 4.1 wordt per ecosysteemtype een eerste indicatie gegeven van de mate waarin een ecosysteemdienst van belang is in Nederland. Met van belang wordt de mate waarin het ecosysteemtype de betreffende ecosysteemdienst kan leveren bedoeld. Deze tabel is gebaseerd op de ecosysteemdiensten die door het MEA worden onderscheiden voor natte natuur en ingevuld op basis van expertkennis (zie Bijlage D). Met deze tabel als uitgangspunt wordt in paragraaf 4.3 de mate van het effect van droogte per ecosysteemdienst en ecosysteemtype weergegeven.

Tabel 4.1: De mate waarin een ecosysteemtype ecosysteemdiensten kan leveren (uitgedrukt in belang)

Ecosysteemtype	Bodemvorming	Nutriëntenbeheer	Voedsel	Zoetwater	Biomassa	Biochemische grondstoffen	Genetisch materiaal	Klimaatbeheersing	Waterbeheer	Waterzuivering	Bescherming tegen erosie	Bescherming tegen overstroming	Bestuiving	Spirituele waarde	Recreatie	Esthetische waarde	Educatieve waarde
Brakke meren																	
Zoete meren																	
Rivieren																	
Kanalen																	
Ondiepe meren																	
Sloten																	
Beken																	
Vennen																	
Droge bossen/heide/duin																	
Hoogveen																	
Natte/vochtige heide																	
Laagveenmoeras																	
Beekdalen																	
Natte/vochtige bossen																	
Bloemrijke graslanden																	
Schraallanden																	
Natte/vochtige duinvalleien																	

	= gering belang
	= matig belang
	= groot belang

4.2.3 Waarderingsmethodes

Om de gebruiks- en niet gebruikswaarde van natuur in geld uit te drukken bestaat een groot aantal methodieken. Onderscheid kan worden gemaakt tussen economische waarderingsmethodes, zoals de reiskostenmethode en niet-economische waarderingsmethodes, zoals de natuurbepuntenmethodiek. Tekstbox 4.1 geeft een overzicht van verschillende type waarderingsmethodes. Niet alle methodes zijn overal voor geschikt. Ook bestaat er op een aantal methodes veel kritiek. Tevens is onze kennis van ecologische processen en componenten (biodiversiteit) beperkt waardoor we de vertaling naar economische waarde niet goed kunnen maken. In de volgende paragrafen worden een aantal relevante waarderingsmethodes besproken.

Tekstbox 4.1: Waarderingsmethoden (gebaseerd op Pascal et al, 2010)

Waarderingsmethoden

Marktgebaseerde waarderingsmethoden

Marktgebaseerde waarderingsmethoden gebruiken marktprijzen om de waarde van een ecosysteem in te schatten.

- **Directe marktprijzen**
Prijzen van bijvoorbeeld hout of vis
- **Vermeden kosten**
Kosten voor de diensten die het ecosysteem levert indien het ecosysteem er niet was geweest.
- **Vervangingskosten**
Kosten voor het vervangen van de diensten van het ecosysteem door andere technologie/technieken.
- **Herstelkosten**
Kosten om het ecosysteem te herstellen of de kosten om negatieve effecten te mitigeren.

Revealed preferences methoden

Waarderingsmethodes waarbij de waarde wordt bepaald aan de hand van gebleken voorkeuren gebaseerd op o.a. gedrag en werkelijke aankopen.

- **Reiskostenmethode**
De waarde van een gebied is gebaseerd op de kosten die worden gemaakt om af te reizen naar een gebied. Deze methode wordt veel gebruikt om inzicht te krijgen in de recreatieve waarde van een gebied.
- **Hedonische prijsmethode**
De waarde van natuur is onderdeel van de waarde van een marktgoed, zoals een huis.

Stated preferences methoden

Waarderingsmethodes waarbij de waarde wordt bepaald aan de hand van veronderstelde voorkeuren gebaseerd op vragenlijsten, interviews of rangschikkingen.

- **Contingente waarderingsmethode**
De waarde is afhankelijk van de bereidheid van respondenten om te betalen voor het gebruik of bescherming van bijvoorbeeld het natuurlijk milieu.
- **Keuze experiment**
De waarde is gebaseerd op de keuzes die respondenten maken tussen verschillende alternatieven.
- **Groepswaardering**
De waarde is gebaseerd op een combinatie tussen andere stated preference methodes en onderhandelings technieken.

Niet monetaire methoden

Waarderingsmethodes waarbij de waarde wordt bepaald aan de hand van niet monetaire eenheden.

- **Scores**
Waarde gebaseerd op scores vaak gegeven door experts of belanghebbenden.
- **Biodiversiteitswaardering**
Waarde gebaseerd op het voorkomen van soorten, grootte en kwaliteit van een gebied op basis van o.a. natuurlandpunten of instandhoudingswaarde

Marktgebaseerde waarderingsmethoden

Met deze methoden kunnen de directe en indirecte gebruikswaarden worden gewaardeerd. Een belangrijk voordeel van deze methoden is dat deze methoden gebaseerd zijn op data van echte markten en dus in theorie de werkelijk voorkeuren van individuen weergeven. Een belangrijk nadeel van deze methoden is dat er meestal geen echte markt is voor deze ecosysteemdiensten. De waarde blijft een afgeleide van de werkelijke waarde, waarbij de werkelijke voorkeur van individuen voor deze ecosysteemdiensten niet wordt meegenomen. Bijvoorbeeld, voor vervangingskosten wordt uitgegaan van:

- andere technologie dezelfde diensten kunnen leveren als het ecosysteem.
- deze technologie het goedkoopste alternatief is om ecosysteemdiensten te vervangen
- individuen bereid zijn om de kosten van deze technologie te betalen als de ecosysteemdiensten niet meer aanwezig zijn.

Sundberg (2004) laat zien dat bij het gebruik van de vervangingskosten methodes veelal niet aan deze voorwaarden wordt voldaan. Hiermee is deze methode geen betrouwbare economische methode om de waarde van ecosysteemdiensten te waarderen.

Ook voor herstelkosten geldt dat de mitigerende kosten of herstelkosten niet gelijk hoeven te zijn aan de bereidheid om te betalen voor vermindering van de werkelijke schade. De werkelijke waardering kan veel hoger of veel lager zijn. Ook zal in vele gevallen een maatregel de schade niet helemaal kunnen compenseren. Als dit niet wordt meegenomen wordt de werkelijke waarde mogelijk onderschat. Hierdoor zijn herstelkosten niet altijd een goede proxy. Ook de MKBA leidraad geeft aan dat deze methode niet de voorkeur heeft. Desalniettemin, is het een veelgebruikte en makkelijk uitvoerbare methode.

Revealed preference methoden

Ook met deze methoden kunnen de directe en indirecte gebruikswaarden worden gewaardeerd. Een belangrijk voordeel van deze methoden is dat de waarde voor ecosysteemdiensten is gebaseerd op echte keuzes van individuen in bestaande markten. De reiskostenmethode wordt veel gebruikt om de recreatieve waarde van een gebied te bepalen. Binnen de hedonische prijsmethode wordt veel gebruik gemaakt van huizenprijzen. Het effect van een park of natuurgebied kan worden afgeleid aan de veranderende huizenprijzen (in vergelijking met vergelijkbare huizen zonder nabijheid van een park of natuurgebied). Deze methoden hebben ook nadelen. Naast de omgeving hebben ook marktimperfecties en beleid invloed op de huizenprijzen. Dit kan de waardering van ecosysteemdiensten verstoren.

Stated preference methoden

Deze methoden simuleren een markt en vraag naar ecosysteemdiensten. Hierdoor kunnen naast gebruikswaarden ook niet-gebruikswaarden worden gewaardeerd. Stated preference methoden zijn de enige methoden die dit kunnen. Dit is ook gelijk het belangrijkste nadeel van deze methode. Het creëren van hypothetische markten zorgt ervoor dat de validiteit van de antwoorden van respondenten vaak in twijfel worden getrokken, want wat een respondent zegt te willen betalen hoeft niet het bedrag te zijn dat hij werkelijk wil betalen.

Verder is de opzet van de vragenlijst en de manier van interviewen zeer belangrijk voor de uitkomst. Een slecht opgezet experiment kan zorgen voor een overschatting of onderschatting van de waarde (Pascal et al, 2010). Naast het verzamelen van waarden doormiddel van interviews en enquêtes is het ook mogelijk om in focusgroepen op een participatieve manier ecosysteemdiensten te waarderen. Onderdelen van group model building, companion modelling en keuze experimenten kunnen hiervoor worden gebruikt.

Tekstbox 4.2: Uitleg benefit transfer

Benefit transfer

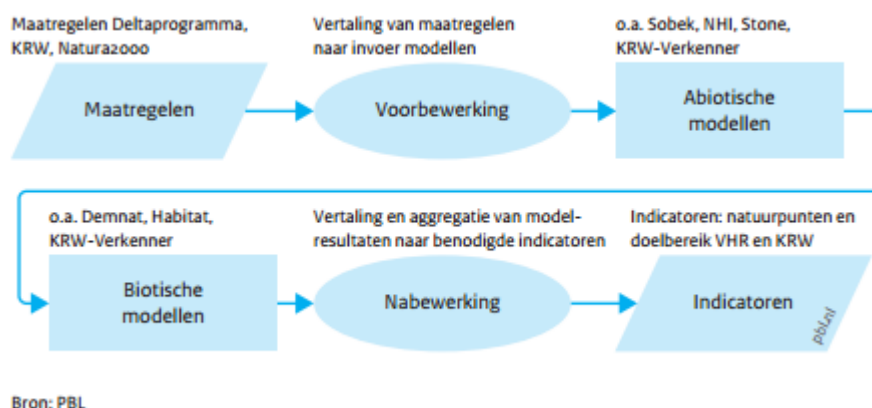
Aangezien stated preference, maar ook revealed preference methoden vaak tijdrovend en kostbaar zijn wordt er veel gewerkt met 'benefit transfer'. Het kentallenboek van Witteveen en Bos (2011) is hier een voorbeeld van. Kentallen uit contingente waarderingstudies, keuze experimenten, maar ook reiskosten modellen en hedonische prijs methodes worden verzameld en gebruikt bij andere MKBA's. Het CPB en PBL hebben in het kader van dit project het kentallenboek gereviewd. Benadrukt wordt dat het gebruik van De belangrijkste uitkomsten zijn: Representatieve kentallen helpen beleidsmakers en bestuurders een gedegen beeld van maatregelen te geven. Onrealistische kentallen kunnen echter leiden tot onjuiste batenschattingen. Waarderingskentallen voor een extern effect kunnen de welvaartswinst overschatten, doordat de waardering meestal afneemt naarmate het externe effect in omvang wordt gereduceerd (Romijn en Renes, 2012, p. 108). Ook zijn omgevingsbaten niet altijd constant over de tijd. Het gebruik van kentallen wordt als verdedigbaar gezien, omdat steeds opnieuw uitvoeren van onderzoek te kostbaar en tijdrovend is (CPB & PBL, 2015).

Niet-monetaire methoden

Scores geven een indicatie van de waarde van een ecosysteem. Deze scores zijn echter slecht vergelijkbaar met gemonetariseerde waarden. Ook zijn de scores vaak gebaseerd op de opinie van enkele experts. Naast scores kan er ook worden gewerkt met biodiversiteitswaardering. In dit geval wordt alleen de intrinsieke waarde gewaardeerd. Dit wordt gedaan in punten of eenheden, waardoor ook hierbij het resultaat niet direct vergelijkbaar is met gemonetariseerde waarden. In Nederland wordt de natuurlandpuntenmethodiek aangeraden als methode om biodiversiteit te waarderen (Romeijn & Renes, 2013).

Natuurlandpunten zijn een maat voor de biodiversiteit, uitgedrukt in verandering in het behoud van planten- en diersoorten. Natuurlandpunten worden opgebouwd uit informatie over het type, het oppervlak en de kwaliteit van de natuur die wordt beïnvloed (Galen et al, 2014). De natuurlandpuntenmethodiek gebruikt de input van a-biotische en biotische modellen (zoals PROBE en Demnat) om de impact van een verandering op verschillende soortengroepen uit te drukken. De natuurlandpuntenmethodiek is gebruikt in het project 'Toekomst Afsluitdijk', daar zijn verschillende alternatieve strategieën voor de zone langs de Afsluitdijk tegen elkaar afgewogen. Aanleg van 500 hectare kwelders leverde 3600 natuurlandpunten op en een vispassage 1500 natuurlandpunten. De huidige situatie was al 11700 natuurlandpunten waard (Wessels et al, 2011). Het grootste voordeel van deze methode is dat het de biodiversiteitswaarde kwantificeert (en bijvoorbeeld niet alleen vegetatiewaarde) en dat een gedifferentieerde vergelijking van alternatieven mogelijk is.

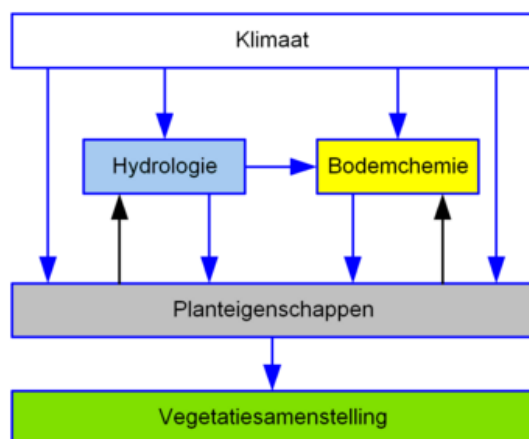
Een nadeel van deze methode is dat uitgegaan wordt van een ideale ontwikkelingsrichting en dat er eerst informatie nodig is over de verandering van natuurtypen (in oppervlakte) en soorten voordat de natuarpuntenmethodiek kan worden toegepast.



Figuur 4.4.6: Datavraag Natuarpuntenmethodiek

Naast de natuarpuntenmethodiek kunnen PROBE, Demnat en in mindere mate NTM ook afzonderlijk worden gebruikt. We gaan in op de twee meestgebruikte modellen PROBE en Demnat.

PROBE is een voorspellingsmodel dat de ecologische effecten bepaalt van veranderingen in waterhuishouding, atmosferische depositie en vegetatiebeheer. De plantengroei passend bij de standplaatscondities wordt gemodelleerd op basis van het milieu (hydrologie en bodemchemie) en het klimaat. Het genereert uitvoer in termen van kansen op het voorkomen van vegetatietypen. Bij deze benadering wordt er vanuit gegaan dat alleen planten met de geschikte eigenschappen kunnen voorkomen in het gegeven milieu. Bij veranderende omstandigheden zullen andere vegetatiesamenstellingen worden voorspeld (KWR, 2015a).



Figuur 4.4.7: Opzet PROBE (KWR, 2015b)

Eén van de voordelen van PROBE is dat het absolute waardes geeft van (potentiele) natuur. Een ander voordeel is dat het vegetatietypen voorspelt. Hiermee kunnen andere vegetatietypen worden voorspeld dan nu aanwezig, waardoor bijvoorbeeld ook vegetatietypen kunnen worden meegenomen die nog niet in Nederland voorkomen. Het nadeel van PROBE is dat het nog niet goed de huidige situatie kan repliceren. De belangrijkste oorzaak hiervan is de matige kwaliteit van de hydrologische invoer (KWR, 2015). Hierdoor wordt bijvoorbeeld het aandeel natte natuur vaak onderschat. Op het moment loopt het project Waterwijzer Natuur (STOWA, 2015), dat als doel heeft de koppeling met het NHI beter te maken en de hydrologische invoer te verbeteren. De verwachting is dat op basis van de ontwikkelde kennis in dit project de belangrijkste nadelen van PROBE worden verkleind.

Demnat is een ecologisch voorspellingsmodel dat de effecten van veranderingen in de waterhuishouding op de terrestrische natuur voorspelt. De invoer bestaat uit de uitvoer van hydrologische modellen dit kunnen zijn: verandering in gemiddelde grondwaterstand, verandering in de kwelflux, verandering in inlaat systeemvreemd water en verandering in chloride gehalte. Het effect wordt uitgedrukt in (een verandering in) de diversiteit van plantensoorten in een ecosysteemtype. Vervolgens wordt dit effect gewaardeerd volgens twee regels:

- Zeldzame ecosysteemtypen hebben een hogere waarde dan vaker voorkomende typen.
- Uitbreiding van een ecosysteemtype is altijd positief.

Dit is de potentiele waarde van een ecosysteemtype. De waarde wordt verkregen door de diversiteit van plantensoort in een ecosysteemtype (compleetheid) te vermenigvuldigen met de potentiele waarde van het ecosysteemtype (Ek et al, 2000; Deltares, 2015).

Demnat geeft relatieve waardes van natuur, omdat het de huidige natuur als uitgangspunt neemt. Dit heeft als voordeel dat het realistische voorspellingen doet. Het model zit in het NHI, waardoor het de effecten veranderingen in de hydrologie direct kan doorrekenen. Een ander voordeel is dat het naast waterkwantiteit ook effecten op de waterkwaliteit kan meenemen. Een belangrijk nadeel is dat het uitgaat van een evenwichtssituatie. Demnat gaat ervan uit dat een 1/100 jaar niet 1 keer voorkomt, maar elk jaar voorkomt. Hierdoor is het model ongeschikt om verwachtingswaardes te voorspellen. Daarnaast voorspelt Demnat geen veranderingen in het aquatische milieu en geeft het geen absolute waardes van natuur (Ek et al, 2000).

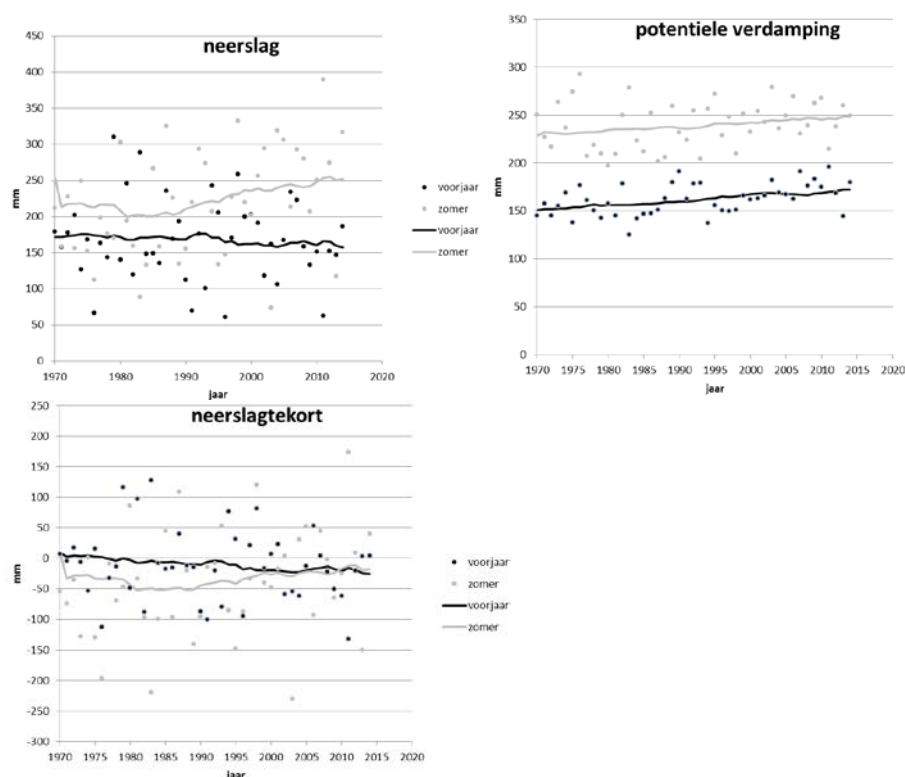
4.3 Invloed van droogte op natuur

In dit subhoofdstuk worden de effecten van droogte op de Nederlandse natuur beschreven op basis van historische gegevens. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de effecten van natuur die zijn opgetreden in droge jaren (1976, 1989, 2003, 2011). Het is op basis van de historische gegevens niet mogelijk gebleken om de effecten te koppelen aan een bepaalde dosis. Voornamelijk door beperkte informatie over de effecten. Hierdoor kan geen directe koppeling worden gemaakt met kwadrant 2 uit de kwadrantenmethodiek.

Allereerst maken we onderscheid tussen het effect van structurele verdroging en incidentele droogte op de natuur. In Nederland heeft het merendeel van de grondwaterafhankelijke natuur last van verdroging. Door menselijk handelen is de hoeveelheid beschikbaar grondwater van de juiste kwaliteit onvoldoende om de natuurwaarden te garanderen. Een gebied wordt ook als verdroogd aangemerkt als ter compensatie van een te lage grondwaterstand of een te geringe kweldruk water van een andere, gebiedsvreemde kwaliteit moet worden aangevoerd (V&W, 1994).

Belangrijke oorzaken zijn overmatige drainage ten behoeve van de landbouw, (grond)wateronttrekkingen voor drinkwater en beregening, en verminderde grondwateraanvulling door de toename in verhard oppervlak en hoog productieve gewassen.

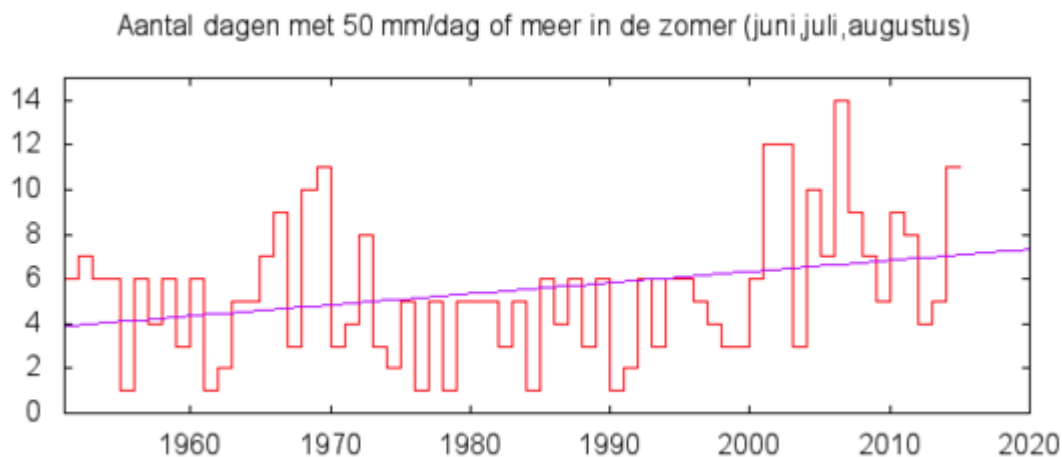
Dit rapport focust echter op het effect van incidentele droogte. Dit zijn niet-structurele gebeurtenissen waarbij een tekort aan grond of oppervlaktewater ontstaat. Incidentele droogte is in principe een natuurlijk verschijnsel waar de natuur tegen bestand is. Droogte lijkt echter toe te nemen in Nederland. Figuur 4.8 laat de trend zien vanaf 1970 voor neerslag, potentiële verdamping en neerslagtekort in het voorjaar (maart, april, mei) en de zomer (juni-juli-augustus).



Figuur 4.4.8: Neerslag (links boven), potentiële verdamping (rechtsboven) en neerslagtekort (onder) in het voorjaar en de zomer in de Bilt (KNMI, 2015)

De zomerneerslag laat een toename zien in neerslaghoeveelheid, maar het voorjaar een lichte afname. Doordat een toename in de potentiële verdamping is er sprake van een toename in het neerslagtekort in het voorjaar. Voor de zomer blijft het neerslagtekort redelijk stabiel. De neerslagintensiteit in de zomer neemt echter toe (Figuur 4.9),

waardoor - ondanks een toename van de neerslaghoeveelheid – de grotere potentiële verdamping toch aanleiding kan geven voor meer droogte in de zomer.



Figuur 4.4.9: Toename in neerslagintensiteit in de zomer (KNMI, 2015)

Het vaker optreden van (meer intense) droogte op het Nederlandse watersysteem en daarmee samenhangende natuur heeft diverse gevolgen:

- Vaker optreden van fysieke droogte in de wortelzone waardoor planten droogtestress ervaren. Bij langdurige droogtestress verhoogde sterfte (verdorren) van de vegetatie.
- Uitzakken van grondwaterstanden in voorjaar en zomer waardoor de invloed van grondwater in de wortelzone afneemt. Uitzakken van grondwaterstanden heeft ook weer effecten op de mineralisatie van organische stof.
- Afname stroomsnelheden en waterniveau in beken en sloten. Toename van stilstaand water en / of droogval in kleine watersystemen.
- Verandering in de kwel (toestroom van grondwater naar de oppervlakte)
- Verhoogd risico op natuurbrand bij regenwaterafhankelijk c.q. droge ecosystemen.
- In de kustzone meer invloed van zoutwater.
- In laag Nederland bestaat de mogelijkheid om waterpeilen te handhaven door extra inlaat van water vanuit het hoofdsysteem. Het effect is een toename van gebiedsvreemd water wat kan leiden tot verlies van gebiedseigen water en verhoogde interne eutrofiering door mineralisatie van organisch materiaal.

Aangenomen wordt dat verdroogde natuur extra kwetsbaar wordt voor incidentele droogtes. Ook ecosystemen die voor hun watervoorziening volledig afhankelijk zijn van de neerslag (regenwaterafhankelijke natuur) zijn extra kwetsbaar voor incidentele droogte. Bij droogte zullen droge bossen en heide op de hogere zandgronden vaker te maken krijgen met natuurbranden. Als de vegetatie in infiltratiegebieden wezenlijk veranderd dan kan dit gevolgen hebben voor grondwaterafhankelijke gebieden die via kwel verboden zijn met dergelijke gebieden. Droogte effecten op de natuur treden pas op als er effecten optreden die buiten de effecten van normale variabiliteit vallen. Bijvoorbeeld, in een gemiddeld jaar kan er ook een korte tijd fysieke droogte in de wortelzone optreden.

Er is pas een droogte effect als er door droogte veel meer droogtestress voorkomt, waardoor bijvoorbeeld een verhoogde sterfte van vegetatie optreedt.

In de volgende paragrafen wordt het effect van droogte beschreven op verschillende ecosysteemtipes aan de hand van historische gegevens. Op basis van de gebruikte indelingen binnen het deltaprogramma zoetwater wordt de volgende indeling aangehouden. Voor het rijkswater wordt onderscheid gemaakt in zoute, brakke en zoete rijkswateren: zee, estuaria, brakke en zoete meren en rivieren. Voor regionale wateren lijkt een verdere functionele opdeling zinvol naar diepe / ondiepe meren, brakke en zoete sloten, beken, poelen en vennen. Binnen de terrestrische natuur ofwel landnatuur wordt een indeling gehanteerd naar droge en natte bossen, droge en natte heide, hoogveen, laagveen, duinen en graslanden. Daarnaast maken we onderscheid naar gebieden met en gebieden zonder een specifieke natuurbeschermingsstatus.

De effecten zijn aangegeven voor zover er onderbouwing is op basis van waarnemingen. Hiervoor is vooral gebruik gemaakt van informatie vanuit de beschikbare literatuur, nieuwsberichten, de natuurkalender en informatie van beheerders. Afgesloten wordt met een overzicht van de mogelijke effecten op natuur door droogte.

4.3.1 Aquatische natuur

4.3.1.1 Rijkswateren

Er is gekeken naar de brakke en zoete meren, en naar de rivieren en kanalen.

Brakke meren

Het areaal brakke wateren is door gerichte verzoeting enorm afgenomen in Nederland. Brak water vinden we nu vooral in afgesloten zeearmen zoals de Lauwersmeer, Grevelingen en Veerse meer. In warme, droge zomers kunnen de hoge temperaturen aanleiding geven tot verhoogde zuurstofloosheid op de bodem van het meer. Dit is onder andere vermeld voor de Grevelingen (Lengkeek et al, 2007). Hoge temperaturen en lage windsnelheden in het voorjaar leiden tot verhoogde stratificatie in de waterkolom. Bij hogere temperaturen leiden hogere afbraaksnelheden van aanwezig organisch materiaal in en op de bodem, tot verhoogde zuurstofconsumptie en zuurstoftekort met negatieve gevolgen voor het bodemleven. Voor het Lauwersmeer kan een warme zomer met verminderde watertoevoer leiden tot blauwalgproblemen (o.a. in 2011). Als remedie kan men dan gebruik maken van beluchten en rondpompen van water (WS Noorderzijlvest, 2014).

Zoete meren

Grote zoete meren in rijks beheer zijn het IJsselmeer, het Markermeer, het Haringvliet en het Hollands diep. Droogte treedt vooral op in warme zomers waarbij sprake is van verminderde toevoer van zoetwater via de rivieren en hoge temperaturen.

Een evaluatie van het extreem droge jaar 1976 (CHO-TNO, 1978) maakt melding van verhoogde chloridegehalten van IJsselmeer en Markermeer (tot circa 200-300 mg/l). Oorzaak zou vooral liggen in de uitslag van zout polder water op het rijkswater. Voor 2003 is ook een verhoging in het chloridegehalte in het IJsselmeer gemeld en een verlaging van het zuurstofgehalte (Zwolsman & Doomen, 2005).

Hoge watertemperaturen kunnen een risico vormen voor vissen door afname in het zuurstofgehalte. In 2003 zijn er maatregelen getroffen (beperken koelwaterlozingen) om vissen te beschermen tegen te hoge temperaturen.

Over het algemeen kan met maatregelen goed worden geanticipeerd op verhoogde verzilting, watervraag en temperatuur, waardoor de effecten op watersysteem en natuur tamelijk beperkt blijven.

Rivieren

In warme droge perioden is sprake van verlaagde afvoer. Hierdoor dalen waterpeilen en stroomsnelheden. De scheepvaart is dan beperkt tot de overblijvende bevaarbare delen. Voor vissen is er een risico dat ze meer beschadigd raken door scheepsschroeven. Uit een evaluatie van RIZA (2004) blijkt dat ecologische problemen zijn waargenomen in de periode juni tot en met augustus 2003. Het betrof vissterfte, sterfte van zoetwatermosselen, waterbloei van blauwwieren en het optreden van botulisme. Een causaal verband tussen deze problemen en de relatief hoge watertemperatuur kon echter niet worden vastgesteld wegens het ontbreken van monitoringprogramma's. Voor de Rijn is melding gemaakt van sterfte van aal. Deze wordt toegeschreven aan een combinatie van temperatuurstress, een verhoogde gevoeligheid voor de roodziekte als gevolg van de hoge watertemperatuur en de lage waterstand in de rivier, die het risico verhoogde dat de aal werd aangezogen door scheepsschroeven.

De sterfte van zoetwatermosselen leek hoger dan in andere jaren. In de Rijntakken en in de Maas betrof het de Aziatische korfmossel, een soort die vanaf 1986 in Nederland voorkomt. Onduidelijk is in hoeverre de relatieve mortaliteit dit jaar is toegenomen. In regionale wateren vond sterfte plaats van inlandse mosselen (zwanen en vijvermosselen). Het is nog onduidelijk waaraan de sterfte moet worden toegeschreven. Aangezien de sterfte slechts sporadisch voorkwam lijkt het er op dat andere oorzaken dan de watertemperatuur een rol spelen.

Ten gevolge van de hoge temperatuur is op een groot aantal plaatsen een waterbloei van blauwwieren geconstateerd. In veel gevallen betrof het relatief ondiepe wateren. In Noord-Nederland viel de blauwwierenbloei in 2003 erg mee. Dit is vermoedelijk het gevolg van de vergrote doorspoeling met IJsselmeerwater, waarvan de kwaliteit verbeterd is en van de beperkte afvoer vanuit de polders, waardoor minder nutriënten werden uitgespoeld. Op een groot aantal plaatsen is botulisme geconstateerd. Ook hier gaat het om ondiepe wateren die relatief snel en sterk kunnen worden opgewarmd.

Gebrek aan referentiegegevens maakt het onmogelijk aan te geven in hoeverre de warme zomer van 2003 invloed had op het aantal gemelde botulismeslachtoffers. Opvallend is dat de warme zomer niet heeft geleid tot significant hogere vissterfte in de omgeving van warmtelozers. Mogelijk heeft acclimatisatie aan de hogere temperaturen hierbij een rol gespeeld.

Vliet et al., 2008 hebben een analyse gemaakt van het effect van droogte op de waterkwaliteit van de Rijn en de Maas. In tijden van droogte en laagwater is sprake van een verslechtering van de waterkwaliteit. Hoewel in de periode 2000-2005 nog (net) geen overschrijdingen van grenswaarden heeft plaatsgevonden wordt dat wel verwacht voor de toekomst. Dit kan mogelijk een bedreiging zijn voor de ecologie van de Rijn en de Maas.

Afname van de zuurstofconcentratie bij hogere temperaturen is aangetoond, en dan met name voor de Maas vanwege de hogere belasting met organische stoffen. Tijdens laagwater situaties worden ook verhoogde vissterfte waargenomen (o.a. in 2007). Ook in 1976 is vissterfte waargenomen (m.n. Grensmaas).

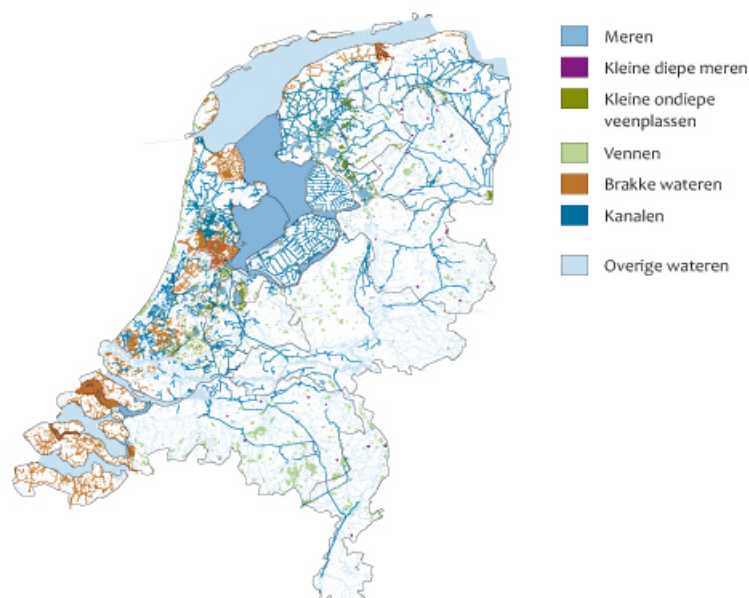
Kanalen

Het rijk heeft talloze kanalen in zijn beheer. Het Noorzeekanaal is vooral gevoelig voor externe verzilting in tijden van watertekorten en lage afvoer (droogte). In dergelijke periode neemt de invloed van zeewater landinwaarts toe. Voor de brakke natuur biedt dit kansen ten koste van zoetwater natuur. Het voorkomen van brakke natuur is door verzoeting in west Nederland sterk teruggedrongen.

De kanalen, met name die gelegen op de hoge zandgronden, hebben een cruciale rol bij de zoetwatervoorziening. Afspraken over wateraanvoer om het achterland te kunnen bedienen zijn vastgelegd in waterakkoorden. Daarnaast moeten de kanalen voldoende water hebben om bevaarbaar te zijn. Tijdens de droogte in 2003 bleek in de praktijk sprake te zijn van watertekort op het Twentekanaal met als gevolg een significante peildaling (20 cm; Tauw, 2011). Door het veelal ontbreken van zachte land-waterovergangen is de ecologische impact van veranderingen in het peilregime beperkt. Incidenteel is sprake van te hoge watertemperaturen (RWS, 2012). Er is verder specifieke harde informatie aangetroffen over de effecten van droogte op de natuur in kanalen.

4.3.1.2 Regionale wateren

Stilstaande wateren



Bron: Topografische Dienst Kadaster.

PBL/deco8/1401
www.compendiumvoordeleefomgeving.nl

Figuur 4.4.10: Locaties van meren, kleine diepe meren, kleine ondiepe veenplassen, vennen, brakke wateren en kanalen in Nederland (Bron: Topografische dienst kadaster)

Ondiepe meren / laagveenplassen

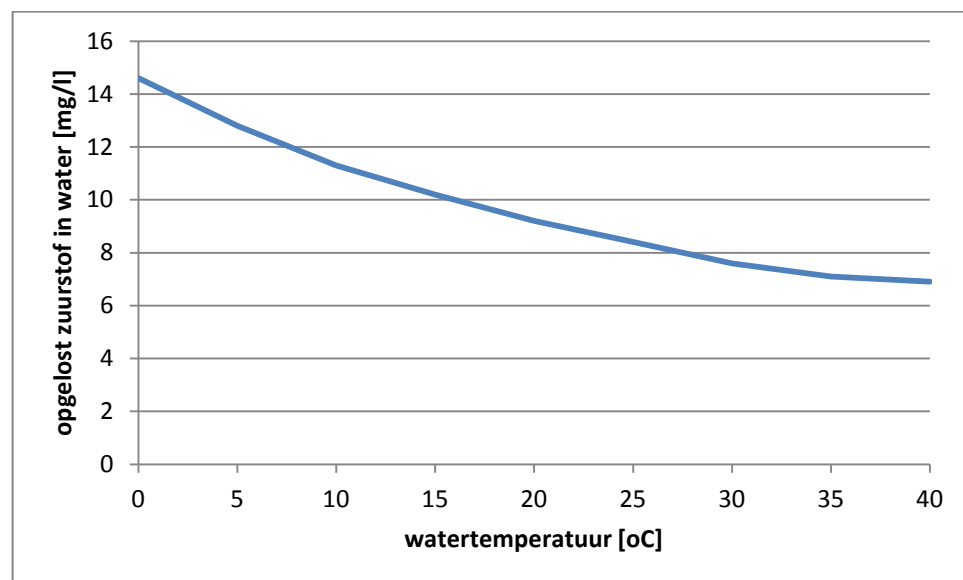
Het regionale watersysteem omvat tal van meren en plassen die verschillen in omvang, diepte, waterhuishouding en geologische ondergrond. Veel van deze gebieden zijn ontstaan door menselijk toedoen ontstaan.

Zo zijn de plassen in het laagveengebied ontstaan na het afgraven van veen, en zijn door graafwerkzaamheden diverse zand- en kleiwinputten ontstaan. Het Naardermeer staat bekend als natuurlijk meer, waarbij de relatie met grondwater vanuit de Utrechtse heuvelrug van belang is. Op een vergelijkbare wijze stond het Zuidlaardermeer in Groningen onder invloed van grondwater vanuit de Hondsrug. Drinkwaterwinning heeft de grondwaterstroming (en daarmee aanvoer van schoon, koel water) naar deze meren doen afnemen. Veel andere meren zijn infiltratieplassen waarbij het oppervlaktewater langzaam richting het grondwater stroomt. Door de wereldwijde temperatuurstijging neemt de watertemperatuur in al deze wateren toe.

Voor veel meren is sprake van een peilbesluit waarbij het peil maar in zeer geringe mate mag variëren. In droge warme jaren is sprake van twee effecten:

- Het water warmt op door aanhoudend hoge luchttemperatuur
- Door de hoge temperatuur is sprake van extra verdamping waardoor het peil gaat dalen.

Hogere watertemperaturen (a) heeft een aantal implicaties. Bij hogere temperaturen daalt het zuurstofgehalte in het water (figuur 4.11).



Figuur 4.4.11: Zuurstofgehalte in het water afgezet tegen de watertemperatuur (TUE, 2015)

Het zuurstofgehalte is niet alleen afhankelijk van de temperatuur, maar ook van de doorstroming c.q. beluchting, de luchtdruk en de productie en het verbruik van zuurstof in het water. In warm weer neemt dit zuurstofverbruik toe. Zuurstofconcentraties lager dan 5 mg/l kunnen schadelijk zijn voor vissen en aan het oppervlak naar lucht happende vissen kunnen worden waargenomen wanneer het zuurstofgehalte daalt tot onder 2 mg/l. Lage zuurstofgehalten worden meestal geassocieerd met warm, bewolkt weer, het afsterven van algen, of zware onweersbuien. Bij extreme buien is vaak sprake van een toename van organisch afval in het water door bijv. riool overstort of mestuitspoeling³⁰.

De informatie over vissterfte in droge warme jaren is fragmentarisch en wordt nergens in een landelijk overzicht bij elkaar gebracht (mond. mededeling Sportvisserij Nederland). In het droge, warme jaar 2003 zijn weinig meldingen bekend van vissterfte in ondiepe plassen. Uitzondering is de diepe polder Groot Mijdrecht waarbij melding is gemaakt van hoge ammoniumgehalten en zuurstofloosheid, vissterfte en afsterven van water- en oeverplanten. Deze diepe polder trekt brak grondwater aan. In 2006 was bij Barendrecht sprake van massale vissterfte door een veel te hoge watertemperatuur in de nieuwe Gaatkenplas. Dit is ook gemeld voor een plas (wiel) bij Elden. In de zomer van 2010 meldt waterschap Vallei en Eem een record in vissterfte als gevolg van warmte en droogte. Het waterschap schatte in dat het drie jaar zou duren voordat de visstand weer zou herstellen. Ook in 2011 en 2015 is er melding van vissterfte (Lichtevoorde).

Het is mogelijk dat kleine geïsoleerd plassen en poelen kunnen droogvallen in droge jaren, maar daar is weinig harde informatie over gevonden. In 2010 is het project 'Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel' uitgevoerd gericht op het evalueren van tijdelijke droogval (Westendorp et al., 2012). Hiervoor werden onder meer vier Nederlandse plassen in de zomer van 2011 voor een periode van circa 2,5 maand drooggezet. Het betrof de plassen bij Lalleweer (kleibodem) en Woudbloem (zandige bodem) in Groningen en laagveenplassen (petgaten) in De Deelen en de Rottige Meente in Friesland. Uit dit onderzoek bleek dat tijdelijke droogval leidde tot:

- Binding van fosfaat aan de waterbodem;
- Afvoer van stikstof;
- Oxidatie van toxische verbindingen (sulfide, ammonium, ammoniak);
- Consolidatie van de waterbodem;
- Vermindering van blauwalgen(bloeien);
- Kieming en ontwikkeling van water- en oeverplanten;
- Verschuivingen in soortgemeenschappen.

Met name de effecten op bodem-chemische processen bleken groter naarmate een waterbodem sterker uitdroogde. Ook is uit de literatuur gebleken dat bepaalde effecten pas op langere termijn zichtbaar kunnen worden. Dit geldt bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van ondergedoken waterplanten. In het project werd tevens onderzoek verricht naar eventuele schade die als gevolg van droogval zou kunnen optreden.

³⁰ <http://www.sportvisserijnederland.nl/hsv-service/viswaterbeheer/vissterfte.html>

Tijdelijke droogval leidde in dit onderzoek tot enige verzuring van de bodem als gevolg van zwaveloxidatie. De mate van verzuring die optrad, is afhankelijk van de buffercapaciteit van de bodem, de hoeveelheid zwavel in de bodem en de mate waarin waterbodem en oevers uitdroogden. Er werd geen versnelde afbraak van organische stof of veen vastgesteld.

Voor het overgrote deel van meren en plassen geldt een peilbesluit en kan water vanuit het hoofdsysteem worden aangevoerd om een peil te handhaven. Inlaat van systeemvreemd water is een praktijk die al decennia plaatsvindt en de mate van inlaat zal in droge jaren hoger zijn. Inlaat van systeemvreemd water leidt met name in meren en plassen met een veenondergrond die opgeladen is met fosfaat tot interne eutrofiering. Hierdoor neemt de zuurgraad af en de voedselrijkdom toe, met negatieve gevolgen voor doorzicht en leefgemeenschappen. Niet bekend is of de effecten van interne eutrofiering in droge jaren meer merkbaar zijn.

Met flexibel peilbeheer wordt het inlaten van systeemvreemd water teruggedrongen door het uitzakken van peilen tot een zeker niveau toe te staan. In het algemeen is flexibel peilbeheer gunstig voor de waterkwaliteit, tenzij er naast het inlaatwater nog andere belangrijke bronnen van chloride, fosfor, stikstof en/of sulfaat zijn (STOWA, 2012). Door de langere verblijftijden blijven incidentele belastingen van het oppervlaktewater langer in het gebied hangen. Ook wordt de invloed van de overgebleven bronnen op de concentraties groter door de toegenomen relatieve invloed van verdamping.

Vennen

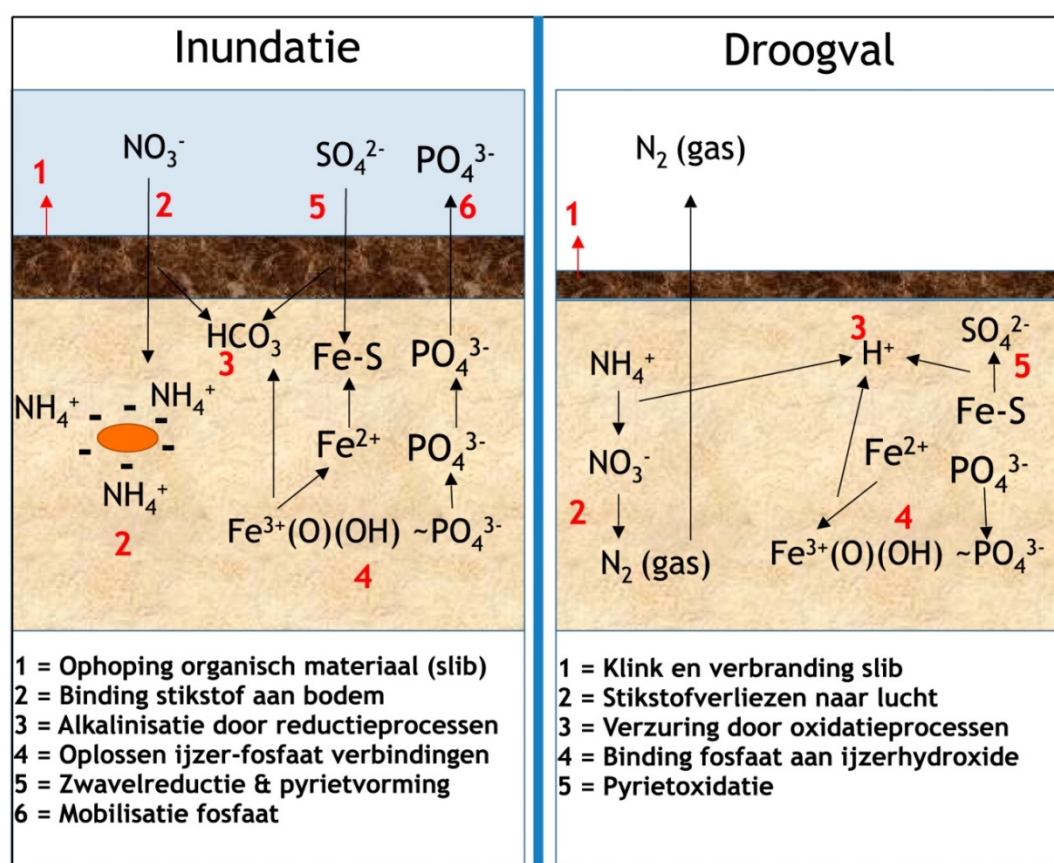
De gevoeligheid van vennen hangt af van hun waterhuishouding. Veel vennen zijn grotendeels regenwater gevoed, maar er zijn ook vennen die met lokaal grondwater worden gevoed (Griffioen et al, 2003). Er bestaan veenvormende vennen die een zeer constant peil nodig hebben voor de optimale groei van veenmossen, en vennen die gekenmerkt worden door een flink areaal droogvallende oevers. In tijden van aanhoudende droogte daalt in geïsoleerde kleine wateren zoals vennen het waterpeil, warmt het water op en is ook droogval mogelijk. Er is geen landelijk systematisch overzicht van de droogval waardoor ook hier de effecten zijn afgeleid uit fragmentarische informatie.

In 1976 is voor de Veluwe gemeld dat het wild geen water had door drooggevalen vennen (Nieuwe Leidsche Courant, 11 mei 1976). De brandweer heeft toen ingegrepen door enige keren per week met tankwagens vennen te voorzien van water. Van Dam & Mertens, 2004 hebben lange termijn effecten in beeld gebracht voor vennen in Nederland. Ze hebben daarbij vooral gekeken naar vennen in Drenthe, Noord-Brabant en de Veluwe. Zij melden dat tijdens de extreme droogte van 1976 de meeste vennen grotendeels droog vielen. Daarnaast werden de sulfiden geoxideerd waardoor de sulfaatconcentraties toenamen en verzuring optrad (zie figuur 4.12). Na 1978 is er een sterke afname van sulfaat. Door lage waterstanden is in 1990 en 1996 incidenteel nog verhoogde concentraties gemeten, maar de concentratie steeg niet meer zo hoog. Mogelijk door uitputting van sulfiden in de bodem, en versnelde sulfaatreductie bij hoge zomertemperaturen. Ravon meldt hun nieuwsbrief winter 2003/2004 dat voor 2003 diverse vennen in Drenthe geheel droog liggen.

Wanneer sprake is van droogval dan sterven de meeste aquatische organismen. Daarnaast is er een effect op de waterkwaliteit. Als gevolg van droogval wordt ammonium omgezet naar nitraat wat door denitrificatie naar stikstofgas (N_2) wordt omgezet en zo het systeem verlaat richting atmosfeer. Tijdelijke droogval kan zo helpen om stikstof af te voeren. Ook kan bij droogval gereduceerd ijzer worden omgezet tot driewaardig ijzer. Driewaardig ijzer is goed in staat om fosfaat aan zich te binden waardoor de trofiegraad van het ven afneemt. Regelmatige droogval (een groot deel van het venoppervlak in 2 van de 3 jaren) kan helpen om de voedselrijkdom in vennen te verlagen.

In het kader van het KRW innovatieprogramma is geëxperimenteerd met droogval in een aantal vennen. Het bodemtype is bepalend voor het effect, maar ook de duur en mate van droogval. Droogval leidt niet alleen tot oxidatie van ammonium en tweewaardig ijzer, maar ook tot verzuring waardoor calcium van het bodemcomplex wordt verdrongen. De gevoeligheid van kenmerkende oeverbewonende ongewervelden voor inundaties is door Van Kleef et al 2014 inzichtelijk gemaakt met de hulp van een literatuurstudie.

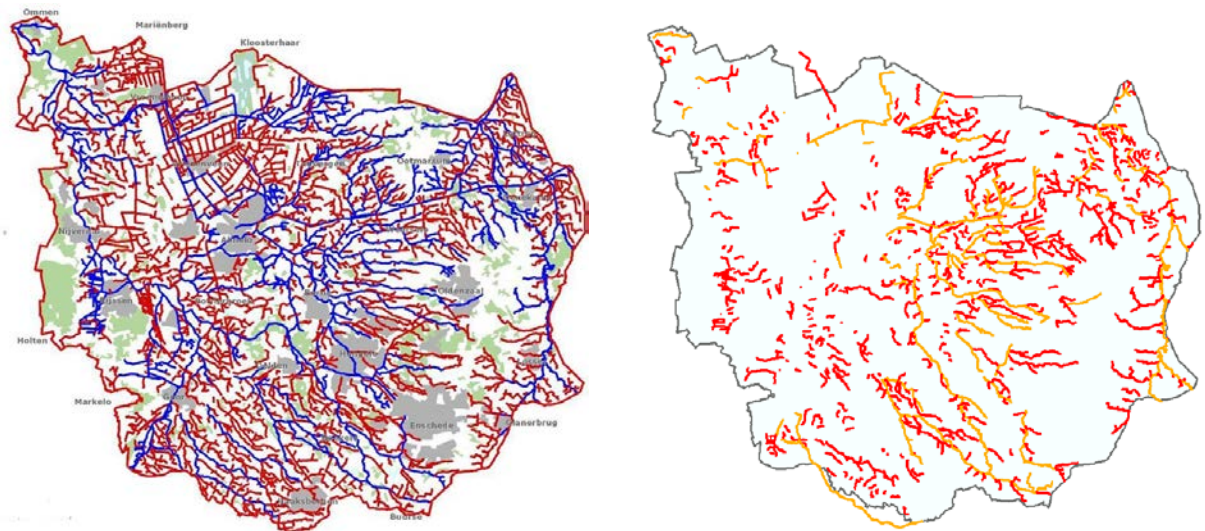
Veel diersoorten lijken niet in staat plotselinge hoge waterstanden in de zomerperiode te overleven, omdat zij zich in immobiele levensfasen bevinden.



Figuur 4.4.12 Chemische processen in vennen bij inundatie en droogval (Natuurkennis, 2015)

Beken

Op de hogere zandgronden zijn veel beken vergroot, verdiept, rechtgetrokken of doorgetrokken. Ook zijn er complete “beken” gegraven. Meestal hebben ze een zandige ondergrond, maar in het noorden van Nederland hebben veel beken een veenondergrond. De gevoeligheid voor droogte hangt af van de aard van de ondergrond, de grootte van het intrekgebied en de mate waarin de waterlopen door (regionaal) grondwater worden beïnvloed. Veel regionale kwel betekent meestal stabielere milieucondities in de beekloop en hoge natuurwaarden. Onder normale omstandigheden kunnen bovenlopen droog vallen, en is er sprake van dalende waterpeilen en lagere stroomsnelheden en volumes. In de laatste jaren is er vaker sprake geweest van langdurige droogte waardoor bij diverse beken te lage peilen en lage tot stagnante stroomsnelheden hadden, of zelfs droog vielen in trajecten waar dat normaal niet het geval was.



Figuur 4.4.13: Droogvallende beken in Twente.

Links: Blauw dient altijd watervoerend te zijn, rood mag periodiek droogvallen. Rechts: situatie 2003.

Geel is ongewenst laag peil en rood ongewenste droogval (Kuiper et al., 2012)

Beschikbaarheid van opwellend grondwater (kwel) is van groot belang om beken gedurende droogte te beschermen tegen droogval. Grondwater is ook van groot belang voor de waterkwaliteit. Dit water is vaak schoner dan het ondiepe drainage water wat vaak vervuild is met voedingsstoffen en zware metalen. In tijden van droogte is het aandeel grondwater in beken groter, waardoor een betere waterkwaliteit mogelijk is. Aan de andere kant kunnen de lagere debieten ook leiden tot lagere verdunning van puntlozing waardoor de waterkwaliteit weer kan verslechteren (TAUW, 2012).

In 1976 hebben een aantal waterlopen op de hoge gronden gedurende lange tijd droog gestaan. Vele beken hadden nauwelijks afvoer van enige betekenis. Problemen kwamen voor in Zuid- en Midden-Limburg, Noord-Brabant, delen van Oost Gelderland, de Veluwe, Twente, Salland en hoge delen van Drenthe (Van der Heijde, 1978). In 2003 was sprake van een langdurige warmte waardoor ook de watertemperatuur erg opliep en veel verdampte. Voor dat jaar is gemeld dat dit niet heeft geleid tot een significante toename van droogval van de Twentse beken, maar een inventarisatie naar droogval en lage peilen laat zien dat een aanzienlijk deel van het gebied beïnvloed is (zie Figuur 4.13).

Tevens kan hierbij worden opgemerkt dat beken die nog water voerde vrijwel geheel werden gevoed vanuit rioolafwateringsinstallaties (rwzi's) waarbij de waterkwaliteit minder goed is dan wanneer een beek wordt gevoed met grondwater (Kuijper et al, 2012).

In de zomer van 2010 was de droogte ook goed voelbaar op de hoge zandgronden, waarbij voor Noord- en Midden Limburg en Dinkelland lage beekpeilen en droogval werden gemeld. In het beheergebied van waterschap Rijn en IJssel leidde droogval tot vissterfte (oa in de Veengoot). Ook voor 2015 maakt waterschap Rijn en IJssel melding van vissterfte en problemen met de waterkwaliteit. In een droogte evaluatie voor 2011 is door waterschap Roer en Overmaas op diverse plaatsen lokaal blauwalg, vissterfte en zuurstofloosheid geconstateerd (Roer en Oermaas, 2012).



Figuur 4.4.14: Drooggevallen vispassage (Snelle loop gemeenten Gemert-Bakel (Aa en Maas, 2015).

Het ecologisch effect van droogval hangt af van het verval. Als organismen met het terugtrekkende water kunnen mee migreren dan is er minder sterfte dan wanneer geïsoleerde poelen ontstaan die vervolgens kunnen droogvallen. Daar waar droogval regelmatig optreedt, komen niet of nauwelijks vissen voor en ook het aantal amfibieën is lager dan in permanent watervoerende beken. Met name een soort als de beekprik is erg gevoelig voor droogval, een gebrek aan stroming en te hoge watertemperaturen. Deze zeldzame vis die als blinde larve leeft in de beekbodem, en laat zich uitsluitend in de paaitijd zien bij een watertemperatuur van ca. 10 graden. Voldoende toestroming van koel grondwater naar beeklopen is van groot belang voor het behoud van deze soort.

Verdroging in combinatie met droogte heeft de laatste decennia kenmerkende bronsoorten, zoals de platworm *Crenobia alpina* en de kokerjuffer *Agapetus fuscipes*, sterk doen achteruitgaan.

Sloten

Er bestaan sloten op zandgronden, kleigronden en veen gronden, en sloten die wel of niet van extern water kunnen worden voorzien, en sloten die onder invloed staan van toestromend brak grondwater. De effecten van het optreden van droogte verschillen per type sloot. Op de hogere zandgronden waar externe aanvoer van oppervlaktewater niet mogelijk is, is droogval in een warme zomer vrij gebruikelijk. De natuur die in die watergangen voorkomt heeft zich op die situatie ingesteld.

In klei- en veengebieden leidt een warme, droge zomer tot het uitzakken van peilen, en voor gebieden die onder invloed staan van opwellend grondwater, tot een grotere invloed van grondwater. Dit kan positief zijn voor de waterkwaliteit als het om schoon grondwater gaat, waarbij de toevoer van ijzer en basische kationen bijdraagt aan de totstandkoming van bijzondere kwelafhankelijke natuur. In droogmakerijen staan veel sloten onder invloed van voedselrijk, brak grondwater. Bij onvoldoende doorspoelen zullen deze watergangen een brakker watertype krijgen.

In peil beheerst Nederland wordt water vanuit het hoofdsysteem naar het regionale watersysteem gevoerd, om watergangen op voldoende peil te houden en door te spoelen. Dit kan negatief zijn voor wateren die juist profiteren van schoon gebiedseigen water. Sloten gelegen in gebieden waar veel mest wordt uitgereden kunnen positieve effecten ondervinden als deze worden doorspoeld met rijkswater dat schoner is als het vervuilde gebiedseigen water.

Inlaat van systeemvreemd water kan leiden tot het afvlakken van de verscheidenheid in watertypen in sloten, wat vooral een verlies is voor sloten die onder invloed staan van schoon grondwater. Inlaat van systeemvreemd water kan ook leiden tot interne eutrofiering, met name in sloten en plassen met een veenbodem die opgeladen zijn met fosfaat. Normaliter wordt in zure of zwak gebufferde veenbodems de afbraak geremd door de zuurgraad van de bodem. Met externe inlaat kan de alkaliniteit (door aanvoer van bicarbonaat) toenemen waardoor de afbraak op gang komt. Dit resulteert in het vrijkomen van nutriënten (onder andere ammonium en fosfaat), waardoor ook de trofiegraad van het systeem toeneemt (Michielsen et al., 2007). Ook sulfaat kan de afbraak van organisch materiaal versnellen en de beschikbaarheid van fosfaat vergroten. Daarnaast kan toevoer van sulfaat leiden tot vorming van waterstofsulfide wat voor vele wortelende waterplanten en bodemmacrofauna giftig is. Voor obligaat zoete watergemeenschappen is inlaat water met relatief hoge zoutgehalte zeer schadelijk (Runhaar, 2006). Een soort als Krabbescheer is hier bijvoorbeeld zeer gevoelig voor.

4.3.2 Terrestrische natuur

Droge heide en bossen

Op de hogere zandgronden en in de duinregio zijn grote gebieden aanwezig waarbij de natuur voor zijn vochtvoorziening volledig afhankelijk is van het neerslagoverschot. Er is sprake van een hangwater profiel, waarbij vocht na regenval achter blijft in de poriën van de bodem.

De grondwaterstand is niet van invloed op de vochtvoorziening van de wortelzone, tenzij sprake is van een schijnspegel (een slecht doorlatende bodemlaag waarop een grondwaterspiegel kan ontwikkelen). Droge heide en bossen ontwikkelen zich op infiltratiegebieden en ontwikkelingen daar kunnen weer een effect hebben op daaraan gerelateerde kwelgebieden (meer kwel, hogere grondwaterstanden). Het verwijderen van naalddhout door loofhout is een anti-verdrogingsmaatregel die leidt tot meer grondwaternaenvulling, evenals de omvorming van bos naar een lage vegetatie.

In tijden van langdurige droogte droogt de vegetatie uit en wordt kwetsbaar voor natuurbranden (aangestoken of door bliksem).

Enkele voorbeelden van branden in droge jaren: duin(bos)branden bij Bergen en Schoorl in Noord-Holland (2009, 2010 en 2011), Strabrechtse heide (juli 2010), Drentse Fochteloërveen en Aamsveen (2011), Kalmthoutse heide (2011, 600 ha), bij Radio Kootwijk, bij Laag-Soeren en Hoog Soeren (2012/2013), en op de Hoge Veluwe (2014, 527 ha).

Ontwikkelingen in de vegetatie in infiltratiegebieden als gevolg van droogte kan op langere termijn van invloed zijn op aanpalende kwelgebieden, maar daar zijn nu nog geen aanwijzingen voor.

Op lange termijn speelt ook de toename van CO₂ en temperatuur wat van invloed is op de waterhuishouding. Hogere temperatuur leidt tot hogere potentiële verdamping, en minder grondwaternaenvulling. Meer CO₂ leidt tot een verhoogde water efficiëntie van de vegetatie doordat huidmondjes kunnen sneller sluiten zodat er sprake is van minder waterverlies door transpiratie (Witte et al., 2006). Hierdoor kan de verdamping volgens Witte et al enkele procenten lager uitvallen.

Frank et al (2015) berekenen dat ondanks deze verhoogde water efficiëntie de evapotranspiratie in Europese bossen met 5% is toegenomen in de afgelopen eeuw door het verlengen van het groeiseizoen, de verhoogde potentiële verdamping, en de toename in bladoppervlak.

Hoogveen

Levend hoogveen is erg verdrogingsgevoelig en komt alleen voor op standplaatsen waar het grondwater niet meer dan enkele decimeters beneden maaiveld wegzakt. Verdroging heeft veel gebieden aangetast waardoor grondwaterstanden in droge zomers ver kunnen uitzakken. Hoogveen is voor zijn waterhuishouding sterk afhankelijk van voldoende neerslagoverschot. Verdroogd hoogveen is extra kwetsbaar voor het optreden van droogte.

In Witte et al., 2009 is aangegeven dat met een W+ scenario hoogveenontwikkeling (bijvoorbeeld Peelvenen) in 2050 onder druk kan komen te staan vanwege ongunstige meteorologische condities (afname neerslagoverschot, te hoge temperaturen). Bijlsma et al., 2011 stellen dit ter discussie omdat het gebaseerd is op jaarlijkse gemiddelden terwijl de precieze voorwaarden voor hoogveenvorming zijn niet bekend. Mogelijk zijn frequentie en duur van droogteperioden van belang als randvoorwaarde voor levend hoogveen. Zij onderschrijven het belang van het nemen van de juiste hydrologische herstelmaatregelen om bestaande hoogveengebieden zo robuust mogelijk te maken tegen droogte. Naast voldoende neerslagoverschot en geringe afwatering, is ook lokaal grondwater uit het omringende hoogveenlandschap nodig (Rydin en Jeglum, 2006). De mate waarin dit gebeurt, bepaalt mede hoe diep het water wegzakt in de zomer.

Een goed ontwikkeld hoogveenecosysteem is goed bestand is tegen periodieke droogte (Belyea en Baird, 2006). Hoogvenen die deels gevoed worden met lateraal afstromend grondwater zijn ook redelijk bestand tegen droogte. In herstellende hoogvenen probeert men vorming van levend hoogveenvorming (acrotelm) weer op gang te krijgen door op de overgebleven veenlagen (voormalige catotelm) (regen)water vast te houden in ondiepe compartimenten. In die compartimenten kan een drijvende veenmoslaag ontstaan die op termijn uitgroeit tot een acrotelm. Doordat de drijvende veenmoslaag mee kan bewegen met het waterpeil zijn ook deze systemen niet zo gevoelig voor droogte.

Veel hoogvenen in Nederland zijn voor hun waterhuishouding sterk afhankelijk van de meteorologische omstandigheden en door verdroging aangetast waardoor droogte kan leiden tot het uitzakken van grondwaterstanden en het uitdrogen van de toplaag van de veenbodem. Er kunnen scheuren optreden in een uitgedroogde veenbodem waardoor zuurstof diep in het veen kan binnendringen, wat weer tot mineralisatie van de veenbodem kan leiden. Door mineralisatie neemt de voedselrijkdom van de bodem toe en kunnen houtige planten gaan wortelen die het veen verder aantasten door het onttrekken van water voor fotosynthese. Ook kan de bodem gaan inklinken. Een verdichte bodem kan minder water bergen waardoor waterschommelingen toenemen en de intensiteit van de droogte versterkt wordt (Van der Schaaf, 1999). Door scheuren in het dode veenmateriaal kan ook de verticale wegzijging toenemen waardoor het veen blijvende schade oploopt. Voorwaarde voor een duurzaam herstel van hoogveen is dat de wegzijging naar de ondergrond beperkt is (minder dan 40 mm/jaar; Van der Schaaf, 1999). Als de waterstand frequent diep of lang kan wegzakken, dan worden een aantal zichzelf versterkende processen in gang gezet waardoor de hoogveenvegetatie verandert in vochtige heide vlakten met pijpenstrootje of bos. Bij welke frequentie en intensiteit van periodieke droogte dat gebeurt, is onbekend (Bijlsma et al., 2012).

In droge jaren krijgt Berk en Grove den door het uitzakken van de grondwaterstand meer kans om zich te vestigen in hoogveengebieden. Verder zien we in veel hoogveengebieden ook grote arealen pijpenstrootje die in droge perioden erg vatbaar is voor vuur. In het droge voorjaar van 2011 is een grote natuurbrand geweest in het Fochteloërveen veen (100 ha van de 3000 ha). Het gebied staat bekend als een van de meest intacte en beste hoogveengebieden van Nederland. De beheerder uitte zijn bezorgdheid dat heel veel reptielen (er komt zowel gladde slang, ringslang als adder voor), insecten en zogeheten bodembroeders het loodje hebben gelegd. Veel vegetatie (boompjes, heide) kan zich vlot herstellen, maar voor de fauna kan het een jaar duren voordat soorten weer terugkeren uit gebieden die niet door brand zijn aangetast. De droogte bleek ook schadelijk voor de kraanvogels. Twee broedplekken kwamen droog te liggen en werden bereikbaar voor vossen. De legsels en een kraanvogel zijn opgevreten. Een derde legsel ging verloren door de onrust tijdens het blussen van de brand op Tweede Paasdag. Voor 2013 is bekend dat er een (kleine) brand is geweest in het Dalerveen (Drenthe).

Natte en vochtige heide

Natte heide kenmerkt zich door hoge grondwaterstanden die in de winter. Natte heide komt in Nederland voor in de zandlandschappen van centraal, oost en zuid Nederland. Kenmerkend is het voorkomen van Gewone dophei (*Erica tetralix*). In de duinen van het waddendistrict en in laagveengebieden komen ook Gewone dophei-vegetaties voor.

De natte omstandigheden kunnen worden veroorzaakt door lokaal regen- en grondwater dat stagneert op een waterkerende laag of door regionale grondwater. Onderscheid is mogelijk in natte heide waarbij de zomergrondwaterstand kan uitzakken en natte heide waar de grondwaterstand vrij constant hoog blijft. Met name veenmosrijke natte heide op doorstroomsystemen (laterale toevoer van grondwater) kunnen soortenrijk zijn. Natte heide die puur gevoed worden door regenwater op schijnspiegels zijn kwetsbaar voor droogte, zeker als ook verdroging aan de orde is. Aanhoudende droogte kan hier leiden tot verlaging van grondwaterstanden, en een vochttekort in de bodem. Bij langdurige droogtestress in de heidevegetatie kan sterfte optreden, maar daar zijn uit de praktijk geen melding van bekend. Mineralisatie van het organisch materiaal in de bodem is ook mogelijk waardoor de voedselrijkdom toeneemt.

Hierdoor krijgt vergrassing van de heide (pijpenstrootje) meer kans, en verdwijnen de kenmerkende natte soorten. In de praktijk is het verschil tussen verdroging en het vaker optreden van droogte moeilijk te scheiden.

Naast effecten op de vegetatie kan ook de fauna last hebben van aanhoudende droogte. Zo meldt de Vlinderstichting dat normaliter een droge en zonnige zomer gunstig is voor Vlinders, maar dat er in 2003 door droogte te weinig voedsel was voor de rupsen waardoor 2004 een slecht vlinderjaar werd. Daarnaast zijn er zorgen in relatie tot klimaatverandering. Het gentiaanblauwtje is aangewezen op vochtige gebieden als natte heide. Deze vlinder heeft namelijk de Klokjesgentiaan nodig voor zijn voortplanting. Bij droogte zal de vlinder lager gelegen gebieden opzoeken, die het langst vochtig blijven. Hevige regenbuien kunnen juist deze lage gebieden onder water zetten waardoor vlinder en rups verdrinken (Wallis de Vries et al., 2014).

Laagveenmoerassen

Voor de aquatische natuur speelt inlaat van systeemvreemd water een belangrijke rol, naast het uitzakken van waterpeilen. Voor het terrestrisch deel is de waterkwaliteit van systeemvreemd water minder belangrijk omdat het water maar beperkt de percelen kan binnendringen. Uitzondering zijn de trilvenen die sterk in contact staan met het oppervlaktewater. Het hoog houden van de waterpeilen is wel van belang om de afwatering vanuit het veen te beperken. De grondwaterstand dient in de zomerperiode niet dieper dan 40 cm beneden maaiveld uit te zakken, behoudens een enkele periodieke droogte. Structurele verlaging door verdroging of frequent optreden van langdurige droogte zal leiden tot een irreversibele inklinking en veraarding van veen. Door mineralisatie van het veen neemt de voedselrijkdom met negatieve gevolgen voor voedselarme vegetaties. Karakteristieke zeggen verdwijnen en snelgroeiende grassen als Gestreepte witbol (*Holcus lanatus*) en Moerasstruisgras worden dominant (Grootjans et al., 1986). De zwel en krimp eigenschap van het veen neemt af, en door verlaging van de grondwaterstand treedt versnelde bodemdaling op. Vooral in wegzijggebieden leidt tot holle percelen natte zure condities ontstaan.

Natte en vochtige bossen

Natte bossen of broekbossen zijn te vinden op veen zoals elzenbroekbossen in laagveenmoerassen, en berkenbroekbossen in hoogveengebieden en langs heidevennen. Daarnaast komen broekbossen voor op kleigronden en beekdalen op en langs de hogere zandgronden (vaak elzenbroekbos). Dergelijke bossen ontwikkelen zich in gebieden waar sprake inundatie mogelijk is door oppervlaktewater of stagnatie in de afwatering van grondwater. In de winter is de waterstand vaak hoog terwijl die in de zomer kan uitzakken beneden maaiveld.

Door de natte omstandigheden vindt een accumulatie van organisch materiaal plaats. Bij langdurige lager waterstanden kan dit gaan mineraliseren waardoor de voedselrijkdom toeneemt, wat gunstig is voor braam, brandnetel, hennegras en rankende helmbloem maar nadelig voor de bijzondere voedselarme vegetaties. Ook hier geldt weer dat verdroogde systemen gevoeliger zijn voor de gevolgen van een droogte dan gebieden waar dat geen rol speelt. Vochtige bossen kunnen in tijden van droogte hun blad eerder laten vallen, maar zijn verder redelijk bestand tegen droogte. De ondergroei kan wel achteruitgaan. Er is weinig specifieke informatie aangetroffen over de effecten in natte en vochtige bossen in droge, warme jaren. Voor 1996 wordt gemeld dat met name berk en eik te leiden hadden van de droogte.

Bloemrijke graslanden

Natte bloemrijke graslanden worden aangetroffen langs beken die onder invloed staan van grondwater (kwel) en inundatie vanuit het oppervlaktewater. Ook in de laagveengebieden en op kleigronden kunnen natte bloemrijke graslanden ontwikkelen.

Dergelijke graslanden zijn botanisch rijk, maar ook van belang voor talloze weidevogels. Door de hoge grondwaterstanden zijn deze weilanden zeer geschikt om te foerageren omdat prooidiertjes relatief ondiep aanwezig zijn en met de snavel gemakkelijk uit de zachte bodem kunnen worden opgepikt. Altenburg & Wymenga melden problemen met het foerageren in het droge voorjaar van 2011. Door de langdurige droogte is de bovenste bodemlaag opgedroogd. Vooral op de klei- en klei-op-veengronden is het voedsel dan niet meer bereikbaar voor de vogels. Veel weidevogels stellen met een droogte het broeden uit, of komen helemaal niet tot broeden. Langdurige droogte heeft naar verwachting ook effecten op de botanische rijkdom maar daar is verder geen specifieke informatie over aangetroffen.

Schraallanden

Schraallanden of blauwgraslanden zijn graslanden met natte, zure tot zwak zure standplaatscondities. Door de invloed van opwellend grondwater is er sprake van voedselarme omstandigheden en een buffering van de zuurgraad. Als gevolg hiervan worden op dergelijke locaties vaak een hoog aandeel aan zeldzame planten aangetroffen. Dergelijke graslanden zijn te vinden in regionale kwelgebieden, maar ook lokale kwelgebieden kunnen door bijzondere omstandigheden blauwgraslanden opleveren (bijvoorbeeld kanaalkwel met gebufferd Maaswater langs Wilhelminakanaal in Noord-Brabant, of lokaal kwelwater gebufferd door Brabantse leemgronden). Ook in deze gebieden geldt dat verdroogde gebieden kwetsbaar zijn voor lage grondwaterstanden en het wegvallen van de invloed van kwelwater. In tijden van droogte wordt dit versterkt. Indien de grondwaterstand niet te ver uitzakt, kan een droogte ook leiden tot een verhoogde invloed van kwelwater in de wortelzone. Hoewel blauwgrasland als gevoelig voor verdroging en droogte te boek staat is er vanuit de praktijk geen specifieke informatie gevonden over ecologische effecten in droge warme jaren.

Natte en vochtige duinvalleien

Dankzij veel hydrologische herstelmaatregelen is er sprake van herstel van natte en vochtige duinvalleien. In tijden van droogte worden er negatieve effecten verwacht op de natuur door het uitzakken van grondwaterstanden, zoals heidevelden in duinvalleien die dichtgroeien, uitbreiding van duinriet, verlies van dopheide en kenmerkende soorten als klokjesgentianen, parnassia en eenjarig wollegras. Er zijn echter geen specifieke meldingen aangetroffen van schade aan de natuur als gevolg van droge, warme jaren.

4.3.3 Overzicht effecten droogte

Droge, warme jaren hebben een negatief effect op de meeste ecosysteemtipes. Aquatische systemen krijgen vooral vaker te maken met waterkwaliteitsproblemen, waardoor botulisme, blauwwiergroei, waterbloei en vissterfte kunnen optreden. Sommige aquatische systemen zullen (vaker) droogvallen, zoals vennen en beken. Droogvallen zorgt wederom voor problemen met de waterkwaliteit en het sterven van aquatische organismen. In sommige gevallen heeft droogte een positief effect, zoals verlaging van de voedselrijkdom in vennen. De belangrijkste effecten in terrestrische ecosysteemtipes zijn gerelateerd aan mineralisatie van de bodem, bodemdaling, verhoogde CO₂ uitstoot en verminderde evapotranspiratie.

Ook kan langdurige droogte bladval veroorzaken en kan de toegang tot voedsel voor organismen verminderen (vooral bloemrijke graslanden). Daarnaast worden de meeste terrestrische ecosysteemdiensten kwetsbaarder voor bosbranden. Voor terrestrische en aquatische ecosystemen geldt dat soorten en vegetatie onder druk komen te staan.

De mogelijke effecten van droogte op de verschillende ecosysteemdiensten per ecosysteemtipe zijn samengevat in Tabel 4.2. De tabel geeft een expertinschatting gebaseerd op een situatie die zich voordoet tijdens droge jaren die tussen de 1 op 10 en 1 op 100 keer voorkomen (b.v. 1989 en 1976). Het gebrek aan beschikbare historische informatie zorgt ervoor dat de tabel voorzichtig dient te worden geïnterpreteerd. Daarbij moet rekening worden gehouden dat het werkelijke effect gerelateerd is aan de context. Bijvoorbeeld indien er niet gerecreëerd wordt op een bepaalde plek is het niet te verwachten dat de impact van droogte op deze plek een negatief effect heeft op de ecosysteemdienst recreatie.

Tabel 4.2 maakt duidelijk dat de verwachting is dat droogte op elke ecosysteemdienst een negatief effect kan hebben. Ook zijn op elk ecosysteemtipe in meerdere of mindere mate negatieve effecten te verwachten. De verwachte effecten zijn het grootst indien de ecosysteemdienst van groot belang is in het desbetreffende ecosysteemtipe en de verwachte impact van droogte groot is. De effecten op de ecosysteemdiensten van belang voor kanalen en droge bossen/heide/duin lijken beperkt. Droogte lijkt het meeste effect te hebben op ecosysteemdiensten gerelateerd aan laagveenmoerassen en beekdalen. De ecosysteemdiensten bodemvorming, genetisch materiaal (o.a. bestrijding plantenziektes etc) en esthetische waarde lijken bij de meeste ecosysteemtipes beïnvloed te worden door droogte.

Tabel 4.2: Mogelijke impact van droogte (1 op 100 jaar) op ecosysteemdiensten per ecosysteemtype

Ecosysteemtype	Bodemvorming	Nutriëntenbeheer	Voedsel	Zoetwater	Biomassa	Biochemische grondstoffen	Genetisch materiaal	Klimaatbeheersing	Waterbeheer	Waterzuivering	Bescherming tegen erosie	Bescherming tegen overstroming	Bestuiving	Spirituele waarde	Recreatie	Esthetische waarde	Educatieve waarde
Brakke meren	≈	≈	✓	✓	✓	≈	↗	≈	≈	?	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
Zoete meren	≈	✓	✓	✓	✓	≈	✓	≈	≈	?	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
Rivieren	≈	✓	✓	✓	✓	≈	✓	≈	≈	?	≈	≈	≈	≈	≈	✓	≈
Kanalen	≈	✓	✓	✓	✓	≈	✓	≈	≈	?	≈	≈	≈	≈	≈	≈	≈
Ondiepe meren	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	≈	✓	?	↗	≈	≈	✓	✓	✓	✓
Sloten	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	↗	≈	✓	≈	≈	≈	≈
Beken	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	✓	✓	✓
Vennen	✓	↗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	✓	✓	✓
Droge bossen/heide/duin	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	≈
Hoogveen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	✓
Natte/vochtige heide	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	✓	✓	✓
Laagveenmoeras	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	✓
Beekdalen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	✓
Natte/vochtige bossen	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	✓
Bloemrijke graslanden	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	✓
Schraallanden	✓	↗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	≈	✓	✓
Natte/vochtige duinvalleien	✓	↗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	?	≈	≈	✓	✓	✓	✓	✓

↗	= positief	□	= gering belang
≈	= geen	■	= matig belang
✓	= negatief	■	= groot belang

4.4 Waardering effect droogte

In paragraaf 4.3 is beschreven dat de effecten van droogte op de natuur vooral zorgen voor verlies van natuurkwaliteit en een aantal ecosysteemdiensten. Deze effecten kunnen op verschillende manieren worden gewaardeerd. Paragraaf 4.2 beschrijft de voor- en nadelen van verschillende natuurwaarderingsmethodes. Op basis van deze analyse lijkt het totale economische waarde concept gecombineerd met ecosysteemdiensten het meeste complete concept voor economische waardering. Ook worden deze concepten in de wetenschappelijke literatuur algemeen geaccepteerd. Intrinsieke waarde wordt hier echter niet in meegenomen. Voor een waardering van de totale effecten is het dus ook aan te raden om de intrinsieke waarde inzichtelijk te maken.

Het toepassen van deze concepten is in de praktijk echter een grote uitdaging. De reden hiervoor is dat er weinig informatie beschikbaar is over het effect van droogte op de ecosysteemdiensten, de kans op dubbeltelling groot is en er veel discussie is over de waardering van ecosysteemdiensten. Daarom wordt ook bekeken of herstelkosten kunnen worden gebruikt als proxy voor het welvaartseffect van droogte op de natuur. In de volgende paragrafen worden de voor- en nadelen van het gebruik van herstelkosten, ecosysteemdiensten en intrinsieke waarderingsmethodes besproken om de effecten van droogte te waarderen.

- 4.4.1 Herstelkosten als proxy voor de waardering van effecten van droogte op de natuur
- Een groot deel van de Nederlandse natuur is aangelegd. Hierdoor kan de redenering opgaan dat de kosten van het aanleggen van natuur de waarde van de natuur weerspiegelt. Immers als de bevolking genoeg waarde hecht aan natuur wordt het wel aangelegd. Ook voor natuurherstel kan een zelfde soort redenering opgaan. Als de negatieve effecten van natuur zodanig zijn dat de waarde van natuur voor de mens achteruitgaat, wordt de natuur wel hersteld. Om de effecten van droogte te waarderen kunnen de kosten van herstelmaatregelen als proxy worden genomen. Voordeel is dat herstelkosten in principe de hele waarde van de effecten op de natuur vertegenwoordigd. Dit maakt deze benadering relatief eenvoudig uitvoerbaar en verkleint de kans op dubbeltellingen.

Een nadeel van deze benadering is echter dat:

- Het lang duurt voordat de natuur weer dezelfde kwaliteit heeft. De periode dat de natuurkwaliteit is verminderd kan ook zorgen voor een negatief welvaartseffect, hierdoor kan waardering met herstelkosten zorgen voor onderschatting van het werkelijke welvaartseffect.
- Onomkeerbare schade kan niet worden hersteld.
- Het effect van een maatregel is vaak onbekend. De maatregel kan minder herstellen dan vooraf gedacht. De kosten van een maatregel weerspiegelen dan niet de kosten die nodig zijn om een bepaalde kwaliteit te bereiken.
- De maatschappij is mogelijk bereid veel meer kosten te maken om de natuur te herstellen dan de maatregel kost. Hiermee wordt het werkelijke welvaartseffect onderschat.

Bij het waarderen van de effecten door droogte zijn de meeste van de genoemde nadelen relevant. Alleen van onomkeerbare effecten wordt verwacht dat deze in Nederland door droogte vrijwel niet zullen optreden. Op basis van de hiervoor genoemde nadelen lijkt de proxy herstelkosten het welvaartseffect te onderschatten. Hierdoor kunnen we beredeneren dat herstelkosten het minimale welvaartseffect van de effecten op natuur laat zien.

Om een idee te krijgen van de herstelkosten zijn provincies, waterbeheerders en natuurbeheerders benaderd. De respons was wisselend. Natuurbeheerders hebben geen antwoord gegeven op vragen over de genomen maatregelen voor, tijdens en na droogtes³¹. Uit interviews met provincies en waterbeheerders bleek dat er geen of zeer weinig maatregelen worden genomen voor, tijdens of na incidentele droogtes (zie bijlage F). Maatregelen die wel worden genomen, zijn maatregelen om de natuur robuuster te maken (ook tegen droogte). Dit zijn veelal anti-verdrogingsmaatregelen. Op basis van deze informatie lijkt herstelkosten tijdens of na incidentele droogtes geen goede proxy te zijn, anti-verdrogingsmaatregelen kunnen mogelijk wel worden gebruikt als proxy.

Vervolgens is onderzocht of de kosten van anti-verdrogingsmaatregelen als herstelkosten te gebruiken zijn. Maatregelen tegen structurele verdroging en incidentele verdroging zijn min of meer vergelijkbaar. Voorbeelden van maatregelen zijn: het ondieper en breder maken van sloten en greppels, beken laten hermeanderen, water aanvoeren van elders, aanleggen van hydrologische bufferzones, grondwateronttrekkingen verminderen en afplaggen. De meeste maatregelen zijn voorbereidende maatregelen. Deze worden genomen om natuurgebieden minder gevoelig te maken voor droogte. Een enkele maatregel, zoals het aanvoeren van water van elders, kan tijdens een droge periode worden genomen.

Om anti-verdrogingsmaatregelen als proxy (voor het welvaartsverlies van droogte op de natuur) te kunnen gebruiken is eerst inzicht nodig in de effecten van incidentele droogte op de natuur. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld de uitkomsten van een natuureffectmodel worden gebruikt. Vervolgens kunnen de passende maatregelen bij de effecten worden geselecteerd. Het is belangrijk dat de maatregel uitgevoerd kan worden in het gebied waar het effect optreedt. Hiervoor is het wenselijk een database aan te leggen met de kosten en effectiviteit van anti-verdrogingsmaatregelen.

Het voordeel van het gebruik van anti-verdrogingsmaatregelen is dat dit in Nederland een veel voorkomende maatregel is. Hierdoor is voldoende informatie aanwezig over het type maatregelen en de kosten. Om kosten van deze maatregelen op een goede manier te gebruiken is informatie nodig over de effectiviteit van deze maatregelen. Deze informatie is beperkt beschikbaar. Indien een grote database wordt aangelegd waar ook de effecten van maatregelen worden beschreven worden veel van de eerder genoemde nadelen verworpen. Twee belangrijke nadelen blijven echter bestaan. Dat zijn het niet meenemen van tijdelijk kwaliteitsverlies in de waardering en het feit dat er geen maatregelen kunnen worden genomen om alle opgetreden effecten te herstellen. Hierdoor blijven de kosten van een anti-verdrogingsmaatregelen een ondergrens van het welvaartseffect.

³¹ De belangrijkste reden is dat deze gegevens niet structureel verzameld worden. Het zou hun dus veel uitzoekwerk kosten.

4.4.2 Gebruik concept totale economische waarde en ecosysteemdiensten voor de waardering van effecten van droogte op de natuur.

De concepten totale economische waarde en ecosysteemdiensten zorgen voor inzicht in de totale waarde van een ecosysteem voor de mens. Dit betekent bijvoorbeeld dat ook een negatief effect op bestuiving wordt meegenomen. Met waardering van ecosysteemdiensten wordt eerst het effect geanalyseerd, voordat dit wordt gewaardeerd. Dit in tegenstelling tot herstelkosten, waar het effect in de kosten verwerkt zit. Hierdoor is de ecosysteemdienstenmethodiek een transparante methode. Het waarden van de effecten van droogte met het ecosysteemdienstenconcept heeft ook een aantal nadelen:

- Het effect van droogte op ecosysteemdiensten is veelal onbekend
- Door het waarden van verschillende ecosysteemdiensten is er een kans op dubbeltelling
- Waardering gebeurt met waarderingsmethodes zoals markt gebaseerde methodes, maar ook reiskostenmethode, hedonische prijs methode en contingente waarde methode. Al deze methodes zijn duur en tijdrovend en hebben nadelen (zoals beschreven in hoofdstuk 4.2). Een alternatief is het gebruik van benefit transfer, maar ook dit brengt nadelen met zich mee (zie Tekstbox 4.2).

Als eerst wordt bekeken of het mogelijk is om inzicht te krijgen in het effect van droogte op de verschillende ecosysteemdiensten. Beredeneerd kan worden dat alleen de ecosysteemdiensten gewaardeerd hoeven worden die enerzijds belangrijk zijn voor de mens en anderzijds sterk beïnvloed worden door droogte.

Met de ecosysteemdienstentabel (zie tabel 4.3) is getracht inzicht te krijgen in het effect van droogte op de ecosysteemdiensten. De ecosysteemdiensten die van groot belang zijn voor de ecosysteemtypes en waar droogte een negatief effect op heeft zorgen waarschijnlijk voor het grootste welvaartseffect. Dit effect is uiteraard ook afhankelijk van de mate waarin een ecosysteemtype voorkomt in Nederland en de omvang van de droogte. In tabel 4.3 is te zien dat droogte op de volgende functies voornamelijk effect kan hebben: opslag van organische stof en sediment, zoetwater retentie en berging voor andere functies, genetisch materiaal, klimaatbeheersing (waaronder CO₂ opslag en koelende werking), waterbeheer, recreatie en esthetische waarde. Deze tabel moet voorzichtig worden geïnterpreteerd, maar geeft wel een indicatie van de ecosysteemdiensten die beïnvloed worden.

De verwachting is dat deze ecosysteemdiensten een bijdrage leveren aan het welvaartseffect van droogte op de natuur. Dit betekent echter niet dat het effect van droogte op deze ecosysteemdiensten ook zorgt voor een significant negatief welvaartseffect. Dit hangt af van de grootte van het effect (dosis) en de waardering.

De gebruikte ecosysteemdiensten zijn een aggregatie van alle ecosysteemdiensten. In een aantal gevallen zal in een mogelijke vervolgstudie een verdere uitsplitsing moeten worden gemaakt.

Tabel 4.3: Weergave van de ecosysteemdiensten die van groot belang zijn voor de ecosysteemtipes en waar droogte een negatief effect op heeft.

Ecosysteemtipe	Bodemvorming	Nutriëntenbeheer	Voedsel	Zoetwater	Biomassa (b.v. hout)	Biochemische grondstoffen	Genetisch materiaal	Klimaatbeheersing	Waterbeheer	Waterzuivering	Bescherming tegen erosie	Bescherming tegen overstroming	Bestuiving	Spirituele waarde	Recreatie	Esthetische waarde	Educatieve waarde
Brakke meren			✓														
Zoete meren			✓	✓													
Rivieren			✓	✓												✓	
Kanalen																	
Ondiepe meren	✓								✓						✓	✓	
Sloten	✓																
Beken	✓								✓					✓	✓	✓	✓
Vennen														✓	✓	✓	
Droge bossen/heide/duin																	
Hoogveen	✓						✓	✓								✓	✓
Natte/vochtige heide	✓						✓	✓								✓	
Laagveenmoeras	✓				✓		✓	✓	✓							✓	✓
Beekdalen	✓			✓	✓		✓		✓								
Natte/vochtige bossen	✓				✓	✓	✓	✓	✓								
Bloemrijke graslanden						✓	✓						✓			✓	✓
Schraallanden						✓	✓						✓			✓	✓
Natte/vochtige duinvalleien				✓		✓	✓								✓	✓	

Voordat het effect van droogte op de ecosysteemdiensten kan worden gemonetariseerd is eerst informatie nodig over het kwantitatieve effect op ecosysteemdiensten. De historische analyse van droogte op natuur geeft nog onvoldoende informatie om deze doorvertaling te maken.

Internationaal zijn er initiatieven op het gebied van het modelleren van ecosysteemdiensten die mogelijk ook in Nederland interessant zijn.

De belangrijkste is de InVEST tool (Natural Capital Project, 2015). De universiteiten van Minnesota en Stanford werken samen met WWF en The Nature Conservancy onder het National Capital project aan deze open source online tool. Hiermee kunnen ecosysteemdiensten in kaart worden gebracht en vervolgens gewaardeerd. De tool bevat momenteel 18 ecosysteemdienst modellen. Deze zijn gebaseerd op productiefuncties die definiëren hoe veranderingen in de functie of structuur van een ecosysteem de waarde van ecosysteemdiensten kan beïnvloeden. In de modellen zit een aanbodkant (wat zijn de functies van het ecosysteem) en de locatie en activiteiten van mensen die baat hebben bij de diensten die het ecosysteem levert. Uit de modellen komen fysieke eenheden en de economische waarde. De economische waarde is voornamelijk gebaseerd op in de wetenschappelijke literatuur geaccepteerde functies en kentallen (benefit transfer) (Natural Capital Project, 2015). Tekstbox 4.4 Geeft de huidige beschikbare modellen in InVEST weer.

Tekstbox 4.3: Modellen in InVEST

Beschikbare modellen in InVEST te gebruiken voor het identificeren en waarderen van ecosysteemdiensten

- | | |
|--|--|
| - Koolstof (opslag) | - Mariene waterkwaliteit |
| - Bescherming tegen overstromingen en blootstelling aan erosie | - Kusterosie en overstromingsmitigatie |
| - Bestuiving | - Wind energie |
| - Visserij | - Recreatie |
| - Habitat kwaliteit & risico's gerelateerd aan habitat | - Hydropower |
| - Houtproductie | - Landschappelijke kwaliteit |
| - Mariene aquacultuur | - Sediment retentie |
| | - Waterzuivering |
| | - Golfenergie |

In de Verenigde Staten hebben deze modellen een resolutie tot 10m. In andere landen kan dit oplopen tot 10km. Het voordeel van het InVEST model is dat het de effecten van landgebruiksveranderingen op ecosysteemdiensten in kaart kan brengen. Het grootste nadeel van de hydrologische modellen in de InVEST tool is dat ze geen variabiliteit in seizoenen kunnen meenemen, maar ook geen grondwater en waterinfrastructuur. Hierdoor is deze tool opzichzelfstaand niet geschikt voor de analyse van droogte in Nederland (Vigerstol & Aukema, 2011).

Ondanks de genoemde nadelen is het interessant om te onderzoeken of een vergelijkbare methode in Nederland bruikbaar is. Als basis kunnen de in Nederland aanwezige modellen worden genomen, zoals PROBE. Hier kunnen ecosysteemmodules aan worden toegevoegd. Een andere mogelijkheid is om de modeluitkomsten uit deze Nederlandse modellen te gebruiken als input in de InVEST tool.

4.4.3 Gebruik intrinsieke waarde voor natuurwaardering

De hiervoor genoemde waarderingstechnieken gaan uit van een antropocentrische benadering van natuur. Voor een complete natuurwaardering zal echter ook de intrinsieke waarde van natuur meegenomen moeten worden. Methodes die inzicht bieden in de intrinsieke waarde zijn de natuurlandpuntenmethodiek en modellen als Demnat en PROBE. Aangezien de intrinsieke waarde bestaat uit de waarde van de natuur voor de natuur kan deze waarde niet gemonetariseerd worden. Hierdoor kan deze waarde niet goed vergeleken worden met de economische waarde.

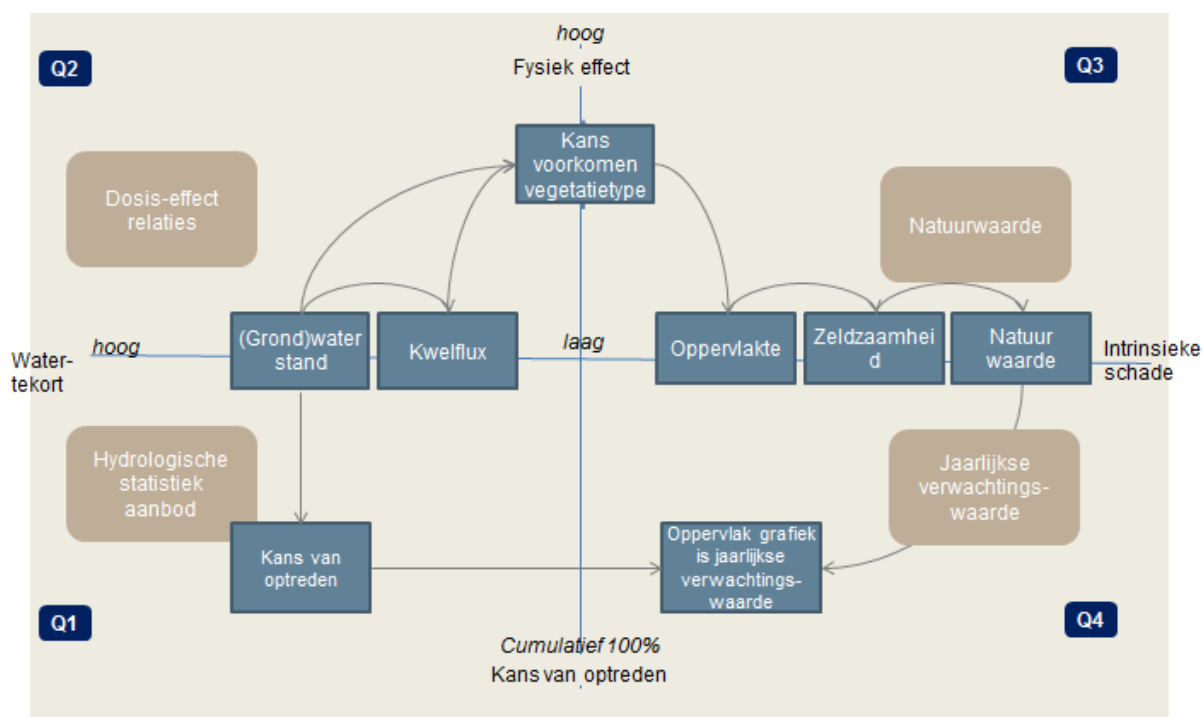
Momenteel lijkt Demnat met zijn waarderingsmodule het meest geschikt om de intrinsieke waarde van natuur landelijk in te kunnen schatten. Demnat is al gekoppeld aan het NHI en neemt het huidige systeem als uitgangspunt, waardoor het zorgt voor realistische veranderingen. Ook zit in Demnat een waterkwaliteitscomponent. Voor de kwadrantenmethodiek lijkt PROBE echter het meest geschikt. Als het goed wordt aangesloten op het NHI kan het een belangrijke rol spelen. De natuurlandpuntenmethodiek kan worden gebruikt in combinatie met een natuureffectmodel. Het voordeel van de natuurlandpuntenmethodiek is dat het inzicht geeft in het effect op de hele biodiversiteit.

4.5 Op weg naar schadecurves en kwadranten

4.5.1 Samenhang dosis-effect, welvaartseffect en jaarlijkse verwachtingswaarde

De historische analyse laat zien dat er weinig informatie is over de werkelijke dosis-effect relaties van droogte op natuur. In Nederland zijn wel een aantal natuureffectmodellen, zoals Probe, Demnat en NTM. Hiermee kan voorlopig het tweede kwadrant worden ingevuld. De analyse van waarderingsmethodes laat zien dat er nog geen betrouwbare waarderingsmethode bestaat om de effecten van droogte te waarderen. Hierdoor kan kwadrant 3 nog niet worden ingevuld.

Voor de intrinsieke waarde van natuur lijken voldoende kwantitatieve gegevens beschikbaar. Als voorbeeld wordt hier de werkwijze van PROBE gebruikt om de kwadranten in te vullen. De in het voorbeeld gebruikte dosis-effectrelaties kunnen ook in combinatie met andere waarderingsmethodes worden gebruikt. Het grootste verschil met de kwadrantenmethodiek voor andere gebruiksfuncties is dat in het derde kwadrant geen welvaartseffect wordt gepresenteerd, maar de (intrinsieke) natuurwaarde. Hierdoor wordt ook de jaarlijkse verwachtingswaarde uitgedrukt in (intrinsieke) natuurwaarde. Figuur 4.15 laat de effecten zien als onderdeel van de kwadranten.



Figuur 4.4.15 : Voorbeeld toepassing kwadrantenmethodiek met werkwijze Probe

De kwadranten bestaan uit vier grafieken die tegen elkaar worden geplaatst. De gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde van de natuurwaarde wordt in kwadrant vier (Q4) afgeleid, op basis van de curves in kwadrant een (Q1) en drie (Q3).

Kwadrant 1 laat de cumulatieve verdeling zien van de kans van optreden (y-as naar beneden) van de oplopend gesorteerde dosis (de gemiddelde grondwaterstand in het voorjaar en de kwelflux) per jaar. Naast hydrologie wordt in PROBE ook het effect op bodemprocessen meegenomen.

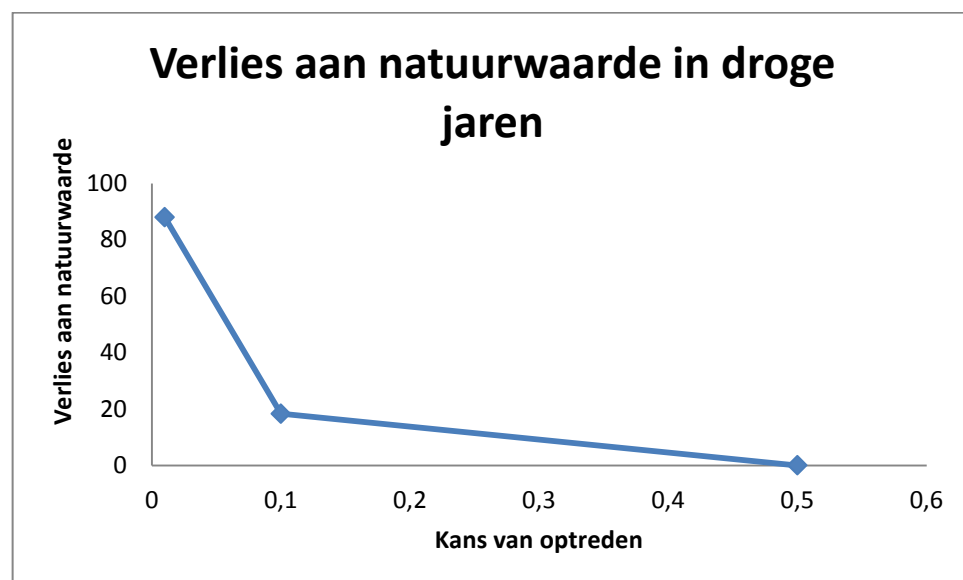
Voor kwadrant 2 is de dosis-effectrelatie voor één ecotoop afhankelijk van de gemiddelde grondwaterstand en de kwelflux. De kwelflux wordt beïnvloed door de hoeveelheid neerslag en de grondwaterstand. Dit heeft effect op de planteigenschappen die uiteindelijk de vegetatiesamenstelling beïnvloeden. De veranderingen worden uitgedrukt als kans op voorkomen van vegetatietypen.

In kwadrant 3 worden de oppervlakteveranderingen van de vegetatie gesommeerd en vermenigvuldigd met de zeldzaamheid (d.m.v. een waarderingsgetal).

De combinatie van kwadrant 1, 2 en 3 maakt het mogelijk om de grafiek in kwadrant 4 te tekenen. Het oppervlak onder de curve in dit kwadrant, is de jaarlijkse verwachtingswaarde van de (intrinsieke) natuurwaarde.

In PROBE zitten nog geen waterkwaliteitsveranderingen. Ook is het hydrologische instrumentarium nog niet goed op het model aangesloten, daardoor is in het Deltaprogramma voornamelijk Demnat gebruikt. Eerder is al aangegeven dat Demnat geen geschikt model is voor de kwadrantenmethodiek, omdat het uitgaat van een evenwichtswaarde en daardoor geen incidentele droogtejaren kan doorrekenen.

Wel kunnen we met de gegevens van Demnat illustreren hoe de jaarlijkse verwachtingswaarde eruit zou kunnen zien. Uit Demnat komen natuurwaarden voor verschillende ecotopen gemodelleerd voor een gemiddeld jaar (1967), een 1 op 10 jaar (1989) en een 1 op 100 jaar (1976). In Demnat wordt ervanuit gegaan dat de hydrologische omstandigheden oneindig zullen voorkomen. Als we ervanuit gaan dat Demnat (net als PROBE) de effecten kan doorrekenen van een incidentele droogte, kan de schade aan de intrinsieke waarde van natuur door droogte worden gezien als het verschil in natuurwaarde tussen een gemiddeld jaar en een 1 op 10 of 1 op 100 jaar. Het uitgangspunt is hierbij dat in een gemiddeld jaar geen schade door droogte optreedt. Bijvoorbeeld voor verlandings- en zoetwatervegetaties van matig voedselrijke wateren in Rijnland berekent Demnat dat de natuurwaarde in een 1 op 10 jaar met 18.3 vermindert, terwijl dit in een 1 op 100 jaar met 88 vermindert (zie Figuur 4.16). De oppervlakte onder de grafiek is hierbij de jaarlijkse verwachtingswaarde (~8.44) van de minimale schade aan (intrinsieke) natuurwaarde.



Figuur 4.16 : Voorbeeld: Verlies aan natuurwaarde in droge jaren voor verlandings- en zoetwatervegetaties van matig voedselrijke wateren in Rijnland (gebaseerd op DEMNAT resultaten).

Werken met droogtejaren heeft echter zijn beperkingen. Uiteindelijk is de wens om de instandhoudingswaarde niet te koppelen aan een droogtejaar met een veronderstelde kans, maar aan een bepaalde dosis (zoals beschreven in de kwadrantenmethode). Ook zijn twee punten te beperkt om een jaarlijkse verwachtingswaarde mee te berekenen.

4.5.2 Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptatie

De droogtestudie uit 2006 (RIZA et al, 2005) en studies in het deltaprogramma zoetwater (Klijn et al, 2012) hebben beschreven wat de mogelijke effecten zijn van klimaatverandering op de natuur. De effecten hangen sterk af van het scenario. De scenario's G+ en met name W+ geven de grootste schade voor natuur vanwege het optreden van droogte in de zomerperiode en een afname van het jaarlijks neerslagoverschot. Deze klimaatscenario's laten een toename in de verzilting zien in laag Nederland, wat positief kan uitpakken voor brakke natuur, maar ook schade aan aquatische natuur vanwege een toename in de inlaat van systeemvreemd water.

Natuur op de hogere zandgronden ontvangen minder kwel en gaat achteruit als gevolg van verlagingen in de grondwaterstand. De huidige natuur heeft al veel last van verdroging als gevolg van aanpassingen in de waterhuishouding en is hierdoor extra kwetsbaar voor het optreden van droogte. Vooral natuur afhankelijk van natte, voedselarme standplaatsen en natuur voor zijn watervoorziening volledig afhankelijk van neerslag watervoorziening is kwetsbaar voor langdurige droogte. De verwachting is dat hierdoor vooral in kwadrant 1 de grafiek zal verschuiven.

Onder autonome ontwikkelingen vallen de effecten van verschillende maatregelen, zoals anti-verdrogingsmaatregelen. Bijvoorbeeld, door anti-verdrogingsmaatregelen is de verwachting dat de gemiddelde grondwaterstand toeneemt. Ook vallen hieronder maatregelen die de waterkwaliteit in het hoofdwatersysteem verbeteren. Deze autonome ontwikkelingen hebben vooral invloed op kwadrant 2 en 3.

Natuur past zich in de loop van de tijd langzaam aan. Sommige ecosysteemttypen nemen af en andere zullen toenemen. Daarnaast zal de mens de natuur in de loop van de tijd anders gaan waarderen door bijvoorbeeld veranderende voorkeuren, landgebruik of substitutie. Deze ontwikkelingen hebben vooral invloed op kwadrant 3.

4.6 Conclusies en aanbevelingen

Deze studie beschrijft drie verschillende manieren om het welvaartseffect van droogte op de natuur te waarderen. De economische waarde van het effect van droogte kan worden bepaald met:

- Natuureffectmodellen in combinatie met herstelkosten
- Ecosysteemdienstenconcept

Voor de intrinsieke waarde van natuur geldt dat bestaande natuureffectmodellen als PROBE, Demnat en eventueel de natuurlandpuntenmethodiek bruikbaar zijn. PROBE is het meest geschikt om op te nemen in de kwadrantenmethodiek. Samen met de economische waarde geeft dit een compleet beeld van de waarde van de effecten van droogte op de natuur.

4.6.1 Inzicht en kwantificeren van de effecten van droogte (kwadrant 1 en 2)

Om effecten van natuur te kunnen waarderen is allereerst inzicht nodig in de effecten van droogte op natuur. Uit de historische analyse blijkt dat de effecten van droogte op de natuur variëren van waterkwaliteitsproblemen waardoor vissterfte, botulisme en blauwvieren kunnen optreden tot mineralisatie van de bodem, verhoogde CO₂ uitstoot en bosbranden. De meeste ecosysteemttypen krijgen ook te maken met verlies aan biodiversiteit. Het effect van droogte op de natuur is bijna altijd een kwaliteitsverlies. Meestal is dit een tijdelijk verlies, maar onomkeerbare schade is ook mogelijk. Denk daarbij aan inlaat van te zout water voor peilregulatie, waardoor obligaat zoete soorten (bijv. Krabbescheer) verdwijnen. Landelijk zullen soorten niet snel uitsterven, maar op het niveau van een natuurgebied kan dit wel gebeuren. Onomkeerbare effecten van droogte zijn lastig te scheiden van effecten door structurele verdroging. In beide gevallen is sprake van te diep uitzakken van grondwaterstanden waardoor mineralisatie van enige bodems kan optreden.

Informatie over historische effecten van droogte op de natuur is verspreid en slecht gedocumenteerd. Daardoor is het bepalen van de effecten van droogte op basis van feitelijke informatie anekdotisch en ad hoc onderbouwd. Zo wordt informatie over vissterfte in alle wateren (rijks, en regionaal) tijdens droogte nergens landelijk gedocumenteerd. Ook worden grondwaterstanden in de Nederlandse natuurgebieden nergens landelijk bijgehouden.

De resultaten van de huidige natuureffectmodellen blijken nog niet geschikt om op te nemen in de kwadrantenmethodiek. Demnat resultaten zijn ongeschikt, omdat het geen droogte effecten voor individuele jaren kan doorrekenen. De hydrologische invoer van PROBE is nu nog van onvoldoende kwaliteit om realistische effecten te voorspellen. De verwachting is dat dit door o.a. kennisontwikkeling in Waterwijzer natuur op termijn verbeterd.

Om inzicht te krijgen in het effect van droogte is informatie nodig over de ernst van droogte, frequentie van droogte én de sequentie van droogte. Pas hiermee kan een realistische jaarlijkse verwachtingswaarde worden bepaald. De sequentie van droogte wordt meestal nog niet meegenomen in de modellen.

Hieruit volgen een aantal aanbevelingen:

- ➔ Zorg voor meer regie op de documentatie van effecten van droogte op natuur.
Momenteel is de documentatie slecht en verspreid. Hierdoor is er weinig informatie over de historische effecten van droogte op de natuur (wat is het korte termijn effect en het lange termijn effect). Verzamelen en analyseren van SITRAP reportages is bijvoorbeeld een eerste stap. Satellietgegevens kunnen mogelijk helpen bij het verkrijgen van een structureel beeld van de effecten.
- ➔ Doorontwikkeling natuureffectmodellen
Met doorontwikkeling van de natuureffectmodellen kunnen de effecten van droogte op natuur beter worden voorspeld. Het doel kan zijn om tot een kans op het aftakelen of verdwijnen van droogtegevoelige vegetatie te komen. Dit is enerzijds nodig om de intrinsieke waarde van natuur in te schatten (b.v. met de natuurlinienmethodiek) en anderzijds als basis voor de economische waarderingsmethodes. Met het project waterwijzer natuur is de vernieuwing van natuureffectmodellen in gang gezet.

4.6.2 Economische waardering met herstelkosten (kwadrant 3)

Eerst is bekeken of herstelkosten kunnen worden gebruikt voor het waarderen van effecten van droogte. De kosten van droogtemaatregelen konden echter niet worden achterhaald, omdat er amper maatregelen worden genomen voor na of tijdens een incidentele droogte. Ook is er maar weinig informatie over bekend bij (natuur)beheerders. De kosten van anti-verdrogingsmaatregelen kunnen wel worden gebruikt als proxy voor het waarderen van effect van droogte op de natuur. Het voordeel van het gebruik van anti-verdrogingsmaatregelen is dat dit in Nederland een veel voorkomende maatregel is. Hierdoor is voldoende informatie aanwezig over het type maatregel en de kosten, daarbij is de kans op dubbeltelling gering. Ook zijn er verschillende nadelen. Het belangrijkste nadeel is dat een maatregel de natuur niet direct herstelt. Dit zorgt voor een onderschatting van het werkelijke welvaartseffect.

Om kosten van anti-verdrogingsmaatregelen als proxy te kunnen gebruiken is eerst inzicht nodig in de effecten van incidentele droogte op de natuur. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld de uitkomsten van een natuureffectmodel worden gebruikt. Vervolgens kunnen de passende maatregelen bij de effecten worden geselecteerd. Het is belangrijk dat de maatregel uitgevoerd kan worden in het gebied waar het effect optreedt. Hiervoor kan een database worden aangelegd met de kosten en effectiviteit van anti-verdrogingsmaatregelen.

Hieruit volgen een aantal aanbevelingen:

- ➔ Verzamel de kosten en effectiviteit van anti-verdrogingsmaatregelen
Hiermee wordt de praktische haalbaarheid van de methode bekeken. Het geeft informatie over welke effecten hersteld kunnen worden met anti-verdrogingsmaatregelen. Inzicht in de effectiviteit van de maatregel is nodig, omdat sommige maatregelen minder effect hebben dan vooraf gedacht. De investering wordt gedaan op basis van het verwachte effect, is het effect kleiner dan hadden we misschien niet of juist meer geïnvesteerd.
- ➔ Onderzoek op welke manier maatregelen gekoppeld kunnen worden aan de uitkomsten van natuureffectmodellen
Om de kosten van anti-verdrogingsmaatregelen te kunnen gebruiken als proxy voor de welvaartseffecten van droogte dienen effecten op de natuur aan maatregelen gekoppeld te worden.
- ➔ Onderzoek of tijdelijk verlies aan natuurkwaliteit kan worden gewaardeerd
Een groot nadeel van deze methode is dat een tijdelijk verlies aan natuurkwaliteit niet wordt meegenomen. Hierdoor onderschat de methode mogelijk de waarde van het effect. Als hier een betrouwbare opslagfactor wordt gevonden zal de methode het welvaartseffect realistischer inschatten.

4.6.3 Economische waardering met het ecosysteemdiensten concept (kwadrant 3)

Met ecosysteemdiensten kunnen de effecten van droogte op de natuur worden doorvertaald in een welvaartseffect. Het is het meest complete concept voor natuurwaardering. Het is momenteel nog niet mogelijk om het effect van droogte op ecosysteemdiensten te berekenen. Op basis van expertkennis lijken de volgende ecosysteemdiensten het meeste effect van droogte te ondervinden:

- Supporting services: Bodemvorming;
- Provisioning services: Genetisch materiaal;
- Regulating services: Zoetwater retentie en berging, klimaatbeheersing, waterbeheer;
- Cultural services: Recreatie, esthetiek.

Dit betekent niet dat het effect van droogte op deze ecosysteemdiensten ook zorgt voor een significant negatief welvaartseffect. Dit hangt af van de grootte van het effect en de waardering.

Hieruit volgen een aantal aanbevelingen:

- ➔ Focus op ecosysteemdiensten die het meest beïnvloed worden door droogte en verbeter de onderbouwing van deze ecosysteemdiensten.
Het waarderen van het effect van droogte is complex, daarom is het aan te raden om een selectie te maken van ecosysteemdiensten waarop droogte de meeste invloed heeft. Momenteel is de lijst met ecosysteemdiensten gebaseerd op expertkennis. Breder draagvlak is nodig om een selectie te maken van ecosysteemdiensten waar de meeste aandacht aan moet worden besteed. Dit kan mogelijk worden verkregen in een workshop met de belanghebbenden.
- ➔ Maak ecosysteemdiensten praktisch toepasbaar
De gehanteerde ecosysteemdiensten categorieën zijn breed. Om de ecosysteemdiensten beter te kunnen kwantificeren en te monetariseren dienen de relevante ecosysteemdienst categorieën voor droogte te worden uitgesplitst. Bijvoorbeeld de categorie klimaatregulatie kan worden onderverdeeld in koolstofvastlegging, methaanuitstoot en evapotranspiratie. Zie voor een praktische indeling ook Liekens et al (2013) .
- ➔ Koppel natuureffectmodellen aan ecosysteemdiensten
De huidige Nederlandse natuureffectmodellen berekenen het effect van droogte op de biodiversiteit. Geen enkel Nederlands model maakt de doorvertaling naar ecosysteemdiensten. Om het effect van natuur in de kwadrantenmethodiek mee te nemen dient er informatie beschikbaar te zijn over het effect op ecosysteemdiensten. Aanbevolen wordt om uit te zoeken of Nederlandse modellen kunnen worden gekoppeld aan een internationaal ecosysteemdienstenmodel als InVEST of dat een eigen ecosysteemdienstenmodel moet worden ontwikkeld.

4.6.4 Waardering effecten droogte op natuur

De effecten van droogte op de natuur kunnen gewaardeerd worden met (1) herstelkosten in combinatie met natuureffectmodellen of het (2) ecosysteemdienstenconcept op basis van totale economische waarde. Waardering met het ecosysteemdienstenconcept heeft de voorkeur, omdat met dit concept in principe alle economische waarde van natuur wordt meegenomen. De intrinsieke waarde van effecten op de natuur kan worden gewaardeerd met verschillende natuureffectmodellen. De intrinsieke waarde is een toevoeging op de economische waarde

Hieruit volgen een aantal aanbevelingen:

- ➔ Waardeer de intrinsieke waarde van natuur
Voor een totale natuurwaardering is het aan te raden om naast de economische waardering van natuur ook de intrinsieke waarde van natuur inzichtelijk te maken. Aangezien voor economische waardering ook natuureffectmodellen nodig zijn is de verwachting dat dit relatief weinig extra moeite kost. Als de natuureffectmodellen worden doorontwikkeld kan al op korte termijn de intrinsieke (jaarlijkse verwachtings) waarde van natuur inzichtelijk worden gemaakt. Als de hydrologische input van PROBE is verbeterd, lijkt dit het beste model om op te nemen in de kwadrantenmethodiek.

➔ *Doe een gevoeligheidsanalyse op effecten en waardering*

De uitkomsten van natuureffectmodellen hebben vaak een behoorlijke onzekerheidsmarge. Hetzelfde geldt voor de gebruikte informatie voor de waarderings(kentallen). Om de betrouwbaarheid van resultaten te toetsen in een goede gevoeligheidsanalyse onontbeerlijk.

4.6.5 Gebruik kwadrantenmethodiek

De kwadrantenmethodiek lijkt toepasbaar op de gebruiksfunctie natuur. Momenteel is het nog niet mogelijk door het ontbreken van betrouwbare dosis-effect relaties en welvaartseffecten, maar wanneer kennis op dit gebied wordt doorontwikkeld kan op termijn de jaarlijkse verwachtingswaarde van het economisch effect worden berekend.

De verwachting is dat al op korte termijn de kwadrantenmethodiek kan worden gebruikt om de jaarlijkse verwachtingswaarde van het intrinsiek effect op natuur door te rekenen. Hiervoor is doorontwikkeling nodig van de natuureffectmodellen.

Het waarderen van de effecten van droogte op natuur is in Nederland nog ver weg. Natuurwaardering is echter onontkoombaar als we een eerlijke afweging willen maken tussen verschillende droogtemaatregelen en uiteindelijk een goed onderbouwd voorzieningenniveau willen vaststellen³². Om de kwadrantenbenadering een succes te laten worden is kennisontwikkeling nodig op het gebied van natuurwaardering.

³² In het huidige economisch systeem.

5 Tool schadeberekening landbouw

Dit hoofdstuk:

- Beschrijft de ontwikkeling van een tool voor de schadeberekening door droogte voor de gebruiksfunctie landbouw.
- De tool is toe te passen in de kwadrantenmethodiek.
- Concludeert dat de tool snel de economische effecten van een droogte kan bepalen voor een onbeperkt aantal gewassen waarvoor in principe een beperkte hoeveelheid informatie nodig is.

5.1 Introductie

5.1.1 Doel ontwikkeling tool

Het doel van dit hoofdstuk is het beter in beeld krijgen van het werkelijke economisch effect van opbrengstderving in de landbouw, daarom wordt een tool ontwikkeld waarmee op basis van opbrengstderving de economische effecten van een tekort aan water voor de landbouw kan worden bepaald. Deze informatie kan vervolgens worden gebruikt in de kwadrantenmethodiek.

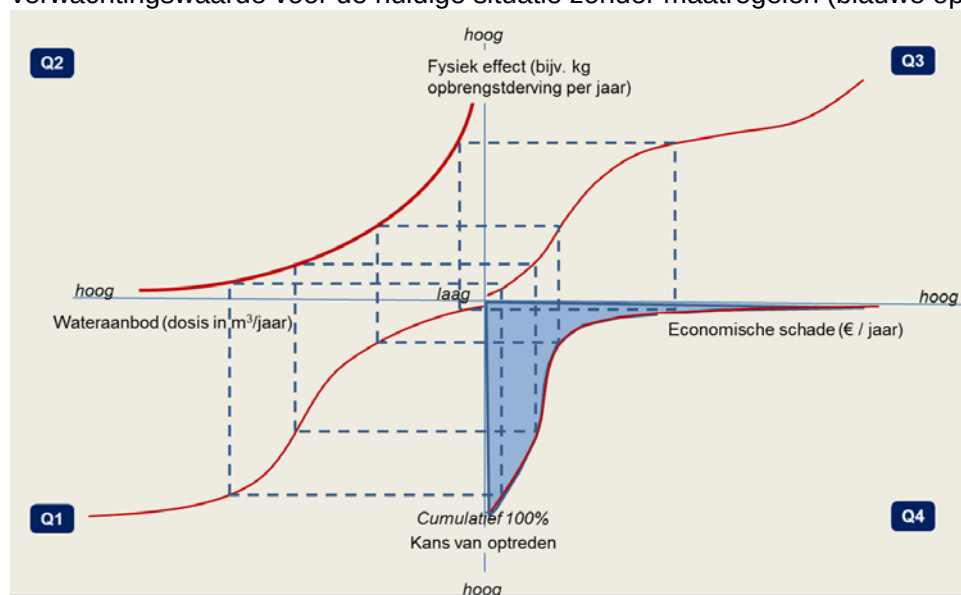
5.1.2 Aanpak, uitgangspunten en afbakening

Bij het bepalen van de effecten van droogte voor de landbouw bouwen we voort op Reinhard et al. (2015). Bij de bestaande berekeningen in het Deltaprogramma wordt bij het bepalen van de economische schade als gevolg van droogte en/of verzilting en de daarmee samenhangende opbrengstderving gerekend met vaste prijzen. Hierbij wordt de fysieke opbrengstderving vermenigvuldigd met de marktprijs. Zoals Reinhard et al. (2015) aangeven kent deze aanpak zijn beperkingen, omdat de gevolgen voor consumenten, de export en de prijsvorming van producten niet worden meegenomen. Naarmate de opbrengstderving groter wordt, neemt de beperking van deze aanpak toe. Baten van maatregelen om opbrengstderving tegen te gaan kunnen nauwkeuriger worden berekend door de verandering van de prijzen mee te nemen. Daarnaast is het nodig om bij het bepalen van het fysieke productie-effect van maatregelen adaptatie van het productieproces door landbouwers zelf mee te nemen. Agrariërs zullen immers proberen het risico op droogteschade te minimaliseren. In dit hoofdstuk wordt een tool ontwikkeld waarbij opbrengstderving van gewassen wordt omgerekend naar economische kosten. De benadering kan worden gekarakteriseerd als een model met endogene prijzen. In de standaard modellen wordt verondersteld dat de prijzen vast en exogeen zijn. Modellen met endogene prijzen worden gebruikt in die situaties waarbij deze veronderstelling niet langer opgaat. Dit is relevant voor meerdere landbouwproducten waarbij door opbrengstderving als gevolg van droogte de prijzen veranderen.

5.1.2.1 Methodisch kader

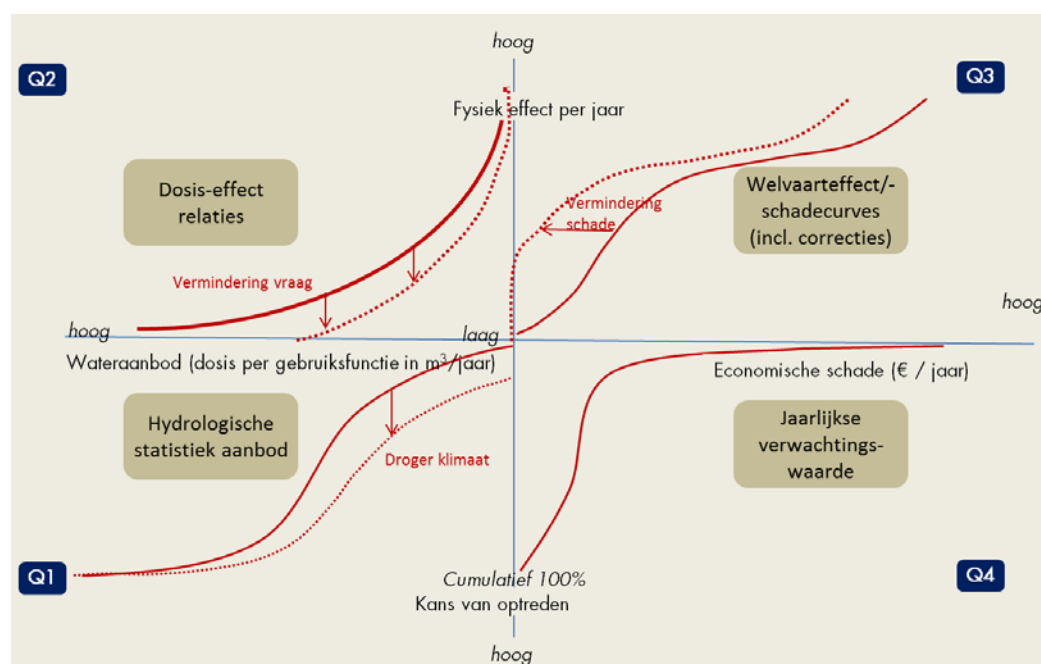
De landbouwtool bepaalt de welvaartseffecten van droogte voor de landbouw passend in het vier kwadrantenschema zoals weergegeven in Figuur 5.1. De landbouwtool die wordt ontwikkeld in dit hoofdstuk richt zich op het derde kwadrant van het kwadrantenschema: welvaartseffect-/schadecurves.

In Q1 kan het wateraanbod in geval van een 'normale situatie' en in het geval van droogte worden bepaald. Q2 geeft dan de bijbehorende verandering in productie van een gewas. Q3 geeft dan het welvaartseffect voor producenten van de droogte en Q4 de verwachte totale economische schade (blauw). Het welvaartseffect in kwadrant drie wordt met de tool afhankelijk van het gewas gecorrigeerd voor prijseffecten. Op basis van de curven in kwadrant 1 tot en met 3 kan uiteindelijk de curve in kwadrant 4 en de jaarlijkse verwachtingswaarde worden afgeleid. De gestippelde rechthoeken in figuur 5.1 illustreert dit. Het bepalen van de jaarlijkse verwachtingswaarde valt buiten de tool. Effecten van adaptie (maatregelen) en klimaatveranderingen leiden tot verschuivingen van de curven in het kwadrantenschema. Als referentie kan worden gewerkt met de jaarlijkse verwachtingswaarde voor de huidige situatie zonder maatregelen (blauwe oppervlak).



Figuur 5.5.1: De vier kwadranten, stappen van hydrologische statistiek met kans van optreden

Figuur 5.2 laat het effect zien van adaptie in de landbouw. Adaptie beperkt de effecten van droogte door de vraag naar water te verminderen (Q2). Bij hetzelfde wateraanbod is het fysieke effect geringer (opbrengstderving van een gewas (kg of stuks) bij een bepaalde waterbeschikbaarheid (m^3/jr)) door bijvoorbeeld de teelt van andere variëteiten die beter tegen droogte of verzilting kunnen. Prijseffecten kunnen de gevoeligheid van een ondernemer voor opbrengstderving eveneens beperken (Q3). Een lagere productie kan immers leiden tot hogere prijzen die het inkomensverlies dat ontstaat door de opbrengstderving (deels) zal compenseren. Het effect van klimaatverandering komt tot uiting in Q1.



Figuur 5.5.2: De vier kwadranten, effect van klimaatverandering, adaptatie en maatregelen op verschuiving curves

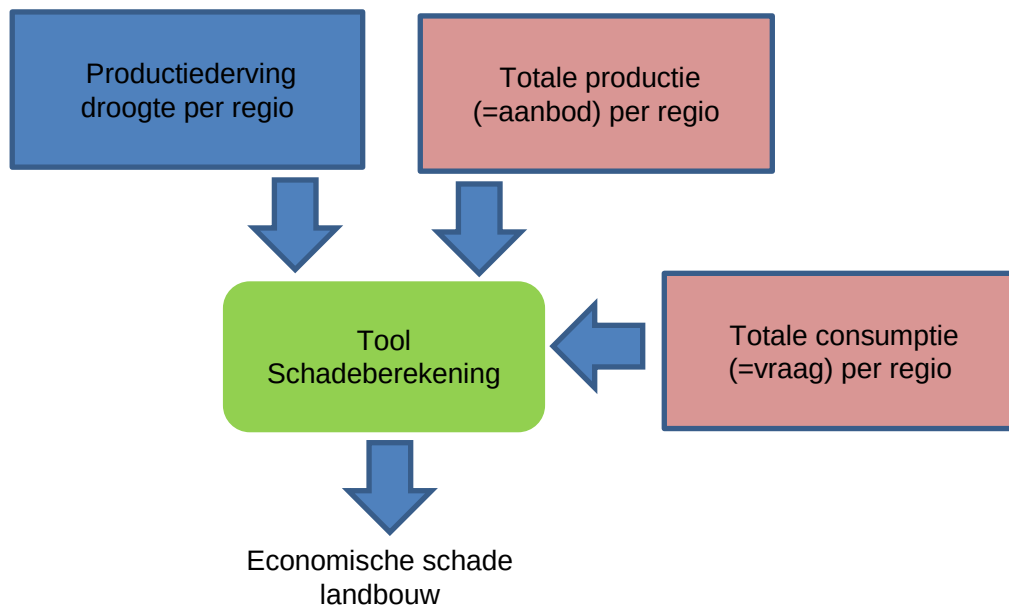
5.1.3 Leeswijzer

Paragraaf 5.1 geeft kort de aanleiding voor het ontwikkelen van de tool en het doel van het hoofdstuk. Paragraaf 5.2 beschrijft de methode van endogene prijsvorming voor landbouwproducten. Paragraaf 5.3 illustreert de methodiek voor de berekening van welvaartseffecten met een toepassing voor consumptieaardappelen en graskuil en weidegras. Paragraaf 5.4 sluit af met de conclusies over de bruikbaarheid van de tool binnen het Deltaprogramma en schetst aanbevelingen voor vervolg.

5.2 Uitwerking methodiek tool effecten landbouw

5.2.1 Inleiding

Prijseffecten worden bepaald aan de hand van een zogenaamd ruimtelijk vraag-aanbod model. De kern van het model zoals hier beschreven bestaat uit totale vraag en aanbodfuncties voor drie regio's namelijk Nederland, Europa en de Rest van de Wereld (ROW) voor de verschillende gewassen. In de aanbodfuncties wordt het effect van droogte ingebracht. De productiederving door droogte zoals bepaald met hydrologische modellen zoals het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium vormen het startpunt (Q1 en Q2 in figuren 5.1-5.2). De productiederving wordt regionaal bepaald voor verschillende gewassen. Deze worden geaggregeerd naar een nationaal effect. Figuur 5.3 schetst hoe vervolgens de economische schade van droogte voor de landbouw per gewas en voor de verschillende gebieden wordt bepaald rekening houdend met het feit dat prijsvorming internationaal plaats vindt.



Figuur 5.5.3: Opzet tool berekening economische schade landbouw

In het onderstaande presenteren we eerst de vergelijkingen en parameters van het model (paragraaf 5.2.2). In paragraaf 5.2.3 passen we het model toe op de markt van consumptieaardappelen en graskuil en weidegras.

5.2.2 Het ruimtelijk evenwichtsmodel

De input van het ruimtelijk evenwichtsmodel wordt gevormd door de totale vraag en totale aanbod functies van een bepaald product per regio. Deze functies worden gekalibreerd aan de hand van productie en consumptie-data. Kalibratie betekent het “ijken” waarbij de parameters van het model zodanig worden vast gesteld dat ze de initiële totale vraag en aanbod en de initiële prijzen reproduceren. Voor de kalibratie zijn eveneens prijselasticiteiten nodig, deze geven de procentuele verandering in hoeveelheden als de prijs met 1% verandert. De elasticiteiten worden aan andere studies ontleend. Bij kalibratie wordt de economische theorie als uitgangspunt genomen en wordt deductief gewerkt. We starten met de onderstaande vraag- en aanbodvergelijkingen:

$$y_i^s = \alpha_0 + \alpha_1 p_i \quad (1)$$

$$y_i^d = \beta_0 + \beta_1 p_i \quad (2)$$

Waarbij

- y_i^s aanbod uit regio i (i=1,2,3)
- y_i^d vraag in regio i (i=1,2,3)
- α_0, β_0 zijn respectievelijk de constanten van de vraag- en aanbodfuncties in regio i
- α_1, β_1 de hellinghoek van respectievelijk de vraag en aanbodfuncties in regio i.

De vraag-aanbodfuncties kunnen voor de verschillende regio's als volgt worden gekalibreerd aan de hand van de prijselasticiteiten van de verschillende producten (voor de eenvoud is de regio index i weggelaten):

$$\varepsilon^s = \frac{dy^s}{dp} \frac{p}{y^s} = \alpha_1 \frac{p}{y^s} \quad \text{zodat: } \alpha_1 = \frac{y^s}{p} \varepsilon^s \quad \text{en} \quad \alpha_0 = y^s - \alpha_1 p$$

$$\varepsilon^d = \frac{dy^d}{dp} \frac{p}{y^d} = \beta_1 \frac{p}{y^d} \quad \text{Zodat: } \beta_1 = \frac{y^d}{p} \varepsilon^d \quad \text{en} \quad \beta_0 = y^d - \beta_1 p$$

waarbij: ε^s prijselasticiteit aanbod, ε^d prijselasticiteit van de vraag.

De handel met andere landen (tr_i) is gelijk aan is het verschil tussen aanbod in regio i en de vraag in regio i (voor de meeste gewassen zijn de effecten van voorraden beperkt):

$$tr_i = y_i^s - y_i^d \quad (3)$$

In het evenwicht moet gelden:

$$\sum_i tr_i = 0 \quad (4)$$

In het geval tr_i groter is dan nul dan is regio i netto-exporterend. In het geval tr_i kleiner is dan nul dan is regio i netto importerend.

In het geval er handel plaats vindt tussen de verschillende regio's dan zijn prijzen met elkaar verbonden:

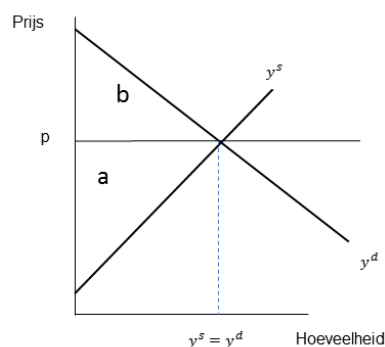
$$p_i = pw + h_i \quad (5)$$

Waarbij variabele pw is een gemiddelde wereldmarktprijs en variabele h_i geeft het prijsverschil weer tussen de verschillende regio's. Dit prijsverschil kan onder andere worden verklaard door transportkosten en invoertarieven.

De oplossing van het stelsel van vraag- en aanbodvergelijkingen leidt, wanneer we veronderstellen dat vraag en aanbod volgen uit optimaliserend gedrag van zowel vragers als aanbieders, tot een zo hoog mogelijke welvaart. Deze maximale welvaart is gegeven door:

$$W = \sum_i (CS_i + PS_i) \quad (6)$$

Waarbij CS_i het consumentensurplus is in regio i en PS_i het producentensurplus in regio i. In Figuur 5.4 wordt het consumentensurplus weergegeven als gebied b. Het producentensurplus is gelijk aan gebied a.



Figuur 5.5.4: Totale aanbodvergelijking en totale vraagvergelijking en het producenten en consumentensurplus in initiële situatie.

In bovenstaand model wordt uitgegaan van een totale vraag en een totale aanbodvergelijking per product per regio (in dit geval Nederland, Europa en ROW). Een alternatief model waarin alleen het aanbod van Nederland en de Nederlandse en buitenlandse vraag worden gemodelleerd is weergegeven in Bijlage H. Voordeel van het model uit Bijlage H is dat er minder data nodig zijn (alleen Nederlandse data). Het alternatieve model vereist echter wel data over de vraagprijs elasticiteit in het buitenland naar Nederlandse producten. Een ander nadeel is dat de effecten van droogte in het buitenland niet direct kunnen worden geanalyseerd, maar moeten worden vertaald in extra vraag in het buitenland naar Nederlandse producten. We gaan vanwege deze nadelen voor de tool uit van het beschreven model.

5.2.3 Toepassing tool

Consumptieaardappelen

Het ruimtelijk evenwichtsmodel is toegepast op de markt voor consumptie-aardappelen. Data met betrekking tot de markt voor consumptieaardappelen in 2010 is weergegeven in tabel 5.1. Netto-export is positief in Nederland, terwijl de overige gebieden netto-importeur zijn van consumptieaardappelen. Het model is zodanig gekalibreerd dat de oplossing van het model de gerealiseerde productie en vraag in 2010 weerspiegelt.

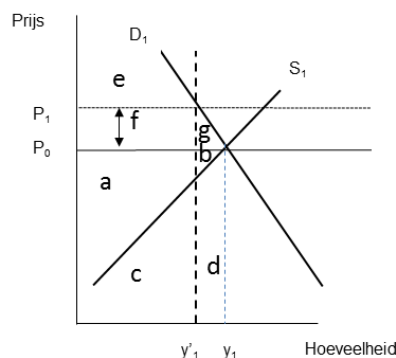
Tabel 5.1: Vraag- en aanbod-elasticiteiten en productie en consumptie-data van consumptieaardappelen in Nederland, EU en ROW in 2010.

	Nederland	EU ¹	ROW ²
Vraag elasticiteit	-0.12	-0.12	-0.12
Aanbod elasticiteit	1.00	1.00	1.00
Consumptie(1000 ton)	3838	46339	205791
Productie (1000 ton)	7181	44873	203914
Netto export (1000 ton)	3343	-1466	-1877
Producentenprijs (euro per ton)	133	141	224

Bron: LEI, CAPRI database; ¹.Exclusief Nederland ². Exclusief EU

Het model kan nu worden gebruikt voor het doorrekenen van effecten van veranderingen in de productie door de droogte op de consumptie, prijzen, producentensurplus en consumentensurplus van consumptieaardappelen.

De veronderstelling is dat als gevolg van de droogte een productiedaling optreedt, zonder dat de producenten daarop kunnen of willen anticiperen door extra maatregelen. Dit weerspiegelt dat producenten hun productiebeslissing baseren op prijsverwachtingen en normale omstandigheden maar indien eenmaal de aardappelen zijn gepoot ze niet meer in staat zijn in geval van droogte de productie aan te passen. In Figuur 5.5 is de productiedaling door droogte gegeven door een verschuiving van de productie van y_1 naar y'_1 . Als gevolg van het lagere aanbod neemt de prijs toe van p_0 naar p_1 . De hogere prijs en de lagere consumptie leidt tot een daling van het consumentensurplus gebied ($f+g$). De verandering van het producentensurplus is gelijk aan $(f-b-d)$.



Figuur 5.5.5: grafische weergave van het effect van een opbrengstderving van y_1 naar y'_1

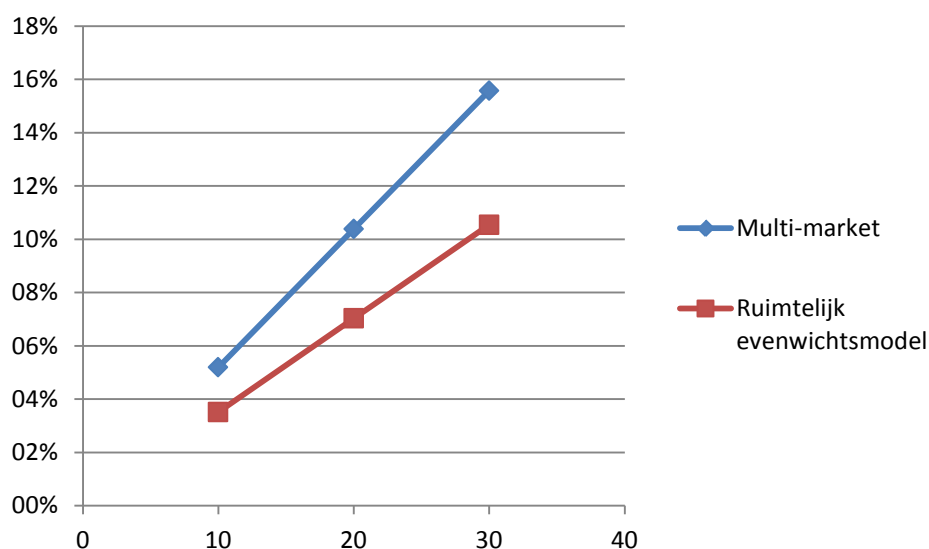
In tabel 5.2 zijn de gevolgen van een productiedaling in Nederland weergegeven. We nemen bij de berekening van de effecten handel met het buitenland in beschouwing.

Tabel 5.2: Simulatie effecten van productiederving van 10, 20 en 30 procent in Nederland op markt voor consumptieaardappelen in Nederland, Europa en ROW

Productiederving Nederland (%)	Variabele	Nederland	Europa	ROW
10	Producenten surplus	-13.7%	6.7%	4.2%
10	Consumenten Surplus	-0.8%	-0.8%	-0.5%
10	Welvaart	-3.2%	0.0%	0.0%
10	Prijs	3.5%	3.3%	2.1%
10	Productie	-10.0%	0.0%	0.0%
10	Consumptie	-0.4%	-0.4%	-0.3%
20	Producenten surplus	-28.8%	13.3%	8.4%
20	Consumenten Surplus	-1.7%	-1.6%	-1.0%
20	Welvaart	-6.6%	0.0%	0.0%
20	Prijs	7.0%	6.7%	4.2%
20	Productie	-20.0%	0.0%	0.0%
20	Consumptie	-0.8%	-0.8%	-0.5%
30	Producenten surplus	-45.2%	20.0%	12.6%
30	Consumenten Surplus	-2.5%	-2.4%	-1.5%
30	Welvaart	-10.3%	-0.1%	0.0%
30	Prijs	10.5%	10.0%	6.3%
30	Productie	-30.0%	0.0%	0.0%
30	Consumptie	-1.3%	-1.2%	-0.8%

Bron: Tool bepaling schade droogte

Uit tabel 5.2 blijkt dat, gegeven de marktomstandigheden van consumptieaardappelen, de opbrengstderving in Nederland, leidt tot een lagere Nederlandse export en een beperkt effect op de Nederlandse consumptie. Opbrengstderving heeft een negatieve invloed op de welvaart in Nederland. Grotere opbrengstdervingen door droogte, verzilting en natschade leiden ook tot grotere negatieve effecten op de welvaart in Nederland. Door de opbrengstderving van consumptieaardappelen in Nederland en de daarmee samenhangende hogere prijzen in de verschillende regio's, neemt het producentensurplus van consumptieaardappelen in EU en ROW toe, terwijl het consumentensurplus afneemt. Welvaartseffecten (consumentensurplus en producentensurplus) in EU en ROW zijn verwaarloosbaar.



Figuur 5.5.6: Prijsverandering consumptieaardappelen (verticale as) als functie van de opbrengstverandering van consumptieaardappelen (% , horizontale as) onder verschillende modelvarianten (Bron: Tool bepaling schade droogte)

Ter vergelijking met het ruimtelijk evenwichtsmodel is ook het alternatieve model zoals beschreven in appendix J toegepast om prijseffecten van een opbrengstderving van consumptieaardappelen door te rekenen (Figuur 5.4). Productie en consumptie van consumptieaardappelen in het alternatieve model zijn voor Nederland gelijk aan die in tabel 5.1. Het alternatieve model veronderstelt dat de extra productie wordt afgezet in één andere regio, namelijk ROW inclusief Europa. Een export-vraag elasticiteit van Nederlandse consumptieaardappelen in de ROW is nodig om de parameters van deze export-vraag vergelijking vanuit de ROW te kalibreren. Uitgangspunt is een export-vraag elasticiteit van Nederlandse consumptieaardappelen in het buitenland van -4 (zie Reinhard e.a., 2013). Echter, mogelijk is deze export-vraag elasticiteit te laag (in absolute termen) omdat in Reinhard e.a., 2013 alleen wordt gekeken naar export van consumptieaardappelen van Nederland naar Europa.

Gegeven de uitgangspunten van het alternatieve model zijn de prijseffecten van opbrengstderving van consumptieaardappelen groter dan in het ruimtelijk evenwichtsmodel. Naarmate de export-vraag elasticiteit (in absolute termen) groter is, dan neemt het prijseffect van een opbrengstderving van consumptieaardappelen af. Modelsimulaties laten zien dat bij een export-vraag elasticiteit van ongeveer -6.5 de uitkomsten van het model en het ruimtelijk evenwichtsmodel vrijwel met elkaar overeenkomen. Dit laat zien dat de meer geaggregeerde export vraagprijs elasticiteit in het alternatieve model is af te leiden van de meer uitgeschreven elasticiteiten in het ruimtelijk evenwichtsmodel.

Graskuil en weidegras

De tool is ook gebruikt om effecten van opbrengstderving van graskuil en weidegras door te rekenen. We maken hier de veronderstelling dat er geen handel in deze producten plaatsvindt en daarom kijken we alleen naar de effecten voor Nederland. We baseren ons op de productie en vraaggegevens van 2013 (zie tabel 5.3). Cruciale data wat betreft prijs en welvaartseffecten betreffen de vraag en aanbod-elasticiteiten. Deze zijn overgenomen uit een eerdere studie in 2003 voor RIZA (van Berkum e.a., 2003). De resultaten (tabel 5.4) laten zien dat, gegeven de veronderstellingen omtrent de markt voor graskuil en weidegras, het effect van de opbrengstderving op het producentensurplus positief is. Het positieve effect op het producentensurplus ebt echter weg, naarmate de opbrengstderving groter is.

Tabel 5.3: Vraag- en aanbod-elasticiteiten en productie en consumptie-data van graskuil en weidegras in Nederland.

	Nederland
Vraag elasticiteit	-0.75
Aanbod elasticiteit	1.00
Consumptie(1000 ton ds ¹)	4705
Productie (1000 ton ds)	4705
Netto export (1000 ton ds)	0
Producentenprijs (euro per ton ds)	141

Bron: LEI Wageningen UR; ¹ ds = droge stof

Tabel 5.4: Simulatie effecten van productiederving (10 en 20 procent) in Nederland op markt voor graskuil en weidegras in Nederland

	Productiederving	
	10%	20%
Producenten surplus	4.0%	2.7%
Consumenten surplus	-19.0%	-36.0%
Welvaart	-9.1%	-19.4%
Prijs	13.3%	26.7%
Productie	-10.0%	-20.0%
Consumptie	-10.0%	-20.0%

Bron: Tool berekening economische schade landbouw

5.2.4 Toelichting resultaten

Een negatieve schok door droogte in Nederland heeft een prijsstijging voor een product tot gevolg. De grootte van de prijsstijging is afhankelijk van de vraag- en aanbodelasticiteiten op de binnenlandse en buitenlandse markten en de omvang van de schok. Het negatieve effect op het producenteninkomen (d.w.z. producentensurplus) wordt door de prijsstijging (gedeeltelijk) gecompenseerd zoals het voorbeeld van consumptieaardappelen en graskuil en weidegras laat zien. Dit verschijnsel wordt een natuurlijke compensatie van risico genoemd (natural hedge). Zonder internationale handel in een gewas is deze hedge altijd aanwezig (zoals grasland en mais). Bij handel hangt het effect af of het land een exporteur of importeur is en of de verandering in de handel door droogte de prijs beïnvloedt. Bij een “klein land” in relatie tot de rest van de wereld zal er geen prijseffect zijn als er een opbrengstderving door landelijke droogte is. Een droogte hoeft bij een klein land zich niet te beperken tot het land zelf. Bij een “groot land” is er wel een prijseffect.

Negatieve schokken (positieve) in het (regionale) aanbod resulteren daarmee niet altijd in een negatief (positief) inkomenseffect voor de ondernemer. Voor de tool is het dus van belang om het type product, omvang van de handelsrelaties van het land en de schaal van de droogte in ogenschouw te nemen. Voor een lange termijn inschatting van de effecten van droogte zijn aannames nodig over de ontwikkeling van het grondgebruik in Nederland en marktomstandigheden voor de verschillende gewassen. Het is bepalend of een droogte lokaal in Nederland plaats vindt of in heel West-Europa. Op de lange termijn kan ook de referentie veranderen; producenten zijn beter voorbereid op afwijkende situaties en kunnen er sneller en beter op anticiperen. In bijlage I is kwalitatief het geval beschreven waarbij producenten de mogelijkheid hebben om tijdens het groeiseizoen te anticiperen op de droogte en daarmee om de economische schade te beperken.

In de tool (model) zoals dat hier wordt voorgesteld wordt uitgegaan van exogene vraag- en aanbodelasticiteiten. Echter, de prijselasticiteiten gelden altijd voor een specifiek punt. Naarmate een modelsimulatie verder afwijkt van de initiële situatie worden prijselasticiteiten ook anders. Mits voldoende gegevens beschikbaar, kan worden overwogen om de elasticiteit een functie te maken van de opbrengstderving.

In NHI-Agricom worden de volgende gewasgroepen onderscheiden: grasland, mais, aardappelen, granen, overige gewassen, boomteelt, fruit en bloembollen. Deze gewasgroepen zijn gebaseerd op hydrologische kenmerken en zijn niet altijd geschikt voor de bepaling van economische effecten. Elasticiteiten voor deze groepen gewassen zijn niet altijd direct beschikbaar. Verder is het ook niet altijd zinvol om vanuit economisch perspectief uit te gaan van gewasgroepen. Marktomstandigheden en elasticiteiten kunnen verschillend zijn voor de individuele gewassen die onder een groep vallen. Zo is bijvoorbeeld de gewasgroep “overige gewassen” zeer divers.

Om de effecten op het nationale en internationale landbouwinkomen te bepalen kunnen de effecten per gewas worden geaggregeerd. Er wordt dan echter geen rekening gehouden met veranderingen in het nationale of regionale bouwplan. Dit is wellicht een te eenvoudige aanname. Er treedt ook een aggregatie probleem op binnen Nederland. Niet alle bedrijven zullen immers in dezelfde mate worden getroffen door droogte. Bedrijven die niet worden getroffen profiteren wel van de hogere prijs maar hebben geen opbrengstderving. In Figuur 5.6 betekent dat zij een stijging van het producentensurplus van $f+2g$ hebben door de droogte.

5.3 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van de voorgaande analyses en test van de landbouwtool komen we tot de volgende conclusies en aanbevelingen.

5.3.1 Conclusies

- Een eerste conclusie is dat de tool snel de economische effecten van een droogte kan bepalen voor meerdere gewassen waarvoor in principe een beperkte hoeveelheid informatie nodig is. In een volgende fase kan de tool verder worden geïntegreerd in de kwadrantenmethodiek om te komen tot een jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade. De tool biedt een betere inschatting van de economische effecten van droogte ten opzichte van de bestaande methodiek waarin wordt gewerkt met vaste prijzen.
- Aggregatie van effecten over gewassen en regio's is van belang voor de bepaling effecten van droogte en verzilting.
- Voor betrouwbare resultaten waarmee beleidsafwegingen kunnen worden gemaakt, is meer informatie nodig over de toekomstige ontwikkeling van de dosis-effectrelaties (adaptatie). Dit vraagt verschillende kentallen per gewas en regio en een proces gericht op het verzamelen en / of afleiden van data die nu nog niet (openbaar) beschikbaar zijn.
- Voor een betere inschatting van de effecten zijn lange termijn scenario's over ontwikkeling van grondgebruik en (internationale) marktomstandigheden noodzakelijk om te komen tot een goede referentie.

5.3.2 Aanbevelingen

De bevindingen geven aanleiding tot de volgende aanbevelingen:

- Per gewas en bedrijfstype zijn er behoorlijke verschillen in dosis-effectrelaties en schaderelaties. Aanbevolen wordt de analyse per gewas en bedrijfstype verder uit te werken. Van hieruit kan in een vervolgfase worden opgeschaald naar een integraal model.
- Voor de analyses is informatie nodig over elasticiteiten en handelsstromen voor specifieke gewassen die niet altijd structureel verzameld en / of is niet publiek beschikbaar. De gebruikte gewasgroepen in NHI-Agricom sluiten hier ook niet altijd goed aan. Aanbevolen wordt om te onderzoeken welke informatie tegen relatief lage inspanningen is te genereren en in de toekomst gemonitord kan worden.
- De verschillende analyses zijn nu gebaseerd op afzonderlijke jaren. Het verdient aanbeveling om laatste kwadrant te integreren en het model verder dynamisch te maken. Hiermee sluit de methodiek beter aan bij de andere sectoren en kunnen effecten die het jaar overstijgen worden meegenomen (zoals bij fruit). Daarnaast worden productiebeslissingen vaak beïnvloed door prijzen uit voorgaande jaren.
- Er dient rekening te worden gehouden met lange termijn scenario's over adaptatie (dosis-effect relaties), ontwikkeling van grondgebruik en (internationale) marktomstandigheden om te komen tot een goede referentie.

6 Casestudie Rijnland

Dit hoofdstuk:

- Test de bruikbaarheid van de methodiek in een casestudie
- Bekijkt de maatregel onderwaterdrainage en sturen van water
- Concludeert dat de kwadrantenmethodiek potentieel een handig hulpmiddel is voor het beoordelen van maatregelen en schatten van klimaat effecten. We achten de methodiek ook bruikbaar voor verdere toepassing in andere gebieden. Voor gebruik in andere regio's vraagt dit nader onderzoek naar nieuwe dosis-effectrelaties die in deze case nog niet aan de orde zijn gekomen en specifieke kentallen (over kosten, financiële en economische schade) per regio.

6.1 Inleiding

6.1.1 Doel en scope casestudie

Doel van de case is het beoordelen van de potentie van de methodiek voor een kwantitatieve benadering van het (historisch, huidig en toekomstig) droogterisico. Dit inzicht is gewenst om economische afwegingen te kunnen maken van toekomstige zoetwatermaatregelen en - beleid (nationaal en regionaal).

Binnen het Hoogheemraadschap van Rijnland zijn er diverse watervragers. Het is ondoenlijk om alle aan dalende oppervlakte- en grondwaterstanden gerelateerde risico's in de case mee te nemen. Hierin zijn op voorhand praktische keuzes gemaakt op basis van beleidsrelevantie, beïnvloedbaarheid via het waterbeheer en beschikbaarheid van data en gegevens. Een belangrijke keuze is het buiten beschouwing laten van grondwateronderlast in stedelijk gebied. De casestudie richt zich voornamelijk op de waardering van het droogterisico in het landelijk (veenweide)gebied en de volgende drie gebruiksfuncties in de volgorde van de verdringingsreeks:

- Peilbeheer;
- Natuur;
- Landbouw.

De keuze voor deze drie watervragers ligt in het feit dat deze functies onderling concurreren. Dat wil zeggen dat water dat nu ingezet wordt voor peilbeheer en natuur ook gebruikt zou kunnen worden om bijvoorbeeld langer beregening door de landbouw toe te staan. Door deze uitruilmogelijkheid tussen functies en subregio's kunnen binnen de case relevante en interessante leerervaringen worden opgedaan voor verfijning, verbeteringen en toepassingen van de methodiek in andere gebieden en andere gebruiksfuncties. Andere functies zoals scheepvaart en drinkwatervoorziening spelen geen of een zeer kleine rol.

De casestudie test de bruikbaarheid van de methode door eerst de relevante schadecurves vast te stellen en dan de onderzoekstappen te doorlopen voor twee potentieel kansrijke zoetwatermaatregelen. Belangrijkste watervragers (van zoetwater) in het beheergebied van Rijnland zijn de landbouw – de sierteeltsector in Boskoop en de 'bollenboeren' - en natuur. Het belang van voldoende zoet water voor deze gebruiksfuncties moet worden afgezet tegen het belang van het gebruik van de beperkt beschikbare hoeveelheid water voor peilbeheer om de stabiliteit van keringen te borgen of bodemdaling te beperken.

De casestudie is niet bedoeld om nu al voor besluitvorming geschikte informatie op te leveren. De verandering van het droogterisico in de casestudie is, ondanks de verwachte beperkingen in de kwaliteit en beschikbaarheid van de data, zoveel mogelijk uitgedrukt in monetaire termen. Natuurbelang wordt wel in kaart gebracht, maar is bewust niet gemonetariseerd in de casestudie.

6.1.2 Aanpak casestudie

Een goede afweging vereist inzicht in de fysieke effecten van fluctuaties in de beschikbaarheid van zoet water en de kosten en baten die hieruit voortkomen voor gebruiksfuncties in het gebied. Deels is deze informatie naar verwachting beschikbaar, maar deels ontbreekt deze of is deze niet voldoende gedetailleerd of specifiek. Omdat de focus in de casestudie ligt op het testen van een methode voor de economische analyse en niet op de inhoudelijke resultaten van de analyse zelf, is voor de uitvoering van de casestudie zoveel mogelijk gebruik gemaakt van bestaande modellen en data.

Belangrijke gebruikte bronnen voor de casestudie zijn, naast materiaal dat door Stratelligence uit eigen deskresearch is verzameld:

- Het Hoogheemraadschap van Rijnland:
 - o informatie over de lengte van veendijken en sloten in het studiegebied en over problemen tijdens droogte;
- PBL:
 - o voorlopige resultaten uit de studie naar de bodemdaling van laagveen in Nederland;
- Deltares:
 - o informatie over de stabiliteit van (veen)dijken en modelresultaten voor de daling van de laagste grondwaterstand gedurende de zomer
 - o maximale slootpeiluitzakking en de duur daarvan in studiegebied,
 - o GIS-informatie over deelgebiedjes in Rijnland zoals gebruikt door de €ureyeopener (EEO)
 - o watertekorten per gebied per functie per jaar berekend met NHI
 - o schadecurves en kwalitatieve effectbeschrijving voor natuur in het gebied.
- LEI:
 - o schadecurves en economische effecten voor landbouw in het gebied.

6.1.3 Leeswijzer

In de navolgende paragrafen worden de resultaten toegelicht van de toepassing van de methodiek voor de waardering van de effecten en van maatregelen gericht op het voorkomen van droogte. Paragraaf 6.2 zet de probleemanalyse uiteen voor de case. Deze paragraaf behandelt in vogelvlucht de huidige en toekomstige knelpuntsituaties voor zoet water in Rijnland. In paragraaf 6.3 heeft het LEI de methodiek toegepast op de gebruiksfunctie landbouw, in paragraaf 6.4 wordt het droogterisico voor de natuur door Deltares besproken. Vervolgens gaat Stratelligence in paragraaf 6.5 in op de verschillende dosis-effect relaties en waardering gerelateerd aan bodemdaling in veenweidegebied en in paragraaf 6.6 gaat Stratelligence samen met Deltares in op dosis-effect relaties en waardering met betrekking tot schade aan infrastructuur en gevolgen voor de veiligheid door verandering in boezempeil. In paragraaf 6.7 worden twee maatregelen met de aanpak doorgerekend. Het rapport eindigt met een opsomming van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen voor vervolgonderzoek en een inschatting of deze aanpak veralgemeniseerd kan worden.

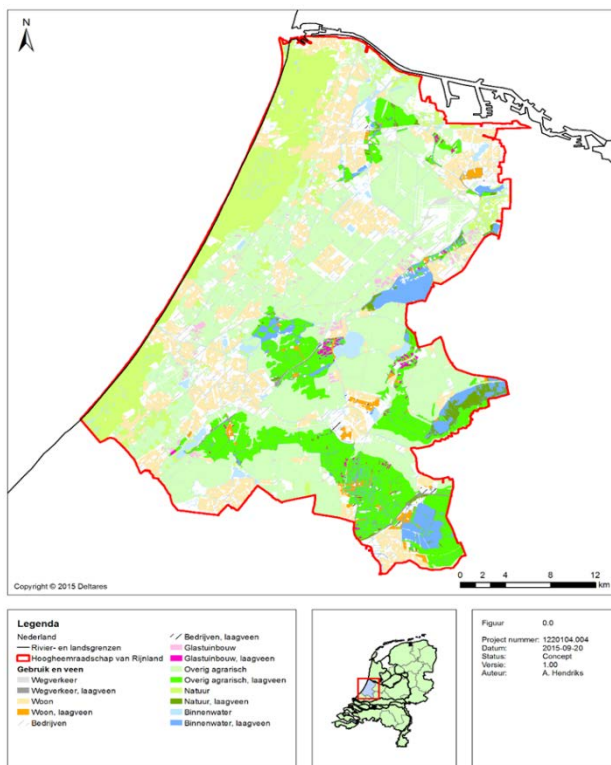
6.2 Veenweidegebied Rijnland

6.2.1 Gebiedsbeschrijving

Het grondgebied van Rijnland is ongeveer 105.000 hectare. Hiervan is ongeveer 20% laagveen. In deze laag gelegen veengebieden is het landgebruik overwegend agrarisch, afgewisseld met grotere (plassen) en kleinere (sloten) oppervlaktewaterlichamen (zie Figuur 6.6.1). In de andere delen van Rijnland is eveneens een groot deel van het areaal aangewend voor landbouwdoeleinden, maar hier vinden we ook de belangrijkste stedelijke concentraties terug waar wordt gewoond en gewerkt.

Kenmerkend voor Rijnland is het dichte slootpatroon. De gemiddelde slootdichtheid is 117 meter sloot per hectare. Dit fijnmazige patroon is ontstaan voor een zo goed mogelijke ondersteuning van de landbouwfunctie in het gebied. De totale lengte aan sloten in het gebied bedraagt circa 12.367 kilometer. Hiervan ligt ruwweg de helft in de zuidelijk gelegen polders, de Haarlemmermeerpolder en de Bollenstreek.

Het water in de sloten wordt gevoed vanuit, of uitgemalen naar, de boezem. De totale lengte van de boezemkades in Rijnland komt uit op circa 1.200 kilometer. Hiervan is ongeveer 800 kilometer veenkade.



Figuur 6.6.1: Landgebruik veen en niet-veen gebied (Deltares)

6.2.2 Droogterisico's Rijnland

Rond de zoetwatervoorziening spelen op hoofdlijnen de volgende problemen in Rijnland:

- Droogtegevoelige veenbodem/-kades;
- Zoutgevoelige landbouwgewassen;
- (onomkeerbare) Natuurschade.

Rijnland laat in de zomer, via het boezemgemaal Gouda, water in vanuit de Hollandsche IJssel. Dat gebeurt om het peil te handhaven en om de boezem- en het poldersysteem met zoet water door te spoelen. Doorspoeling is nodig om de interne verzilting van diepe polders met zoute kwel tegen te gaan.

In een normaal jaar wordt gemiddeld 60 miljoen m³ water ingelaten vanuit de Hollandse IJssel. Hiervan wordt circa 20 miljoen m³ per jaar gebruikt voor doorspoeling van de polders (landbouw) en plassen (natuur)³³.

Bij langdurige droge weersomstandigheden kan de inlaat bij Gouda verzilt. Het inlaten met water uit de Hollandse IJssel wordt dan gestaakt. Om zo veel mogelijk zoet water te kunnen blijven inlaten, zal dan via de sluis bij Bodegraven van de Kleinschalige Water Aanvoer (KWA) een beperkte hoeveelheid water aangevoerd kunnen worden (circa 15 m³/s = 1,3 miljoen m³/dag).

De capaciteit van de KWA is echter gelimiteerd en wordt ook ingezet voor Delfland, zodat een aanvoertekort kan ontstaan. In een groot deel van het Rijnlandse beheergebied is er zonder peilhandhaving risico op onomkeerbare schade als gevolg van veenafbraak. In dit gebied wordt daarom het peil zoveel mogelijk gehandhaafd en is in 1976 water ingelaten vanuit de, toen verzilte, inlaat bij Gouda. Vanwege de gelimiteerde aanvoercapaciteit van de KWA kan het nodig zijn om ook in toekomstige extreme situaties aanvullend water in te laten vanuit de inlaat bij Gouda. Dit brengt een risico mee van verzilting van sloten en natuurgebieden. Deze spanning in het waterbeheer vormt de reden waarom juist Rijnland is gekozen als case binnen de studie.

6.3 Landbouw

Op basis van een frequentieanalyse is de zoetwatervoorziening voor de landbouw per gebied voor Rijnland bepaald. Als het aanbod kwantitatief en kwalitatief voldoende is voor de maximale vraag is het exacte verband tussen frequentie en aanbod niet relevant omdat er geen schade optreedt (mogelijke effecten door wateroverlast worden in deze studie niet meegenomen). Via een dosis-effect relatie worden het zoetwateraanbod vertaald in een fysieke opbrengstderving op jaarbasis. De opbrengstderving hangt daarbij af van de gevoeligheid van het gewas voor droogte en verzilting (zie ook Polman et al., 2012). De opbrengstderving wordt, afhankelijk het gewas, uitgedrukt in ton/ha of stuks/ha. Naast de fysieke opbrengstderving kan ook de kwaliteit van het product minder worden en tot hogere kosten leiden door bijvoorbeeld extra sorteren.

Het fysieke effect wordt vertaald in een welvaartseffect voor de Nederlandse samenleving. Hierbij wordt rekening gehouden met mogelijke prijseffecten en grensoverschrijdende effecten. Als bijvoorbeeld een deel van de landbouwproducten voor de export bedoeld is, dan valt niet het hele nadeel onder de *ationale* welvaartseffecten. Uiteindelijk kan de verwachtingswaarde van de economische schade worden berekend (gemiddeld welvaartseffect) door een koppeling te maken met de frequentieanalyse.

Toekomstige innovaties in de landbouw zullen de verwachtingswaarde van de schade beïnvloeden. Dit kan de verwachte schade verhogen omdat gewassen met een hogere toegevoegde waarde worden geteeld of verlagen als de landbouw maatregelen neemt om de kwetsbaarheid voor klimaatverandering te verminderen (adaptatie).

Om de effecten voor de landbouw in te schatten zullen we eerst de context van het grondgebruik door de landbouw in Rijnland schetsen. Vervolgens lopen we de afzonderlijke delen van het raamwerk langs: (1) (veranderingen) in dosis-effect relaties; (2) de waardering van fysieke effecten; (3) Prijs- en indirecte effecten; (4) schadecurves en kwadranten; en tenslotte de effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit.

³³ Bron Deltares/EEO analyse tijdens project

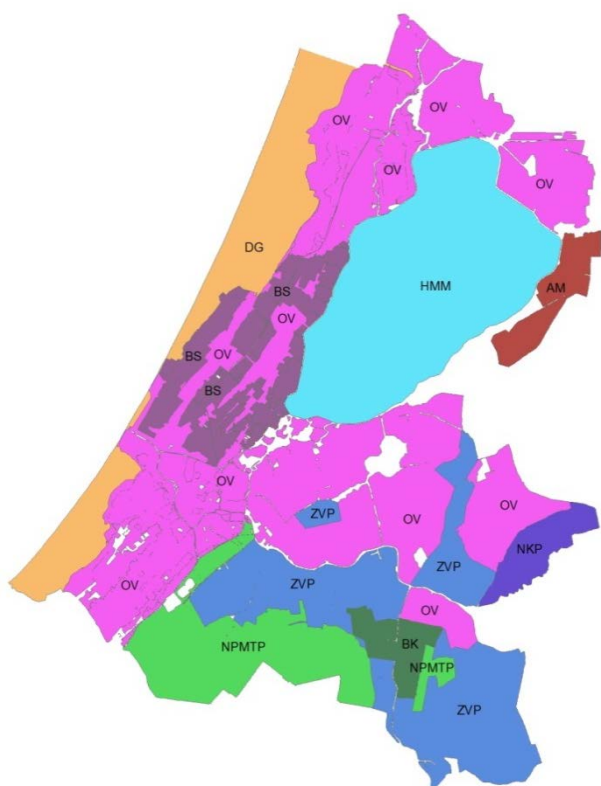
6.3.1 Grondgebruik Rijnland

Voor de kosten en baten van alternatieve vormen van zoetwatervoorziening van de landbouw is het agrarische grondgebruik een belangrijk startpunt. Met circa 42.000 hectare bestaat minder dan de helft van de ongeveer 100.000 hectare van het hoogheemraadschap Rijnland uit landbouwgrond (zie Tabel 6.1). Dit is ongeveer 3% van de totale oppervlakte landbouwgrond in Nederland. Voor heel Rijnland zijn de voedergewassen grasland en mais de belangrijkste grondgebruiksvormen (ongeveer 66%). Meer dan 90% van het grasland bevindt zich in de Haarlemmermeer, de Noordplas/Middelburg-Tempelpolder, de Zuidelijke veenpolders en de overige polders. Akkerbouwgewassen hebben een aandeel van 20% in agrarisch grondgebruik (granen, aardappelen, suikerbieten en overige landbouwgewassen). Akkerbouw komt voornamelijk voor in de diepe droogmakerijen, te weten de Haarlemmermeerpolder, polder de Noordplas, polder Nieuwkoop en polder Vierambacht (Hoogheemraadschap Rijnland, 2013). De overige 15% van Rijnland wordt gevormd door tuinbouw (bollen, boomkwekerij en overige gewassen). De boomkwekerij concentreert zich in Boskoop waar de schaalvergroting sinds 2000 sterk toegenomen (Vogelzang et al, 2009). Het grootste areaal bollen is terug te vinden in de Bollenstreek.

Tabel 6.1: Grondgebruik in Rijnland (Bron: NHI, op basis van LGN5)

	Aalsmeer (AM)	Boskoop (BK)	Bollen- streek (BS)	Duin- gebied (DG)	Haarlemmer- meer (HMM)	Nieuw- koopse Plassen (NKP)	Noord- plas, M- Tempel- polder e.a. (NPMT P)	Overige polders (OV)	Zuidelijke veen- polders (ZVP)	Totaal
Grasland	150	131	1450	94	2288	488	3106	11719	6963	26388
Mais	0	6	19	0	144	0	219	825	188	1400
Aardappelen	13	0	13	0	1188	0	469	225	13	1919
Bieten	0	0	0	0	1225	0	200	213	0	1638
Granen	13	0	19	0	3256	0	713	713	50	4763
Overige gewassen	13	6	88	0	825	0	381	419	6	1738
Boomkwe- kerijen	6	838	6	6	38	0	106	113	313	1425
Boomgaar- den	0	6	0	0	44	0	13	13	0	75
Bloembollen	0	0	1994	0	119	0	0	956	0	3069
Totaal	194	988	3588	100	9125	488	5206	15194	7531	42413

De verschillende deelgebieden van het hoogheemraadschap Rijnland worden weergegeven in Figuur 6.6.2.



Figuur 6.6.2: Onderscheiden deelgebieden binnen Rijnland (voor afkortingen: zie tabel 6.1)

Zoals ook uit Tabel 6.1 volgt, is het kenmerkende grondgebruik voor de verschillende gebieden van Rijnland zeer divers en daarmee verschillen ook de fysieke en welvaartseffecten door droogte per gebied. Het belang van zoetwater voor de verschillende gewassen is ook terug te zien in de arealen die worden beregend (Tabel 6.2)

In totaal kan ongeveer 20% van het gebied van Rijnland worden beregend. Voeder- en akkerbouwgewassen worden in Rijnland beperkt beregend. Voor grasland speelt hier mee dat de kosten van beregening relatief hoog zijn en dat het grootste deel bestaat uit veengrond. Ook landelijk ligt het percentage van het akkerbouwareaal dat kan worden beregend onder de 10% (Agrimatie, 2015). Beregening is belangrijk voor gewassen met een hoge toegevoegde waarde, zoals boomkwekerij en bollen. Bollen en boomkwekerij zijn voor wat betreft oppervlakte minder belangrijk, echter de toegevoegde waarde per hectare is relatief hoog in vergelijking tot grasland en akkerbouw. De effecten van verdroging en zoutwater zullen voor deze vormen van grondgebruik ook relatief groot zijn.

Tabel 6.2: Aandeel beregend in totaal landbouwareaal in Rijnland (Bron: NHI)

Gebied	Totaal areaal (ha)	Beregende oppervlakte (ha)	Aandeel in oppervlakte
Grasland	26387.5	3456.25	13%
Mais	1400	6.25	0%
Aardappelen	1918.75	193.75	10%
Bieten	1637.5	0	0%
Granen	4762.5	0	0%
Overige gewassen	1737.5	1150	66%
Boomkwekerijen	1425	1425	100%
Boomgaarden	75	68.75	92%
Bloembollen	3068.75	3068.75	100%
Totaal	42412.5	9368.75	22%

Tabel 6.3 geeft het aandeel beregend areaal weer per deelgebied. Het beregende areaal per deelgebied hangt samen met het bouwplan van het gebied. Boskoop en de Bollenstreek zijn gebieden waar beregening belangrijk is.

Tabel 6.3: Oppervlakte deelgebieden Rijnland en aandeel beregend areaal (Bron: NHI)

Gewas	Totaal (ha)	Beregend (ha)	Aandeel
Aalsmeer	194	50	26%
Boskoop	988	969	98%
Bollenstreek	3588	2156	60%
Duingebied	100	63	63%
Haarlemmermeer	9125	1513	17%
Nieuwkoopse Plassen	488	131	27%
Noordplas, Middelburg-Tempelpolder e.a.	5206	538	10%
Overige polders	15194	2706	18%
Zuidelijke veenpolders	7531	1244	17%
Totaal	42413	9369	22%

Slechts een beperkt deel van het gebied van Rijnland beregent, waarbij er grote verschillen zijn tussen de gebieden: van bijna 10% tot bijna 100%. Onderzoek toont aan dat zoutschade kan ontstaan als wordt beregend met te zout water en/of als zout grondwater via capillaire opstijging naar de wortelzone wordt getransporteerd (Stuyt et al, 2013). In Rijnland speelt hoofdzakelijk het eerste proces. Nu al heeft Rijnland moeite de chloridenorm te halen (Tamboer et al, 2009). Zout in de wortelzone van landbouwgewassen verhoogt de osmotische potentiaal waardoor wateropname door de wortels kan worden geremd, met verdampingsreductie en opbrengstderving tot gevolg (Stuyt et al, 2013). Daarnaast kan door beregening met zoutwater bladschade ontstaan en structuurschade aan de bodem. Bollen zijn relatief gevoelig voor zout in de wortelzone. Gras, granen en koolzaad zijn de meest tolerante gewassen.

Grondwater komt in de dieper gelegen polders als kwel naar boven. Over het algemeen zal het kwelwater in de toekomst steeds zouter worden waar het nu al zout is. Mogelijke effecten op verzilting van bodems bij onderwaterdrainage zijn verwaarloosbaar en worden niet meegenomen. De schade voor de meeste gebieden zal ontstaan als gevolg van droogte, en niet als gevolg van het gebruik van zout water. In dit hoofdstuk wordt alleen voor het beregende gebied de schade als gevolg van verzilting berekend.

Van Bakel et al (2013) laten zien dat oorspronkelijk de behoefte aan drainage vanuit de landbouw voortkomt uit het feit dat voorheen nogal wat gronden te nat waren om er succesvol landbouwgewassen op te telen. Drainage van landbouwgrond kan geschieden via greppels, drainagebuizen, beken en sloten of een combinatie van deze middelen. De voordelen van drainage zijn dat de grond in het voorjaar sneller droogt en opwarmt. Verder geven van Bakel et al (2013) aan dat drainagebuizen als hebben voordeel dat ze ondergronds liggen en verspreid over het perceel, waardoor de grondwaterstanden relatief vlakker worden in vergelijking met drainage via open water. Daarnaast zijn drainagebuizen niet nadelig of hinderlijk voor grondbewerking en andere werkzaamheden qua management van het perceel.

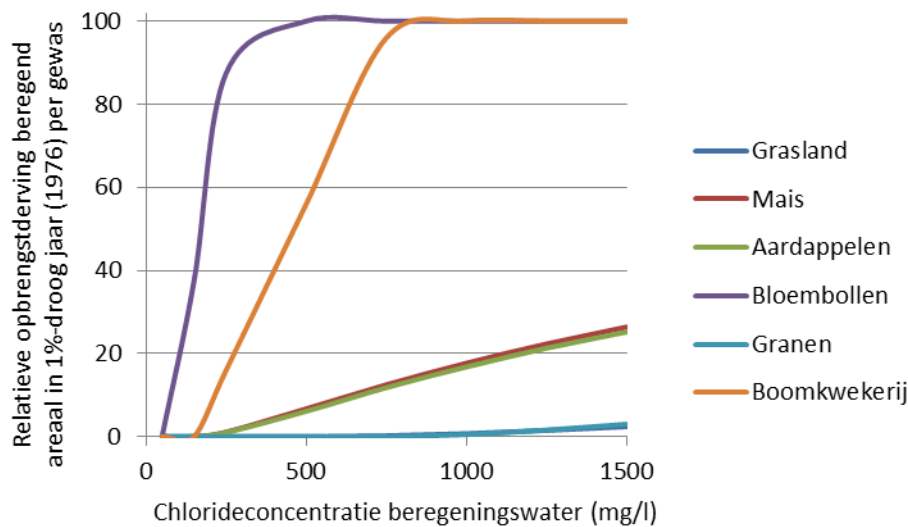
De landbouw in Rijnland zal in de komende 50 jaar enerzijds mogelijk te maken krijgen met claims voor stedelijke ontwikkeling, anderzijds zal er een blijvende schaalvergroting in de veenweidegebieden zijn (Tamboer et al, 2009; Hoogheemraadschap Rijnland, 2014a). Bodemdaling is belangrijk voor gebieden met veenweidegrond (zoals binnen de gemeenten Gouda, Kaag en Braassem en in mindere mate Haarlem) (Hoogheemraadschap, 2014b). Hiervoor worden verschillende scenario's ontwikkeld. Greenports zoals de Bollenstreek, Boskoop en Aalsmeer en omstreken zijn economische concentratiegebieden. Voor bollengemeenten zoals Hillegom is zoetwater een belangrijk thema (Hoogheemraadschap Rijnland, 2014b). Er is ook een trend naar meer (biologische) extensieve landbouw (Hoogheemraadschap Rijnland, 2014a).

6.3.2 Dosis-effectrelatie

Dosis-effectrelaties voor de landbouw zijn bepaald voor de beregende gebieden. In de €ureyopener 1.0 wordt gekeken naar zoutschade voor de beregende arealen. In deze studie volgen wij deze benadering. De dosis-effect relatie is specifiek voor een gewas en de grondsoort (zand/klei) en kent een aantal karakteristieken:

- De zoutgevoeligheid is niet constant gedurende het groeiseizoen, wat zorgt voor verminderde mogelijkheden tot wateropname door de wortels (Stuyt et al, 2013). Vooral tijdens de vruchtzetting zijn veel gewassen gevoelig.
- De zouttolerantie van gewassen is daardoor lager naarmate de transpiratie, bepaald door temperatuur, straling en luchtvochtigheid, hoger is. Ook is de beluchting van de bodem van belang (Stuyt et al, 2013).

De dosis-effectrelaties chlorideconcentraties voor de gewassen in de Haarlemmermeer worden weergegeven in Tabel 6.3.



Figuur 6.6.3: Dosis-effectrelatie voor beregende gebieden binnen de HAARLEMMERMEER voor verschillende gewassen

Uit Figuur 6.6.3 volgt dat de effecten van een verhoogde chlorideconcentratie voor boomkwekerijen en overige gewassen relatief groot zijn. De fysieke gewasopbrengst is onder andere afhankelijk van klimatologische factoren, zoals de transpiratie. Voor de bepaling van Figuur 6.6.3 is gewerkt met een potentiële opbrengst en een actuele opbrengst als gevolg van verandering chloride concentratie. De potentiële fysieke opbrengst is afhankelijk van een verdampingsfactor (potentiële evapotranspiratie over het groeiseizoen te delen door het langjarig gemiddelde potentiële evapotranspiratie) en een langjarig gemiddelde potentiële gewasopbrengst (Mulder en Veldhuizen, 2014).

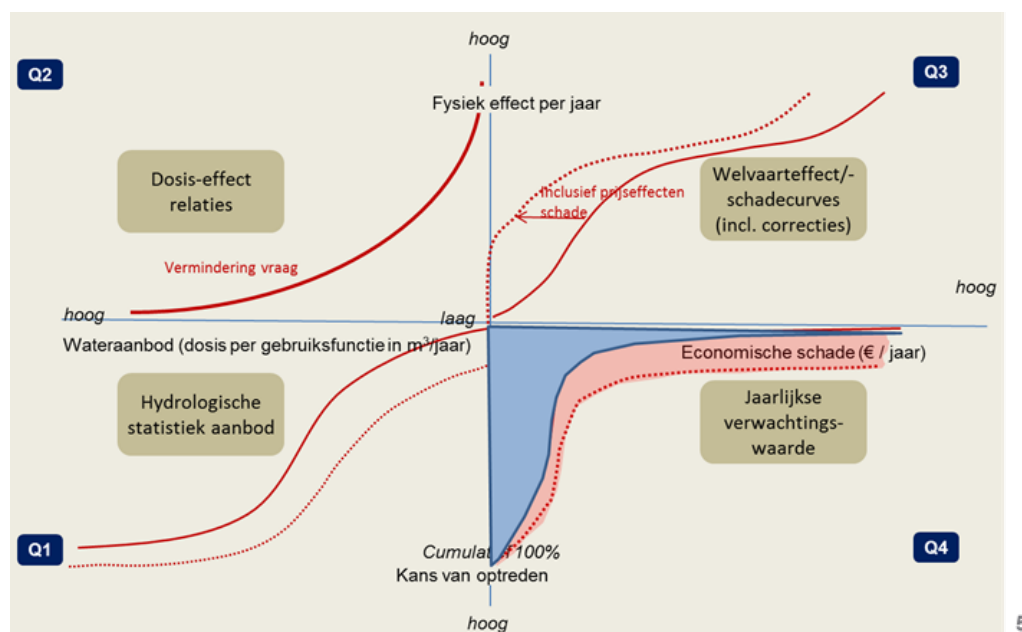
De gewassen in Figuur 6.6.3 zijn relatief heterogene categorieën van grondgebruik met een hoge toegevoegde waarde. De opbrengstderving is verschillend per gebied in Rijnland door het aandeel van het areaal dat kan worden beregend plus verschillen in grondsoort. De zoutschade voor aardappelen zal hoger zijn in gebieden waar het beregende areaal groter is. In gebieden waar niet beregend wordt, zal de droogteschade relatief groter zijn. Hiervoor zullen afzonderlijke dosis-effectrelaties moeten worden bepaald. De exacte opbrengstderving door droogte op korte termijn hangt af van (Reinhard et al, 2015):

- Frequentie en timing van de droogte (fysieke schade hangt samen met groeiseizoen van het gewas) en de regio. Dit is meegenomen in de dosis-effectrelaties;
- Type gewas (graan is minder gevoelig dan aardappelen): keuze van de landbouwer (voor meerjarige gewassen zoals fruitbomen een investeringsbeslissing). Dit aspect is verwerkt in de dosis-effectrelaties;
- De inzet van beregeningsapparatuur is een investeringskeuze van de landbouwer; dit kan ook een vorm van adaptatie zijn. In de referentiesituatie is beregeningsapparatuur aanwezig voor circa 20% van het areaal en dit zal de loop van de dosis-effectrelatie beïnvloeden;
- De beschikbare hoeveelheid opgeslagen water per bedrijf is ook een investeringskeuze van de landbouwer en/of een groep ondernemers in een regio. Ook dit heeft een effect op de dosis-effectrelatie en is een vorm van adaptatie.

6.3.3 Economische waardering effect

De bepaling van schadecurves is de volgende stap voor de methode. Het welvaartseffect in Rijnland voor de landbouw wordt gebaseerd op de vermindering van de gewasopbrengst, rekening houdend met eventuele prijsstijging van de producten en de prijselasticiteit van de vraag naar gewassen. De prijseffecten zijn per gewas verschillend, waardoor ook elk gewas zijn eigen typische schadecurve heeft.

De omvang van Rijnland is daarbij relatief beperkt ten opzichte van de Nederlandse landbouw als geheel (en de Europese- of wereldmarkt). De effecten van een droogte voor Rijnland alleen zullen daardoor op de Nederlandse schaal beperkt zijn. Er zullen extra veronderstellingen moeten worden gemaakt over de reikwijdte van de droogte buiten Rijnland en een sociaaleconomisch scenario waarin de droogte plaatsvindt. In deze case gaan we uit van een lokale droogte en rekenen we het effect door van een lokale droogte ten opzichte van een normaal jaar (zie Figuur 6.4).



Figuur 6.6.4: Effecten van droogte in de landbouw

In kwadrant 1 van Figuur 6.4 wordt de situatie weergegeven dat de kans op een bepaald wateraanbod lager wordt. De kans wordt groter dat het wateraanbod lager wordt. De dosis-effect relatie is verondersteld gelijk te blijven. In de praktijk kan een dosis-effect relatie door klimaatverandering wijzingen omdat de potentiële productie door temperatuurstijging kan stijgen.

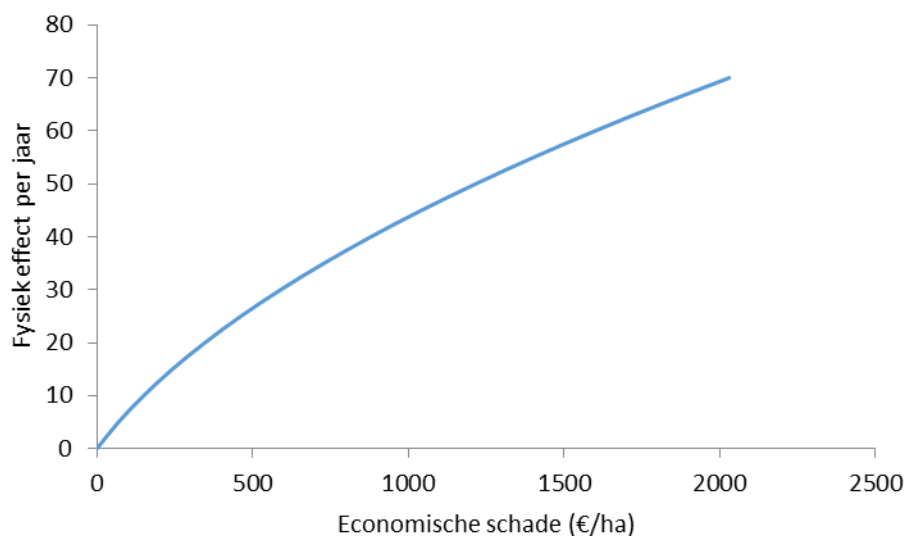
De agrariërs worden geconfronteerd met een daling van hun inkomen (welvaartsverlies) en beperkte gevolgen door een prijsverandering. Het welvaartsverlies voor de samenleving als geheel is ook gering.

Het welvaartseffect voor de consumenten hangt af van de prijsstijging van de producten en de prijselasticiteit (Reinhard et al, 2015). Voor het berekenen van de verandering van de welvaart in Nederland, dient onderscheid te worden gemaakt tussen consumenten van landbouwproducten binnen Nederland en buiten Nederland.

De kostenstijging voor Nederlandse consumenten wordt wel meegenomen, maar dit wordt niet gedaan voor buitenlandse consumenten. Samen met de schade voor de sector geeft dit het effect op de nationale welvaart.

Prijs- en indirecte effecten

In Figuur 6.5 wordt als illustratie de schadecurve voor aardappels gegeven voor droogte. Door prijseffecten neemt welvaartseffect van een fysieke opbrengstderving af. De economische schade zal hierdoor afnemen. Doorwerking in de keten (indirecte effecten) zijn niet meegenomen.



Figuur 6.6.5: Welvaartseffect aardappels Haarlemmermeer voor droogte; kwadrant 3 (per ha op basis van methodiek Reinhard et al., 2015)

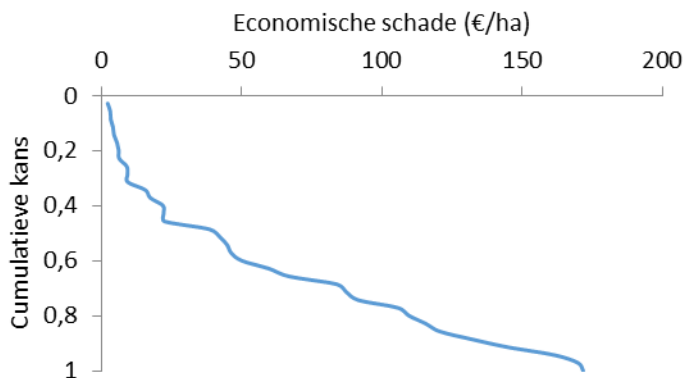
Een welvaartseffectcurve wordt uiteindelijk bepaald aan de hand van mogelijke opbrengstdervingen als gevolg van droogte of verzilting. De opbrengstderving als gevolg van voor droogte, nat- en zoutschade kan worden geaggregeerd. De geaggregeerde opbrengstderving vormt de input voor dit kwadrant. In Figuur 6.6.5 wordt het welvaartseffect voor Nederland als geheel gegeven. Hierbij houden we de vraagprijselasticiteit en het aandeel op de wereldmarkt constant (Reinhard et al, 2015). De aardappel is een typisch exportproduct met een relatief groot aandeel op de wereldmarkt.

Schadecurves en kwadranten

In deze paragraaf wordt, op basis van de globale inzichten in de dosis-effect relatie, droogte voor aardappelen voor de Haarlemmermeer en de schadecurve, de verwachte economische schade bepaald. De gemiddelde jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect wordt in kwadrant vier (Q4) afgeleid (zie Figuur 6.4), op basis van de curves in kwadrant een (Q1) en drie (Q3). De curve van kwadrant 1 en kwadrant 2 zijn in NHI samengenomen en vertaald in de cumulatieve verdeling van de kans van optreden (y-as naar beneden) van de oplopend gesorteerde droogte per jaar. Elk punt heeft een kans van optreden van 1/34 per jaar.

Voor kwadrant 2 is er vanuit gegaan dat een droogte (afwijking van de potentiële productie) één-op-één in relatie staat met productiederving. Deze dosis-effectrelatie is onderdeel van NHI (Figuur 6.4). Op basis van opbrengstderving (resultaat NHI), kan vervolgens in kwadrant 3 de curve voor het economische effect worden getekend (Figuur 6.5).

De combinatie van kwadrant 1, 2 en 3 maakt het mogelijk om de grafiek in kwadrant 4 te tekenen (Figuur 6.6.6). Het oppervlak onder de curve in dit kwadrant, is de jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect. In dit geval komt het uit op ongeveer 45 euro per hectare per jaar.



Figuur 6.6.6: Kansdichtheidsfunctie economische schade opbrengstderving droogte, huidige situatie

Belangrijk om op te merken, is dat het hierboven becijferde risico als zuiver illustratief moet worden gezien. De gepresenteerde illustratieve case is op een aantal punten noodzakelijkerwijs sterk vereenvoudigd. Dit komt deels doordat de curves per gewas en fysieke effect (droogte of verzilting) verschillend zijn. Het volledig uitwerken van deze curves is in het kader van dit onderzoek niet mogelijk.

6.3.4 Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptiviteit

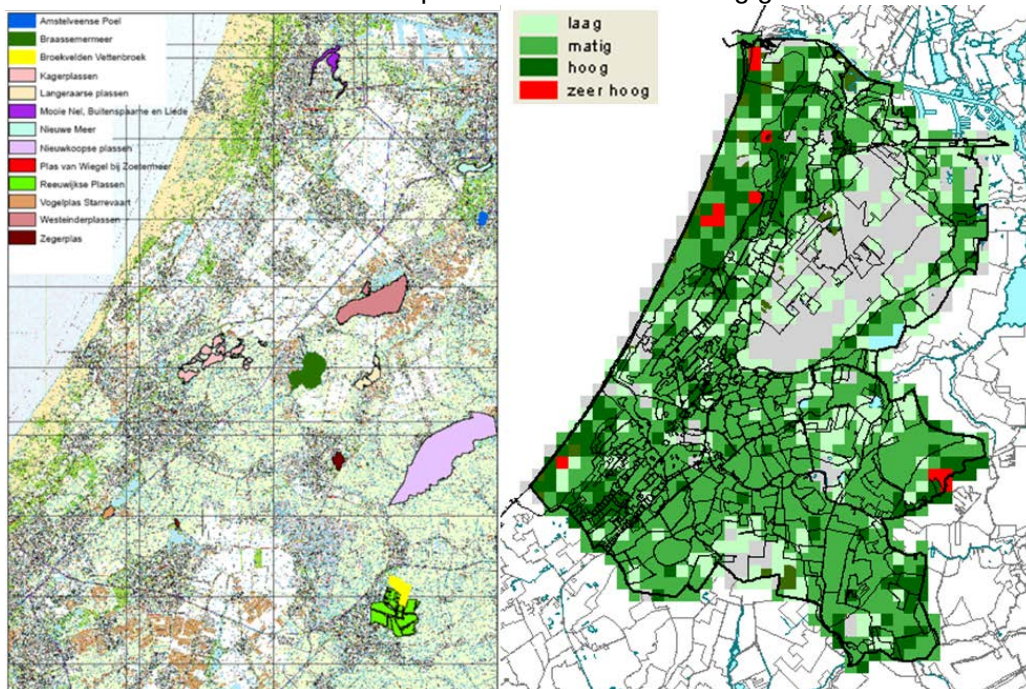
De ondernemers in de verschillende deelgebieden van Rijnland zullen rekening moeten houden met een aantal autonome ontwikkelingen zoals de verdergaande verstedelijking in het gebied (afname areaal en (recreatief) medegebruik van het landbouwgebied), marktontwikkelingen en klimaatverandering. Op de middellange termijn speelt hier het Europese landbouwbeleid een belangrijke rol voor de akkerbouw en de melkveehouderij. Het aantal bedrijven zal in Rijnland verder afnemen. De autonome ontwikkeling zal per deelgebied verschillen door verschillen in de landbouwstructuur, zoals geschetst is paragraaf 5.2. De bodemstructuur, waterafvoer, waterberging en peilbeheer zijn belangrijke variabelen voor de toekomst van de landbouw. De mate van schaalvergroting, intensivering en verbreding richting natuur en streekproducten zal per bedrijfstype verschillen en zal mede worden bepaald door de natuurlijke omstandigheden. Voor verschillende deelgebieden en bedrijfssystemen zijn er visies ontwikkeld – zonder volledig te willen zijn – zoals voor de Haarlemmermeer (Mijnders et al, 2011), voor Rijnland als onderdeel van het Groene Hart (Vogelzang et al, 2009), Boskoop (Koning en Opdam, 2012), in het kader van het Waterbeheersplan 5 voor Rijnland (Hoogheemraadschap Rijnland, 2014), veehouderij onder natte omstandigheden in veengebieden (Vogelzang en Blokland, 2012; Hoving et al, 2013). Op basis van bestaande studies zal een autonome ontwikkeling voor de landbouw in Rijnland moeten worden ontwikkeld dat zal resulteren in verschillende varianten van verwachte schade en de effecten van adaptatie, zoals onderwaterdrainage. De verdergaande schaalvergroting biedt mogelijkheden voor de keuze van duurdere technologieën op bedrijfsniveau en meer flexibiliteit in arbeidsbehoefte. Ook kan de waterefficiëntie worden verhoogd door nieuwe productiemethoden. Ten slotte is het een optie om het verlies aan waterproductiviteit te accepteren door het realiseren van toegevoegde waarde, met diensten als zorg, speciale (regionale) producten, recreatie, natuur, enzovoort. Het laatste is een mogelijk strategie in de veenweidegebieden bij verhoging van het waterpeil.

6.4 Natuur

6.4.1 Beschrijving natuur Rijnland

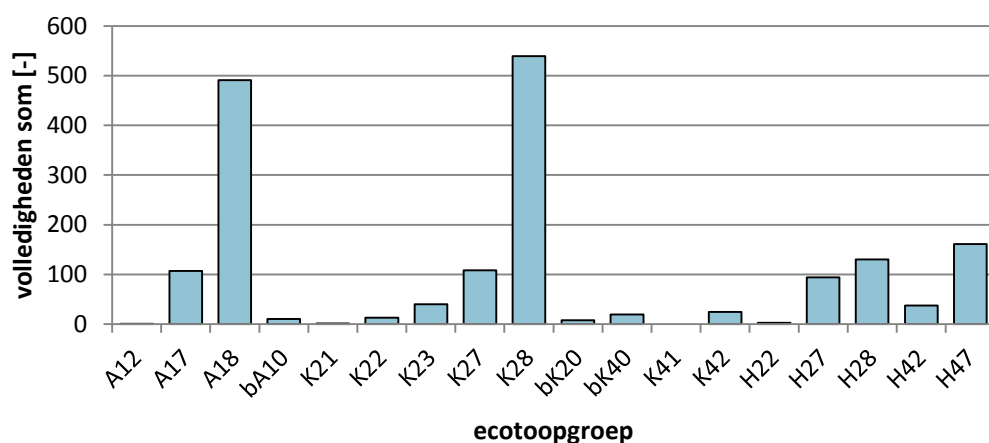
In het beheersgebied van Hoogheemraadschap Rijnland is de meeste natuur te vinden in het Duingebied en de Nieuwkoopse plassen (zie Figuur 6.7). Voorbeelden van duingebieden zijn Kennemerland-Zuid, Coepelduynen en Meijndel & Berkheide. Daarbuiten zijn het weidevogelreservaat de Wilck en het laagveenmoeras de Nieuwkoopse Plassen noemenswaardig. Vooral de Nieuwkoopse Plassen is een bijzonder natuurgebied. Het is in Rijnland het enige gebied dat valt onder én de Natura2000 richtlijnen en de vogel- en habitatrichtlijn (Alterra, 2008).

Daarnaast zijn er verspreid over het beheersgebied meer dan 10 plassen te vinden. Variërend van de Nieuwe Meer in het noordoosten tot de Reeuwijkse plassen in het zuidoosten. De meeste van deze plassen worden veelvuldig gebruikt voor recreatie.



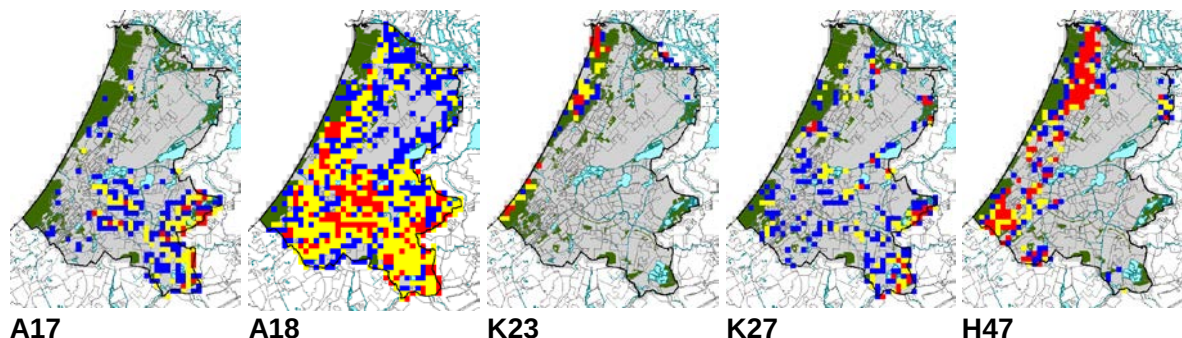
Figuur 6.6.7: Plassen in Rijnland (links) (Hoogheemraadschap Rijnland, 2007) & Natuurwaardesom per kilometerhok van natte en vochtige ecotoopgroepen in DEMNAT-2 (rechts).

Met het natuureffectmodel Demnat zijn de natuurwaarden in het gebied berekend voor terrestrische en semi-aquatische ecotoopgroepen. In de Haarlemmermeer zijn vrijwel geen natuurwaarden aanwezig, terwijl relatief hoge waarden worden aangetroffen in het duingebied en het laagveengebied (voornamelijk bij de Nieuwkoopse plassen). Figuur 6.8 geeft de volledigheden som per ecotoopgroep aan voor het beheergebied van HH Rijnland. De volledigheden som is een maat voor de aanwezigheid van ecotoopgroepen.



Figuur 6.6.8: Volledigheden som per ecotoopgroep voor het beheergebied van HH Rijnland (zie de bijlage G voor uitleg van de ecotoopgroepen)

Van de (semi-)aquatische ecotoopgroepen komt vooral de soortgroep A18 (zeer voedselrijk water), en in mindere mate A17 (matig voedselrijke wateren) voor. Bij de kruidachtige vegetaties is vooral soortgroep K28 (natte zeer voedselrijke graslanden), K27 (matig voedselrijke graslanden) en K23 (pionier en grasland vegetatie van natte voedselarme basische standplaatsen) aanwezig. De ecotoopgroep K28 is te vinden langs sloten en cultuurgrasland, de soortgroep K23 kan vooral worden aangetroffen in kalkrijke duinen. Qua houtige vegetatie (struweel en bos) komen vooral de ecotoopgroepen H27 en H28 voor (nat matig voedselrijk tot zeer voedselrijk) en H47 (vochtige matig voedselrijke bossen). Figuur 6.9 geeft de ruimtelijke verspreiding van een aantal ecotoopgroepen weer.



Figuur 6.6.9: Verspreidingskaarten van enkele ecotoopgroepen

Figuur 6.6.9 laat zien dat ecologisch interessante sloten in het laagveengebied te vinden zijn (zie A17), en met name goed zijn ontwikkeld rondom de Nieuwkoopse -en Reeuwijkse plassen. De natte kruidachtige vegetatie (K27) laat een vergelijkbaar patroon zien. Zeer voedselrijke wateren zijn algemeen en kenmerkende soorten worden vrijwel overal aangetroffen behalve in de duinen en de Haarlemmermeerpolder. Natte voedselarme basische vegetatie (K23) is goed ontwikkeld in de duinen en de vochtige matig voedselrijke bossen (H47) zijn vooral te vinden langs de randen van het duingebied.

6.4.2 Dosis-effect relatie invloed van droogte op natuur

Het handhaven van het waterpeil heeft in Rijnland een hoge prioriteit. Het streefpeil in de boezem en polders wordt strikt gehandhaafd om het uitdrogen van veendijken en bodemdaling te voorkomen.

Tot nu toe zijn er in Rijnland daardoor geen grote waterkwantiteitsproblemen opgetreden (Hoogheemraadschap Rijnland, 2007). Wel kunnen de volgende waterkwaliteitsproblemen ontstaan door aanvoer van water:

1. eutrofiëring (vermesting) door aanvoer van nutriënten
2. verzuring door aanvoer van sulfaat
3. verzilting door aanvoer van zout

De effecten van droogte en de eventueel daarop volgende waterkwantiteit- en waterkwaliteitsproblemen zijn anders voor aquatische systemen dan voor terrestrische systemen. De effecten van droogte op aquatische systemen kunnen variëren van droogval tot verzilting. In Rijnland zijn voornamelijk waterkwaliteitsproblemen te verwachten met effecten op de biodiversiteit tot gevolg. Terrestrische ecosystemen hebben vooral te maken met mineralisatie van de bodem, bodemdaling, verhoogde CO₂-uitstoot en evapotranspiratie. Het is de verwachting dat in Rijnland deze effecten in meer of mindere mate kunnen optreden.

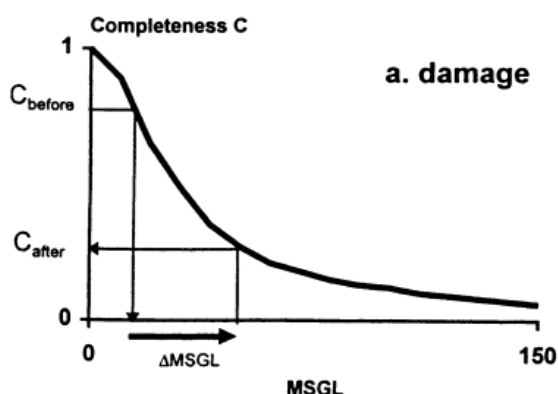
In Rijnland zijn voornamelijk de veengebieden Nieuwkoopse Plassen, Reeuwijkse Plassen en de geïsoleerde diepe plas Broekvelden Vettenbroek gevoelig voor de oppervlaktewater kwaliteit. Vooral in de Broekvelden Vettenbroekplas heeft inlaat van water direct gevolg voor het zeer gevoelige ecosysteem.

Opbouw dosis en effect voor Rijnland

Het effect op de natuur is afhankelijk van verschillende doses, o.a. de grondwaterstand (en/of bodemvocht), peil van kleine oppervlaktewateren, de kwelflux en waterkwaliteitsparameters. Daarbij is het effect afhankelijk van het tijdstip waarop de droogte optreedt. De meeste dosis-effectrelaties zijn onderdeel van natuureffectmodellen. De dosis komt uit abiotische modellen, zoals NHI, en het effect wordt gemodelleerd met biotische modellen, zoals Probe en Demnat (KWR, 2015; Van Ek et al, 2000).

De historische analyse natuur geeft een idee van de effecten van droogte op de ecosysteemttypen relevant voor Rijnland. Dit zijn voornamelijk interne eutrofiering en verzilting van sloten en ondiepe meren/laagveenplassen. Indien de grondwaterstand uitzakt kan in natte en vochtige bossen mineralisatie van de bodem plaatsvinden met een negatief effect op voedselarme vegetatie tot gevolg. Uitzakken van grondwaterstanden heeft effect op de vegetatie in natte en vochtige duinvalleien, zoals verlies van dopheide en kenmerkende soorten als klokjesgentianen, parnassia en eenjarig wollegras. De historische analyse laat enkel de effecten zien van droge periodes zonder dat deze goed te relateren zijn aan een bepaalde droogte gebeurtenis, daarom worden de dosis-effect relaties geïllustreerd aan de hand van modeluitkomsten.

In deze casestudie wordt hiervoor Demnat gebruikt. Demnat berekent op basis van grondwaterstand, de kwelflux, verandering in de inlaat van systeemvreemd water (fosfaatgehalte), verandering in chlorideconcentratie en verandering peil van kleine oppervlaktewateren de botanische kwaliteit oftewel de compleetheid van 18 ecosysteemttypen (Van Ek, 2000). In het model zitten dus verschillende dosis-effectrelaties (zie bijvoorbeeld Figuur 6.6.10).



Figuur 6.6.10: Dosis-effect relatie voor de gemiddelde voorjaars grondwaterstand (MSGL) afgezet tegen de compleetheid van het ecosysteemtype

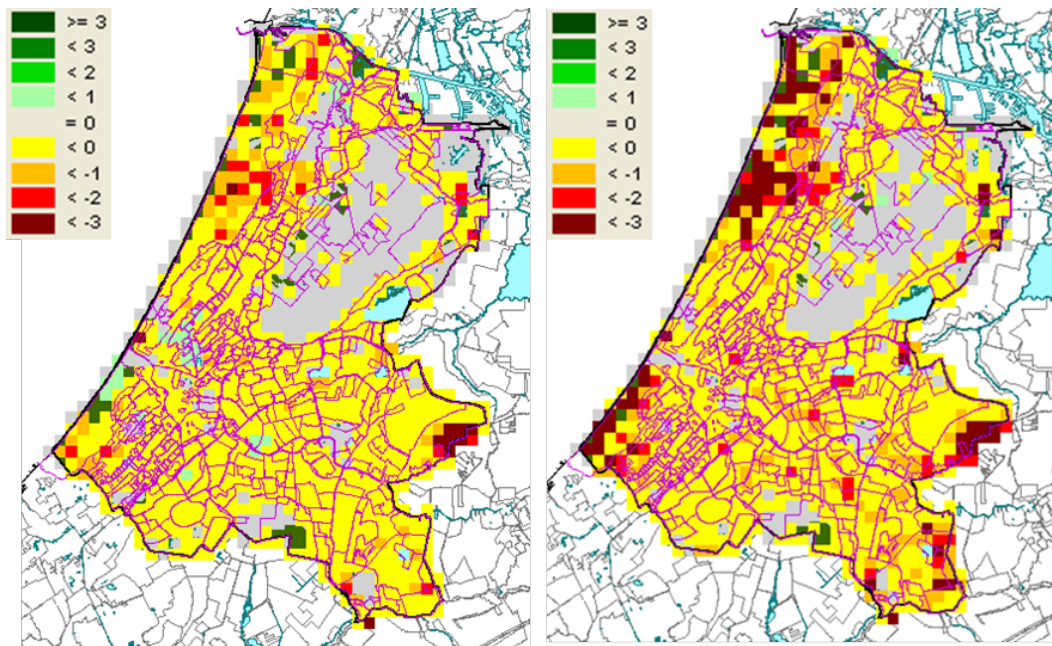
Met het Demnat model is uitgerekend wat de effecten zijn van droogte op de terrestrische natuur (incl. vennen, sloten, plassen en duinmeren) in Rijnland. Hiervoor is de uitgangssituatie doorgerekend (hydrologische situatie van 1967) en twee droge jaren, 1989 en 1976. Het jaar 1989 wordt gezien als een jaar dat 1 keer in de 10 jaar kan voorkomen, 1976 wordt gezien als een 1 op 100 jaar. Demnat gaat uit van een evenwichtstoestand, dat betekent dat het de effecten doorrekend van de hydrologische omstandigheden in het jaar 1976 en 1989. Hierbij gaat het model ervan uit dat de hydrologische omstandigheden ook in de jaren erna hetzelfde zijn als in de jaren 1976 en 1989. Het model overschat dus altijd de effecten van een droogte. Wel laat het goed zien waar de voornaamste verandering in natuurwaarde zal optreden.

6.4.3 Waardering effect

Waardering fysieke effecten

De ecologische effecten in Demnat worden vertaald in een natuurwaarde. Deze bestaat uit de compleetheid van de ecotoop maal de zeldzaamheid en de oppervlakte van de ecotoop. Deze uitkomst kan worden gezien als een maat waarin de intrinsieke waarde van natuur is uit te drukken. De natuurlandpuntenmethode hanteert een vergelijkbare methode (natuurlandpunt = oppervlak*natuurkwaliteit*weegfactor) met als voornaamste verschil dat de verandering in algehele biodiversiteit wordt meegenomen en is daarbij afhankelijk van modellen als Demnat (Van Gaalen et al, 2014). Voor PROBE geldt dat de gesommeerde oppervlakteveranderingen voor alle typen vegetatie kunnen worden vermenigvuldigd met een waarderingsgetal (bv zeldzaamheid) (KWR, 2015). Dit geeft ook inzicht in de intrinsieke waarde.

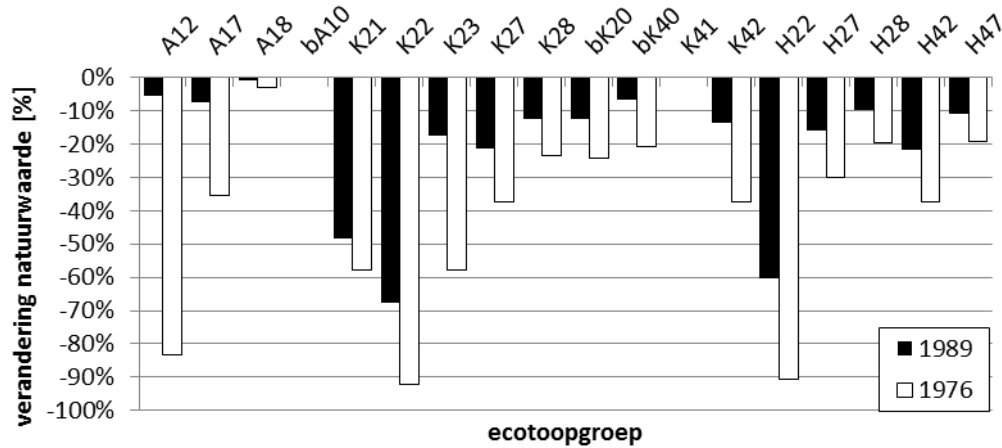
Figuur 6.11 laat de totale natuurwaardeverandering zien voor een droog (1989) en extreem droog jaar (1976). Vrijwel alle ecotoopgroepen ondervinden een verlies in botanische compleetheid bij droogte. De grootste verandering in natuurwaarde per kilometerhok doet zich voor in het laagveengebied (Nieuwkoopse plassen, Reeuwijkse plassen) en in het duingebied. Oorspronkelijk was de natuurwaarde op deze plekken ook het hoogst.



Figuur

6.6.11: Totale natuurwaardeverandering in het beheergebied van HH Rijnland bij [links] een droog (1989) en [rechts] extreem droog jaar (1976)

Figuur 6.12 geeft per ecotoopgroep de verandering in natuurwaarde als een percentage van de natuurwaarde aangetroffen in de uitgangssituatie. Het geeft een beeld van welke ecotoopgroepen volgens het model vooral gevoeligheid zijn voor droogte.

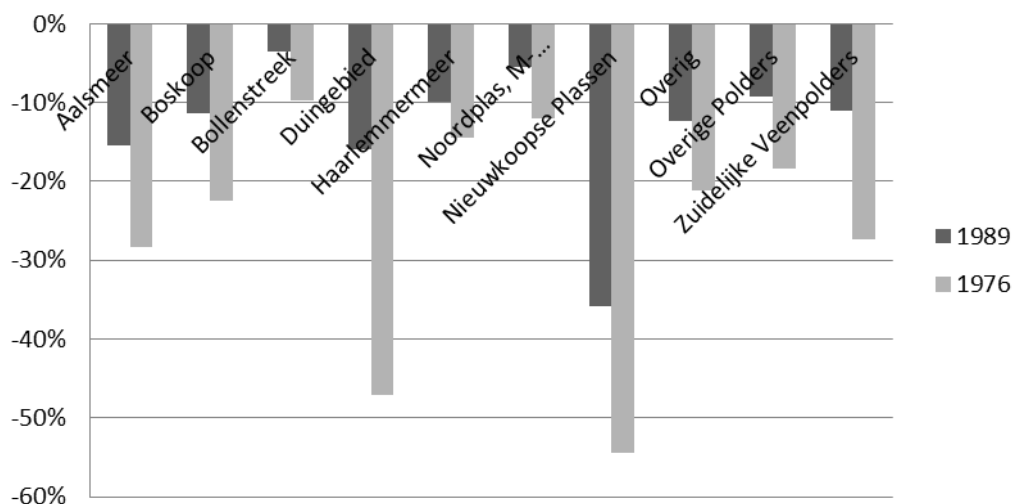


Figuur 6.6.12: Verandering in natuurwaarde ten opzichte van de natuurwaarde in de uitgangssituatie

Demnat geeft aan dat vooral de natte voedselarme ecotoopgroepen het sterkst reageren op de droogte, zoals ecotooptypes A12, K21, K22 en H22. Vooral de ecotooptypen waarvan de compleetheid in het gebied al laag was (zie Figuur 6.8 en Figuur 6.12) lijken sterk achteruit te gaan in natuurwaarde. Voorbeelden zijn veenmos, rietlanden en trilvenen, duinvalleien, duinmeren, natte heiden en hoogveen, en blauwgraslanden. Van sommige ecotooptypes, zoals A17 en A27, was de compleetheid hoog, maar gaan toch achteruit in natuurwaarde. De ecotooptypes sloten en plassen in laagveen en kleigebieden en pionier (A18) & grasland vegetaties op natte matig voedselrijke bodems (K28) zijn veelvuldig aanwezig en het meest 'compleet', maar gaan amper in natuurwaarde achteruit. De uitkomsten laten ook zien dat de effecten in 1976 groter zijn dan in 1989. In totaal nemen de natuurwaardes voor Rijnland in 1989 met 12% en in 1976 met 26% af.

Als de natuurwaardes worden bekeken per deelgebied zijn de natuurwaardes in het duingebied, de zuidelijk veenpolders en overige polders zijn het hoogst. In 1989 neemt de natuurwaarde het meest af in de Nieuwkoopse plassen vooral veroorzaakt door de ecotooptypes K22 (veenmosrietlanden, trilvenen, blauwgraslanden en kalkarme duinvalleien) en H22 (bronbossen). Ook in het duingebied is de afname groot, dit wordt vooral veroorzaakt door achteruitgang in ecotooptype K23 (natte voedselarme basische vegetatie). Deze trend zet zich door in 1976 met een grotere afname van de natuurwaarde in de Nieuwkoopse plassen en het duingebied. Ook is er een afname te zien in alle andere ecotooptypes (zie Figuur 6.13).

Afname natuurwaarde deelgebieden Rijnland in droge jaren



Figuur 6.6.13: Verandering natuurwaarde in de deelgebieden van Rijnland in een droog jaar (1989) en een zeer droog jaar (1976) ten opzichte van de uitgangssituatie

In het hoofdstuk natuur (zie Hoofdstuk 4) wordt al beschreven dat de Demnat resultaten niet geschikt zijn om te gebruiken in de kwadrantenmethodiek, omdat het uitgaat van een structurele watertekorten en daardoor de natuurverandering overschat. Deze resultaten worden hiervoor dus ook niet gebruikt. De verwachting is dat de jaarlijkse verwachtingswaarde van de intrinsieke waarde wel berekend kan worden met PROBE resultaten en de natuurlinienmethodiek, deze resultaten zijn voor Rijnland echter nog niet beschikbaar.

Doorvertaling effecten naar ecosysteemdiensten

Op basis van de te verwachten effecten van droogte in Rijnland en de mogelijke effecten van droogte op ecosysteemdiensten (zie algemene paragraaf natuur) is de verwachting dat in Rijnland voornamelijk de volgende ecosysteemdiensten worden beïnvloed door droge periodes:

- Bodemvorming inclusief opslag van organische stof;
- Waterbeheer;
- Waterzuivering;
- Esthetische waarde;
- Recreatie;
- Habitat functie.

De verwachting is dat de bodemeigenschappen van veengebieden door droogte veranderen, o.a. door mineralisatie van organisch materiaal. Ook heeft droogte effect op de grondwaterafgifte en zal door inlaat van water de voedselrijkdom in plassen met een veenondergrond toenemen. De waterkwaliteit zal hierdoor verminderen. De recreatie en esthetische waarde zal mogelijk vooral beïnvloed worden door achteruitgang van de biodiversiteit en verslechtering van de oppervlaktewaterkwaliteit (blauwalg, botulisme et cetera) waardoor recreatiemogelijkheden verminderen. Ook de habitatfunctie wordt in de meeste ecosysteemtipes beïnvloed. Een voorbeeld is het negatief effect van verruiging van het duinlandschap op de vlinderpopulatie.

Gevolgen van droogte voor verschillende partijen

De meeste effecten van droogte op de natuur in Rijnland hebben geen directe financiële gevolgen voor partijen. Mogelijk heeft het een (zeer beperkt) effect op de omzet van recreatieve ondernemers. Bij lang aanhoudende droogte of een combinatie van verdroging en incidentele droogte met negatieve effecten op de natuur is de verwachting dat natuurbeheerders maatregelen zullen nemen. In dat geval heeft droogte ook financiële gevolgen. Ook drinkwaterbedrijven (b.v. Dunea) met buffers in de duinen kunnen soms worden gezien als natuurbeheerders.

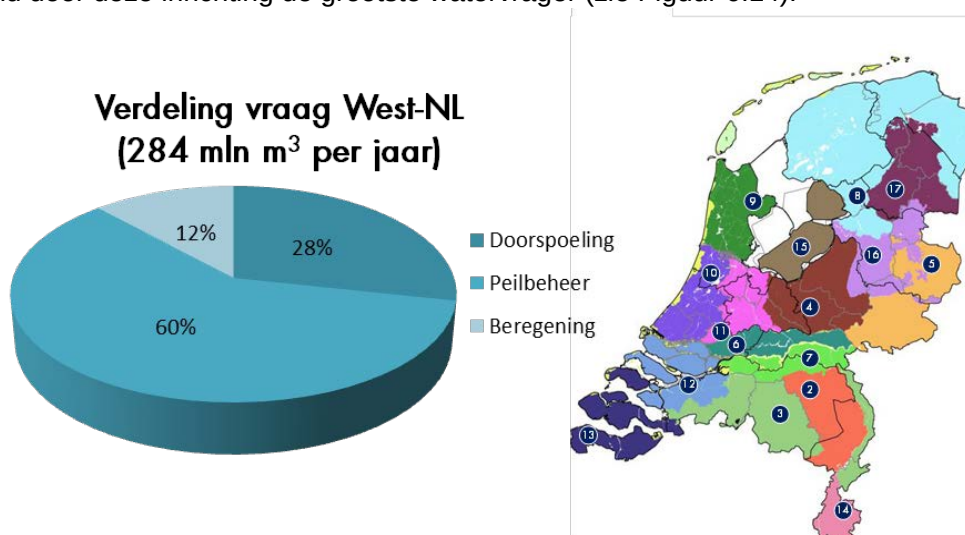
Naast deze financiële gevolgen heeft droogte vooral effect op de economische en intrinsieke waarde van natuur. Gebruikers van de natuur (b.v. recreanten, bewoners) kunnen bijvoorbeeld een negatief effect ondervinden door verminderde waterkwaliteit, afname vissen, afname van vogels etc. Door afname van de biodiversiteit (o.a. door afname habitats) is de verwachting dat ook de intrinsieke waarde afneemt. We verwachten dat de effecten op de financiële en economische waarde vooral in de regio neerslaan. De effecten op de intrinsieke waarde zijn in principe niet gebonden aan een regio.

6.4.4 Effecten van klimaatverandering, autonome ontwikkelingen en adaptatiemaatregelen

Het is mogelijk dat door klimaatverandering droogte zowel langer als vaker voor gaat komen, dit heeft effect op de grondwaterstanden en het bodemvochtgehalte, maar ook op inlaat van systeemvreemd water. In Rijnland is bepaald dat in tijden van droogte de KWA (kleinschalige wateraanvoer) wordt aangezet. Dit is water van een goede kwaliteit uit het beheersgebied van Hoogheemraadschap Stichtse Rijnlanden. Mogelijk heeft aanvoer van dit water zelfs een positief effect op de waterkwaliteit in het gebied. Ook anti-verdrogingsmaatregelen (b.v. in het duingebied) zorgen ervoor dat de natuur beter bestand wordt tegen periodes van droogte.

6.5 Bodemdaling in veenweidegebied

Een groot deel van het beheergebied van Rijnland bestaat uit veenweidegebied. Dit gebied kenmerkt zich door een landelijk en open karakter, met overwegend landbouw als economische drager. Het waterbeheer in het gebied houdt zo goed mogelijk rekening met de, vanuit het perspectief van de aanwezige landgebruiksfuncties, gewenste drooglegging. Daartoe is het beheersgebied verdeeld in peilvakken. Peilbeheer is in het beheergebied van Rijnland door deze inrichting de grootste watervrager (zie Figuur 6.14).



Figuur

6.6.14: Verdeling vraag in West Nederland hydrologische regio 10 naar gebruiksfunctie (uit economische analyse zoet water fase 4 Deltaprogramma)

Peilbeheer in polders is relevant om bodemdaling in het gebied te voorkomen. Deze paragraaf gaat in op het risico van bodemdaling. Peilbeheer van de boezemwateren is vooral bedoeld om de veiligheid van veenkades te borgen. De volgende paragraaf gaat hier op in.

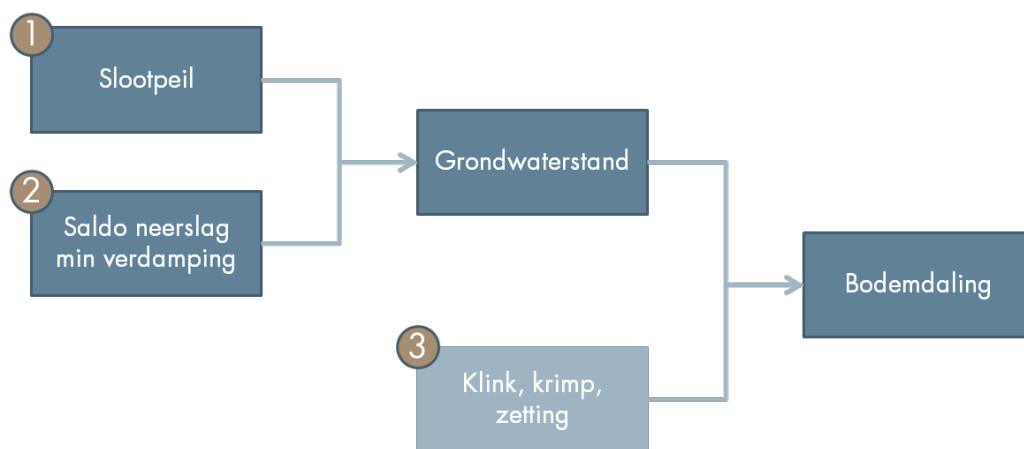
6.5.1 Dosis-effect relatie: de invloed van droogte op bodemdaling

Het huidige peilbeheer gaat uit van peilindexatie: peilvakken behouden hun huidige gemiddelde drooglegging. Onder drooglegging verstaan we het verschil tussen het maaiveld en het slootpeil. In geval van een vaste peilindexatie houdt het slootpeil, en als gevolg daarvan de grondwaterstand, gelijke tred met de bodemdaling.

Er zijn verschillende oorzaken waarom de bodem daalt (zie Figuur 6.6.15):

- Oxidatie van organische stof boven de grondwaterstand (veenafbraak) (nr. 1 en 2 in Figuur 6.15);
- Klink, krimp en zetting (nr. 3).

Deze case beperkt zich tot bodemdaling als gevolg van veenafbraak. De reden hiervoor is dat deze vorm van bodemdaling een sterke relatie heeft met de oppervlakte- en grondwaterstanden en dus droogte. Voor klink, krimp of zetting is die samenhang er veel minder of niet.



Figuur 6.6.15: Dosis-effect relaties voor bodemdaling

De veenafbraak is sterk gerelateerd aan de zomergrondwaterstand: een hogere zomergrondwaterstand vermindert de maaivelddaling. Dat juist de grondwaterstand in de zomer van belang is voor dit proces, heeft ermee te maken dat veenafbraak een temperatuur gestuurd proces is en de grondwaterstanden in de zomer dalen: 80% van de zakking vindt plaats in het zomerhalfjaar. Een keuze voor drooglegging in veengebieden betekent dat de bodem zal blijven dalen. Elk jaar daalt de bodem en zakt het streefpeil mee, waardoor weer nieuwe lagen veen zullen oxideren.

De grondwaterstand (dosis) is dus sterk bepalend voor de mate van bodemdaling (effect). De grondwaterstand zelf is een resultante van de af- en aanvoer in de bovengrond (verdamping en neerslag) en de toe- of afvoer uit de sloot. Beide dosis-effectrelaties zijn relevant. Hierna wordt afzonderlijk ingegaan op deze dosis-effectrelaties.

Slootpeil, grondwaterstand en bodemdaling

Beperking van bodemdaling is beperkt mogelijk in de huidige situatie, dat wil zeggen bij de huidige inrichting en bij peilindexatie. Via het peilbeheer in de sloten kan men invloed uitoefenen op de zomergrondwaterstand in de (veenweide)polders.

Om deze dosis-effect te bepalen, leggen we eerst de relatie vast tussen het slootpeil en de grondwaterstand. De tweede stap is dan het bepalen van de relatie tussen de grondwaterstand en bodemdaling.

Relatie slootpeil-grondwaterstand

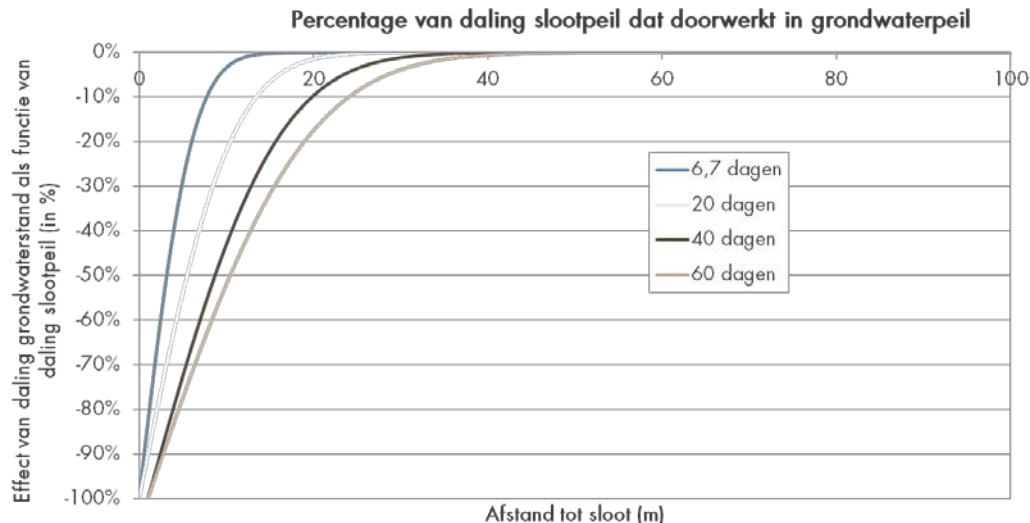
De eerste stap voor de dosis-effectrelatie is het bepalen van de gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) als functie van het slootpeil.

Hogere slootpeilen vertragen het zakken van de grondwaterstand, waardoor de GLG in de zomer daalt. Hierdoor wordt de veenafbraak beperkt en treedt per saldo een vermindering van de maaiveldaling op.

De invloed van het slootpeil op de grondwaterstand is desalniettemin beperkt. Dit heeft te maken met een hoge intreeweerstand van veensloten. Het opzetten van het peil in de veensloot in droge perioden kan lage grondwaterstanden daarom slechts beperkt voorkomen. Andersom geldt dat alleen bij heel lage slootpeilen die langdurig aanhouden, een significant effect op de grondwaterstand te verwachten is.

Om de relatie tussen het slootpeil en de grondwaterstand te analyseren, zijn hydrologische functies uitgewerkt via een analytische formule die het geïsoleerde effect van een peilverlaging op de grondwaterstand beschrijft. Op basis hiervan kan het effect van een peildaling worden bepaald op de grondwaterstand op verschillende afstanden van de sloot in het perceel. De onderstaande figuur geeft de functies weer. In de dosis is rekening gehouden met de combinatie van de mate van uitzakking (in centimeter ten opzichte van het streefpeil) en de duur (in dagen). Doordat historische data over polderpeilen ontbraken, is gebruik gemaakt van met het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium (NHI) gesimuleerde slootpeilen voor de periode 1961-2010.

Figuur 6.6.16 laat zien dat op zo'n 50 m afstand van de sloot het effect verdwenen is en dat het invloedgebied toeneemt als de uitzakking van het slootpeil langer duurt.

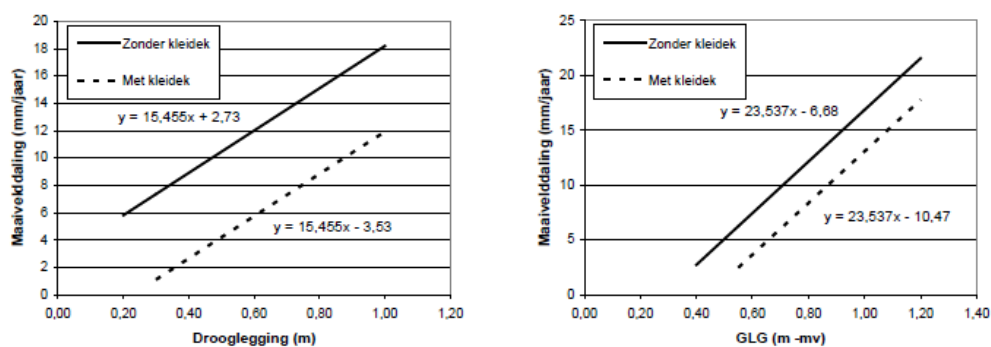


Figuur 6.6.16: Relatie daling slootpeil en grondwaterstand naast sloot afhankelijk van duur peiluitzakking (data afkomstig van Deltares, NHI)

Relatie diepste grondwaterstand-bodemdaling

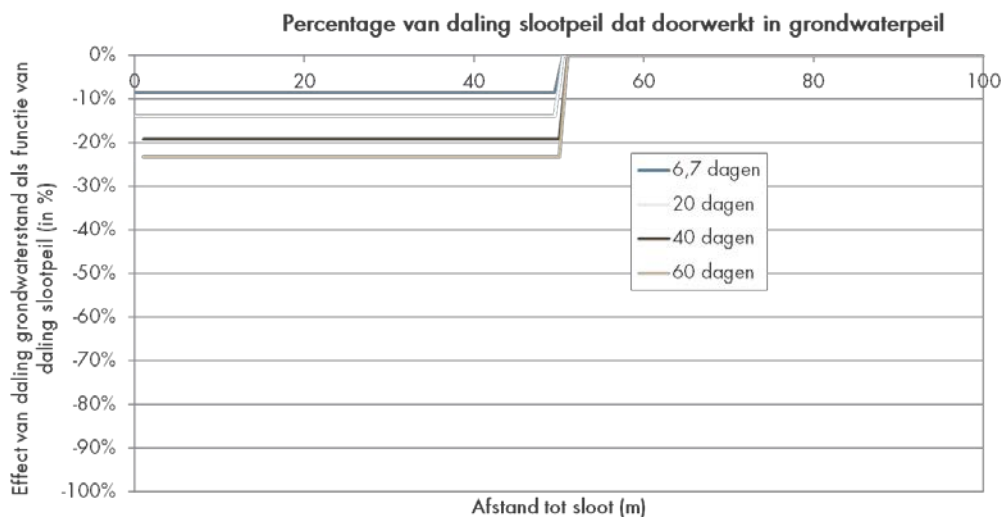
De tweede stap voor het bepalen van de dosis-effectrelatie is het bepalen van de bodemdaling als functie van de diepste grondwaterstand. Dit kan met behulp van een uit praktijkmetingen afgeleide relatie tussen GLG en bodemdaling.

Er is een lineaire relatie tussen de mate van bodemdaling en ontwatering, of beter gezegd tussen de mate van bodemdaling en de diepste grondwaterstand. Het onderzoek van Van den Akker (2007) bevat specifieke formules voor maaiveld dalingen, slootpeilen en grondwaterstanden (zie Figuur 6.6.17). Deze zijn vastgesteld op basis van literatuurgegevens en langjarige metingen op diverse locaties in Nederland. Hierin is in een gecontroleerde omgeving gekeken naar de invloed die het slootpeil heeft op de grondwaterstand en de maaiveld daling. Daarnaast is het effect van onderwaterdrains op de hydrologie van de bodem geanalyseerd. Op basis van dit onderzoek volgt dat een peilverlaging van 10 centimeter de maaiveld daling met 1,5 millimeter per jaar doet toenemen (linker grafiek). Het 10 centimeter uitzakken van de GLG doet de bodem met 2,4 millimeter per jaar extra dalen (rechter grafiek).



Figuur 6.6.17: Relatie tussen drooglegging (mv – slootpeil) en maaiveld daling en tussen gemiddeld laagste grondwaterstand (GLG) en maaiveld daling voor veengronden zonder en met een minerale deklaag < 40 cm (Van den Akker, 2007)

De extra grondwaterspiegeldaling door tijdelijke uitzakking van het slootpeil vertaalt zich in een lineaire toename van het aantal millimeter bodemdaling in een jaar. Om pragmatische redenen vertalen we daarom de curves zoals bepaald in Figuur 6.6.16 in een gemiddelde grondwaterstand daling tussen de 0 en 50 meter afstand tot de sloot. Omdat de relatie tussen grondwaterstand en bodemdaling lineair is, maakt het geen verschil of met dit gemiddelde wordt gerekend over 2 x 50 meter langs de sloot of dat de gemiddelde bodemdaling wordt bepaald met een per afstand variërende grondwaterstand daling (zie Figuur 6.18).

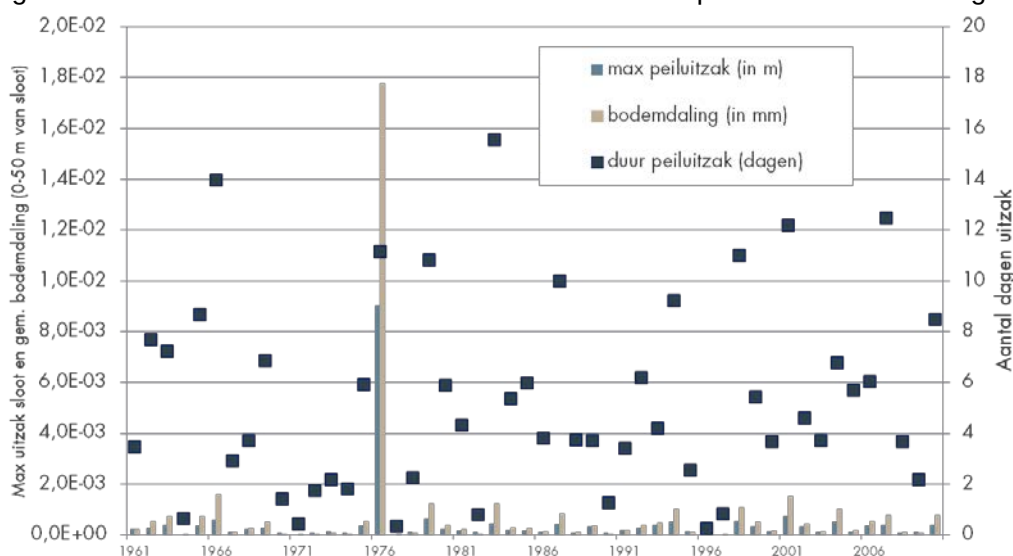


Figuur 6.6.18: Vereenvoudiging relatie slootpeil en grondwaterpeil voor berekening bodemdaling

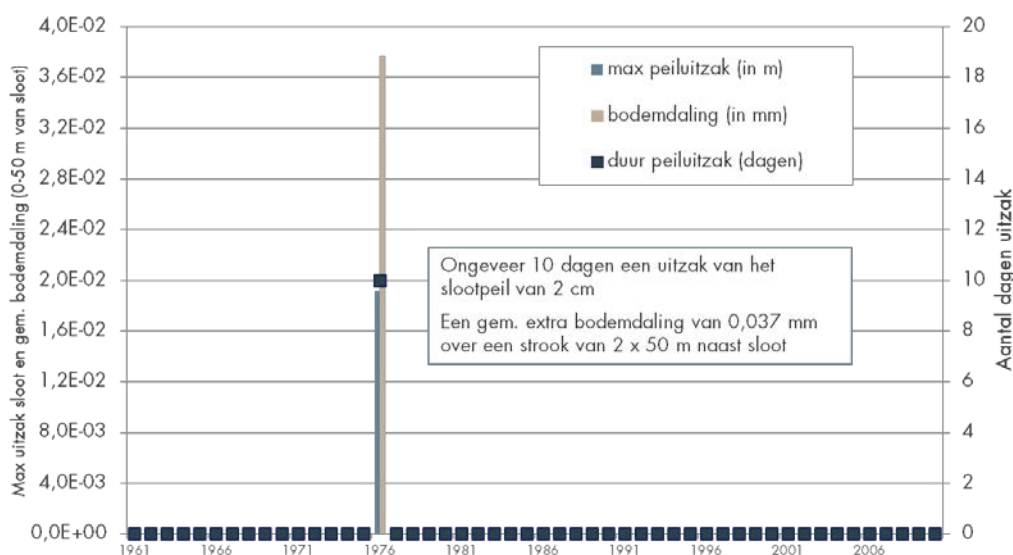
Voor de periode 1961-2010 kunnen we dan vanuit de duur van de peiluitzakking in de sloten, en de maximale uitzakking ten opzichte van het streefpeil per gebied, de extra bodemdaling berekenen volgens onderstaande formule:

Extra bodemdaling = Gemiddeld percentage van slootpeiluitzak afhankelijk van de duur x maximale peiluitzak per jaar.

Voor het gebied de Bollenstreek en voor Boskoop is dit aangegeven in Figuur 6.6.19 en Figuur 6.6.20. Zichtbaar is dat alleen in 1976 een effect optreedt. Dit effect is erg klein.



Figuur 6.6.19: Relatie tussen slootpeil en maaiveld daling Bollenstreek



Figuur 6.6.20: Relatie tussen slootpeil en maaiveld daling Boskoop

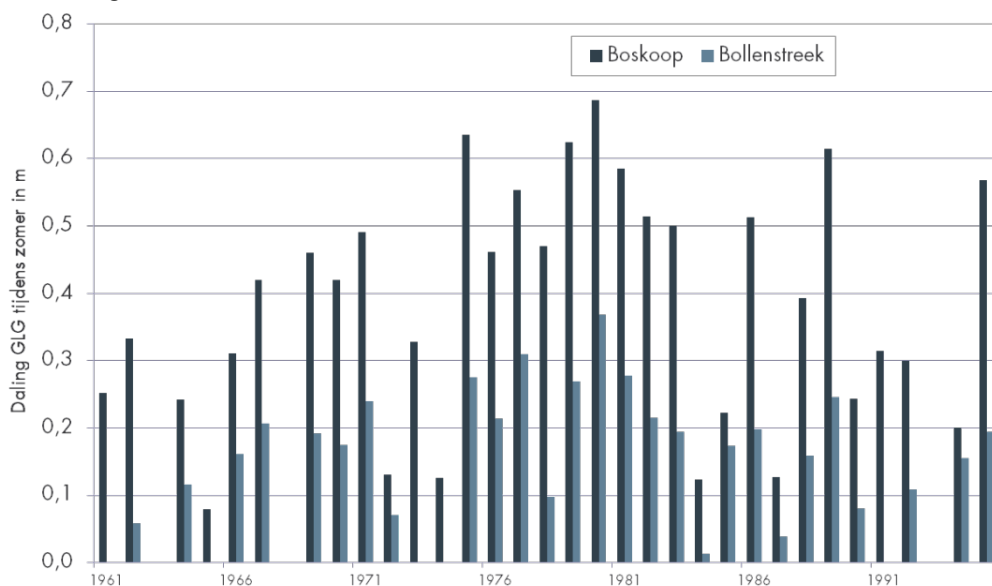
Verdamping, grondwaterstand en bodemdaling

De grondwaterstand wordt niet alleen bepaald door het slootpeil, maar hangt daarnaast af van het weer en de gewasverdamping in het perceel.

Relatie weer en diepste grondwaterstand

Aan het einde van de zomer wordt in het algemeen de laagste grondwaterstand bereikt. Deze kan enkele decimeters onder het slootpeil liggen. Doordat op dat moment de grond ook het meest en op zijn diepst is opgewarmd, zijn in die periode de condities voor veenafbraak ook optimaal.

Het grondwaterpeil wordt bepaald door neerslag en de gewasverdamping. Bij een verdampingoverschot zoals dat zich voordoet in een droge periode, zijn de peilen relatief laag. Met het Deltamodel/NHI is gekeken naar het historisch grondwaterstandverloop in Rijnland in de periode 1961-1995. De onderstaande Figuur 6.6.21 laat het verschil in het grondwaterpeil zien tussen 1 april en 30 september voor Boskoop en de Bollenstreek. Er zijn eveneens gegevens voor de overige deelgebieden beschikbaar. In deze case nemen we aan dat de daling van de GLG in deze periode volledig overeenkomt met de extra bodemdaling door droogte.

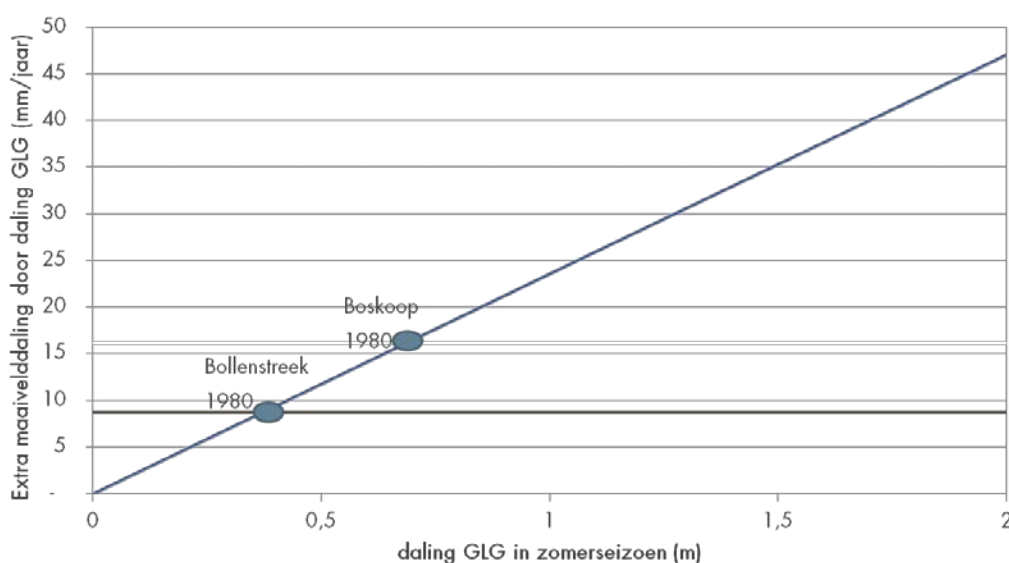


Figuur 6.6.21: Verschil grondwaterstand april - september 1961-1995 (bron Deltares, NHI)

De grondwaterstanden laten een duidelijke variatie in de tijd zien. Het grootste verschil wordt waargenomen in 1980. Voor deze case nemen we aan dat de aangetroffen variatie in de grondwaterstandsdingen het geïsoleerde resultaat is van de weersituatie in de betreffende zomerhalfjaren. Kortom de dosis is de toename (in meters) in diepste grondwaterstand gedurende de zomerperiode. Er wordt geabstraheerd van mogelijk andere mogelijke invloeden (onder andere peilbeheer, de kwelsituatie op perceel en de waterstand in april). Dit is een sterke vereenvoudiging. Stel dat april heel nat zou zijn en september gemiddeld, dan vertalen we het hele verschil in een sterkere daling van de diepste grondwaterstand, dan in werkelijkheid het geval is. We overschatten de daling. Dit is ook een mogelijke verklaring waarom 1980 en niet 1976 niet als droogste jaar naar voren komt.

Relatie diepste grondwaterstand-bodemddaling

De volgende stap voor het bepalen van de dosis-effectrelatie is wederom het bepalen van de bodemddaling als functie van de diepste grondwaterstand. De aanpak hierbij is identiek aan de aanpak zoals hiervoor uiteengezet. Op basis van (gemodelleerde) historische data zou droogte in 1980 het grootste effect gehad hebben op de maaiveldontwikkeling in de Bollenstreek en Boskoop. Het effect wordt ingeschat op 8,7 millimeter extra bodemddaling in de Bollenstreek en 16,2 millimeter per jaar extra in Boskoop (zie Figuur 6.6.22).



Figuur 6.6.22: Relatie tussen grondwaterstand (GLG) en maaiveldddaling (afgeleid uit **Error! Reference source not found.** 6.17)

6.5.2 Economische waardering effect

Voor een schatting van het welvaartseffect zullen we het fysieke effect waarderen van de aan droogte toe te schrijven bodemddaling. In deze paragraaf wordt, gebaseerd op recent onderzoek naar de kosten en baten van bodemddaling, een indicatieve raming gegeven voor het huidige economisch droogterisico volgens het kwadrantenmodel. Vervolgens volgt een kwalitatieve doorkijk naar hoe klimaatverandering, autonome ontwikkeling en adaptiviteit hierop aangrijpen.

Waardering fysieke effect

Veenafbraak is op veel plekken in Nederland in de afgelopen decennia tot een serieus probleem uitgegroeid. Dit doordat de grenzen van beheersbaarheid (onder andere technisch en financieel) steeds dichterbij komen. Door de omvang van de problematiek en de grote - deels tegengestelde - belangen die er spelen, is er de laatste jaren steeds meer aandacht voor het onderwerp en groeit door onderzoek het inzicht in het proces en de effecten van bodemddaling.

In de literatuur wordt een breed spectrum aan potentiële kosten en baten aan bodemdaling toegekend. Twee recente uitgevoerde onderzoeken zijn:

- *Toekomstverkenning Bodemdaling, HDSR (2014)*; dit onderzoek betreft een verkenning van de kosten en baten van bodemdaling op lange termijn voor het veenweide gebied in het westelijk deel van het beheergebied van HDSR.
- *Bodemdaling Laagveen in Nederland, PBL (2015)*; meerjarig onderzoek van PBL en STOWA naar de maatschappelijke effecten van bodemdaling in laagveen in Nederland en alternatieven om negatieve effecten in de toekomst tegen te gaan.

Voor de case sluiten we aan bij de effecten uit PBL (2015). We gebruiken de specifieke data uit deze studie voor het beheergebied van Rijnland, die ten behoeve van de case door PBL zijn gedetailleerd tot op het niveau van de deelgebieden. De thema's die in de PBL-studie aan bod komen staan beschreven in Tabel 6.4.

Tabel 6.4 Beschouwde kosten en baten PBL-studie bodemdaling laagveen

Thema	Omschrijving
Landbouw	Voor de landbouw zijn de verschillen bepaald in netto opbrengst als gevolg van type landgebruik (paludi-culturen zoals rietteelt, veenmosteelt etc., biomassa, melkveehouderij, intensief of niet) en de kosten van het beleid. De teelt is afgestemd op het beleid en minder op de bodemdaling.
Waterbeheer	De post betreft pompkosten, kosten voor aanleg en onderhoud aan stuwen en waterkering. Een deel hiervan is gerelateerd aan bodemdaling. Daarnaast zijn er kleine besparingen op de mate van waterzuivering mogelijk door verminderde fosfatering. Bij een beperktere bodemdaling stroomt er minder mest af van landbouwgrond en hoeft oppervlaktewater minder gezuiverd te worden.
Emissie	Veenbodemdaling leidt tot emissie van broeikasgassen. De belangrijkste is CO ₂ . De emissie kan rechtstreeks worden gekoppeld aan de daling van de bodem.
Natuurbeheer	Hieronder vallen kosten om verdroging tegen te gaan door wegzijgen van water naar lager gelegen gebieden. Deze kosten zijn door PBL niet variabel gemaakt.
Landelijke infrastructuur	Dit omvat de kosten voor extra onderhoud aan wegen, rioleringen en leidingen. Deze kosten zijn lastig te koppelen aan bodemdaling. Voor de case hebben we aangenomen dat 25% van de kosten samenhangt met bodemdaling.

Om de schade als gevolg van additionele bodemdaling te bepalen, zijn we alleen geïnteresseerd in de thema's met kosten of batenposten die direct afhangen van de mate van bodemdaling per jaar. Dit geldt voor de CO₂-emissie door veenafbraak, voor een deel van de waterbeheerkosten (zuivering en kosten voor pompen, stuwen en keringen), en voor een deel van de infrastructuurkosten. In de berekeningen van het PBL hebben we geen directe afhankelijkheid van de landbouwopbrengsten als gevolg van bodemdaling gevonden. Wel zijn er grote verschillen in de netto opbrengst per hectare als gevolg van keuzes voor wel of geen peilindexatie of onderwaterdrainage. We kiezen er daarom voor om in deze case geen gradueel effect voor de landbouw mee te nemen per centimeter bodemdaling, maar wel voor de andere effecten genoemd in Tabel 6.4 die variëren met de omvang van de bodemdaling.

De kosten en baten van bodemdaling worden in drie stappen bepaald:

- Eerst bepalen we aan de hand van de voorlopige cijfers uit de PBL-studie de kosten per hectare per jaar per centimeter bodemdaling. Dit bedrag is gelijk voor alle veengebieden in Rijnland (zie Textbox 6.1).
- Dan bepalen we, aan de hand van de hydrologische gegevens over GLG-daling, het geïsoleerde effect van droogte op de maaiveld daling in een gebied (in centimeter per jaar, per gebied).
- Het aantal centimeter bodemdaling tegen een eenheidsprijs per thema vermenigvuldigd met het oppervlak aan veen, bepaalt vervolgens de omvang van het welvaartseffect per thema. Optelling geeft vervolgens het totale welvaartseffect in een jaar.

Textbox 6.1: Berekening gemiddelde kosten en baten per centimeter bodemdaling

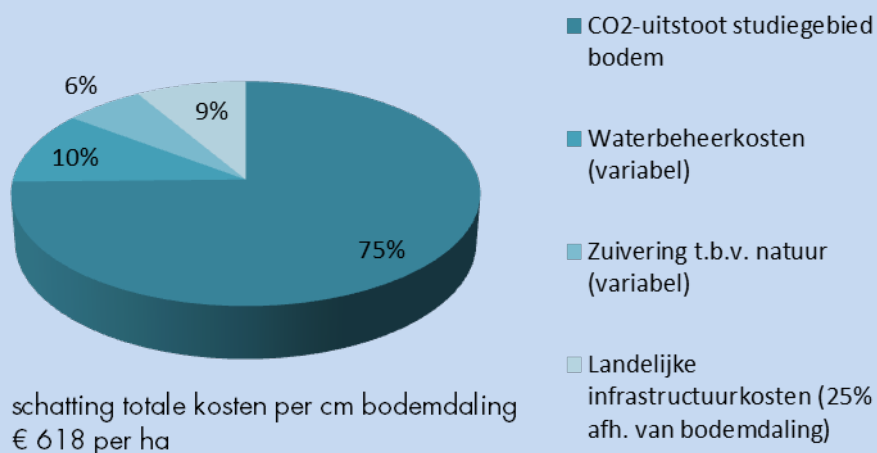
De kosten en baten zijn berekend op basis van de gemiddelde kosten en baten per cm bodemdaling. We nemen in de berekeningen de getallen over uit PBL (2015). Omdat de case zich richt op het aantonen van de bruikbaarheid van de methodiek en niet op de cijfermatige resultaten, hebben we verder geen toets op de juistheid van deze getallen uitgevoerd.

Voor *zuivering* per ha per jaar gebruikt het PBL-model € 45 per ha per jaar in de referentiesituatie. De referentiesituatie heeft gemiddeld 1,2 cm bodemdaling per jaar. Het bedrag per cm bodemdaling komt dan neer op € 38 per ha ($1,0/1,2 \times € 45$).

Voor *waterbeheerkosten* is in het materiaal een bedrag van € 65 per cm per ha per jaar te vinden. Ongeveer € 45 van de € 65 is gerelateerd aan keringen, de rest aan stuwen en pompen.

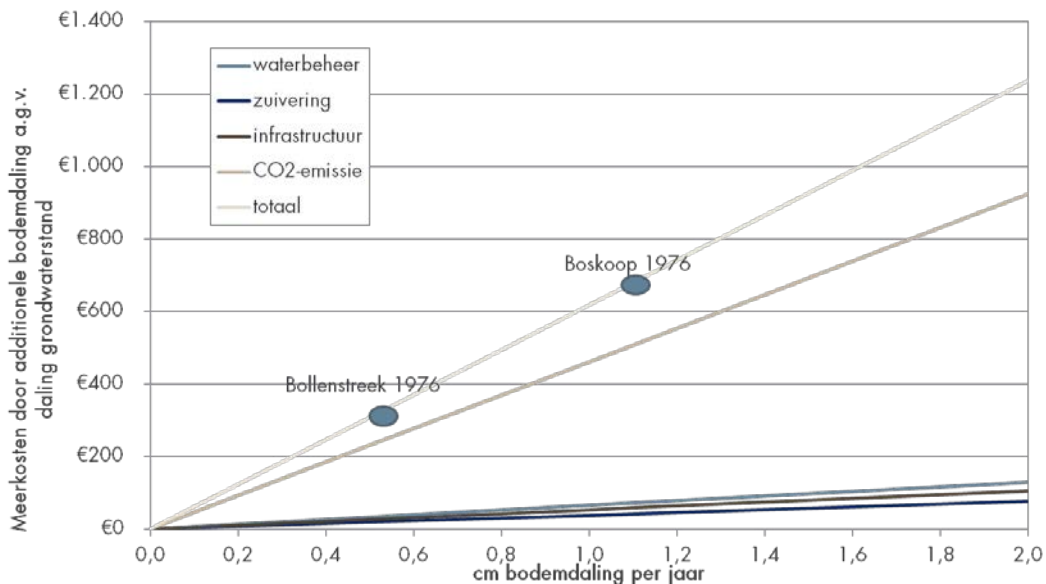
De *infrastructuurkosten* worden in totaal geschat op € 255 per ha per jaar bij een bodemdaling van 1,2 cm per jaar. PBL heeft dit vanwege onzekerheid niet verder uitgewerkt. Voor de case nemen we aan dat 25% afhankelijk is van de bodemdaling. Bij een bodemdaling van 1,0 cm per jaar komt dat neer op € 53 per ha.

Bij een bodemdaling van 1,0 cm emitteert een hectare laagveen ongeveer 22 ton CO₂ per ha. Bij een CO₂-prijs van € 21 per ton CO₂-uitstoot, zoals gebruikt in het middenscenario van de nationale energieverkenningen, komt een cm bodemdaling per jaar neer op € 462 per ha. De waarde van verminderde CO₂-uitstoot vertegenwoordigt daarmee driekwart van de besparingen.



De combinatie van daling en prijs levert inzicht in het netto welvaartseffect (Figuur 6.6.23).

Op basis van de daling van de GLG in de zomerperiode bedraagt de droogteschade door bodemdaling in een extreem droog jaar zoals 1976 circa € 310 per hectare voor de Bollenstreek (0,5 cm extra bodemdaling) en € 670 per hectare voor de regio Boskoop (1,1 cm extra bodemdaling). De totale schade door bodemdaling ligt hoger. De bodemdaling door droogte moet opgeteld worden bij een standaard bodemdaling door peilindexatie en in mindere mate zetting/klink. Peilindexatie en zetting/klink worden echter niet door droogte veroorzaakt.



Figuur 6.6.23: Relatie tussen bodemdaling door droogte en netto welvaartseffect

Prijs- en indirecte effecten

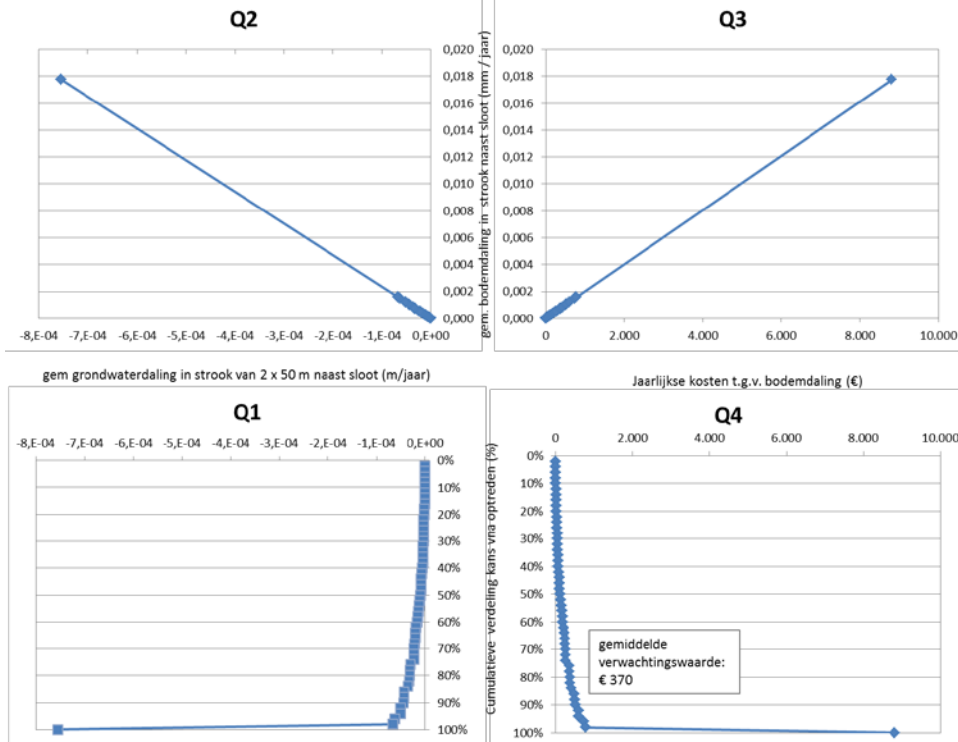
De kosten en baten slaan neer bij verschillende partijen in en buiten het gebied in Nederland, en in het buitenland. Voor het grootste deel worden de kosten (direct, of indirect via prijzen of belastingen) gedragen door Nederlands ingezetenen via waterschapslasten en belastingen. Voor een deel raakt de bodemdaling via CO₂-emissie partijen buiten Nederland en is dan voor Nederland geen welvaartseffect. Vanuit nationaal perspectief zou een correctie moeten plaatsvinden op de hiervoor gecijferde bedragen. Door de complexiteit die hierbij komt kijken (isoleren van klimaateffect Nederland bij verschillende mondiale CO₂-niveaus), is hier voor deze case vanaf gezien. Aangenomen wordt dat de schaduw prijzen die gebruikt zijn in de nationale energieverkenningen al rekening houden met dit effect.

Schadecurves en kwadranten

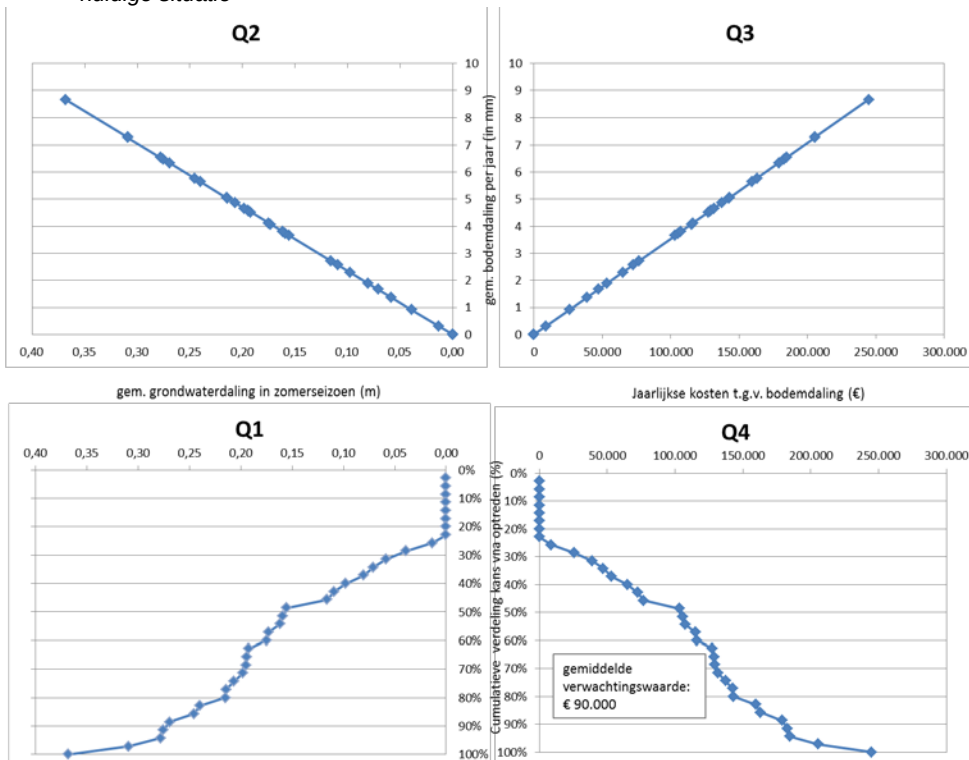
Ter illustratie van de methodiek wordt hieronder het huidige economisch risico voor het gebied de Bollenstreek uitgewerkt van bodemdaling dat is toe te schrijven aan droogte. Hierbij worden de effecten van uitzak van het slootpeil en daling van de laagste grondwaterstand apart weergegeven. De gesimuleerde hydrologische waarden voor de periode 1961-1996 beschouwen we in beide gevallen gemakshalve als representatief voor de huidige situatie.

Op basis van de combinatie van kwadrant 1, 2 en 3 is in kwadrant 4 de schadefrequentiecurve uitgezet. Door middel van deze curve kunnen we het risico per jaar van droogte op bodemdaling uitrekenen. Dit gebeurt door het oppervlak onder de curve te bepalen dat gelijk staat aan de jaarlijkse verwachtingswaarde van het welvaartseffect. In het geval van de Bollenstreek komt het uit op ongeveer € 370 per jaar voor bodemdaling als gevolg van uitzakking van het slootpeil (zie Figuur 6.6.24) en € 90.000 per jaar als gevolg van uitzakking van de GLG gedurende de zomer door verdamping (zie Figuur 6.6.25).

Het effect van uitzakking van het slootpeil trad in feite alleen in 1976 op en is daardoor verwaarloosbaar ten opzichte van het effect door verdamping.



Figuur 6.6.24: Schadecurves voor bodemdaling als gevolg van uitzakking slootpeil, deelgebied Bollenstreek, huidige situatie



Figuur 6.6.25: Schadecurves voor bodemdaling als gevolg van weersinvloeden en gewasverdamping, deelgebied Bollenstreek, huidige situatie

Effecten van autonome ontwikkeling, klimaatverandering en adaptatie

Autonome ontwikkeling

De volgende autonome ontwikkelingen zijn van invloed op de curves in de kwadranten:

Langetermijnontwikkeling landbouw: Hoe de landbouw zich op de lange termijn ontwikkelt, hangt onder andere af van de sociaaleconomische ontwikkeling. Het perspectief voor melkveehouderij in veenweidegebieden is gekoppeld aan onder meer de vraag naar melkproducten en de prijs- en kostenontwikkeling. Bij een te hoge grondwaterstand (die nu voorkomen wordt door drooglegging of peilindexatie) is namelijk geen intensieve melkveehouderij meer mogelijk. Het verschil in netto marge per hectare komt tot uiting in Q3.

CO₂-prijsontwikkeling: Hoe de CO₂-prijs zich zal ontwikkelen hangt af van verschillende factoren. In de WLO-scenario's³⁴ worden hier verschillende aannames voor gedaan. Verwacht wordt dat de CO₂-prijs zal stijgen. De waarde die nu aangenomen is, komt overeen met de veronderstelde middenwaarde in 2030. Verschil in de prijs komt tot uiting in Q3.

Beleid ten aanzien van peilbeheer: Het draagvlak voor peilindexatie die nu wordt gehanteerd, onder andere om intensieve melkveehouderij in het gebied mogelijk te maken, neemt af. Er wordt onderzoek gedaan naar het loslaten van peilindexatie en passieve vernatting of ander gebruik in (een deel van) de veengebieden. Het wegvallen van peilindexatie zou leiden tot verhoging van de grondwaterstand en daardoor tot een vermindering van de bodemdaling per jaar (Q2). Effecten voor de landbouw hangen sterk af van het gekozen alternatief landgebruik. De nog lopende studie van het PBL lijkt aan te geven dat de netto marge per hectare voor de boerenbedrijven afneemt bij de onderzochte alternatieven. Alternatief landgebruik zou tot een andere curve in Q3 leiden.

Klimaatverandering en adaptiviteit

Door klimaatverandering kan het aantal (zeer) droge jaren sterk toenemen. Hierdoor zal de GLG dalen. Tegelijkertijd is een toename van de (bodem-)temperatuur te verwachten. Beide zorgen voor meer veenafbraak en daarmee bodemdaling. Het directe effect op de grondwaterstand komt tot uitdrukking in Q1. Het geïsoleerde effect van opwarming van de bodem komt terug in Q2.

Zoals opgemerkt, wordt op veel plekken in Nederland gekeken naar opties om veenbodemdaling tegen te gaan. De nadelige gevolgen zijn niet onopgemerkt gebleven. Het is te verwachten dat maatwerk maatregelen genomen worden, bijvoorbeeld door de aanleg van onderwaterdrains of aanpassingen in het ruimtegebruik. Hiermee wordt de factor droogte minder relevant.

6.6 Infrastructuur

In het beheergebied van Rijnland is peilbeheer niet alleen nodig om de bodemdaling van de veenweidegebieden te beperken, maar is het ook van belang om de stabiliteit en veiligheid van veenkades te behouden en schade aan de infrastructuur langs de boezem te vermijden. Door het peil in de boezem te reguleren en peiluitzakking te voorkomen, beperkt men het risico dat veenkades hun sterkte en stabiliteit verliezen en dat er schade aan de infrastructuur ontstaat.

³⁴ Welvaart- en leefomgevingsscenario's van PBL en CPB.

6.6.1 Dosis-effect relatie van invloed van droogte

Bij een tekort aan zoetwater door droogte kan het voorkomen dat het hoogheemraadschap van Rijnland het boezempeil uiteindelijk moet laten uitzakken omdat onvoldoende water van voldoende kwaliteit kan worden ingelaten. Dit probeert men zo lang mogelijk te voorkomen. De belangrijkste reden hiervoor is het veronderstelde risico voor de stabiliteit van de veenkades en dus de waterveiligheid in het gebied.

Peilbeheer in relatie tot stabiliteit keringen

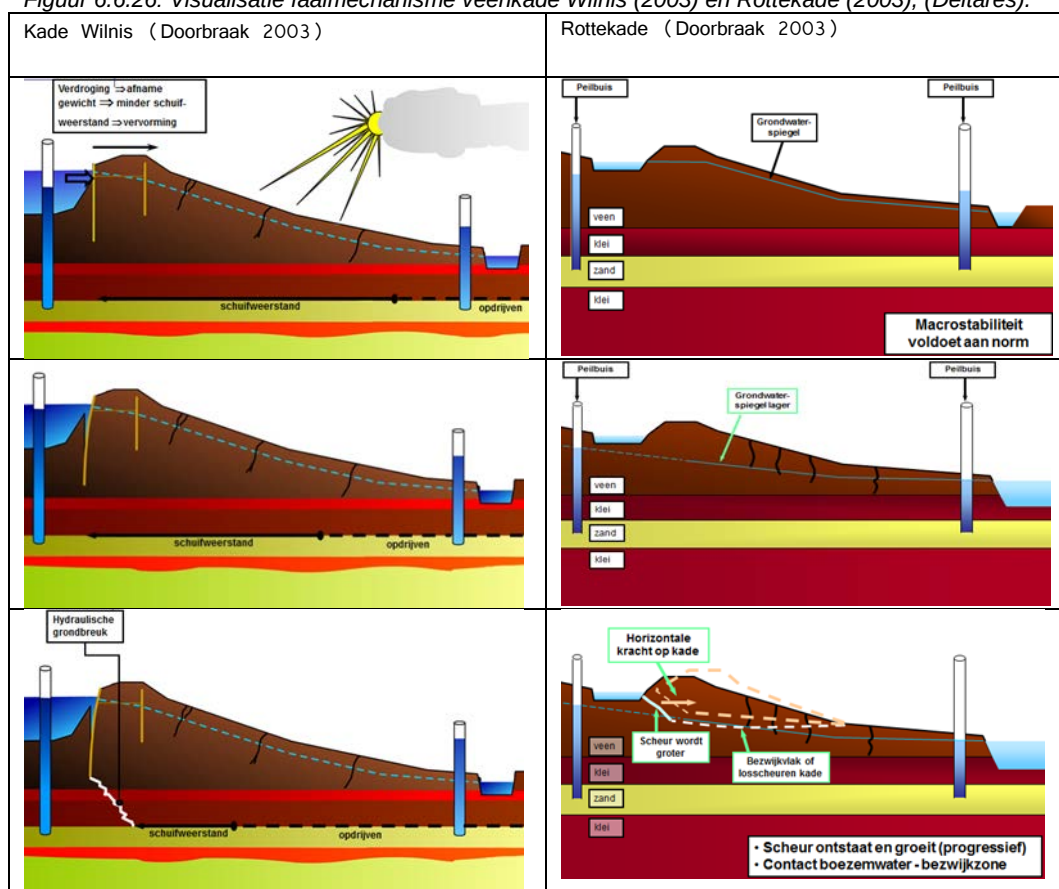
In relatie tot de stabiliteit van keringen dient een onderscheid te worden gemaakt tussen veenkades en overige kades. Droogte heeft weinig effect op kades die uit klei of zand zijn opgebouwd. Alleen als de boezem leeg komt te staan, kunnen er problemen optreden. In Nederland is dit nog nooit voorgekomen. Om die reden laten we de categorie 'overige kades' verder buiten beschouwing.

Veenkades zijn in potentie gevoeliger voor droge periodes. Veenkades zijn kades waarbij het merendeel van de kade uit veen bestaat. Zolang het veen onder de grondwaterstand blijft, heeft droogte weinig invloed op het veengedrag. Dus veenlagen in (diepere) ondergrond worden door droogte niet beïnvloed, tenzij de grondwaterstand zodanig wordt verlaagd dat het veen geheel of gedeeltelijk boven de grondwaterstand uit komt.

Voor de veenkades is het van groot belang dat de kade nat blijft. Bij een gelijkblijvend boezempeil kan de grondwaterstand in de kering mogelijk iets uitzakken door een toename van de hoeveelheid verdamping en vermindering van de hoeveelheid neerslag. Dit levert geen stabiliteitsproblemen op. Echter indien tussen de boezem en de kering een hydraulische blokkade (zoals een beschoeiing of andere blokkade) ligt, heeft het boezempeil zeer weinig invloed op de grondwaterstand in de kering. De grotere hoeveelheid verdamping en verminderde hoeveelheid neerslag zorgt voor verdere verlaging van de grondwaterstand. Dit kan leiden tot het krimpen en uiteindelijk scheuren van het veen. Door instroom van water kunnen de scheuren groeien, waardoor uiteindelijk de boezem leeg kan stromen. Hierdoor valt het afgescheurde veenblok weer op zijn plaats. Dit mechanisme trad op bij afschuiving van de Rottekade in 2003.

Als er een zandlaag onder de dijk ligt, kan dit leiden tot een ander mechanisme. Als water uit de boezem (door bijvoorbeeld een scheur) in contact komt met de zandlaag, kan aan de teen van de kade de waterspanning gelijk of groter worden dan het gewicht van de kade. Dit leidt tot opdrijven, en vervolgens afschuiven van de kering. Dit was het geval bij de dijkdoorbraak in Wilnis (zie Figuur 6.6.26). In beide gevallen leidde een blokkade in de dijk, in combinatie met een droge periode, tot de doorbraak (Van et al, 2008).

Figuur 6.6.26: Visualisatie faalmechanisme veenkade Wilnis (2003) en Rottekade (2003), (Deltares).



In beide gevallen (Wilnis en Rottekade) was het boezempeil in orde. Het handhaven van het peil heeft dus alleen invloed op locaties waar geen beschoeiing of andere blokkades tussen boezem en kering liggen. Het is onbekend hoeveel het boezempeil kan uitzakken voordat er aan droogte gerelateerde problemen optreden. Verwacht wordt dat zolang er water in de boezem staat, er bij keringen zonder hydraulische blokkade geen doorbraken zullen plaatsvinden. Als de boezem uitdroogt, is de verwachting dat er problemen optreden bij alle regionale keringen (zie Tabel 6.5).

Tabel 6.5: Factoren die het falen van keringen beïnvloeden tijdens droge periodes (Deltares)

	Uitdroging boezem	Neerslagtekort	Uitzakken boezempeil	Aanwezigheid zandlaag
Veenkades	X		?	?
Veenkades met blokkade	X	X		X
Overige kades	X			

Situatie in Rijnland

In Rijnland hebben zich in het verleden geen gevallen voorgedaan waarbij de stabiliteit van de veenkering in gevaar is gekomen. Hoewel als effect beperkt, wordt door Rijnland de uitdroging van het veen in het kadeliĳaam als het belangrijkste, nadelige effect van een peilverlaging op de boezem beschouwd.³⁵

³⁵ Mededeling per email van B. Rijneker, Hoogheemraadschap van Rijnland (d.d. 19 oktober 2015).

Hierbij wordt opgemerkt dat het veen in de boezemkades in Rijnland intussen merendeels is vervangen door andere materialen, als gevolg van ophoogslagen in het verleden. Hierdoor heeft droogte nu minder vat op de stabiliteit van keringen dan in het verleden.

Peilbeheer in relatie tot overige infrastructuur

Rijnland voert op dit moment een strikt peilbeheer in het boezemsysteem, met marges van +/- 2,5 centimeter ten opzichte van het zomerpeil (NAP -0,61meter). Bij de vaststelling van het peil en de marges waarbinnen het peil zich mag bewegen, wordt primair rekening gehouden met de boezemfunctie (bergen en doorvoeren van water).

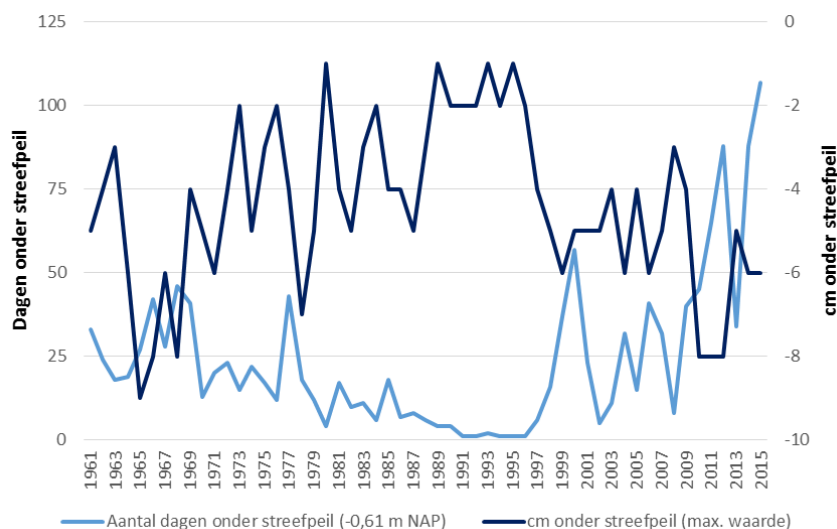
Bij de vaststelling van de marge worden andere belangen dan de boezemfunctie niet expliciet meegenomen. Dit is verklaarbaar door het belang van het boezemsysteem voor de aanvoer, afvoer en berging van water ten behoeve van grote delen van het beheersgebied. Een daling van het boezempeil groter dan de marge, betekent een afwijking van de normale omstandigheden en kan in theorie leiden tot knelpunten voor gebruiksfuncties.

Boezempeil Rijnland (dosis)

Figuur 6.6.27 geeft voor de periode 1961-2015 inzicht in de ontwikkeling van het boezempeil in de Nieuwe Wetering in Rijnland. Hoewel het peilverloop elders in Rijnland in de boezem (beïnvloed door windrichting, -kracht en bemaling op dat moment) niet exact hetzelfde patroon hoeft aan te nemen, ligt de Nieuwe Wetering centraal in Rijnland en geeft daarmee een voldoende indicatie voor de historische analyse van (de effecten van een daling van) het boezempeil.

Het volgende valt op:

- Er is nagenoeg ieder jaar wel een periode dat het boezempeil onder het streefpeil uitkomt. Gemiddeld per jaar is dat circa 25 dagen;
- In de karakteristieke droogtejaren 1976 en 2003 lag het boezempeil minder lang dan gemiddeld onder het streefpeil (respectievelijk 12 en 11 dagen);
- Vooral na 2000 zien we een stijging van het aantal dagen, met uitschieters in 2012, 2014 en 2015 (> 100 dagen);
- De maximale afwijking ten opzichte van het streefpeil die is gemeten, bedraagt 9 centimeter.



Figuur 6.6.27: Meetgegevens boezempeil Nieuwe Wetering 1996-2015 in de maanden mei t/m augustus (bron: Rijnland)

Knelpunten naar aanleiding van droogte (effect)

Binnen Rijnland is geïnventariseerd wat er bekend is over knelpunten die in het verleden zijn opgetreden bij langdurig droge perioden. Hiervoor is onder meer de klachtenadministratie geraadpleegd. Dit levert het volgende beeld aan meldingen op:³⁶

- Verzilting van het oppervlaktewater dat gebruikt wordt als gietwater (regenbassins zijn dan al lang leeg);
- Sneller droogvallen van sloten in het hoger gelegen boezemgebied langs de kust;
- Meldingen als gevolg van het opzetten van het boezempeil;
- Achteruitgaan waterkwaliteit achter in de polders als gevolg van de weinige verversing, die zich uit in stankoverlast en vissterfte;
- Meer dan gewone waterplantengroei in watergangen.

De huidige informatie wordt op dit moment als ontoereikend gekwalificeerd om een eenduidige (op historische data gebaseerde) dosis-effect relatie af te leiden. In het overzicht met knelpunten komen geen incidenten voor die te koppelen zijn aan een incidenteel lager boezempeil. Dit terwijl uit de historische data duidelijk perioden naar voren komen waarin het boezempeil tot bijna 4 x de marge uitzakte. De meeste knelpunten treden echter op in het poldersysteem of zijn juist het gevolg van het (anticiperend op droge periode) opzetten van het boezempeil.

Dit betekent niet dat effecten niet optreden of (zouden) kunnen optreden bij (nog) grotere dalingen van het boezempeil. Zo kunnen door een te plotseling laag peil woonboten bijvoorbeeld schuin komen te hangen door te strakke kabels en/of te weinig ruimte tussen de bodem van de boot en de waterbodem. Bij nog langdurige en extremere verlaging zouden daarnaast bijvoorbeeld problemen kunnen optreden voor rondvaartboten die aan de grond lopen.

Droogte komt niet onverwacht maar is een proces dat zich gedurende een periode opbouwt. Dit zorgt voor verzachtende omstandigheden, doordat gebruiksfuncties de tijd krijgen zich aan te passen op een daling van het peil.

6.6.2 Economische waardering effect

Op basis van de informatie die in deze analyse is verzameld, lijkt het alsof het (beperkt) uitzakken van het boezempeil weinig schadelijke, fysieke effecten veroorzaakt. En als er geen fysieke effecten door droogte optreden, dan is de economische waardering van die effecten niet relevant.

De vaak genoemde problemen in 2003 hadden volgens experts niets te maken met de hoogte van het boezempeil. En in 2011, toen het boezempeil bij de Nieuwe Wetering 65 dagen 8 centimeter lager lag dan het streefpeil, hadden de klachten vooral betrekking op de kwaliteit van het water.

Een grove schatting van het aantal kubieke meters tekort aan water ten opzichte van het streefpeil in deze periode, bedraagt 0,5 miljoen³⁷. Bij het verdelen van watertekorten zou men kunnen aannemen dat in het beheergebied van Rijnland, op basis van de historische analyse, tot 0,5 miljoen kubieke meters bespaard kunnen worden via uitzakking van het boezempeil, zonder dat significante schade aan keringen of andere functies optreedt.

³⁶ Meldingen van droogte 2011 Rijnland.

³⁷ Aanname 1200 kilometer boezem, gemiddelde breedte boezemwater 5 meter, daling ten opzichte van streefpeil 8 centimeter. Volume bedraagt 480.000 m³.

Een grotere mate van uitzakking heeft zich in het verleden niet voorgedaan en daarom kan op basis van historische analyse niet worden vastgesteld welke schade optreedt bij een grotere uitzakking van het boezempeil.

Experts van Deltares verwachten dat pas risico's voor de stabiliteit optreden wanneer sprake is van uitdroging van de boezem. Pas dan hebben we te maken met te monetariseren schade. Er is op dit moment onvoldoende duidelijkheid over de relevantie en omvang van het effect van tijdelijk lagere boezempeilen voor andere gebruikers van de boezem. Er wordt aanbevolen hier eerst meer duidelijkheid over te krijgen, voordat de methodiek en de analyse van de afgeleide welvaartseffecten op dit onderdeel verder worden uitgewerkt.

6.7 Effectberekening voor twee maatregelen

In deze paragraaf worden twee soorten analyses geïllustreerd. De afwegingen die we hiervoor gekozen hebben, zijn:

- Het effect van onderwaterdrainage in verschillende regio's binnen het Hoogheemraadschap Rijnland.
- Het sturen van het water als er sprake is van een tekort. Dit sturen zou kunnen tussen regio's binnen het beheergebied of tussen gebruiksfuncties.

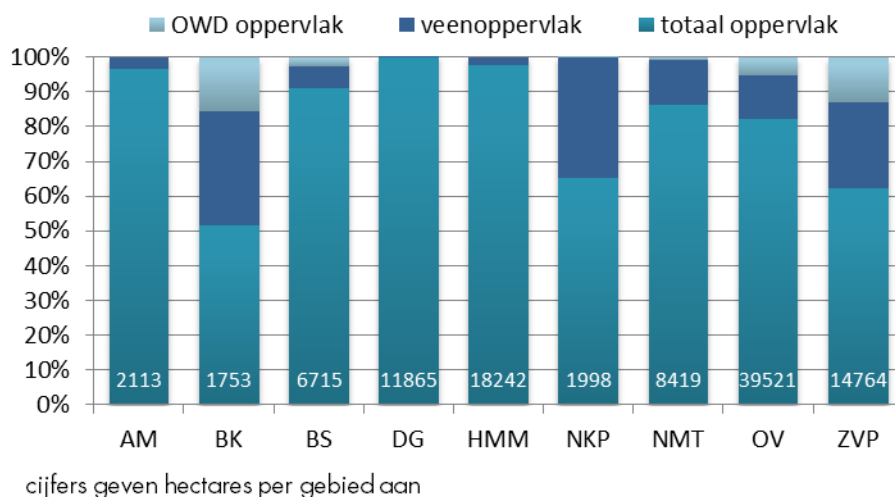
De afwegingen verschillen in het toepassingsgebied en in operatie. De eerste is op een beperkt gebied inzetbaar, maar is wel in alle jaren operationeel zodra de maatregel is aangelegd. De tweede maatregel is in het gehele gebied mogelijk, maar alleen in jaren dat er sprake is van een tekort bij één of meer functies. Het gaat dan om een economisch optimale toewijzingsmethodiek bij schaarste. In Rijnland gaat het dan vooral om 1976.

6.7.1 Onderwaterdrainage

Het is de verwachting dat bij ongewijzigd beleid de bodem in Rijnland in de toekomst verder daalt. Veenafbraak kan alleen worden gestopt wanneer veengrond door opzetten van het slootpeil permanent plas-dras wordt gezet. Dit is vanuit het perspectief van de diverse landgebruiksfuncties een niet-wenselijke situatie. Een alternatief is het bevorderen van infiltratie (opheffen van de intreeweerstand) van slootwater in de bodem en daarmee het verhogen van de grondwaterstand door het aanbrengen van onderwaterdrains. Onderwaterdrainage (OWD) is een maatregel die op een beperkt gebied van Rijnland mogelijk is (zie Figuur 6.6.28).

Effecten onderwaterdrainage

Voor deze gebieden is door PBL een studie gedaan naar bodemdaling, de effecten van bodemdaling en de effecten van maatregelen als onderwaterdrainage en peilindexatie. De resultaten van deze studie zullen we hier gebruiken om de verschillen tussen een reguliere MKBA zoals gedaan in deze studie en de kwadrantenmethode te laten zien. De reden dat de resultaten niet precies hetzelfde opleveren, is dat we in deze studie specifiek naar het effect van klimaat kijken en dus de verschillen tussen jaren door droge of minder droge omstandigheden meenemen in een risicobenadering. In de PBL-studie wordt van één verwacht scenario uitgegaan en zijn deze verschillen weggemiddeld.



Figuur 6.6.28: Verdeling oppervlak per gebied naar veen en niet-veengebied³⁸

Onderwaterdrainage heeft effect op verschillende functies in een gebied:

- Bodemdaling;
- Natuur;
- Landbouw.

Deze zullen we achtereenvolgens bespreken.

Bodemdaling

Onderwaterdrainage vermindert de bodemdaling in een gebied. Als gevolg van de verminderde bodemdaling zijn er positieve of negatieve effecten op de waterbeheerkosten (zie Tabel 6.6). Verminderde bodemdaling veroorzaakt minder CO₂-emissies en minder kosten voor vervanging of herstel van infrastructuur. Op de natuurbeheerkosten is er volgens de PBL-studie geen duidelijk verschil. De effecten zijn hiervoor nog te onzeker en worden in PBL-studie niet meegeteld. Wel is er een effect op de benodigde waterzuiveringskosten ten behoeve van natuur bij minder bodemdaling.

Tabel 6.6: Gebruikte kentallen voor Rijnland o.b.v. studie PBL zie paragraaf 6.5

Huidig klimaat Rijnland	Gem. kosten per cm bodemdaling
Variabele kosten bodemdaling	
CO ₂ -uitstoot studiegebied bodem	€ 462
Waterbeheerkosten (variabel)	€ 65
Zuivering t.b.v. natuur (variabele)	€ 38
Landelijke infrastructuurkosten (25% afh. van bodemdaling)	€ 53
Totaal	€ 618 per cm per ha per jaar
Gem. daling	1,2 cm per jaar

³⁸ Afkortingen AM = Aalsmeer, BK = Boskoop, BS = Bollenstreek, DG = Duingebied, HMM = Haarlemmermeer, NKP = Nieuwkoopse plassen, NMT = Noordplas, M-Tempelpolder, OV = Overige polders, ZVP = Zuidelijke Veenpolders.

Natuur

De effecten voor natuur kunnen met Demnat of PROBE worden bepaald (zie Textbox 6.2) en eventueel worden uitgedrukt in natuurlpunten. De economische effecten van droogte op de natuur kunnen nog niet worden bepaald.

Textbox 6.2: Effect onderwaterdrainage op natuur (Deltares)

Natuurgebieden in het veenweidegebied hebben vaak te lijden onder wegzijging door lager gelegen landbouwgebieden. Een belangrijk effect van onderwaterdrainage is dat het zorgt voor vermindering van maaiveldddaling in landbouwgebieden. Hierdoor wordt ook de wegzijging uit natuurgebieden verminderd, waardoor deze gebieden minder zullen verdrogen (Stichtse Rijnlanden, 2014).

Studies naar de effecten van onderwaterdrainage laten ook zien dat er minder mest afspoelt naar de sloot en minder veenafbraak plaatsvindt door onderwaterdrainage. Hierdoor komt er minder stikstof en fosfor in het slootwater terecht met een betere waterkwaliteit tot gevolg. Indirect heeft dit ook een positieve invloed op natuurgebieden (Provincie Zuid Holland, 2010).

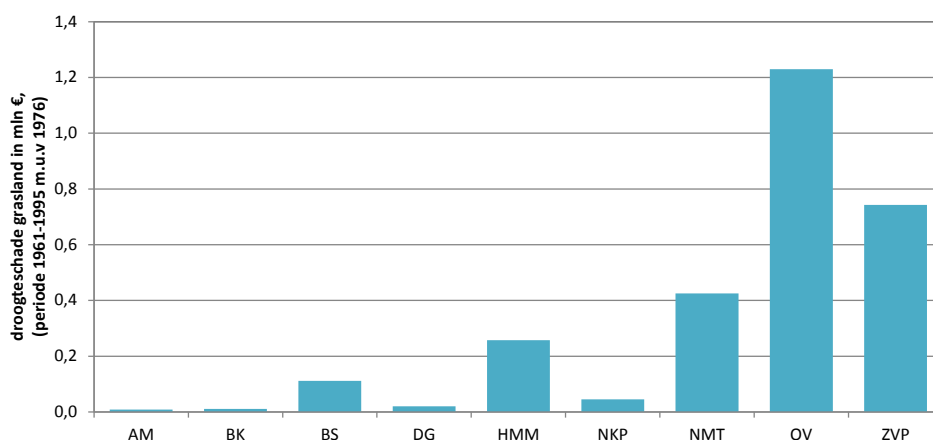
Onderwaterdrainage leidt tot een 10 tot 15% hogere watervraag. Deze extra watervraag zorgt ervoor dat in droge jaren de kleinschalige wateraanvoer (KWA) mogelijk sneller wordt ingezet. Dit heeft zowel een positieve als negatieve kant:

- Aanvoer van het relatief schone KWA-water kan een positief effect hebben op de natuurkwaliteit.
- De extra watervraag van onderwaterdrainage zal mogelijk een negatief effect hebben op de natuur, als de capaciteit van de KWA door deze extra vraag sneller niet meer toereikend is.

De effecten van onderwaterdrainage op de natuur kunnen ook worden doorgerekend met een natuureffectmodel. De hydrologische informatie moet hiervoor eerst beschikbaar komen. Vervolgens kan met deze gegevens een model als Demnat of PROBE worden gedraaid. De uitkomsten kunnen worden vertaald in een natuurwaarde of natuurlpunten. Door dit te doen met (een verbeterde versie van) PROBE kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van de intrinsieke waarde worden bepaald. Door beperkte beschikbaarheid aan informatie is het nog niet mogelijk om deze effecten te vertalen in ecosysteemdiensten en vervolgens te waarderen.

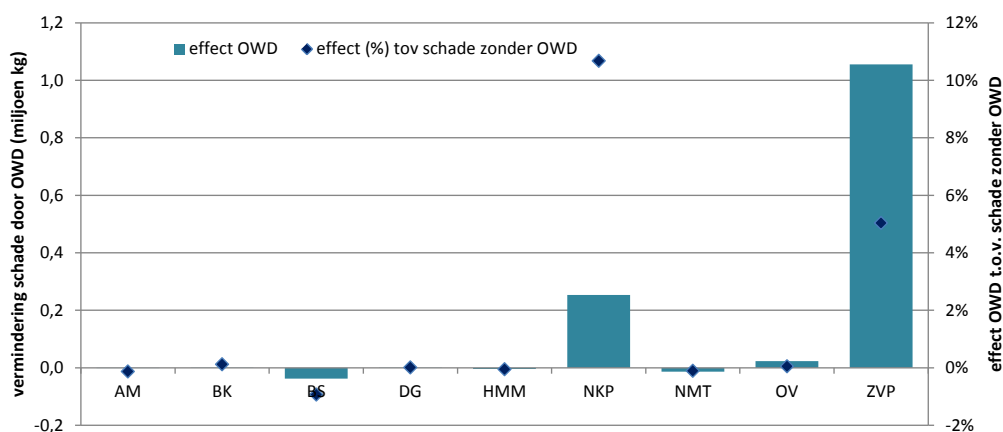
Landbouw

Onderwaterdrainage voorkomt droogteschade voor de landbouw in jaren dat er voldoende water is. Ervan uitgaande dat het voornamelijk grasland is waar OWD wordt toegepast, wordt op basis van NHI-output de vermeden schade (aan verlies van graslandproducten) ingeschat op circa 2,9 miljoen euro op jaarbasis voor het hele gebied (zie Figuur 6.6.29). Hierbij is aangenomen dat door OWD voor alle (op basis van modellen berekende) historische jaren in de periode 1961-1995 de schade tot nul zou worden gereduceerd, met uitzondering van 1976 omdat in dat jaar onvoldoende water beschikbaar zou zijn geweest voor infiltratie.



Figuur 6.6.29: Vermeden droogteschade grasland met OWD (bron LEI o.b.v. NHI info Deltares).

Een snelle analyse van de resultaten voor 1976 uit het NHI, laat hier wel verschillen zien. De gebieden dicht bij de inlaat hebben minder schade en profiteren dus toch, terwijl in 1976 wel extra schade ontstaat in de Bollenstreek (zie Figuur 6.6.30).



Figuur 6.6.30: Effect van OWD op droogteschade grasland volgens NHI in 1976, verschil tussen maatregelpakket 21 (met OWD) en maatregelpakket 9 (zonder OWD) (bron Deltares).

Volgens de tussenresultaten van het PBL verlaagt onderwaterdrainage de opbrengsten voor de landbouw door verminderde droge stof productie. De verschillende resultaten van PBL, Deltares en LEI geven nu geen consistent beeld en zijn niet eenvoudig te verklaren. Voor het bepalen van de juiste effecten is extra onderzoek nodig. Mogelijk zijn er verschillen in de oppervlakten die aangenomen zijn voor OWD en zijn niet alle effecten in elke studie meegeteld. Voor de verdere uitwerking nemen we alleen de landbouweffecten, zoals genoemd in de PBL-studie mee. Dat gaat om een vast bedrag per hectare als verminderde opbrengst voor de landbouw. Het bedrag is onafhankelijk van de mate van bodemdaling.

Kosten-batenanalyse onderwaterdrainage

PBL heeft de bodemdaling met en zonder onderwaterdrainage voor alle gebiedjes in Rijnland berekend die geschikt zijn voor onderwaterdrainage. Doordat deze studie nog niet afgerond is, zijn de cijfers in Tabel 6.7 nog indicatief.

Tabel 6.7: Kentallen voor deelgebieden Rijnland bewerking van cijfers PBL (kosten en baten per ha)

	BK	BS	NKP	NMT	OV	ZVP
Oppv. geschikt voor OWD (in ha)	532	208	7	69	2570	3092
Bodemdaling reg. (cm) 2010–2050	91	33	49	18	42	55
Vermindering met OWD (cm) 2010–2050	42	18	30	0	24	26
Baten verminderde bodemdaling per jaar per ha						
CO ₂ -uitstoot studiegebied (gekoppeld aan bodem)	€ 485	€ 208	€ 347	€ 0	€ 277	€ 300
Waterbeheerkosten (variabel met bodemdaling)	€ 68	€ 29	€ 49	€ 0	€ 39	€ 42
Zuivering t.b.v. natuur (afhankelijk van bodemdaling)	€ 40	€ 17	€ 29	€ 0	€ 23	€ 25
Landelijke infrastructuurkosten (25% afh. van bodemdaling)	€ 56	€ 24	€ 40	€ 0	€ 32	€ 35
Subtotaal 1	€ 649	€ 278	€ 464	€ 0	€ 371	€ 402
Overige effecten (overgenomen uit PBL, vaste kosten)						
Baten landbouw (netto verschil)	€ -26	€ -26	€ -26	€ -26	€ -26	€ -26
Extra kosten beheer OWD	€ -28	€ -28	€ -28	€ -28	€ -28	€ -28
Subtotaal 2	€ 595	€ 224	€ 410	€ -54	€ 317	€ 348
Kosten onderwaterdrainage	€ -167	€ -167	€ -167	€ -167	€ -167	€ -167
Totaal	€ 428	€ 57	€ 242	€ -221	€ 150	€ 181

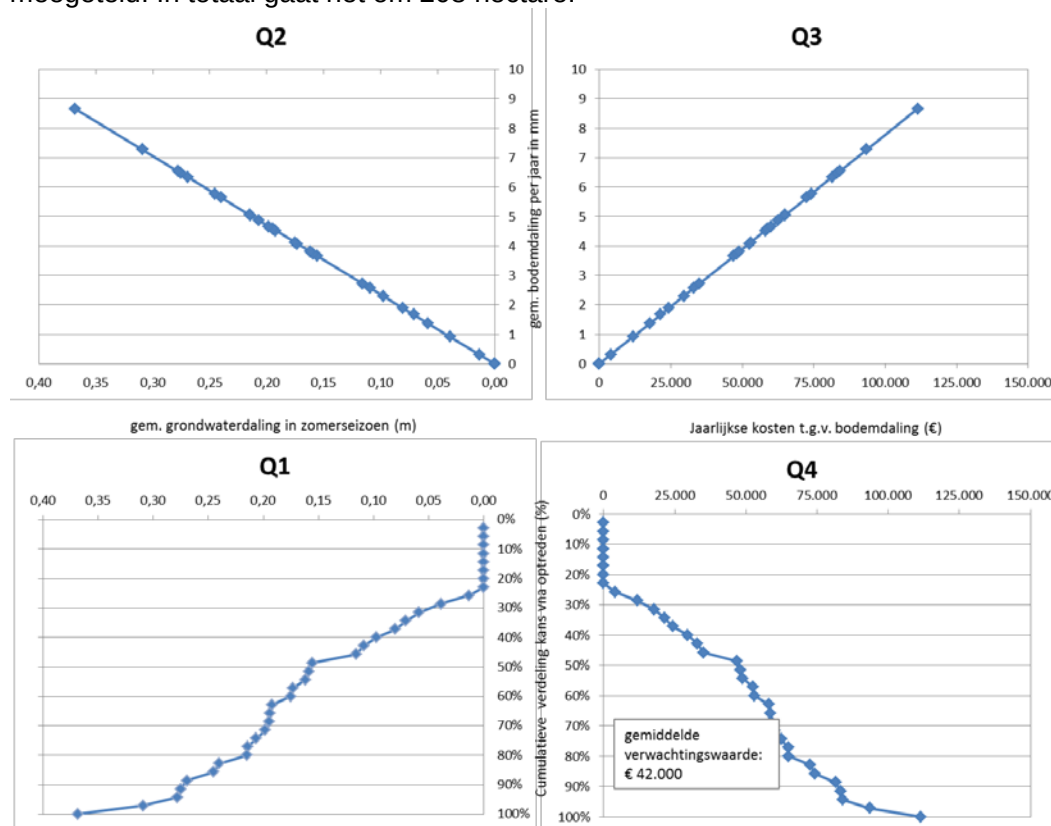
Uit de PBL berekening volgen positieve saldi en negatieve (NMT) voor onderwaterdrainage (subtotaal 2). Vermoedelijk moeten de kosten voor aanleg van onderwaterdrainage hier nog bij opgeteld worden. Het bedrag dat we hiervoor aangenomen hebben is € 2000 per hectare met een levensduur van 20 jaar. Bij een discontovoet van 5,5% komt dat op een jaarlijkse last (annuïteit) uit van € 167 per hectare. Dan komt het saldo per gebied uit op tussen de - € 200 en +€ 400 per hectare. Voor Boskoop levert OWD het hoogste saldo op en voor het gebied rondom de Noordplas het minste.

Dit is echter een forse versimpeling van de werkelijkheid. Onderwaterdrainage kost meer zoet water dan in een situatie zonder onderwaterdrainage. Dit betekent dat er eerder een tekort optreedt en dat verschillen tussen gebiedjes en gewassen kunnen ontstaan. Deze effecten zijn niet meegenomen in de resultaten van PBL.

Kwadrantenberekening onderwaterdrainage

Om de resultaten te laten zien volgens de kwadrantenmethode, nemen we aan dat het positieve effect van onderwaterdrainage op de gemiddelde bodemdaling voor 50% aangrijpt op de bodemdaling die het gevolg is van fluctuaties in de grondwaterstand (GLG)³⁹ en voor 50% op het effect van peilindexatie. Onderwaterdrainage vermindert de bodemdaling vooral in de minder droge jaren. In zeer droge jaren is er niet altijd voldoende water om aan de extra vraag van onderwaterdrainage te voldoen.

We gebruiken hiervoor het gebied Bollenstreek (zie Figuur 6.6.31). De jaarlijkse verwachtingswaarde van bodemdaling door daling van de laagste grondwaterstand zonder onderwaterdrainage⁴⁰ is € 42.000. Dit bedrag ligt lager dan berekend in paragraaf 6.5 (€ 90.000), omdat alleen de schade in gebieden waar onderwaterdrainage mogelijk is, is meegeteld. In totaal gaat het om 208 hectare.

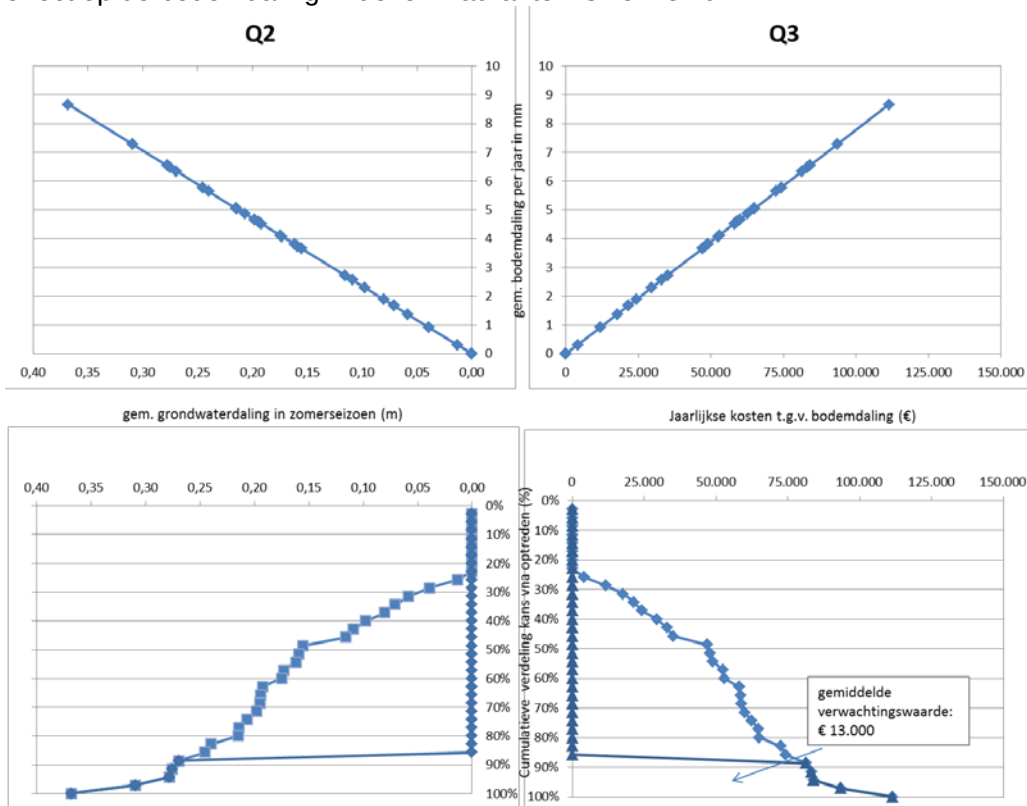


Figuur 6.6.31: Kwadranten voor bodemdaling door GLG-daling Bollenstreek

³⁹ Zie eerdere uitleg paragraaf 6.5.1.

⁴⁰ Aangenomen wordt dat er nu geen onderwaterdrainage plaatsvindt.

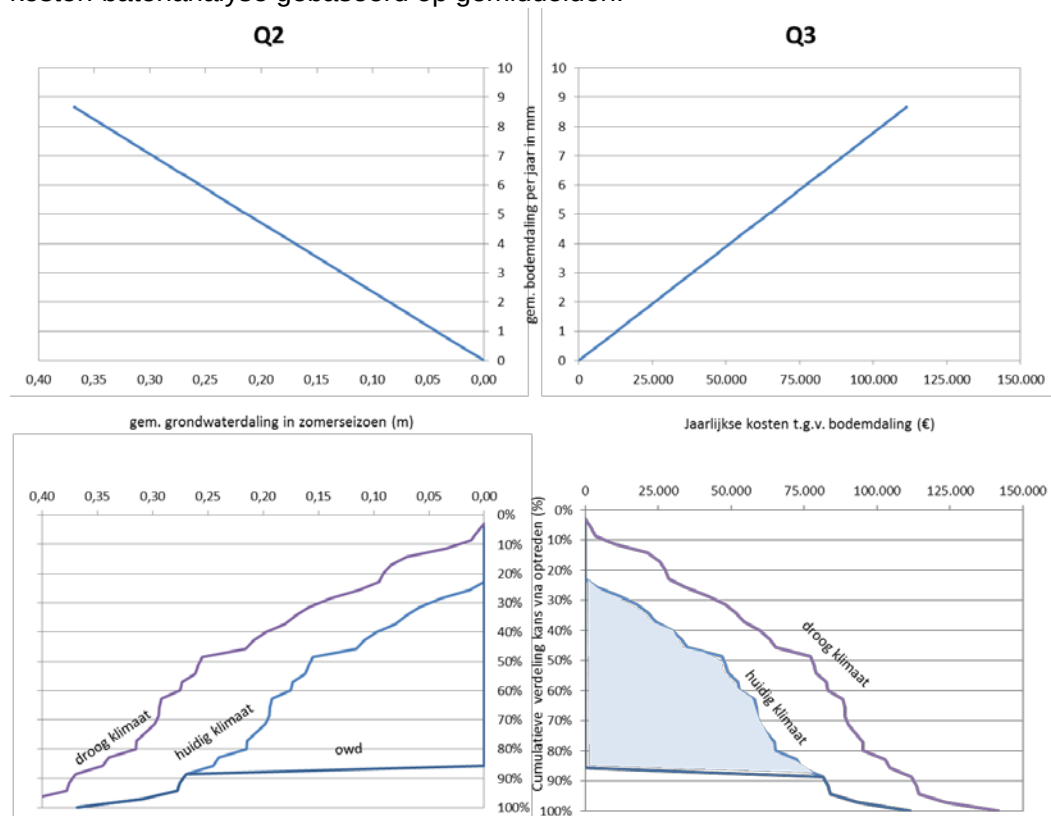
Het effect van onderwaterdrainage is 4,5 millimeter per jaar minder bodemdaling voor de Bollenstreek. Als we aannemen dat hiermee 50% van de GLG-daling in de zomer voorkomt, moet onderwaterdrainage de GLG-daling met 2,25 millimeter per jaar verminderen. In de kwadrantenmethodiek nemen we aan dat de vermindering van de gemiddelde bodemdaling (in millimeter per jaar) door onderwaterdrainage eerst de effecten in de natste jaren voorkomt, daarna in de minder natte jaren et cetera. Wanneer we gemiddeld uitkomen op een afname van de bodemdaling met 2,25 millimeter per jaar, stoppen we. De vorm van de curve in Q1 verandert daardoor (zie Figuur 6.6.32). In het huidige klimaat is de geschatte waarde van onderwaterdrainage voor de bodemdaling door droogte in de Bollenstreek € 29000 (€ 42000 minus € 13000). De totale waarde is het dubbele, omdat 50% van het effect op de bodemdaling in deze kwadranten is verwerkt.



Figuur 6.6.32: Kwadranten voor bodemdaling door GLG-daling Bollenstreek, huidig klimaat

Doordat OWD niet op alle punten eenzelfde effect heeft, zal een kosten-batenanalyse van OWD niet voor alle klimaatomstandigheden gelijke effecten hebben. In de huidige klimaatomstandigheden komen de resultaten gelijk uit met de cijfers van PBL. Dat is logisch, want het verschil in kosten en baten is gebruikt om de curves te maken. Als echter door klimaatverandering de curve verschuift, is het effect van onderwaterdrainage groter.

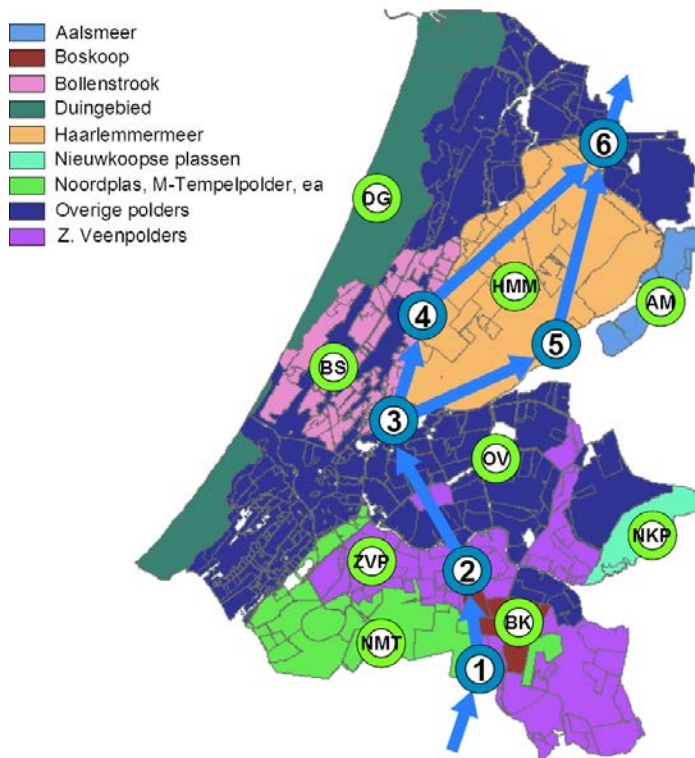
Onderwaterdrainage heeft als effect (grove aanname ten behoeve van illustratie) dat de bodemdaling door uitzakking in de zomer minder is. Dit gebeurt vooral in nattere jaren, wanneer er nog voldoende water is om in de extra vraag naar water voor onderwaterdrainage te voorzien. We nemen daarvoor aan dat tijdens de zomer de GLG-daling de droge lijn in Q1 in Figuur 6.6.33 volgt. De waarde van de onderwaterdrainage neemt dan toe. De kosten van de onderwaterdrainage per hectare blijven gelijk (€ 2000 per hectare, 20 jaar levensduur). Maar de vermeden bodemdaling is groter. Dit is het verschil in de oppervlakken van de driehoeken in Q4. De waarde van OWD in het huidige klimaat is gelijk aan het lichtblauwe stuk. In een droger klimaat wordt het oppervlak dat onderwaterdrainage bespaart groter. Toepassing Voor de Bollenstreek heeft OWD op basis van de gebruikte cijfers al potentie, maar voor een andere gebiedjes minder. Bij klimaatverandering verandert de potentie. Natuurlijk is dit voor een heel groot deel afhankelijk van de aannames met betrekking tot de hydrologische effecten, of de kosten voor beheer en infrastructuur de werkelijkheid voldoende benaderen. Binnen deze analyse was geen ruimte om deze zaken in detail te onderzoeken. Dit voorbeeld dient daarom puur als hypothetisch voorbeeld van hoe de kwadrantenmethode of risicobenadering meerwaarde kan bieden ten opzichte van een kosten-batenanalyse gebaseerd op gemiddelden.



Figuur 6.6.33: Kwadranten voor bodemdaling door GLG-daling Bollenstreek

6.7.2 Sturen van water

Sturen van water lijkt theoretisch mogelijk in het gehele werkgebied van Rijnland. Als er sprake is van een tekort bij één of meer functies moet dit tekort worden verdeeld. Nu wordt de verdeling bepaald door de verdringingsreeks en binnen een functie (landbouw, peilbeheer, doorspoeling) soms door de fysieke ligging. Doordat het water vanuit Gouda het beheergebied binnenkomt, komen regio's als Boskoop eerder aan de beurt dan de bollenstreek of de Haarlemmermeer (zie Figuur 6.6.34). Aanvankelijk was gehoopt dat voor de verschillende gebiedjes binnen Rijnland door het LEI schadecurves voor de gebruiksfunctie landbouw zouden worden aangeleverd. Door de complexiteit en vele dosis-effectrelaties is dit niet gelukt. Schadecurves zijn er nu alleen voor bodemdaling. Doordat de schade per centimeter bodemdaling niet verschilt, verschillen de schadecurves (Q3) niet per gebied. Door het verschil in slootdichtheid zijn er wel verschillen in de mogelijkheden per gebied om water te bufferen en tijdelijk te onttrekken. Door verschillende gewassen per regio zullen de schadecurves voor de landbouw en de watervraag hiervan verschillen.



Figuur 6.6.34: Gebiedsindeling volgens €ureyeopener (bron memo J. Delsman, Deltares)

Met verschillende sets kwadranten (per gebied en functie) lijkt het dan theoretisch mogelijk om het schaarse water optimaal te verdelen. Als we aannemen dat er alleen beleidsmaatregelen nodig zijn om het water te verdelen, zoals een beregeningsverbod of het stoppen met het vasthouden van het peil in een gebied of polder, dan zou je een tekort zo kunnen verdelen dat de minste welvaartschade ontstaat. Het tekort wijs je dan toe aan de regio en de functie met de minste schade per kubieke meter tekort. Dit vraagt wel aanpassing van de verdringingsreeks. Met de frequentieverdeling zou de verwachtingswaarde van dit afwijkende beleid kunnen worden bepaald. Naar verwachting verschillen de mogelijkheden afhankelijk van de droogte. Allereerst moet sprake zijn van tekorten bij één of meer gebruiksfuncties. In de historische reeks was dat vooral het geval in 1976. De kwadrantenmethodiek zou meerwaarde kunnen hebben als we de impact van afwijkend beleid qua toewijzing kunnen laten zien voor meer jaren met tekorten, bijvoorbeeld bij toenemende droogte door klimaatverandering. Dit is opgenomen als aanbeveling. Door het ontbreken van de curves voor landbouw hebben we het afwegingsprincipe alleen geïllustreerd en het niet verder in de kwadrantenmethodiek doorgevoerd.

Beschikbare capaciteit voor herverdeling

Voordat de maatregel 'sturen van water' beoordeeld kan worden, is het eerst nodig om de capaciteit die kan worden verschoven te bepalen. Dit is de hoeveelheid water die bij een aanpassing van de verdringingsreeks anders zou kunnen worden ingezet. Deze capaciteit is in de huidige verdringingsreeks vooral te vinden door het peil in sloten en boezemwater tijdelijk te laten uitzakken ten gunste van landbouw.

Het uitzakken van het slootpeilen is de afgelopen jaren nauwelijks opgetreden (zie paragraaf 6.5). Het uitzakken van het boezempeil is af en toe wel gebeurd, echter zonder dat er duidelijke schade optrad. De omvang van de hoeveelheid water die beschikbaar komt, benaderen we door de verandering in slootpeil per gebiedje te vermenigvuldigen met het wateroppervlak van de sloten in dat gebied. De lengte van alle sloten is door het Hoogheemraadschap Rijnland aangeleverd en we hebben aangenomen dat een sloot gemiddeld 1 meter breed is. Dit levert een buffer van 1,2 miljoen kubieke meter op, als we toestaan dat het waterpeil in de sloten 10 centimeter mag uitzakken (zie Tabel 6.8 en Tabel 6.9). Ook voor het totale boezempeil lijkt uitzakking van 8 centimeter geen schade te veroorzaken. Dit levert 0,5 miljoen kubieke meter buffer op die zou kunnen worden ingezet om beregening langer toe te staan of meer water door te voeren naar noordelijk gelegen gebiedjes. De kosten van het uitzakken van het boezempeil en de sloten is geschat op basis van informatie uit eerdere paragrafen.

Tabel 6.8: Lengte en oppervlak sloten per gebied

	AM	BK	BS	DG	HMM	NKP	NMT	OV	ZVP
Oppervlak totaal (ha)	2113	1753	6715	11865	18242	1.998	8.419	39.521	14.764
Lengte sloten (km)	226	488	803	185	1431	411	1104	4711	3008
geschat opp. sloten (ha)	23	49	80	18	143	41	110	471	301
Buffer in m ³ per cm uitzakking	2263	4877	8029	1849	14312	4110	11045	47107	30083

Per kubieke meter water veroorzaakt peiluitzakking in de sloten € 1,69 per m³ (€ 2,09 miljoen / 1,24 miljoen kubieke meter, zie Tabel 6.20) aan schade door de extra bodemdaling. Daling van de boezem lijkt nu geen extra schade te veroorzaken. De combinatie van 8 centimeter boezempeiluitzakking met 10 centimeter uitzakking in de sloten, levert gemiddeld € 1,20 per m³ aan schade op (€ 2,09 miljoen / (1,24 + 0,5) miljoen kubieke meter, zie Tabel 6.9). Dit ligt hoger dan de gemiddelde prijs voor drinkwater, maar 75% van de € 2,09 miljoen bestaat uit de kosten van CO₂-uitstoot. Voor de water- en infrastructuurbeheerders gaat het om een bedrag van in totaal € 0,52 miljoen aan schade. Dat wil zeggen € 0,42 per kubieke meter (uitzakking sloten) en € 0,30 per kubieke meter (inclusief uitzakking van de boezem).

Tabel 6.9: Tekorten en bufferruimte per gebied

1976		ruimte sloten per 14 dagen en 10 cm uitzak	ruimte boezem	welvaartsschade uitzakking sloten ⁴¹
Regio		(mln m ³ buffer)	(mln m ³ buffer)	(mln €)
	AM	0,02	p.m.	0,04
	BK	0,05	p.m.	0,08
	BS	0,08	p.m.	0,14
	DG	0,02	p.m.	0,03
	HMM	0,14	p.m.	0,24
	NKP	0,04	p.m.	0,07
	NMT	0,11	p.m.	0,19
	OV	0,47	p.m.	0,79
	ZVP	0,30	p.m.	0,51
	Totaal	1,24	0,5	2,09

Effecten en kosten voor gebruiksfuncties

Ook de kosten voor gebruiksfuncties die hiermee kunnen worden vermeden, moet worden bepaald.

Natuur

Voor een goede inschatting zullen eerst de hydrologische effecten van een nieuwe waterverdeling doorgerekend moeten worden. Bij een paar cm uitzakking is de verwachting dat het effect op de natuur beperkt is. Als het water zover uitzakt dat natuurgebieden plassen en sloten droogvallen, zal het effect op de natuur aanzienlijk zijn. Niet in alle gevallen is dit negatief, in sommige gevallen kan het tijdelijk droogvallen ook een positief effect hebben op de biodiversiteit (vermindering nutriënten). Het voordeel van deze maatregel is dat er geen extra gebiedsvreemd water ingelaten hoeft te worden. Ook voor deze maatregel geldt dat het nog niet mogelijk is om de welvaartseffecten door te rekenen.

Bodemdaling

Verschillen in uitzakbeleid en toedeling gericht op vermeden bodemdaling tussen gebiedjes levert nu geen optimalisatiemogelijkheden op. De schade per centimeter bodemdaling per hectare is overal gelijk doordat is gewerkt met vaste kentallen voor de hele regio. Wanneer meer details bekend zijn, zou ook hiertussen geoptimaliseerd kunnen worden.

Landbouw

⁴¹ 75% is CO₂-uitstoot

Landbouwschade die kan worden voorkomen zou per kubieke meter groter moeten zijn dan de kosten van peiluitzak om een andere toedeling te rechtvaardigen. Bij verschillen tussen de schadebedragen per kubieke meter voor de beregende arealen per gebied, valt ook hier te optimaliseren.

Het watertekort voor de landbouw in 1976 bedroeg op basis van NHI-berekeningen circa 8 miljoen m³. De bijbehorende schade (alle gewassen) bedraagt bijna 16 miljoen euro met grote verschillen in de schade per kubieke meter watertekort per gebied. Deze schade is echter niet uitgesplitst in de schade door neerslagtekort en de schade door tekort aan water voor beregening. Hierdoor is het zonder aanvullende inzet van NHI-Agricom niet mogelijk de optimalisatie verder te illustreren.

Optimalisatie door de bufferruimte van de sloten en de boezem te sturen naar gebieden met de hoogste schade per kubieke meter als gevolg van een beregeningstekort kan een theoretische besparing opleveren. Dit is uiteraard een sterk vereenvoudigde aanpak, waarin nog geen rekening is gehouden met aanvullende kosten voor watertransport en waarin uitsluitend gekeken wordt naar een 1976 situatie. Maar in potentie zijn er voordelen te behalen bij sturen van water. De ontwikkelde methode kan ondersteunend zijn bij de afwegingen die hierbij spelen in het waterbeheer.

6.8 Conclusies en doorkijk

Op basis van voorgaande analyses komen we tot onderstaande conclusies en aanbevelingen. Bij de aanbevelingen is aangegeven in hoeverre conclusies kunnen worden opgeschaald naar landelijk niveau.

6.8.1 Conclusies

- In lijn met de analyses voor de scheepvaart, drinkwatervoorziening en landbouw, hebben we ook op basis van de casus het beeld dat de kwadrantenmethodiek in potentie een handig hulpmiddel kan zijn voor het beoordelen van maatregelen en schatten van klimaateffecten. Een reguliere kosten-batenanalyse besteedt vaak minder expliciet aandacht aan de mogelijke variatie van de verwachtingswaarde tussen de jaren, maar rekent met gemiddelden. De kwadrantenmethodiek illustreert dit aspect beter en heeft zo een duidelijke meerwaarde.
- Om het economisch risico volledig toe te passen, is echter op diverse onderdelen nog aanvullend onderzoek nodig. Zonder de extra hydrologische analyses, die binnen deze studie niet begroot waren, zijn niet altijd de juiste data beschikbaar om de kwadranten volledig te doorlopen. Er ontbreekt dan een goed beeld van de terugkeertijd van bepaalde hydrologische situaties.
- Aanvullend op bovenstaande ontbreekt voor een aantal mechanismen nog een duidelijk inzicht in hoe effecten (in fysiek en/of economisch opzicht) aangrijpen. Hiervoor zijn nu grove aannames gedaan, maar voordat beleidsconclusies worden getrokken, zullen de aannames geverifieerd moeten worden. De ruimtelijke schaal waarop de analyse nu is gedaan, volstaat voor het doel van deze verkenning. In het kader van de besluitvorming kan het nodig zijn informatie op een lager ruimtelijk schaalniveau beschikbaar te hebben, bijvoorbeeld bij het onderbouwen van de keuze over onderwaterdrainage in een deel van de gebieden binnen het hoogheemraadschap Rijnland.
- De casus was bedoeld om de methodiek te toetsen aan de hand van een tweetal maatregelen, niet om alle relevante effecten uitputtend te beschouwen. Een aantal deelconclusies:
 - o Voor de evaluatie van de maatregel 'Onderwaterdrainage' dienen de verschillen in aanleverde data en conclusies nader te worden onderzocht.
 - o Voor de evaluatie van de maatregel 'Sturen met water' is meer informatie nodig over het effect van meer of minder wateraanvoer per deelgebied voor natuur en de schade per gewas met en zonder beregening.

- o Voor het formuleren van beleidsuitgangspunten ten aanzien van de realisatie van de maatregel 'onderwaterdrainage' (OWD) dienen de fysieke effecten van OWD op peilindexatie en GLG-daling nader te worden uitgezocht.
- o De effecten van bodemdaling zijn in de case uitsluitend bepaald voor het landelijk (veenweide)gebied. Voor stedelijk gebied is de methodiek niet uitgewerkt binnen de case. Problemen zijn te verwachten op het gebied van paalrot en zetting. Voor een integrale beoordeling van het voorzieningenniveau is het van belang alle relevante effecten gelijktijdig te bepalen.
- o Het belang van peilbeheer in het boezemsysteem voor veiligheid en infrastructuur lijkt op basis van de informatie die binnen de case naar boven is gehaald, beperkt. Maar aangezien peilbeheer nu als cruciaal wordt gezien, zal aanpassing van het beleid op dit punt grondig onderzoek en grondige toetsing vergen. Uit de (historische) informatie lijkt dat het uitzakken van het boezempeil met circa 10 centimeter geen noemenswaardige schade oplevert.

6.8.2 Doorkijk en aanbevelingen

Deze casestudie heeft niet aan alle aspecten aandacht kunnen besteden en vraagt verder onderzoek voordat het opgeschaald kan worden naar andere regio's. Voorlopig hebben we de volgende aanbevelingen:

- Voor de analyses is veel gedetailleerde informatie nodig. Die wordt niet altijd structureel verzameld. Aanbevolen wordt met de waterschappen te onderzoeken welke informatie tegen relatief lage inspanningen is te genereren en in de toekomst gemonitord kan worden. Wij denken dan in het bijzonder aan verloop van boezempeil, slootpeil, (laagste) grondwaterstand, maaiveldhoogtes en klachten of schade naar aanleiding van afwijkingen.
- Ten aanzien van het aspect bodemdaling is de gemiddeld laagste grondwaterstand relevant. Er liggen mogelijkheden om de voor deze casus ontwikkelde dosis-effect relaties te verbeteren. Nu is aangenomen dat *gemodelleerde* daling van de grondwaterstand in het zomerseizoen gelijk is aan de werkelijke afname van de laagste grondwaterstand. De vermindering van de bodemdaling bij OWD is aangenomen voor 50% aan te grijpen op de verminderde GLG-daling en voor 50% op de verminderde bodemdaling door peilindexatie. En we hebben aangenomen dat OWD de bodemdaling door GLG-uitzakking in de minder droge jaren volledig voorkomt. Deze aannames moeten gevalideerd worden.
- Er wordt aanbevolen meer duidelijkheid te krijgen over het effect van tijdelijk lagere boezempeilen op gebruiksfuncties en infrastructuur, voordat de methodiek en de analyse van de afgeleide welvaartseffecten op het gebied van infrastructuur en veiligheid verder worden uitgewerkt. Hoewel de schade bij kleine uitzakking (bijvoorbeeld 10 cm) beperkt lijkt, verwacht men wel schade bij grote uitzakking of volledig droogvallen. Niet bekend is waar het kantelpunt precies ligt.
- De tweede maatregel, het sturen van water, is door het ontbreken van bruikbare data en complexiteit niet volledig uitgewerkt. Het verdient aanbeveling om in een vervolgfase hier apart onderzoek naar te doen en ook effecten van klimaat te laten zien. Voor het formuleren van beleidsconclusies moeten verziltingseffecten in landbouweffecten meegenomen worden.
- Binnen de opdracht is focus gelegd op het veenweidegebied. Voor conclusies die betrekking hebben op heel Rijnland zou ook naar het stedelijk gebied moeten worden gekeken. Hier gelden andere dosis-effectrelaties. Deze zullen moeten worden uitgewerkt conform de aanpak in de case.
- We achten de methodiek op zich ook bruikbaar voor verdere toepassing in andere gebieden. Wel vraagt dit afhankelijk van de gebruiksfunctie nader onderzoek naar

dosis-effect relaties en specifieke kentallen (over kosten, financiële en economische schade) per regio. De effecten van bodemdaling op laagveen zullen in andere laagveengebieden vermoedelijk een vergelijkbaar verloop hebben als in Rijnland, maar de kosten per centimeter bodemdaling en de bodemdaling als gevolg van droogte verschillen, en vragen dus nader onderzoek. Ook zijn nog verschillende verbeterlagen mogelijk, zoals ten aanzien van de dosis-effect relaties, gebiedspecifieke data en kosten van noodzakelijke en potentieel kansrijke ingrepen in het regionale watersysteem.

- Veel van de analyses zijn gemaakt met behulp van resultaten uit modelruns. Dat betekent dat de data niet altijd de historische situatie weerspiegelen, maar de verwachte situatie die zou zijn opgetreden, uitgaande van de huidige (beheers)praktijk. Het verdient aanbeveling te onderzoeken of er verdere toetsing mogelijk en nodig is met historische of huidige data voor een juiste inschatting van de kans van optreden van bepaalde oppervlakte- en/of grondwaterstanden.
- In de voorliggende case en het totale project ligt de focus sterk op het vaststellen van de omvang van het welvaartseffect en niet zozeer op de verdeling van de kosten en de baten. Voor de onderbouwing van het beleid en de haalbaarheid van de maatregelen maakt dit echter veel uit. Het verdient aanbeveling als onderdeel van de methodiek (her)verdelingseffecten expliciet inzichtelijk te maken. Door verschillende belangen in de ontwikkelde rekentool in te brengen, is het mogelijk uitruileffecten van keuzes in het waterbeheer te analyseren en zodoende te sturen op maximaal nationaal rendement.
- Daarnaast dient te worden bedacht dat sturen op maximaal rendement niet alleen een technische, maar ook governance component kent. Zo zullen op regionaal niveau afspraken over de waterverdeling moeten worden vastgelegd en moeten afspraken ook handhaafbaar zijn. Sturen met water is bijvoorbeeld alleen zinvol als partijen zich in de praktijk ook houden aan de samen overeengekomen afspraken over watergebruik. Toepassing van deze maatregel leidt naast 'gewone' kosten derhalve tot bijkomende transactiekosten voor gebruikers en overheid. Deze zijn in de huidige opzet van de methodiek nog niet inbegrepen, maar zouden bij een verdere uitwerking relatief eenvoudig kunnen worden geïntegreerd.
- Tot slot kan de methodiek doordat deze de belangen voor verschillende partijen inzichtelijk maakt, behulpzaam zijn bij de huidige discussie over de modernisering van de financiering van het waterbeheer en bijdragen aan een vanuit economische optiek rechtvaardige verdeling van de lasten.

7 Literatuurlijst

- Aa en Maas, 2015. Regenval druppel op gloeiende plaat. Nieuwsbericht, 16 juli 2015.
- Achterhuis, H., Achterberg, W., 1995. Samenleving, natuur en duurzaamheid - Een inleiding in de milieufilosofie. Van Gorcum
- AHA DATA, 2004. Continuïteit en ambitie - Onderzoek naar de toekomst van gezinsbedrijven in de binnenvaart.
- Alterra (2008). Overzichtskaart ligging Natura-2000 gebieden [online]. Geciteerd op 5 november, <http://www.synbiosys.alterra.nl/natura2000/documenten/gebieden/overzichtskaart_n2k.pdf>
- Alterra Wageningen UR (2013). Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap van Rijnland – onderzoek met hulp van €ureyeopener 1.0.
- Animal Sciences Group (2008), Hydrologische en landbouwkundige effecten van gebruik 'onderwaterdrains' op veengrond.
- Arcadis (2014). De waterkwaliteit in het beheergebied van waterschap Noorderzijlvest Toestand 2011
- ARCADIS, Port of Rotterdam, IenM, VU Amsterdam, TU Delft, Deltares & TNO (2011). Climate change and inland waterway transport: impacts on the sector, the Port of Rotterdam and potential solutions.
- Bakel, P.J.T. van, G.A.P.H. van den Eertwegh, H. Massop, J. Brandsma (2013) Klimaatadaptieve Drainage Landelijke geschiktheid van conventionele, samengestelde peilgestuurde en klimaatadaptieve drainage. FutureWater, rapport 118, Wageningen.
- Bakel, P.J.T. van, V. Linderhof, C.E. van 't Klooster, A.A. Veldhuizen, D. Goense, H.M. Mulder, H.T.L. Massop, 2009. Definitiestudie Agricom. Alterra-rapport 1934, Wageningen.
- Belyea, L.R. en A.J. Baird (2006). Beyond the "limits to peat bog growth": cross-scale feedback in peatland development. Ecological Monographs 76: 299–322.
- Bijlsma, R.J. , A.J.M. Jansen, J. Limpens, M.F. Wallis de Vries en J.P.M. Witte (2012). Hoogveen en klimaatverandering in Nederland. Alterra-rapport 2225, ISSN 1566-7197
- Broeke, I. ten (2014). Notitie schade vaardieptebeperking.
- CBRB (2011). Passagiersvaart: out of the blue -De economische betekenis van de passagiersvaart in Nederland
- CBS (2014). Tijdreeksen drinkwater.
- CBS (2015). Kosten en financiering, natuur en landschapsbeheer. CBS, Den Haag/Heerlen.
- CE Delft (2005). Beladingsgraden - ruimte voor verbetering
- CEA, 2011. Insurance of natural catastrophes in Europe. Position Paper, October 2011.
- Centrale Commissie voor de Rijnvaart, Europese Commissie directoraat-generaal mobiliteit en vervoer & Panteia, Europese Binnenvaart (2013) – Marktobservatie 2013

- Centrale Commissie voor de Rijnvaart, Europese Commissie directoraat-generaal mobiliteit en vervoer & Panteia, Europese Binnenvaart (2014)– Marktobservatie 2014
- Constanza et al. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature.
- CPB (2011). Second opinion kosten-batenanalyse waterveiligheid 21^e eeuw. In opdracht van ministerie van I&M.
- CPB (2015), Second opinion 'Economische analyse Zoetwater'.
- CPB en PBL (2015). Review kentallen Nieuw Limburgs Peil. Den Haag.
- De Groot, R. (1992) Functions of nature: Evaluation of nature in environmental planning, management and decision making. Groningen, The Netherlands: Wolters, Noordhoff BV.
- Deltares (2012). Presentatie Zoetwatervoorziening in Nederland – Knelpunten Scheepvaart
- Deltares (2015). DEMNAT [online]. Geciteerd op 2 november 2015, <<https://publicwiki.deltares.nl/display/KRWGR/DEMNET>>
- Deltares, PBL, KNMI, CPB & LEI (2013), Deltascenario's voor 2050 en 2100; Nadere uitwerking 2012-2013.
- Dijk G. van, O.F. van Bekkum en K. van den Boogaard (2012). Marktwerving en Samenwerking in de Binnenvaart
- Dorsser C. van (2015). Very Long Term Development of the Dutch Inland Waterway Transport System - Policy Analysis, Transport Projections, Shipping Scenarios, and a New Perspective on Economic Growth and Future Discounting - Extended Summary Report
- Dorsser, J.C.M., 2012. Scheepvaartscenario's voor het Deltaprogramma, 100 jaar later Rijkswaterstaat-DVS.
- Dunea (2009), Projectplan verbetering natuurkwaliteit Westduinpark en Bosjes van Poot.
- Ecorys (2008) Sectorstudie van zee- tot binnenhaven - Marktwerving in het goederenvervoer over water
- Ecorys (2013). Voorverkenning kosten en baten Deltaprogramma Zoetwater.
- Ecorys (2014). De Nederlandse Maritieme Cluster – Monitor 2014
- Ek, van, R., Witte, J.M., Runhaar, H., Klijn, F. (2000). Ecological effects of water management in the Netherlands: the model DEMNAT. Ecological engineering 16, pp. 127-141.
- Frank et al (2015). Water-use efficiency and transpiration across European forests during the Anthropocene. Nature Climate Change5: 579-583 DOI: 10.1038/NCLIMATE2614.
- Gaalen, F. van et al. (2014), Natuurpunten: kwantificering van effecten op natuurlijke ecosystemen en biodiversiteit in het Deltaprogramma, Den Haag: PBL
- Gomez-Baggethun (2010). The history of ecosystem services in economic theory and practice: from early notions to markets and payment schemes. Volume 69 (6), pg 1209-1218.
- Griffioen, Notenboom, Schraa, Stuurman, Runhaar en Van Wirdum (2003). Systeemgericht grondwaterbeheer; de natuurwetenschappelijke werking van grondwatersystemen in relatie tot ecosystemen en grondwaterbeheer. Wolters-Noordhoff Groningen | Houten, ISBN 9020732935
- Grootjans, A. P., P. C. Schipper, and H. J. Vanderwindt (1986). Influence of Drainage on N Mineralization and Vegetation Response in Wet Meadows .2. Cirsio-Molinietum Stands. Acta Oecologica-Oecologia Plantarum 7:3-14.

- Hack-Ten broeke, M., Kroes, J., Hendriks, R., Bartholomeus, R., van Bakel, J., Hoving, I., 2013. Actualisatie schadefuncties voor de landbouw, tussenfase 2a: plausibiliteitstoets SWAP en enkele verkennende berekeningen.
- Hassel E. van (2013). Structuurverandering in het segment van de grote drogeladingbinnenvaartschepen.
- HDSR, H. van Hardeveld, van der Lee, M., Strijker, J. van Bokhoven, A en de Jong, H., (2014). Toekomstverkenning Bodemdaling – eindrapport fase 1.
- Heertje, A. (2006). Echte economie. Boek, Valkhof Pers.
- Heijde, P.K.M. van der (1978). De Droogte van 1976 – Een samenvatting en overzicht van de over de droogte van 1976 verschenen literatuur.
- Hoogheemraadschap Rijnland (2007). Aquatische natuur in Rijnland, Gevoeligheid voor verzilting en eutrofiering. Leiden.
- Hoogheemraadschap Rijnland (2014b) Kaders voor het Waterbeheerplan 5 Droge voeten, schoon water Achtergronddocument 4; Omgeving, Leiden.
- Hoogheemraadschap van Rijnland (2014); Onderzoek met hulp van €ureyeopener 1.0. Alterra, rapport 2439, Wageningen.
- Hoogheemraadschap van Rijnland (2014a) Kaders voor het Waterbeheerplan 5; Toekomstverkenning. Achtergronddocument 3, 23 april 2014, Versie 1.0, Leiden.
- Hoving, I.E., J.J.H. van den Akker, M. Pleijter, en K. van Houwelingen (2013) Hydrologische en landbouwkundige effecten toepassing onderwaterdrains in polder Zeevang. Wageningen UR Livestock Research, Rapport 449, Lelystad.
- ING Economisch Bureau (2009). Binnenvaart ondervindt onverwacht sterke tegenstroom - Nu stabilisatie een feit is, zal de balans moeten terugkeren.
- ING Economisch Bureau (2011). Binnenvaart in de greep van overbrugging - Ondanks de opgelopen averij is de toekomst kansrijk.
- ING Economisch Bureau (2013). Herstel binnenvaart uit zicht - Wacht de droge ladingvaart een warme of koude sanering?
- IVR (2014). Jaarverslag 2013.
- Jonkeren, O. et al. (2010). Economic analysis of adaptation measures to climate change for inland waterway transport.
- Jonkeren, O. et al. (2013), Climate change and economic consequences for inland waterway transport in Europe
- Jonkeren, O., Rietveld, P., van der Toorn, A., 2010. Economic analysis for adaptation measures to climate change for inland waterways transport. VU University/TU Delft.
- KiM (2013). De maatschappelijke waarde van kortere en betrouwbare reistijden.
- Klijn, F., Ter Maat, J., van Velzen, E., 2011. Zoetwatervoorziening in Nederland, landelijke analyse knelpunten 21^e eeuw. Deltares.
- Koning, R. de en E. Opdam (2012) Proeftuin klimaat in de stad, Greenport regio Boskoop, Arnhem.
- Kuijper et al.(2012). Sturen op Basisafvoer Een analyse van zomerafvoeren in het beheergebied van waterschap Regge en Dinkel en hoe daar in de toekomst mee om te gaan. Deltares rapport 1202530-000
- KWR (2015a). Effecten van klimaatverandering op de waterbalans van de bodem [online]. Geciteerd op 2 november 2015, <http://www.kwrwater.nl/klimaat_natuur/waterbalans/>
- KWR (2015b). De PROBE benadering [online]. Geciteerd op 2 november 2015, <http://www.kwrwater.nl/klimaat_natuur/probe_benadering/> Provincie Zuid-Holland, 2010. Onderwaterdrainage in het veenweide gebied. Uitgave van de provincie Zuid-Holland i.s.m. Alterra.
- KWR (2015b). De PROBE benadering [online]. Geciteerd op 2 november 2015, <http://www.kwrwater.nl/klimaat_natuur/probe_benadering/>

- LEI (2013), Notitie gedragen effectprotocollen voor beoordeling sectoren in het Deltaprogramma.
- LEI (2015), Bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw – baten van maatregelen om effecten te verminderen.
- Lengkeek, W., S. Bouma H. W. (2007). Het effect van zuurstofdeficiëntie op het bodemleven in het Grevelingenmeer Een blik onder water. Waardenburg rapport nr. 07-186
- Liekens, I., Van der Biest, K., Staes, J., De Nocker, L., Aertsens, J., Broekx, S. (2013). Waardering van ecosysteemdiensten, een handleiding. Studie in opdracht van LNE, afdeling milieu-, natuur- en energiebeleid.
- Maverick & STC Nestra (2015). Versterking van de markstructuur in de binnenvaart: een inventarisatie van mogelijkheden voor commerciële samenwerkingsverbanden.
- McVittie A., Hussain S. S. (2013) The Economics of Ecosystems and Biodiversity - Valuation Database Manual
- Michielsen, B., L. Lamers, F. Smolders (2007). Interne eutrofiëring van veenplassen belangrijker dan voorheen erkend? H2O (8): 51-54.
- Mijnders, I.L., S. Top, en M. van Leeuwen (2011) Agrarisch structuuronderzoek Haarlemmermeer. Grontmij Nederland B.V./LTO projecten, Alkmaar.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005). Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington. 155pp, here: p.40.
- Mulder H.M. en A.A. Veldhuizen (2014). AGRICOM 2.01. Theorie en gebruikershandleiding. Wageningen, Alterra-rapport 2576.
- Natural Capital Project (2015). What is invest? [online], <<http://www.naturalcapitalproject.org/invest/>>
- Natuurkennis (2015). Droogvallen [online]. Geciteerd op 2 november 2015, <http://www.natuurkennis.nl/sleutels/vennensleutel/?module=article&action=html_by_id&id=20>
- NEA (2011). Closure of River Rhine at Lorelei Rock: Estimate of Impact and Allocation of Damage.
- Nederland boven water (2015). Maatschappelijke kosten baten analyse: Een integraal afwegingsinstrument voor optimaal resultaat [online]. Geciteerd 2 november 2015, <<http://www.nederlandbovenwater.nl/mkb.html>>
- Panteia (2013). Markttransparantie en de rol van tussenpersonen in andere sectoren ter inspiratie voor de binnenvaart.
- Pascal, U., Muradian, R., Brander, L., Gomez-Baggethun, E., Martin-Lopez, B., Berma, M., & Christie, M. (2010). TEEB Chapter 5 The Economics of Valuing Ecosystem Services and Biodiversity. The Economics of Ecosystems and Biodiversity.
- PBL & CE Delft (2010). Effecten van prijsbeleid in verkeer en vervoer – Kennisoverzicht
- PBL, G.J. van den Born, Kragt, F., Henkens, D., Rijken, B., van Bommel, B., Renes, G. en van der Sluis, S., (2015). Bodemdaling laagveen in Nederland - bouwstenen voor afweging nieuw peilbeheer (90% herzien concept v2).
- Peeters, P.J.E. & Bouwhuis, H. (2012). Rol en taken van waterschap zuiderzeeland t.a.v. natuurgebieden. Registratienummer: 143249.
- Plaizier C.J. (2011). Passenger shipping: Out of the blue - The economic impact of passenger shipping on inland waterways in the Netherlands in 2010.
- Polman, N., V. Linderhof, R. Michels, K. van der Sandt en T. Vogelzang (2012). Landbouw in een veranderende delta; Toekomstscenario's voor zoetwatergebruik. LEI Wageningen UR, rapport 2012-032, Den Haag.
- Rabobank Shipping (2014). Toekomstvisie tankvaart.

- Reinhard, S., N. Polman, J. Helming en R. Michels (2015) Bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw; baten van maatregelen om effecten te verminderen. LEI Wageningen UR, rapport 2015-012 Wageningen.
- Reinhard, S., Polman, N., Helming, J., Michels, R., 2015. Bepaling van economische effecten van droogte voor de landbouw, Baten van maatregelen om effecten te verminderen. LEI-WUR
- Rense R (2013). Klimaatverandering en scheepvaart op de grote rivieren
- Rhee, C.G. van, e.a., 2014, Economische analyse Zoetwater, Stratelligence, Leiden.
- Rijksoverheid (2015). Beleid voor natuur en biodiversiteit [online]. Geciteerd op 2 november <<https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/natuur-en-biodiversiteit/inhoud/beleid-voor-natuur-en-biodiversiteit>>
- Rijkswaterstaat & RIZA (2007). Investeringsruimte voor toekomstige droogte – Verkenning van de hydrologische effecten en economische schade in de KNMI '06 klimaatscenario's.
- Rijkswaterstaat (1978). De waterhuishouding van Nederland in de droge perioden van 1976.
- Rijkswaterstaat (2003). Scheepvaartaspecten Laagwaterbeleid Julianakanaal en Lateraalkanaal.
- Rijkswaterstaat (2009). Scheepvaartinformatie Hoofdvaarwegen.
- Rijkswaterstaat (2011). Vaarwegen in Nederland.
- Rijkswaterstaat (2012). Scheepvaartscenario's voor Deltaprogramma – 100 jaar later....
- RIVM (2013), Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater.
- RIZA (2004). Evaluatie van de werkzaamheden van de LCW in de zomer van 2003. RIZA wekdocument 2004.043x, Lelystad.
- RIZA, HKV, Arcadis, KIWA, Korbee en Hovelynck, Klopstra, D., Versteeg, R., Kroon, T., (2005). Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland, eindrapport. RIZA-rapport 2005.016
- Romeijn, G., Renes, G. (2013). Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse. Den Haag, CPB/PBL.
- Romijn, G. en G. Renes, 2013. Algemene leidraad voor maatschappelijke kosten-batenanalyse. Den Haag: CPB/PBL.
- Ruijgrok, E.C.M. R. Brouwer & H. Verbruggen (2004). Waardering van Natuur, Water en Bodem in Maatschappelijke Kosten-batenanalyses: Aanvulling op de Leidraad OEI In opdracht van: het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in samenwerking met de ministeries van Verkeer en Waterstaat, Economische Zaken, Financiën en VROM.
- Runhaar, J. (2006). Natuur in de verdringingsreeks. Alterra, Wageningen.
- RWS (2012). Brondocument waterlichaam Twentekanal; doelen en maatregelen rijkswateren (herziene versie 2012).
- Rydin, H. en J.K. Jeglum (2006). The biology of peatlands. Oxford University Press New York.
- SEO (2005). Kosten-Batenanalyse Vaarwegverruiming Boven-IJssel.
- Stichtse Rijnlanden (2014). Toelichting op onderzoeksresultaten onderwaterdrainage en de mogelijke gevolgtrekking. SKK 3 april 2014
- STOWA (2014). Flexibel peil, van denken naar doen Flexibel peilbeheer als maatregel ter verbetering van de waterkwaliteit en bevordering van de oevervegetatie en verlandings. Rapport 2012-41 ISBN 978.90.5773.572.1.
- STOWA (2015). Een klimaatrobuuste effectmodule natuur/ Waterwijzer natuur [online]. Geciteerd op 2 november 2015, <http://waterwijzer.stowa.nl/Projecten/Een_klimaatrobuuste_effectmodule_natuur___Waterwijzer_Natuur___Deltaproof_?eld=1225>

- STOWA, IPO, Unie van Waterschappen, 2015. Leidraad toetsen op veiligheid regionale waterkeringen.
- Stratelligence (2014). Economische analyse Zoetwater.
- Stratelligence et al. (2015), Een duurzame brandstofvisie met LEF – Kosten en effecten van de actie-agenda: inschatting van de potentie.
- Study of Critical Environmental Problems (SCEP) (1970). Man's Impact on the Global Environment. MIT Press, Cambridge. 319pp.
- Stuyt, L.C.P.M., P.J.T. van Bakel, J. Delsman, H.T.L. Massop, R.A.L. Kselik, M.P.C.P. Paulissen, G.H.P., Oude Essink, M. Hoogvliet en P.N.M. Schipper (2013). Zoetwatervoorziening in het Hoogheemraadschap van Rijnland; Onderzoek met hulp van EUREYOENER 1.0. Alterra, rapport 2439, Wageningen.
- Sundberg, S (2015). Replacement costs as economic values of environmental change: A review and application to Swedish sea trout habitats [online]. Geciteerd op 29 oktober 2015 <http://www.beijer.kva.se/PDF/59295695_Disc184.pdf>
- Tamboer, J., T. van Tilburg, J. Schaap (2009). Waterbeheerplan 4 (WBP4); 2010-2015. Hoogheemraadschap van Rijnland, Leiden.
- TAUW (2011). Klimaat en droogte, achtergrondrapport. Ism Deltares.
- TAUW (2012). Zoetwatervoorziening Oost Nederland. Bijlagenrapport: Gevolgen van droogte voor het waterbeheer, Kenmerk R002-4798994JLY-kzo-V03-NL
- TNO (2011). Impact of climate change on the competitive position of inland waterways transport and logistic solutions
- TU Delft (2012), Productiviteitstrends in de drinkwatersector -Een empirisch onderzoek naar het effect van regulering op de productiviteitsontwikkeling tussen 1985 en 2010.
- TU Eindhoven (2015). Bepaling van het zuurstofgehalte van water [online]. Geciteerd op 5 november 2015, <<http://www.phys.tue.nl/TULO/dommel/zuurstof/zuurstof4.html>>
- Turpijn B. & Weekhout R. (2011). Klimaat en Binnenvaart - Een strategische verkenning naar de effecten van klimaatverandering op het gebruik van het Hoofdvaarwegennet
- Van Dam H & A Mertens (2004). Vennen in weer en wind: lange-termijneffecten van verzuring en klimaatsverandering op chemie en kiezelwieren. De Levende Natuur 105(1):13-18.
- Van der Heijde, P.K.M. (1978). De droogte van 1976: een samenvatting en overzicht van de droogte van 1976 verschenen literatuur, CHO-TNO rapport 3, aug 1978, Den Haag.
- Van der Schaaf, S. (1999). Analysis of the hydrology of raised bogs in the Irish Midlands: a case of Raheenmore bog and Clara bog. PhD thesis. Wageningen Agricultural University.
- Van Hardeveld, H., Van der Lee, M., Strijker, J., van Bokhoven, A., de Jong, H., 2014. Toekomstverkenning bodemdaling, eindrapport fase 1.
- Van Kleef, H., H. Tomassen, E. Brouwer, A. Dees (2014). Vennen in een veranderend klimaat Effecten van watertemperatuur, afgenomen verzuring en waterpeilfluctuaties op bodemchemie en fauna. Rapport nr. 2014/OBN188-NZ
- Van Loon et al. (2013). Voorraadvorming door vernatting. Landschap
- van Vliet, Michelle, Gertjan Zwolsman, Jan Joziassse (2008). Effecten van klimaatverandering op de Waterkwaliteit in de Rijn en Maas Deltares-Rapport 2008-U-R0629/A.
- Van Vuren, S., Versteeg, R., van Luijn, F., Kroon, T., Slomp, R., van Walsem, T., Ruijgh, E., de Waal, H., 2013. Handreiking Deltamodel. RWS Waterdienst.
- Van, M.A., Zwanenburg, C., van Esch, J.M., Sharp, M.K., Mosher, R.L., (2008). Horizontal translational failures of levees due to water filled gaps. Conference paper 'Case histories in geotechnical engineering.
- Vewin (2012), Drinkwaterstatistieken 2012 – De watercyclus van bron tot kraan.

- Vewin (2013a). Economische Analyse Zoetwater (memo kentallen).
- Vewin (2013b). Water in zicht 2012, Bedrijfsvergelijking.
- Vewin (2014). Kerngegevens drinkwater 2014.
- Vewin (2015a). Sector in Beeld [online]. <http://www.vewin.nl/sector-in-beeld/>
- Vewin (2015b). Erkenning drinkwater als nationaal belang [online]. http://www.vewin.nl/pers/persberichten/paginas/Erkenning_drinkwater_also_nationaal_belang_3.aspx
- Vigerstol, K.L., Aukema, J.E., 2011. A comparison of tools for modeling freshwater ecosystem services. *Journal of environmental management* 92(10), pp. 2403-2409.
- Visitatiecommissie Waterketen (2014). Waterketen 2020 – Slim, betaalbaar en robuust.
- Vogelzang, T. en P.W. Blokland (2011). Business case: Blaarkoppen in te vernatten gebieden. LEI Wageningen UR, Den Haag.
- Vogelzang, T.A., G.S. Venema, C.J.A.M. de Bont, J.H. Wisman en M.G.A. van Leeuwen (2009). Boeren in het Groene Hart; Kansen voor het agrocluster. LEI Wageningen UR, Rapport 2009-012, Den Haag.
- Wageningen UR Livestock Research (2011). Kansen voor een toolbox voor het veenweidegebied – Voorstudie.
- Wallis de Vries, M.F., Noordijk, J. & Zollinger, R. (2014). Naar een klimaatbestendige heidefauna in Noord-Brabant: Rapportage Fase I. Rapport VS2014.028, De Vlinderstichting / Stichting RAVON / EIS-Kenniscentrum Insecten, Wageningen
- Waterschap Peel en Maasvallei (2015). Sint Jansberg anti-verdrogingsmaatregelen [online]. <<http://www.wpm.nl/algemeen/projecten/beekherstelprojecten/sint-jansberg.html>>
- Wessels, S., Jaspers, H., Wortelboer, R., Puijenbroek van, P., Zwanenveld, P., Grevers, W., Sijsma, F. (2011). Natuurpunten voor de Afsluitdijk. PBL publicaties.
- Westendorp PJ, R. Loeb, G. Roskam, E.C.H.E.T. Lucassen, M. Thannhauser, F. Ebbens, H. Hut en A.J.P. Smolders (2012). Tijdelijke droogval als waterkwaliteitsmaatregel, STOWA 2012-38
- Wienhoven, M e.a., 2013, Voorverkenning kosten en baten Deltaprogramma Zoetwater, Ecorys, Rotterdam.
- Witte, J.P.M., B. Kruijt, T. Kroon & C. Maas (2006). Verdamping planten daalt door toename atmosferische kooldioxyde. *H2O* 5:29-31.
- Witte, J.P.M., J. Runhaar en R. van Ek (2009). Ecohydrologische effecten van klimaatverandering op de vegetatie van Nederland. KWR 2009.032, Nieuwegein.
- Witteveen en Bos (2011). MKBA kengetallen voor omgevingskwaliteiten, aanvulling en actualisering. Rotterdam.
- Woerd F. van der (2005). MIOW+ in de landbouw, de binnenvaart en de bouw.
- Ws Roer en Overmaas (2012). Evaluatie droogte 2011. Intern rapport.
- Wuijts, S., van der Grinten, E., Meijers, E., Bak-Eijsberg, C.I., Zwolsman, J.J.G., 2013. Impact klimaat op oppervlaktewater als bron voor drinkwater, van knelpunten naar maatregelen. RIVM rapport 609716007/2013.
- WUR (2013). Duurzaam gebruik van ecosysteemdiensten door private sectoren.
- Zwanenburg, C.(2006). Cursus Dijkbewaking 1. GeoDelft.

Geraadpleegde websites

- <http://www.bureauvoorlichtingbinnenvaart.nl/over/basiskennis/>
- <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/begrippen/default.htm?ConceptID=3152>
- <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/verkeer-vervoer/publicaties/artikelen/archief/2015/meer-goederen-vervoerd-door-binnenvaart-in-2014-omzet-blijft-achter.html>
- <http://www.eicb.nl/>
- <http://www.informatie.binnenvaart.nl/algemeen/veiligheid>
- <http://www.informatie.binnenvaart.nl/thema/rijn>
- <http://www.informatie.binnenvaart.nl/vervoer/personenvervoer/313-personenvervoer>
- <http://www.nos.nl/artikel/2050978-boten-besparen-water-bij-de-sluis-samen-schutten.html> geraadpleegd op 8 augustus 2015
- <http://statline.cbs.nl/Statweb/publication/?DM=SLNL&PA=83101ned&D1=a&D2=2&D3=a&VW=T>
- http://www.rijkswaterstaat.nl/water/feiten_en_cijfers/vaarwegenoverzicht/maas/meer_ov_er_maas.aspx
- <http://www.schuttevaer.nl/nieuws/cruise-en-chartervaart/nid22859-btw-verhoging-desastreus-voor-passagiersvaart.html>
- <http://www.transport-online.nl/site/60616/cbrb-verhoging-btw-tarief-voor-passagiersvaart-en-veerdiensten-onacceptabel/>
- <https://www.insights.abnamro.nl/visie-op-sector/2014/visie-op-binnenvaart/>
- <https://www.rabobankcijfersentrends.nl/index.cfm?action=branche&branche=Binnenvaart>

A Deelnemers focusgroep scheepvaart en drinkwatervoorziening

Voor de gebruiksfunctie scheepvaart en drinkwatervoorziening is op basis van literatuurstudie en analyse van historische data een eerste invulling van de te toetsen methodiek gemaakt. Vragen die voortkomen uit deze analyse zijn, samen met de resultaten van het deskonderzoek, voorgelegd aan een focusgroep bestaande uit scheepvaart of drinkwaterexperts. Een overzicht van de deelnemers aan de focusgroep staat in Tabel A.1 en Tabel A.2.

Tabel A.1: Deelnemers focusgroep scheepvaart

Naam	Organisatie
Judith ter Maat	Deltares
Laurie d'Hont	EVO
Raymond Seignette	Havenbedrijf Rotterdam
Marleen Buitendijk	KSV Schuttevaer
Rik Valom	Ministerie IenM
Ivo ten Broeke	RWS
Huub Cramer	RWS
Aleksandra Jaskula	RWS
Ernst Bolt	RWS
Tom van der Wekken	RWS
Paul van den Hoek	RWS
Wim Werkman	RWS

Tabel A.2: Deelnemers focusgroep drinkwatervoorziening

Naam	Organisatie
Judith ter Maat	Deltares
Mirja Baneke	Dunea
Jozef van Brussel	Ministerie van IenM
Harrie Timmer	Oasen
Ingrid Bonnet	PWN
Monique van de Aa	RIVM
Susanne Wuijts	RIVM
Harry Römgens	RIWA
Paul van den Hoek	RWS
Tom van der Wekken	RWS
Wim Werkman	RWS
Marie-Louise Geurts	WML

B Habitattypen relevant voor Nederland (Europees beschermde natuur)

Kusthabitats en halofytenvegetaties

Permanent overstromde zandbanken [H1110]
Estuaria [H1130]
Slik- en zandplaten [H1140]
Grote baaien [H1160]
Riffen van open zee [H1170]
Zilte pionierbegroeiingen [H1310]
Slijkgrasvelden [H1320]
Schorren en zilte graslanden [H1330]

Zeekust- en landduinen

Embryonale duinen [H2110]
Witte duinen [H2120]
*Grijze duinen [H2130]
*Duinheiden met kraaihei [H2140]
*Duinheiden met struikhei [H2150]
Duindoornstruwelen [H2160]
Kruipwilgstruwelen [H2170]
Duinbossen [H2180]
Vochtige duinvalleien [H2190]
Stuifzandheiden met struikhei [H2310]
Binnenlandse kraaiheibegroeiingen [H2320]
Zandverstuivingen [H2330]

Zoetwaterhabitats

Zeer zwakgebufferde vennen [H3110]
Zwakgebufferde vennen [H3130]
Kranswierwateren [H3140]
Meren met krabbenscheer en fonteinkruiden [H3150]
Zure vennen [H3160]
Beken en rivieren met waterplanten [H3260]
Slikkige rivieroeveren [H3270]

* = prioritair habitatype

Heide- en struikvegetaties van de gematigde klimaatzone

Vochtige heiden [H4010]
Droge heiden [H4030]

Thermofiel struikgewas

Jeneverbesstruwelen [H5130]

Natuurlijke en halfnatuurlijke graslandformaties

*Pionierbegroeiingen op rotsbodem [H6110]
*Stroomdalgraslanden [H6120]
Zinkweiden [H6130]
Kalkgraslanden [H6210]
*Heischrale graslanden [H6230]
Blauwgraslanden [H6410]
Ruigten en zomen [H6430]
Glanshaver- en vossenstaarthooilanden [H6510]

Venen

*Actieve hoogvenen [H7110]
Herstellende hoogvenen [H7120]
Overgangs- en trilvenen [H7140]
Pioniervegetaties met snavelbiezen [H7150]
*Galigaanmoerassen [H7210]
*Kalktufbronnen [H7220]
Kalkmoerassen [H7230]

Bossen

Veldbies-beukenbossen [H9110]
Beuken-eikenbossen met hulst [H9120]
Eiken-haagbeukenbossen [H9160]
Oude eikenbossen [H9190]
*Hoogveenbossen [H91D0]
*Vochtige alluviale bossen [H91E0]
Droge hardhoutoibossen [H91F0]

C SNL beheertypen (nationaal beschermde natuur)

47 Natuurbeheertypen

N-type	Omschrijving	N-type	Omschrijving
N01.01	Zee, wad	N09.01	Schor of kwelder
N01.02	Duin- en kwelderlandschap	N10.01	Nat schraalland
N01.03	Rivier- en moeraslandschap	N10.02	Vochtig hooiland
N01.04	Zand- en kalklandschap	N11.01	Droog schraalland
N02.01	Rivier	N12.01	Bloemdijk
N03.01	Beek en bron	N12.02	Kruiden- en faunairijk grasland
N04.01	Kranswierwater	N12.03	Glanshaverhooiland
N04.02	Zoete plas	N12.04	Zilt- en overstromingsgrasland
N04.03	Brak water	N12.05	Kruiden- en faunairijke akker
N04.04	Afgesloten zeearm	N12.06	Ruigteveld
N05.01	Moeras	N13.01	Vochtig weidevogelgrasland
N05.02	Gemaaid rietland	N13.02	Wintergastenweide
N06.01	Veenmosrietland en moerasheide	N14.01	Rivier- en beekbegeleidend bos
N06.02	Trilveen	N14.02	Hoog- en laagveenbos
N06.03	Hoogveen	N14.03	Haagbeuken- en essenbos
N06.04	Vochtige heide	N15.01	Duinbos
N06.05	Zwakgebufferd ven	N15.02	Dennen-, eiken- en beukenbos
N06.06	Zuur ven of hoogveenven	N16.01	Droog bos met productie
N07.01	Droge heide	N16.02	Vochtig bos met productie
N07.02	Zandverstuiving	N17.01	Vochtig hakhout en middenbos
N08.01	Strand en embryonaal duin	N17.02	Droog hakhout
N08.02	Open duin	N17.03	Park- en stinzenbos
N08.03	Vochtige duinvallei	N17.04	Eendekooi
N08.04	Duinheide	N00.01	Nog om te vormen naar natuur
		N00.02	Nog om te vormen naar natuur

10 Landschapsbeheertypen

N-type	Omschrijving	N-type	Omschrijving
L01.01	Poel en klein historisch water	L01.06	Struwelenhaag
L01.02	Houtwal en houtsingel	L01.07	Laan
L01.03	Elzensingel	L01.08	Knotboom
L01.04	Bossingel en bosje	L01.09	Hoogstamboomgaard
L01.05	Knip- of scheerweg	L03.01	Aardwerk en groeve

5 Agrarische natuurbeheertypen

A-type	Omschrijving
A01.01	Weidevogelgebied
A01.02	Akkerfaunagebied
A01.03	Ganzenfourageergebied
A02.01	Botanisch waardevol grassland
A02.02	Botanisch waardevol akkerland

D Ecosysteemdiensten van wetlands

MEA, 2005

<i>Supporting</i> 1. Bodemvorming 2. Nutriënt huishouding (opslag, recycling, omzetting) <i>Provisioning</i> 3. Voedsel (wild, vis, vruchten) 4. Zoetwater (berging en retentie van water voor andere functies) 5. Biomassa (hout, riet, veen) 6. Biochemisch materiaal (bron voor o.a. medicijnen) 7. Genetisch materiaal (bestrijding plantenziektes, siersoorten)	<i>Regulating</i> 8. Klimaatregulatie: CO₂ opslag, CH₄ productie 9. Waterbeheer (afgifte grondwater, opvang afvoerpieken) 10. Waterzuivering (opname organische vervuiling, overmaat aan nutriënten, schone infiltratie voor grondwaterwinning) 11. Bescherming tegen erosie 12. Bescherming tegen overstroming 13. Bestuiving <i>Cultural</i> 14. Spirituele waarde (inspiratiebron) 15. Recreatie 16. Esthetische waarde (schoonheid) 17. Educatieve waarde
---	---

WWF

Regulation Functions • Storage and recycling of nutrients • Storage and recycling of human waste • Storage and recycling of organic waste • Groundwater recharge • Groundwater discharge • Natural flood control and flow regulation • Erosion control Salinity control • Water treatment • Climatic stabilization • Carbon sequestration • Maintenance of migration and nursery habitats • Maintenance of ecosystem stability • Maintenance of integrity of other ecosystems • Maintenance of biological and genetic diversity	Production Functions • Water • Food • Fuel wood • Medicinal resources • Genetic resources • Raw materials for building, construction and industrial use
Carrier Functions • Agriculture, irrigation • Stock farming (grazing) • Wildlife cropping/resources • Transport • Energy production • Tourism and recreation • Human habitation and settlements • Habitat and nursery for plant and animal species	Information Functions • Research, education and monitoring • Uniqueness, rarity or naturalness and role in cultural heritage

E Aanvulling waardering Natuur

Beschrijving totale economische waarde

Naast de directe gebruikswaarde bestaat de totale economische waarde ook uit de indirecte gebruikswaarde. Deze bestaat uit regulerende diensten, zoals waterzuivering en het leveren van nutriënten. Naast gebruikswaarde is er de optiewaarde. Dit is de waarde die mensen toekennen aan mogelijk toekomstig gebruik van het systeem, bijvoorbeeld voor recreatie.

Behalve de waarde door gebruik van natuur waarderen mensen ook de waarde van natuur wanneer deze niet wordt gebruikt, 'de niet-gebruikswaarde'. Dit bestaat vooral uit de waarden die mensen toekennen aan de mogelijkheid dat toekomstige generaties of andere mensen het ecosysteem kunnen gebruiken. Als laatste is er de intrinsieke of bestaanswaarde, dit is de waarde van de natuur om te bestaan. Strikt genomen zit in de huidige economische benadering geen intrinsieke waarde, maar veel mensen geloven dat de natuur wel een intrinsieke waarde heeft. Doordat veel mensen dit geloven komt dit ook in hun waardering van de natuur tot uiting (MEA, 2005). In de wetenschap is veel discussie over de waardering van deze economische waarde (Pascual et al, 2010; MEA, 2005). In dit onderzoek gaan we ervan uit dat deze waarde niet wordt meegenomen in de totale economische waarde (zie ook figuur 4).

Wie ondervindt schade door droogte aan natuur?

In deze studie zijn we niet alleen geïnteresseerd in het welvaartseffect van droogte, maar ook in de verdeling van het welvaartseffect over partijen. Oftewel welke partijen ondervinden schade (negatief welvaartseffect) door droogte aan natuur? Onderscheid kan worden gemaakt in een negatief welvaartseffect door financiële schade door droogte aan natuur en een negatief welvaartseffect door overige schade (b.v. minder esthetische waarde). Indien er maatregelen worden genomen tegen droogte zijn de partijen die momenteel schade ondervinden door droogte de baathebbers. Om te achterhalen welke partijen mogelijk financiële schade ondervinden beschrijven we eerst de partijen die verantwoordelijkheid zijn voor het natuurbeheer in Nederland. Vervolgens reflecteren we hierop en worden partijen benoemd die mogelijk niet-financiële schade ondervinden.

Partijen verantwoordelijk voor het natuurbeheer in Nederland:

- **Rijk**
Het rijk is verantwoordelijk voor het stellen van kaders en ambities voor het Nederlandse natuurbeleid. Hierbij wordt rekening gehouden met internationale wetgeving, zoals de vogel- en habitatrichtlijn, Natura2000 gebieden, KRW en het CITES verdrag (Rijksoverheid, 2015).
- **Provincie**
De provincies zijn verantwoordelijk voor het invullen en uitvoeren van het beleid, zoals in het natuurakkoord (Rijksoverheid, 2015) is uitgewerkt. Ook zijn de provincies verantwoordelijk voor de kwaliteit van de uitvoering van dat beleid door verschillende partijen.

- **Waterschap**
Het waterschap zorgt voor de juiste hoeveelheid water in droge en natte periodes. De waterschappen creëren de hydrologische randvoorwaarden voor natuurontwikkeling. Ze zijn het sterkst faciliterend bij verdrogingsproblematiek. Als er maatregelen worden genomen worden deze aan de randen genomen en niet in het natuurgebied. Toch is natuurontwikkeling en behoud geen kerntaak van de waterschappen (Peeters & Bouwhuis, 2012).
- **Gemeente**
De gemeente is verantwoordelijk voor het groenbeheer binnen de stad. Onder groenbeheer vallen o.a. het beheer van parken, gazons, bomen en plantenperken.
- **Natuurbeheerders**
Het meeste natuurbeheer gebeurt door grote gespecialiseerde natuurbeheerders of natuur- en milieu verenigingen zoals: Staatsbosbeheer, Natuurmonumenten, de 12 Landschappen en verenigingen voor agrarisch landschaps- en natuurbeheer. Het beheer kan passief zijn, maar ook actief zoals begrazen, plaggen, kappen en jacht. Extern beheer is gericht op het tegengaan van ongewenste externe invloeden zoals droogte. Dit kan met bijvoorbeeld waterbeheer en bekalking.
- **Particuliere natuurbeheerders**
Op basis van contracten en beheersovereenkomsten vindt er ook natuurbeheer plaats door particulieren, zoals boeren, boseigenaren of grote landeigenaren.

Financiële en niet-financiële schade door droogte

Op basis van de beschrijving van de verantwoordelijkheden van betrokkenen bij het natuurbeheer is te verwachten dat natuurbeheerders de meeste financiële schade ondervinden naar aanleiding van droge periodes. Zij zijn immers direct verantwoordelijk voor het natuurbeheer. Als de natuur tijdens een droge periode ernstig wordt aangetast zullen zij degenen zijn die mogelijk maatregelen nemen. De verwachting is dat het waterschap pas bij meerdere droge periodes financiële schade ondervindt. Waterschappen zullen niet direct (grote) maatregelen nemen om de hydrologische randvoorwaarden te creëren voor de natuur. Tijdens droge periodes zullen waterschappen waarschijnlijk hoogstens wat kleine beheerskosten hebben, zoals het extra doorspoelen van een gebied. De verwachting is dat het rijk pas financiële schade ondervindt als door droge periodes de internationale doelstellingen uit de verdragen niet worden gehaald. Dan is er de mogelijkheid dat bijvoorbeeld de Europese Unie boetes oplegt. Naast de hiervoor genoemde partijen kunnen recreatieve bedrijven, drinkwaterbedrijven en bedrijven afhankelijk van de natuur ook financiële schade ondervinden door de effecten van droogte op de natuur. Bijvoorbeeld, bij lage waterstanden in beken zal een kanoverhuur bedrijf minder omzet draaien. Ook sommige drinkwaterbedrijven zullen negatieve effecten ondervinden door droogte. Een aantal drinkwaterbedrijven hebben drinkwaterbuffers in het duingebied. Een innamestop zorgt voor extra onttrekking van drinkwater uit de buffer. Wanneer dit langdurig plaatsvindt heeft dit effect op de natuur in het gebied en zal het drinkwaterbedrijf maatregelen moeten nemen. Behalve financiële schade door droogte zullen sommige partijen ook niet-financiële schade door droogte ondervinden. De verwachting is dat vooral gebruikers van natuur (zoals recreanten) hier een welvaartseffect van ondervindt. Als een natuurgebied een slechtere kwaliteit heeft kunnen recreanten minder nut ondervinden van het gebruik van deze natuur. Hierdoor ontstaat een negatief welvaartseffect. Naast gebruikers kan er ook een welvaartseffect zijn voor niet-gebruikers van natuur. Dit effect kan bijvoorbeeld ontstaan wanneer soorten uitsterven door droogte of voor een lange tijd verdwijnen uit een gebied. Naast deze economische waarde kan er

F Ervaringen waterbeheerders

Kader - Ervaringen van waterbeheerders

Contactpersoon bij HDSR

Effecten

We hebben alleen schade aan de natuur als we onze peilen niet kunnen handhaven. Onze peilen kunnen we eigenlijk altijd handhaven. De natuur heeft een behoorlijke veerkracht, daarom ondervindt het meestal geen grootschalige problemen. Droogte kan ook goed zijn voor de natuur, doordat de kweldruk kan toenemen. Dit is goed voor de kwelgevoede natuur. In 2003 en 2011 hebben we niks gemerkt aan de natuur.

Maatregelen

Preventieve maatregelen worden eigenlijk nooit genomen, want het is niet nodig. Ook herstelmaatregelen zijn niet aan de orde. Natuur past zich aan aan een nieuw klimaat. Als de ene soort verdwijnt, dan komen er wel weer zuidelijkere soorten naar Nederland toe. Uiteindelijk sterft er niks echt uit. Ook bosbranden horen bij de natuur. Eens in de zoveel tijd een bosbrand is geen probleem.

Contactpersoon bij de Provincie Gelderland

Effecten

Soms zie je dat de vegetatie varieert in de zomer afhankelijk van de droogte. In droge periodes kan je andere plantjes zien dan in natte periodes. De zaadbank blijft echter hetzelfde, dus dit zijn geen onomkeerbare veranderingen. Bedrijven zoals kanoverhuurders kunnen wel effect van droogte ondervinden, maar deze bedrijven zijn vaak niet afhankelijk van bijvoorbeeld hun kanobedrijf. en er is vervanging naar andere gebieden. (b.v. Weerribben)

Maatregelen

Je kan weinig aan droogte doen, behalve dan hopen dat de natuur niet in de fik vliegt. (Herstel)maatregelen worden eigenlijk niet genomen, vroeger was daar veel meer sprake van. Nu is meer het credo om niet te veel in te grijpen. Preventieve maatregelen worden wel genomen, alleen dit zijn eigenlijk maatregelen tegen verdroging van natuurgebieden. Hiermee worden natuurgebieden robuuster gemaakt. Dit blijkt ook goed te zijn tegen de effecten van klimaatverandering. Maatregelen die genomen zouden kunnen worden zijn:

- Meer maaien en afvoeren van nutriënten
- Meer/betere gradienten maken
- Maatregelen tegen brand kunnen zijn:
- Brandgangen aanleggen
- Andere vegetatie aanleggen (wordt nog niet genomen).

Contactpersoon bij waterschap Vallei en VeluweEffecten

We zijn vooral bezig met verdroging, niet zozeer met de effecten van incidentele droogte. Mijn gevoel zegt dat droogte (zoals in de jaren 2003 en 2011) wel effect hebben op de natuur. Het heeft vooral effect op de natuur die niet zo veerkrachtig is. Het is lastig dat de lange termijn effecten vaak niet direct zichtbaar zijn. Soms zie je wel wat veranderingen, dan denk je hee dat is veranderd. Zal het een relatie hebben met droogte? Vooral de licht verdroogde gebieden zijn extra gevoelig voor droogte (minder veerkrachtig). We hebben geen onherstelbare veranderingen zien optreden. We zijn extra alert op veenlagen in onze bodem, maar ook hier hebben we nooit beperkingen zien optreden.

Maatregelen

De maatregelen die we kunnen nemen zijn voornamelijk verdrogingsbestrijdingsmaatregelen. Er is maar beperkt aanvoer mogelijk in ons beheersgebied. Daarbij zorgt aanvoer van gebiedsvreemd water voor kwaliteitsproblemen in het gebied. Met wateraanvoer kan je soms ook de kweldruk opvoeren. Je zou ook kunnen denken aan maatregelen waardoor grondwater makkelijker naar het oppervlakte kan komen. Alleen is wederom kwaliteit erg belangrijk voor natuur. Dit is voor nu dus niet heel realistisch. Tegen droogte kunnen ook boeren veel doen, bijvoorbeeld water vasthouden in boeren slootjes.

Contactpersoon bij de Provincie FrieslandEffecten

Soms doen zich plotselinge ontwikkelingen voor in de successie. Dit kan de groei van wilgen zijn in een moerasgebied, of rietgrasontwikkeling of hennegras in de blauwgraslanden van Akmarijp na een droog jaar. Dit herstelt zich zeer moeilijk en soms maar ten dele. Het is mij onbekend of dit samenhangt met droge jaren. Wel kan een te droog jaar leiden tot irreversibele indroging van veen, met mineralisatie en vervuiling tot gevolg. Dit is een verschijnsel dat nagenoeg onherstelbaar is. Een extreem droog jaar kan de genadeklap zijn voor reeds kwijnende systemen.

Maatregelen

Voor verdroging worden er vele maatregelen genomen. Voor incidentele droogtes zijn er weinig voorbeelden te geven. Meestal moet er sprake zijn van meerdere jaren achteruitgang in de kwaliteit van natuur voordat er plannen voor herstel worden gemaakt. Pas na verloop van tijd is bekend of er sprake is van een onomkeerbaar proces of dat de natuur zichzelf wel weer kan herstellen. Soms worden bij een droog voorjaar plas-drassituaties gecreëerd voor weidevogels, alleen zijn deze maatregelen vaak niet direct gerelateerd aan droge periodes. In het algemeen wordt er geprobeerd natuurgebieden zo robuust mogelijk te maken. Randeffecten van andere gebruik worden zoveel mogelijk beperkt.

G DEMNAT ecotopen

code	omschrijving (landschapstype)
A12	Verlandings- en zoetwatervegetaties van voedselarme, zwak zure wateren (vennen, duinmeren)
A17	Verlandings- en zoetwatervegetaties van matig voedselrijke wateren (sloten en plassen in laagveengebieden en nattere zandstreken)
A18	Verlandings- en zoetwatervegetaties van zeer voedselrijke wateren (sloten en plassen in laagveen- en kleigebieden)
bA10	Verlandings- en zoetwatervegetaties van brakke wateren (sloten en plassen in brakke polders, inlagen)
K21	Pionier- en graslandvegetaties op natte, voedselarme zure bodems (natte heiden en hoogvenen)
K22	Pionier- en graslandvegetaties op natte, voedselarme zwak zure bodems (veenmosrietlanden, trilvenen, blauwgraslanden, kalkarme duinvalleien)
K27	Pionier- en graslandvegetaties op natte, matig voedselrijke bodems (hooilanden in het laagveen en in de middenloop van beekdalen)
K28	Pionier- en graslandvegetaties op natte, zeer voedselrijke bodems (ruigtes langs rivieren en sloten, nat cultuurgrasland)
bK20	Pionier- en graslandvegetaties op natte, brakke bodems (natte graslanden in brakke polders)
bK40	Pionier- en graslandvegetaties op vochtige, brakke bodems (vochtige graslanden in brakke polders)
K41	Pionier- en graslandvegetaties op vochtige, voedselarme zure bodems (vochtige heiden)
K42	Pionier- en graslandvegetaties op vochtige, voedselarme zwak zure bodems (heischrale graslanden, kalkarme duinvalleien)
H22	Bossen en struwelen op natte, voedselarme zwak zure bodems (bronbossen)
H27	Bossen en struwelen op natte, matig voedselrijke bodems (elzenbroekbos, nat hellingbos)
H28	Bossen en struwelen op natte, zeer voedselrijke bodems (rivierbossen, grienden)
H42	Bossen en struwelen op vochtige, voedselarme zwak zure bodems (loofbossen op zandgronden)
H47	Bossen en struwelen op vochtige, matige voedselrijke bodems (parkachtige bossen, loofbossen)

H Toelichting van een alternatief voor het ruimtelijk evenwichtsmodel

Het alternatieve model dat hieronder wordt beschreven bevat naast de vraag- en aanbodfunctie een extra vergelijking die de vraag of het aanbod van de rest van de wereld weergeeft.

We gaan uit van een netto exporteur:

$$y^s = \alpha_0 + \alpha_1 p + s$$

$$y^d = \beta_0 + \beta_1 p$$

$$yr^d = \gamma_0 + \gamma_1 p$$

$$y^s = y^d + yr^d$$

waarbij:

y^d binnenlandse vraag, yr^d vraag door de rest van de wereld, γ_0, γ_1 zijn respectievelijk een constante en hellingshoek voor de rest van de wereld. "s" is de opbrengstderving (zie appendix II).

De nieuwe evenwichtsprijs (p^*) en hoeveelheid (y^*) na de schok zijn:

$$p^* = \frac{\beta_0 - \alpha_0 - \gamma_0 - s}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} = \frac{\beta_0 - \alpha_0 - \gamma_0}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} - \frac{s}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1}$$

$$y^{s*} = \alpha_0 + \alpha_1 \left(\frac{\beta_0 - \alpha_0 - \gamma_0}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} \right) - \alpha_1 \left(\frac{s}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} \right) + s$$

$$y^{d*} = \beta_0 + \beta_1 \left(\frac{\beta_0 - \alpha_0 - \gamma_0}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} \right) - \beta_1 \left(\frac{s}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} \right)$$

$$yr^{d*} = \gamma_0 + \gamma_1 \left(\frac{\beta_0 - \alpha_0 - \gamma_0}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} \right) - \gamma_1 \left(\frac{s}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} \right)$$

Hierbij zijn $\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1 > 0$ en β_1 en γ_1 negatief. Een opbrengstderving resulteert daarmee in een prijsstijging. Hierbij dalen zowel de binnenlandse vraag als de vraag uit de rest van de wereld. De negatieve schok in de vorm van opbrengstderving door droogte leidt tot een verlaging van het aanbod. Daarbij verlaagt het zowel de binnenlandse vraag als de vraag uit de rest van de wereld. De opbrengstderving leidt tot een daling van het aanbod met s , maar ook tot prijsstijgingen omdat het totale effect negatief is $\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1 > \alpha_1$ zodat $\frac{\alpha_1}{\alpha_1 - \beta_1 - \gamma_1} < 1$.

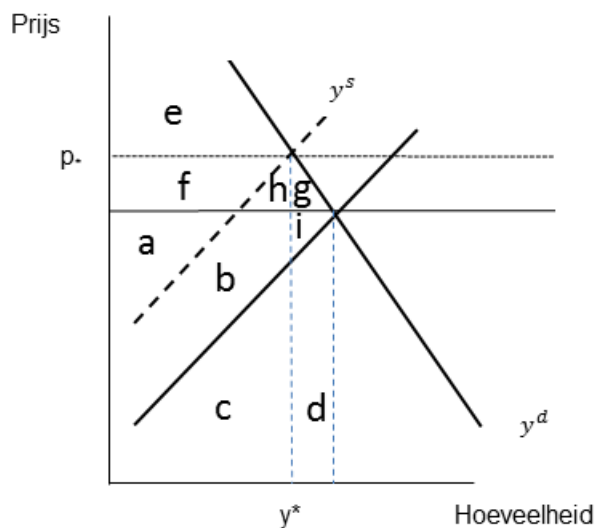
Het effect op de winst voor aanbieders kan berekend worden door gebruik te maken van de winstfunctie (de integraal van de aanbodsfunctie):

$$\Delta\pi = \pi_{nieuw} - \pi_{oud} = \alpha_0 p_{nieuw} + \frac{1}{2} \alpha_1 p_{nieuw}^2 + s \times p_{nieuw} - \alpha_0 p_{oud} - \frac{1}{2} \alpha_1 p_{oud}^2$$

Bij een opbrengstderving is er een positief effect op de winst omdat de prijs stijgt: $\alpha_0 p_{nieuw} + \frac{1}{2} \alpha_1 p_{nieuw}^2 - \alpha_0 p_{oud} - \frac{1}{2} \alpha_1 p_{oud}^2$ en een negatief effect op het aanbod ($p_{nieuw} \times s$). Bij de veronderstelling van een klein land is het eerste effect nul.

I Producenten kunnen tijdens het groeiseizoen anticiperen op droogte

Op de wat langere termijn krijgen producenten wellicht meer mogelijkheden om tijdens het seizoen te anticiperen op een situatie die afwijkt van de referentie. In het geval producenten tijdig maatregelen nemen om de veranderingen ten opzichte van de referentie op te vangen dan leidt dat tot een evenwijdige of een niet evenwijdige verschuiving van de aanbodvergelijking naar links. In onderstaande figuur wordt uitgegaan van een evenwijdige verschuiving van de aanbodvergelijking.



De aanbodvergelijking wordt dan:

$$y^s = \alpha_0 + \alpha_1 p + s$$

$$y^d = \beta_0 + \beta_1 p$$

$$y^s = y^d$$

waarbij:

s is een aanbodschock door droogte.

De nieuwe evenwichtsprijs (p^*) en hoeveelheid (y^*) na de schok zijn:

$$p^* = \frac{\beta_0 - \alpha_0}{\alpha_1 - \beta_1} - \frac{s}{\alpha_1 - \beta_1}$$

$$y^* = \frac{\alpha_0 \beta_1 - \alpha_1 \beta_0}{-(\alpha_1 - \beta_1)} + \frac{s \beta_1}{-(\alpha_1 - \beta_1)}$$

Hierbij is $\alpha_1 - \beta_1$ positief zodat een negatieve schok $s < 0$ leidt tot een prijsstijging en een daling van de hoeveelheid in het evenwicht (omdat $\beta_1 < 0$). Het inkomenseffect kan worden afgeleid door gebruik te maken van het gegeven dat het inkomen kan worden afgeleid van de winstfunctie (eerste orde afgeleid):

$$\pi_{nieuw} = \alpha_0 p + \frac{1}{2} \alpha_1 p^2 + s \times p + cons$$

waarbij:

$\pi_{nieuw} = \alpha_0$ producentensurplus na de schok, $cons$ een constant is

De verandering in het producentensurplus wordt hieronder gegeven (de constante valt eruit):

$$\Delta\pi = \pi_{nieuw} - \pi_{oud} = \alpha_0 p_{nieuw} + \frac{1}{2} \alpha_1 p_{nieuw}^2 + s \times p_{nieuw} - \alpha_0 p_{oud} - \frac{1}{2} \alpha_1 p_{oud}^2$$

Droogte zal bij een autarkie een negatief effect hebben op de winst van bedrijven als de prijs constant is ($s \times p_{nieuw}$). Echter, het positieve effect op de prijs resulteert in een hogere winst. Het effect is omgekeerd bij een jaar met een relatief hoge productie. De verandering winst voor deze situatie wordt gegeven door de onderstaande functie:

$$\Delta\pi = \frac{-\alpha_0 \times s}{(\alpha_1 - \beta_1)} - \frac{s \times \alpha_1 \times (\beta_0 - \alpha_0)}{(\alpha_1 - \beta_1)^2} + \frac{\alpha_1 \times s^2}{2(\alpha_1 - \beta_1)^2} + \frac{s \times (\beta_0 - \alpha_0)}{(\alpha_1 - \beta_1)} - \frac{s^2}{(\alpha_1 - \beta_1)} =$$

$$\frac{-s^2 - 2\alpha_0 \times s + \beta_0 \times s}{(\alpha_1 - \beta_1)} + \frac{\frac{1}{2}\alpha_1 \times s^2 - s \times \alpha_1 \times \beta_0 + s \times \alpha_1 \times \alpha_0}{(\alpha_1 - \beta_1)^2}$$

Waarbij $\alpha_1 - \beta_1 > 0$ de noemers altijd positief zijn. Afhankelijk van de omvang van de coëfficiënten zal het totaal effect positief of negatief zijn.