



Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland

Eindrapport

DROOGTESTUDIE NEDERLAND

Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland

Eindrapport

Onderwerp	Aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland
Auteurs	RIZA, HKV, Arcadis, KIWA, Korbee en Hovelynck Durk Klopstra, Rudolf Versteeg, Timo Kroon
Contactpersoon	Timo Kroon
Doorkiesnummer	0320-298521
Contactgegevens	t.kroon@riza.rws.minvenw.nl
Opdrachtgever	Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat Generaal Water
Status	definitief
Datum	september 2005
Rapport	RIZA-rapport 2005.016; ISBN 9036957230



Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
1.1	Leeswijzer	1
1.2	Modelinstrumentarium	2
1.3	Bronnen bij het modelinstrumentarium	5
2	Watertekorten in Nederland	9
2.1	Inleiding	9
2.2	De watergebruikers	9
2.3	De beschikbaarheid van water	13
2.4	Infrastructuur wateraanvoer	20
2.5	Operationele verdeling van water in droge perioden	23
2.6	Watertekorten naar regio	24
2.7	Omvang van de watertekorten	27
2.8	Bronnen	28
3	Hydrologie	31
3.1	Inleiding	31
3.2	Huidige situatie, tekort oppervlaktewater	32
3.3	Huidige situatie, tekort bodemvocht	36
3.4	Toekomstscenario's	39
3.5	Verziltting	44
3.6	Systeemvreemd water	47
3.7	Bronnen	48
4	Landbouw	51
4.1	Inleiding	51
4.2	Nationale schaal, huidige situatie	55
4.3	Regionale schaal, huidige situatie	60
4.4	Toekomstscenario's (2050)	61
4.5	Natschade versus droogteschade	64
4.6	Beperkingen en vereenvoudigingen	65
4.7	Bronnen	66
5	Natuur	69
5.1	Huidige situatie	69
5.2	Toekomstige situatie	71
5.3	Bronnen	77
6	Scheepvaart	79
6.1	Inleiding	79
6.2	Huidige situatie, nationale schaal	80
6.3	Huidige situatie in het Maasstroomgebied	82
6.4	Situatie na klimaatverandering, nationale schaal	83
6.5	Situatie na klimaatverandering, Maasstroomgebied	84
6.6	Kwaliteit van de berekeningen	84
6.7	Conclusies	85
6.8	Bronnen	85

7	Recreatie	87	
7.1	Inleiding	87	
7.2	Huidige situatie	87	
7.3	Regionale spreiding	88	
7.4	klimaatverandering	89	
7.5	Kwaliteit van de berekeningen	89	
7.6	Conclusies	89	
8	Koelwater (energiesector)	91	
8.1	Inleiding	91	
8.2	Koelwaterproblematiek	94	
8.3	Bronnen	96	
9	Maatschappelijke gevolgen	97	
9.1	Inleiding	97	
9.2	Korte samenvatting van de situatie in 1976	97	
9.3	Notulen van kamervragen	98	
9.4	Dagbladen	102	

Voorwoord

De Droogtestudie Nederland is een integrale verkenning naar het waterbeleid voor en in situaties van watertekort. De verkenning is gezamenlijk uitgevoerd door Rijk, Provincies en Waterschappen in de periode 2002 – 2005 en heeft geleid tot de volgende eindproducten:

- De Werkwijzer Watertekorten (zie de website www.droogtestudie.nl), een website waarmee watertekorten inzichtelijk kunnen worden gemaakt voor gebruikers, waterbeheerders en bestuurders. Tevens wordt aangegeven hoe watertekorten beter meegenomen kunnen worden in de planvorming, inclusief bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn water en wateroverlast. Tot slot bevat de website veel technische achtergrondinformatie voor waterbeheerders, over vraag, aanbod en tekorten aan water, nu en in de toekomst.
- De Watertekortopgave: in het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is op basis van modelberekeningen per watergebruikende sector het theoretische maximale watertekort bepaald. Daaruit is waar mogelijk vastgesteld welke “schade” (minder opbrengsten, kosten, mindere kwaliteit) dat veroorzaakt. Op basis van bestaand beleid en een grove maatschappelijke kosten-batenafweging is bepaald voor welk deel van de watertekorten kansrijke maatregelen beschikbaar zijn. Tegelijk wordt ook duidelijk gemaakt welk deel van de watertekorten beter geaccepteerd kan worden omdat kosten en negatieve neveneffecten van het aanvullen van dit tekort aanmerkelijk groter zijn dan de baten (zie het rapport: Watertekortopgave, RIZA 2005.015, ISBN 9036957133).

Voorliggend rapport betreft de beschrijving van de aard, ernst en omvang van de gevolgen van watertekortsituaties in Nederland en bevat de technische achtergrondrapportage van bovengenoemde producten. Het vervangt eerdere rapportages (fase 1, fase 2a) van de Droogtestudie Nederland hierover. Het rapport is met name bedoeld als naslagwerk voor de inhoudelijk geïnteresseerden.

De resultaten van het rapport zijn gebaseerd op modelberekeningen die zijn uitgevoerd door Rijkswaterstaat/RIZA. Daarnaast heeft RIZA analyses van resultaten uitgevoerd, waarvan in deze rapportage dankbaar gebruik is gemaakt. De belangrijkste betrokkenen bij RIZA waren:

Onderdeel	Aanspreekpunt
Projectleider RIZA	Timo Kroon
Landbouw en hydrologie	Wim Werkman
Hydrologie	Wim Werkman, Rikus Terveer, Wienus van der Scheur, Joost Delsman en Pieter Jacobs
Ecologie	Eddy Lammens, Remco van Ek, Jasper Stam
Economie	Jarl Kind
Koelwater	Henk Wolters
Recreatie	Hans van der Mark
Rivierafvoer en klimaat	Hendrik Buiteveld
Scheepvaart	Jan Eulen

Namens de opdrachtnemer is het RIZA ondersteund en is de rapportage verzorgd door Durk Klopstra en Rudolf Versteeg (HKV [LIJN IN WATER](http://www.lijninwater.nl)). Flip Witte en Kees Maas (KIWA) hebben ondersteund op respectievelijk de onderdelen ecologie en verzilting. De klimatologische aspecten zijn tot stand gekomen door samenwerking met Jules Beersma en Adri Buisland van het KNMI.

Samenvatting

Algemeen

De Droogtestudie Nederland

De Droogtestudie Nederland is een integrale verkenning naar het waterbeleid voor en in situaties van watertekort. De verkenning is gezamenlijk uitgevoerd door Rijk, Provincies en Waterschappen in de periode 2002 – 2005 en heeft geleid tot de volgende eindproducten:

- De Werkwijzer Watertekorten (zie de website www.droogtestudie.nl), een website waarmee watertekorten inzichtelijk kunnen worden gemaakt voor gebruikers, waterbeheerders en bestuurders. Tevens wordt aangegeven hoe watertekorten beter meegenomen kunnen worden in de planvorming, inclusief bijvoorbeeld de Kaderrichtlijn water en wateroverlast. Tot slot bevat de website veel technische achtergrondinformatie voor waterbeheerders, over vraag, aanbod en tekorten aan water, nu en in de toekomst.
- De Watertekortopgave: in het kader van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is op basis van modelberekeningen per watergebruikende sector het theoretische maximale watertekort bepaald. Daaruit is waar mogelijk vastgesteld welke “schade” (minder opbrengsten, kosten, mindere kwaliteit) dat veroorzaakt. Op basis van bestaand beleid en een grove maatschappelijke kosten-batenafweging is bepaald voor welk deel van de watertekorten kansrijke maatregelen beschikbaar zijn. Tegelijk wordt ook duidelijk gemaakt welk deel van de watertekorten beter geaccepteerd kan worden omdat kosten en negatieve neveneffecten van het aanvullen van dit tekort aanmerkelijk groter zijn dan de baten (zie het rapport: Watertekortopgave, RIZA 2005.015, ISBN 9036957133).

Dit rapport, “aard, ernst en omvang van watertekorten in Nederland”, heeft bouwstenen geleverd voor bovengenoemde producten. Het rapport is met name bedoeld als naslagwerk voor de inhoudelijk geïnteresseerden en vervangt eerdere rapportages van de Droogtestudie Nederland hierover (fase 1 en 2a).

Droogte: een technisch complex probleem

Watertekorten treden op wanneer de watervraag groter is dan het wateraanbod. Om het watertekort in Nederland in beeld te krijgen is het allereerst nodig om de vraag en aanbod gedetailleerd in beeld te krijgen. Dat betekent bijvoorbeeld dat onttrekkingen van water voor koelwater, beregening en doorspoeling goed moeten zijn gekwantificeerd. Maar ook het waterbeheer moet scherp in beeld worden gebracht. Het bovenstroomse beheer heeft immers invloed op het benedenstroomse aanbod.

De tekorten kennen soms grote regionale variatie. Tekorten kunnen het gevolg zijn van te weinig regionale aanvoer van water, in de vorm van neerslag of aanvoer via rivieren of kleinere waterlopen. Lokaal kunnen mogelijkheden om water aan te voeren of aan te vullen ontbreken. Het watertekort kan ook specifiek gaan om een tekort aan water van de goede kwaliteit, bijvoorbeeld een tekort aan zoet water in een brakke of zoute omgeving. Dus ook de waterkwaliteit moet in de analyse worden betrokken.

Veel partijen hebben op verschillende manieren te maken met watertekorten

Veel sectoren en maatschappelijke belangen kunnen last hebben van onvoldoende beschikbaar water in droge periodes. Daarbij stelt elke sector specifieke eisen aan de waterbeschikbaarheid. De landbouw stelt bijvoorbeeld eisen aan het peilbeheer en het voldoende beschikbaar zijn van beregeningswater. Voor de natuur geldt dat, naast kwantiteitseisen, de kwaliteit van het water vaak weinig mag afwijken van de 'systeemeigen' kenmerken. De energiesector en industrie wil voldoende oppervlaktewater tot zijn beschikking hebben met een niet te hoge temperatuur. De scheepvaart heeft vooral belang bij voldoende diepgang van de vaarwegen. Voor de recreatie kan in droge tijden de kwaliteit beperkend worden, bijvoorbeeld als er blauwalgen ontstaan. De watertekorten kunnen voor sectoren als de landbouw, de natuur, de scheepvaart en de energiesector leiden tot kosten, productiebeperkingen, opbrengstverminderingen en/of kwaliteitsverlies. Ook kan er maatschappelijke onrust ontstaan in tijden van droogte.

Watertekorten zullen vaker voorkomen door klimaatverandering

Aan klimaatveranderingen zitten meerdere aspecten. Veel mensen weten dat de wintermaanden natter worden. Minder bekend is dat droge zomers, met hogere temperaturen en hogere neerslagtekorten vaker zullen voorkomen. In zomermaanden zullen vaker situaties met lage rivieraanvoer voorkomen. De verzilting zal toenemen, onder meer door zeespiegelstijging en bodemdaling, waardoor er meer zoet water nodig is om de verzilting te bestrijden. Tegelijkertijd kunnen verschuivingen optreden in het beleid en de maatschappij, met gevolgen voor het landgebruik en waterbeheer. Ook kunnen terugkoppelingsmechanismen in bijvoorbeeld ecosystemen optreden die we nu nog moeilijk kunnen voorzien.

Analyses in de droogtestudie

Alle bovengenoemde aspecten zijn zo goed mogelijk in samenhang bestudeerd in de Droogtestudie Nederland. Daarbij is gebruik gemaakt van een modelinstrumentarium bestaande uit hydrologische modellen en effectmodellen voor onder meer de landbouw, natuur, scheepvaart en de recreatie. Aanvullend zijn diverse onderzoeken uitgevoerd en deskundigen ingeschakeld. Deze analyses zijn gebruikt om effecten van droogte te beschrijven in de huidige en toekomstige situatie. De bandbreedtes van mogelijke invullingen en onzekerheden van de toekomst worden verwerkt in verschillende toekomstscenario's, die samen mogelijke veranderingen in de toekomst afdekken.

Beschouwing van de watertekorten

Watertekorten in het grond- en oppervlaktewater

In de huidige situatie, dat wil zeggen met de bestaande waterinfrastructuur, het huidige watergebruik en de huidige klimatologische omstandigheden, is er zeer vaak sprake van een watertekort. Watertekorten manifesteren zich in Nederland vooral in de bodem en dus het grondwater. In droge perioden kan er door een tekort aan vocht in de bodem te weinig water beschikbaar zijn voor planten. Deze groeien daardoor onder suboptimale omstandigheden, worden minder groot of sterven mogelijk af.

Watertekorten kunnen zich ook manifesteren als een tekort in het oppervlaktewater, waardoor in het hoofdsysteem of regionale systeem de peilen onvoldoende kunnen worden gehandhaafd,

onvoldoende kan worden beregend of doorgespoeld, of onvoldoende water kan worden onttrokken voor diverse vormen van gebruik.

Onvoldoende koelwater en te zoute omstandigheden door verzilting vanuit zee

Watertekorten kunnen ook ontstaan wanneer er onvoldoende water van de juiste kwaliteit beschikbaar is. In warme perioden kan er een tekort zijn aan koelwater met voldoende lage temperatuur. Dit speelt al in matig droge jaren en komt dus frequent voor. Verder kan in tijden van droogte bij enkele hoofdinlaatpunten van oppervlaktewater, zoals bij de inlaatpunten van Rijnland (bij Gouda) en de Bernisse (onder Rotterdam) niet altijd voldoende water worden ingenomen door de regionale waterbeheerders. Dit is een gevolg van te zoute omstandigheden door zoutindringing vanuit zee. Dit treedt op bij lage rivieraanvoeren en kan worden versterkt door een hoge waterstand op zee.

Hoe groot zijn de watertekorten in Nederland ?

In een gemiddeld jaar treedt er in de huidige situatie een tekort aan water op in het zomer half jaar voor verschillende gebruikers. Het totale tekort komt onder gemiddelde omstandigheden overeen met een waterschijf over heel Nederland van zo'n 30 mm. Dat is dezelfde hoeveelheid als een verhoging van het peil van het IJsselmeer met ongeveer 80 cm. Het tekort loopt op bij drogere jaren tot bijna 170 mm, overeenkomend met 4.5 m IJsselmeerpeilverhoging. Een dergelijk tekort komt ongeveer eens in de 100 jaar voor. Het laatst was dat in 1976 het geval. Het tekort manifesteert zich vooral in de bodem en het grondwater. Daarnaast is er ook nog een tekort aan rivierwater te definiëren, dat nodig zou zijn voor optimale scheepvaart in droge tijden. Dit theoretische tekort, dat in de praktijk niet te reduceren is (fase 1, Droogtestudie), bedraagt ruim 200 mm en wordt verder niet meegenomen in de watertekorten.

	Watertekorten Nederland	
	Mm ³ /jaar	mm (NL)
gemiddeld jaar	900	30
extreem droog jaar (1976)	5600	170

Tabel 1: Watertekorten in Nederland, voor een gemiddeld jaar en extreem droog jaar in de huidige situatie. (afgerond hoeveelheden, in Mm³/jaar en mm waterschijf over heel Nederland)

Het tekort in de bodem is groter dan in het oppervlaktewatersysteem

In de analyse is het zinvol om onderscheid te maken in watertekorten in de bodem en in het oppervlaktewatersysteem. Hoewel er uitwisseling plaatsvindt tussen het grondwater en het oppervlaktewater, is het in droge tijden meestal niet mogelijk om de tekorten in de bodem vanuit het oppervlaktewater aan te vullen. Het is moeilijk om het water "uit de sloot" bij de wortel van de plant te krijgen (fase 1, Droogtestudie). Dat kan praktisch gesproken alleen via beregening. In veel gevallen wordt er niet beregend omdat het niet rendabel wordt geacht, of omdat regelgeving het niet toelaat. In delen van Nederland ontbreekt ook de infrastructuur voor wateraanvoer. Een andere mogelijkheid om het tekort in de bodem aan te vullen is waterconservering (zie de rapportage watertekortopgave).

	Tekort in de bodem		Tekort in het oppervlaktewater	
	Mm ³ /jaar	mm (NL)	Mm ³ /jaar	mm (NL)
gemiddeld jaar	900	30	5	0.2
extreem droog jaar	5500	165	100	3

Tabel 2: Watertekorten in Nederland, voor een gemiddeld jaar en extreem droog jaar in de huidige situatie. De tekorten zijn verdeeld over het tekort in de bodem en in het oppervlaktewatersysteem. (afgeronde hoeveelheden, in Mm³/jaar en mm waterschijf over heel Nederland)

Ruimtelijke variatie van de watertekorten

De bodemvochttekorten kennen regionale variatie, vooral door verschillen in meteorologische omstandigheden, bodemsoort, bodemgebruik, beheer van oppervlaktewaterpeilen, kwel etcetera. De ruimtelijke spreiding van het oppervlaktewatertekort kent een relatief grotere variatie. Dit komt doordat de aanvoermogelijkheden van zoet oppervlaktewater van regio tot regio nogal verschillen, onder meer door invloed van externe verzilting.

Landbouw

Watertekorten leiden tot suboptimale productie

In de landbouw wordt tijdens droogte door een gebrek aan water de gewasgroei beperkt. In verzilde gebieden kan daarnaast het bodemvocht te zout worden, waardoor de gewasgroei wordt beperkt en de gewassen kunnen afsterven. Dit komt door het huidige waterbeheer en de huidige inrichting echter weinig voor. Door watertekorten in droge tijden worden gemiddeld over de hele landbouwsector in Nederland 5 tot 35 procent lagere opbrengsten gehaald dan in potentie mogelijk is. Gemiddeld is dat 10 procent per jaar.

Twee invalshoeken voor de definitie van schade

De opbrengstreductie door droogte komt overeen met gemiddeld 675 miljoen euro per jaar, voor heel Nederland. Dit zijn verliezen ten opzichte van een situatie met optimale omstandigheden. Niet al die verliezen worden in de praktijk als schade ervaren; de opbrengstvermindering in gemiddelde jaren blijkt in de landbouwsector algemeen te zijn geaccepteerd.

De droogteschade kan daarom beter worden gedefinieerd als de extra derving ten opzichte van een gemiddelde situatie. De opbrengstderving in een gemiddeld jaar wordt dus niet meegenomen als schade. De schade bedraagt dan langjarig gemiddeld 180 miljoen euro per jaar, voor heel Nederland. In een extreem jaar kan de schade oplopen tot 1800 miljoen euro.

In een droog jaar zijn naast negatieve effecten van watertekorten ook positieve effecten waarneembaar voor de landbouw. Door een toename van het aantal uren zonneshijne kan namelijk een hogere productie worden gehaald. Een alternatieve definitie voor droogteschade houdt rekening met dit effect. Bij deze definitie worden lagere opbrengsten dan die kunnen worden verwacht in gemiddelde omstandigheden aangemerkt als schade. Ook hier geldt dus dat de effecten van droogte in gemiddelde omstandigheden niet meetellen in de schade. Bij deze definitie bedraagt de langjarig gemiddelde schade 150 miljoen euro per jaar. De schade kan in droge jaren oplopen tot maximaal 700 miljoen euro.

Zoutschade bij huidig waterbeheer is beperkt

Het aandeel van schade door te zilte omstandigheden is zeer gering ten opzichte van de totale droogteschade in Nederland. Dit komt vooral doordat het huidige waterbeheer er op gericht is om zout water niet in te laten of door te spoelen met zoet water. Hierdoor ontstaat weliswaar droogteschade, maar daarmee wordt zoutschade voorkomen. Hierbij is dus een bewuste keuze gemaakt om zoutschade te vervangen door watertekorten. Overigens kan op bedrijfsniveau de schade door verzilting wel relevant zijn.

Vernattingschade

De gemiddelde opbrengstderving door vernatting (te hoge grondwaterstanden, te veel water in de bodem, slechter bewerkbaar land) ligt tussen de 5 en 10 procent voor verschillende lokaties. Er zijn aanzienlijk regionale verschillen en lokaal zijn afwijkingen van dit gemiddelde mogelijk. De langjarig gemiddelde effecten van vernatting in Nederland lijken volgens de berekeningen iets kleiner dan de effecten van droogte. Daarbij moet worden opgemerkt dat de berekeningen van vernatting met het toegepaste modelinstrumentarium niet volledig nauwkeurig kunnen worden bepaald en daarom vooral indicatief zijn. Duidelijk is dat in de landbouwpraktijk de opbrengstderving door te natte omstandigheden minder geaccepteerd is dan de derving door te droge omstandigheden.

Scheepvaart

Beperkingen treden op bij lage rivieraanvoeren

Tijdens perioden met laagwater kunnen schepen minder zwaar worden beladen. Met dezelfde vloot kan dan minder vracht worden getransporteerd. Voor transport van eenzelfde hoeveelheid vracht zal het aantal vaarbewegingen in droge tijden moeten toenemen, zal vaker moet worden geladen en gelost en bovendien zullen de wachttijden bij de sluizen oplopen. Voor de totale scheepvaartsector in Nederland is de aanvoer via de Rijn sterk bepalend voor het moment waarop beperkingen door droogte beginnen op te treden. Uit analyse blijkt dat beperkingen optreden als de Rijnaanvoer lager is dan 1250 m³/s. De extra hoeveelheid water die nodig is voor optimale scheepvaart is enorm groot en wordt niet realistisch geacht om als tekort op te voeren.

Schade bepaald door de bovengemiddelde kosten bij droogte

Door de genoemde beperkingen bij lage rivieraanvoer maakt de sector extra kosten in tijden van laag water. Ook kunnen er bij de waterbeheerder nog extra kosten zijn voor het terugpompen van water om de stuwpanden op peil te houden. De extra kosten in tijden van laag water, ten opzichte van een gemiddelde situatie, worden in deze studie als schade beschouwd.

Voor de scheepvaartsector bedraagt de langjarige schade door laag water 70 miljoen euro. De totale schade kan in een jaar met extreem lage afvoeren oplopen tot ruim 800 miljoen euro.

Energiesector

De energiesector ondervindt eens in de 2 tot 5 jaar problemen ten gevolge van droogte (fase 1, droogtestudie). In warme en droge perioden neemt de watertemperatuur van de Rijn en Maas dermate toe, dat bepaalde centrales niet meer op het gewenste vermogen kunnen draaien. Hierdoor is eens in de twee jaren kans op productiebeperkingen van in totaal ongeveer 100 uur. Eens in de 100 jaar kunnen die beperkingen bij elkaar opgeteld naar schatting ruim een maand

duren. De hoge watertemperatuur is hierin overigens meer beperkend dan de lage rivieraanvoer. Naast de energiesector, kan ook de industrie soms hinder ondervinden van koelwaterproblemen.

Natuur

Voor de effecten van watertekorten op de natuur maken we onderscheid in de rijkswateren, regionale wateren en terrestrische systemen. In de rijkswateren kunnen tijdelijk effecten van watertekorten en warmte optreden, vooral in de meren. Voorbeelden zijn zuurstofloosheid, algenbloei, botulisme en vissterfte. Na de droogte zal het systeem zich naar verwachting weer herstellen.

De regionale wateren zijn kwetsbaarder voor (extreme) droogte. Er kunnen blijvende gevolgen optreden voor de biodiversiteit in flora en fauna en aquatische ecosystemen, voornamelijk in al kwetsbare, door structurele verdroging aangetaste systemen.

Bij de terrestrische systemen heeft droogte overwegend negatieve gevolgen. Delen van het systeem zijn bestand tegen droogte, maar vooral in natte, voedselarme systemen die te maken hebben met structurele verdroging en versnippering kunnen in geval van extreme droogtestress blijvende effecten ontstaan.

Recreatie

De recreatiesector is gevoeliger voor de positieve effecten van mooi weer dan voor de effecten die droogte heeft op waterkwaliteit (sportvissen, zwemmen) en waterhoeveelheid (oponthoud en bevaarbaarheid voor recreatievaart). Een indicatie voor de toename van de bestedingen in de sector in een jaar met mooi weer is ongeveer 200 miljoen euro.

Dit geldt voor de landelijke schaal; lokaal kunnen in de recreatie wel sterk negatieve effecten van droogte optreden, bijvoorbeeld door het voorkomen van blauwalgen.

Overige functies

Droogte speelt ook een rol bij een aantal andere functies met een direct maatschappelijke belang. Te denken valt aan het handhaven van peilen ten behoeve van de stabiliteit van waterkeringen voor de veiligheid, doorspoeling in stedelijk gebied ter voorkoming van onder meer stankoverlast, peilhandhaving in stedelijk gebied ter voorkoming van onder meer aantasting van funderingen en watergebruik voor drinkwatervoorziening. Over het algemeen is aan deze functies een hoge prioriteit toegekend in het operationele waterbeheer in droge perioden. Mede daardoor is er vrijwel altijd voldoende water beschikbaar (zie de rapportage van de watertekortopgave, droogtestudie, 2005). Toch kunnen soms in tijden van droogte ook hier problemen ontstaan.

Beschouwing van het droogteprobleem

Is er een droogteprobleem in de huidige situatie ?

Uit bovenstaande blijkt dat er in Nederland zeer vaak sprake is van een watertekort als gevolg waarvan economische schade wordt geleden, en die gevolgen kan hebben voor de natuur. Of de beschreven watertekorten en schades ook een (maatschappelijk) probleem zijn, hangt af van de maatschappelijke acceptatie. Die is in het algemeen vrij groot. Daaruit kan worden geconcludeerd dat met uitzondering van een tekort aan koelwater in de energiesector, er geen groot watertekortprobleem bestaat, ondanks soms grote watertekorten op landelijke schaal. Door de energiesector worden maatregelen voorbereid om het probleem kleiner te maken. Voor de

overige sectoren zijn regionale optimalisaties mogelijk. Als voorbeeld wordt gekeken naar de twee grootste waterverbruikers, de landbouw en de natuur:

Droogteproblematiek moet in het integrale waterbeleid worden aangepakt

Een flink deel van de opbrengstderving door watertekorten in de landbouw, is het gevolg van de bewuste keuzes in het recente verleden voor het voorkomen van natschade. Daarmee wordt een deel van de opbrengstderving door watertekorten dus geaccepteerd. Niet alle opbrengstderving door watertekorten hoeft dan ook te worden opgelost. Het oplossen van het droogteprobleem is vooral een kwestie van maatwerk in het regionale en lokale systeem, waarbij de watertekorten in samenhang met wateroverlast en waterkwaliteit worden aangepakt (zie ook de rapportage over de watertekortopgave, droogtestudie 2005).

Voor de natuur geldt dat droogte in principe een “natuurlijk” verschijnsel is dat normaal gesproken de natuurwaarden niet aantast. Echter, als gevolg van onder meer de keuzes in de ruimtelijke ordening en het daarop afgestemde waterbeleid van de afgelopen decennia zijn er kunstmatige situaties ontstaan die de natuur kwetsbaar hebben gemaakt. De verdroging en versnippering van de natuur zijn structurele problemen, die de robuustheid van de natuur in droge tijden verkleinen. Uit bovenstaande voorbeelden blijkt dat de droogte een probleem is dat niet als afzonderlijk probleem kan worden behandeld, maar integraal moet worden opgelost.

Droogte speelt een belangrijkere rol dan voorheen

Duidelijk is dat de maatschappelijke gevolgen van droogte tegenwoordig een sterkere rol zullen spelen dan in het jaar 1976, het droogste jaar in de recente geschiedenis. Droogte zal dus meer dan vroeger als probleem worden ervaren. Het verschil kan niet alleen worden verklaard door de toegenomen economische ontwikkeling en de toenemende afhankelijkheid van de juiste hoeveelheid water, maar ook bijvoorbeeld door de toegenomen maatschappelijke aandacht voor water en de verwachting van de burger ten opzichte van de overheid en dus de waterbeheerder. Dit geldt zeker wanneer thema's als veiligheid en zekerheid een rol gaan spelen in droge perioden. Te denken valt aan het handhaven van peilen ten behoeve van de stabiliteit van veenkades of funderingen in stedelijke gebieden en de beschikbaarheid van energie.

Watertekorten nemen toe

Verandering van de droogteproblematiek in de toekomst kent vele aspecten

De mate waarin het droogteprobleem in de toekomst toeneemt, hangt enerzijds af van autonome fysische ontwikkelingen, zoals klimaatverandering en bodemdaling, met gevolgen voor neerslag, verdamping, rivieraanvoeren en zeespiegelstijging. Anderzijds spelen maatschappelijke veranderingen een rol. Voorbeelden zijn veranderingen in het ruimtegebruik, een groeiende economie, veranderende prijsniveaus en andere visies op het waterbeheer, bijvoorbeeld ten aanzien van zoet-zoutovergangen.

De droogteproblematiek wordt in de toekomst groter

De droogteproblematiek wordt onder invloed van klimaatverandering en ontwikkelingen in de maatschappij groter in de toekomst. De neerslagtekorten in de zomer van medio 2050 nemen gemiddeld met 6 a 13 procent toe ten opzichte van de huidige situatie, volgens een extreem scenario zelfs met 75 procent. Het neerslagtekort zoals we hebben gehad in de matig droge zomer van 2003 (217 mm), wordt in de huidige situatie één keer in de 10 jaar overschreden.

Medio 2050 wordt ditzelfde tekort één keer in de 6 a 8 jaar overschreden; in extremere toekomstscenario's komt een dergelijk of groter tekort zelfs in de gemiddeld situatie voor. De rivieraanvoer in de Rijn neemt in de zomermaanden met gemiddeld 10 tot 30 procent af, met uitschieters tot mogelijk 60 procent. De oppervlaktewatertekorten nemen daardoor met een factor 1 a 4 toe, en mogelijk zelfs tot een factor 10. Het waterbeheer krijgt daarbij in toenemende mate te maken met ongewenste verzilting van het (hoofd)oppervlaktewatersysteem en het grondwater. De grondwatertekorten nemen 10 tot 25 procent toe. De onzekerheid is nog erg groot, de totale bandbreedte bedraagt een afname van 10 procent tot een toename van 200 procent.

De energiesector moet anticiperen op het toenemende tekort aan oppervlaktewater

Door de verwachte temperatuurstijging van 1 tot 3 graden voor 2050 en de afname van de zomerafvoer zal de koelcapaciteit navenant afnemen en de koelwaterproblematiek in de toekomst zeker verergeren. Maatregelen om minder afhankelijk te zijn van schaarser wordend oppervlaktewater, zoals herallocatie van centrales en meer gebruik van andere koelmethode zijn nodig om in de toekomst niet teveel problemen te ondervinden.

Grotere negatieve effecten van watertekorten, toch kleinere nationale landbouwschade

Het effect van klimaatverandering op de landbouw kent twee kanten. Enerzijds is er een negatief effect ten gevolge van de toenemende watertekorten. Dit betekent dat er een groter verschil ontstaat tussen de werkelijke opbrengsten en de opbrengsten die gehaald hadden kunnen worden bij voldoende beschikbaarheid van water. Deze opbrengstderving neemt toe met 2 tot 20 procent per ha. Maar tegelijkertijd wordt de potentiële opbrengst hoger door een toename van de verdamping. Het gecombineerde effect is dat de werkelijke opbrengst per hectare tot circa 10 procent zal stijgen.

De toekomstige financiële schade over het totale landbouwareaal in Nederland zal ongeveer 20 procent afnemen. Hierbij is naast de bovengenoemde effecten per hectare rekening gehouden met een afname van het totale landbouwareaal van 15 a 20 procent (mede op basis van CPB- en LEI-studies) en de verwachte afname van het prijsniveau van 10 a 20 procent in de landbouw.

De effecten van klimaatsveranderingen op de natuur zijn complex en onzeker

De natuur is afhankelijk van vele nuances, waarvan we nog niet goed weten hoe die zullen uitpakken bij klimaatverandering. Ook bij de toekomstige droogteproblemen spelen vele verschillende effecten tegelijk een rol, zoals een wijziging van de CO₂-concentratie, de temperatuur, de opmars van exoten, wijziging van de UV-straling, verandering van concurrentieposities, enzovoort. Daarnaast is de natuur in Nederland sterk afhankelijk van de toekomstige invulling van het beheer. In de Droogtestudie is vooral gekeken hoe de verandering van waterbeschikbaarheid zich doorvertaalt naar veranderingen in de natuur.

Klimaatverandering leidt tot verschuiving binnen ecosystemen en intensere problemen

De analyses duiden op geringe areaalverschuivingen van typen ecosystemen in de rijkswateren. Deze verschuiving is veelal richting geformuleerde streefbeeld, maar bij drogere senario's kan er ook sprake zijn van verslechtering ten opzichte van streefbeeld. Veel van de toekomstige ontwikkeling zal afhangen van het toekomstig beheer.

Voor de aquatische natuur in regionale wateren zullen de huidig voorkomende problemen naar verwachting intenser en frequenter optreden. Mogelijk moet er door de drogere zomers in de toekomst meer systeemvreemd water worden ingelaten, met bijbehorend negatieve effecten. Ook

dit is vooral afhankelijk van de toekomstige invulling van het beheer. Voor sommige systemen, zoals brakke ecosystemen en in sloten en plassen is ook een positief effect te verwachten.

Toekomstige nattere voorjaarssituaties kunnen ook gunstig uitpakken voor de natuur

Voor de terrestrische systemen lijkt verbetering mogelijk. Door de nattere winters (behalve bij het droge scenario) zal de grondwaterstand in het voorjaar stijgen. Hiervan zullen vooral de natte voedselrijke ecosystemen baat hebben. Niet onbelangrijk is dat de in de toekomst verwachte uitbreidingen van de omvang van waardevolle natuurgebieden (inclusief het opheffen van de versnippering) en het daarmee samenhangend beheer een positieve invloed zullen hebben.

Economische invloeden in de scheepvaartsector groter dan het toenemend droogte-effect

Voor de scheepvaartsector neemt de schade op nationale schaal als gevolg van droogte in de orde van 10 tot 20 procent toe, bij het droge scenario in de orde van 100 tot 200 procent. Hierbij is alleen het effect van klimaatverandering beschouwd en niet de effecten van economische groei, die van veel grotere invloed is. Want hoe meer scheepvaart, hoe meer schade bij een periode van laag water.

Maatregelen voor droogte

In eerdere fasen van de Droogtestudie is geconcludeerd dat grootschalige ingrepen in het hoofdsysteem en aanleg van grootschalige berging uitsluitend ten behoeve van watertekorten niet kansrijk worden geacht (haalbaar en betaalbaar). Op lokale en regionale schaal kan de balans soms wel positief uitpakken, bijvoorbeeld als het gebruik multifunctioneel is, of bij waterberging ten behoeve van kapitaalintensieve teelten. Het oplossen van het droogteprobleem is vooral een kwestie van maatwerk in het regionale en lokale systeem, en afstemming met wateroverlast en waterkwaliteit. Watertekorten moeten daarom prominent in het toekomstig waterbeleid worden opgenomen. Hiervoor is definitieve analyse en besluitvorming op dit schaalniveau nodig (zie de werkwijzer watertekorten en de watertekortopgave, Droogtestudie).

1 Inleiding

1.1 Leeswijzer

De aard, ernst en omvang van watertekortsituaties in Nederland wordt na een algemene beschrijving in hoofdstuk 2 gevolgd door een gedetailleerde beschrijving van de hydrologische kenmerken van watertekortsituaties in hoofdstuk 3. Daarna wordt gedetailleerd ingegaan op de gevolgen van watertekortsituaties per type watergebruiker. Dit zijn achtereenvolgens:

- Landbouw (hoofdstuk 4).
- Natuur (hoofdstuk 5).
- Scheepvaart (hoofdstuk 6).
- Recreatie (hoofdstuk 7).
- De energiesector (koelwater, hoofdstuk 8).
- De maatschappelijke gevolgen (hoofdstuk 9).

Naast genoemde typen watergebruikers zijn nog de volgende waterafhankelijke functies onderscheiden:

- Drinkwater
Bij het ontwerp van de drinkwatervoorziening die van oppervlaktewater gebruik maken is rekening gehouden met perioden waarover door calamiteiten geen wateraanvoer beschikbaar is, door het aanleggen van buffers of door voldoende beschikbare grondwatervoorraad. Er wordt van uitgegaan dat deze alternatieven in het algemeen voldoende groot zijn om in droge perioden de drinkwatervoorziening zonder problemen te laten verlopen. Omdat in de praktijk geen sprake is van watertekortsituaties voor de functie Drinkwater is een beschrijving van de aard, ernst en omvang hiervoor niet relevant. Wel kan een toename van de externe verzilting leiden tot te hoge chlorideconcentraties voor inname van rivierwater (zie paragraaf 3.5).
- Veiligheid (stabiliteit waterkeringen): Voor de stabiliteit van de waterkeringen in veengebieden is peilhandhaving in de boezemwateren een belangrijke voorwaarde. Er mogen zelfs in extreme situaties geen tekorten voor de peilhandhaving van de boezemwateren optreden. Een duidelijk voorbeeld van het belang van de stabiliteit van de waterkeringen is de doorbraak van een veenkade bij Wilnis in 2003. Uit het rapport over de Watertekortopgave blijkt dat in Nederland voldoende water beschikbaar is voor peilhandhaving in veengebieden doordat in extreme gevallen hiervoor desnoods verzilt water kan worden ingelaten. Dat kan dan overigens wel schade voor de natuur en de landbouw tot gevolg hebben. Omdat in de praktijk geen sprake is van watertekortsituaties voor de functie Veiligheid is een beschrijving van de aard, ernst en omvang van watertekortsituaties hiervoor niet relevant.
- Stedelijk gebied: voor stedelijk gebied is water nodig om oppervlaktewater vanwege waterkwaliteitsredenen door te spoelen. Daarnaast is er water nodig voor peilhandhaving (grond- en oppervlaktewater), ter voorkoming van onder meer aantastingen van funderingen (paalrot). De hoeveelheden water die nodig zijn voor doorspoeling en peilhandhaving konden voor de functies natuur, landbouw en stedelijk gebied niet worden uitgesplitst en worden derhalve in zijn geheel beschreven in het hoofdstuk Hydrologie (hoofdstuk 3).

1.2 Modelinstrumentarium

1.2.1 Inleiding

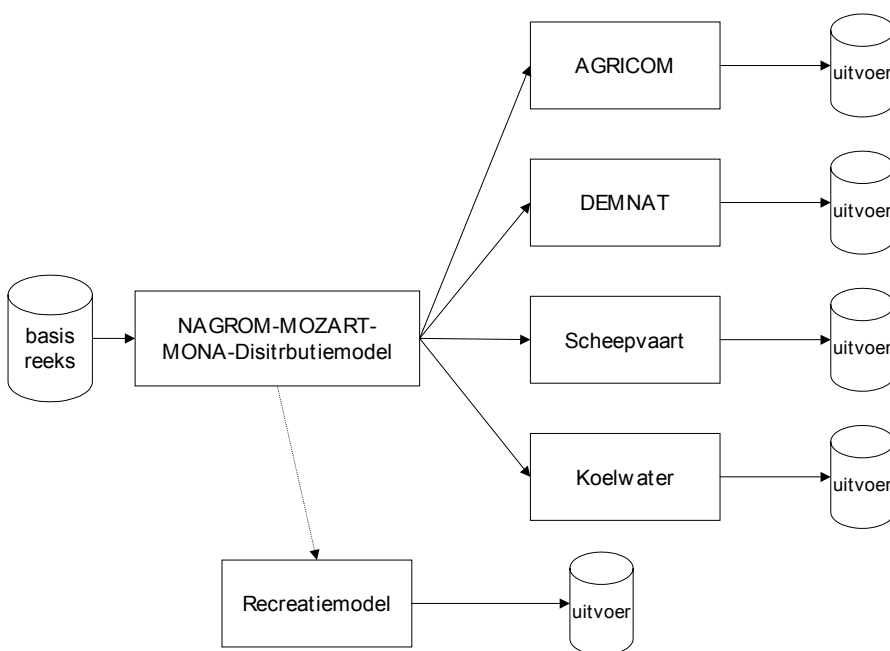
De kwantitatieve analyse richt zich in eerste instantie op de gevolgen van droogte voor de hydrologie van Nederland, uitgedrukt in effecten op de grondwaterstanden, oppervlaktewater-volumes, kwelfluxen en actuele verdamping. Hiervoor wordt het hydrologisch model-instrumentarium van het RIZA gebruikt. Op basis van de hydrologische effecten zijn in deze fase van de droogtestudie de effecten vervolgens effecten bepaald voor de volgende gebruiksfuncties:

- Landbouw
- Natuur
- Scheepvaart
- Recreatie
- Koelwater voor de energiesector

Hiervoor zijn de bij het RIZA beschikbare effectmodellen gebruikt, aangevuld met enkele expertanalyses. De effecten van droogte op de waterkwaliteit, bijvoorbeeld op zoutgehalte en eutrofiëring is in deze fase beperkt geanalyseerd bij het onderdeel natuur en landbouw.

1.2.2 Overzicht instrumentarium

Tussen de modellen is een samenhang aanwezig, die is weergegeven in Figuur 1-1.



Figuur 1-1: Samenhang in het modelinstrumentarium

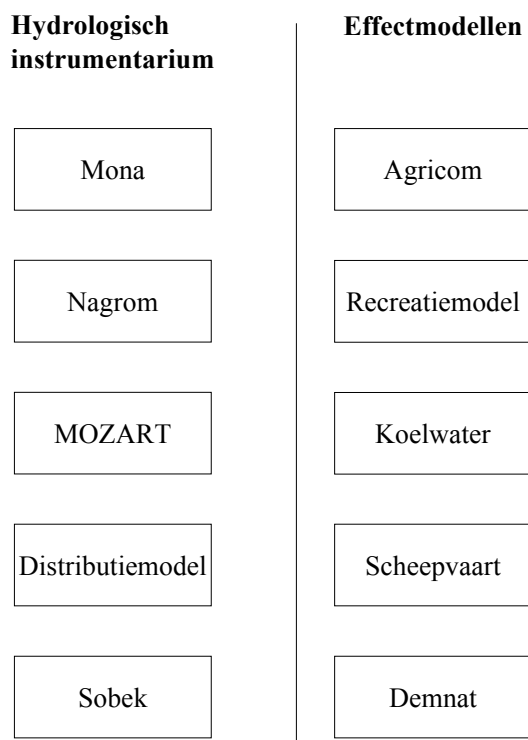
Het instrumentarium bestaat ruwweg gezien uit drie typen modellen. De kern wordt gevormd door het hydrologische instrumentarium. Hierin zijn de modellen NAGROM (verzadigde grondwaterstroming), MOZART (onverzadigde zone), MONA (koppeling MOZART en NAGROM) en het Distributiemodel (verdeling oppervlaktewater) gekoppeld. Laatstgenoemd model maakt onder meer gebruik van met het model SOBEK berekende randvoorwaarden. Delen van de uitvoer van dit hydrologisch modelinstrumentarium worden (eventueel bewerkt) weer als invoer gebruikt voor de modellen die de effecten op diverse functies beschrijven, zoals AGRICOM voor de landbouw,

DEMSTAT voor de terrestrische natuur, het Scheepvaartmodel en het Koelwatermodel. Deze modellen vormen het tweede type model in het instrumentarium. Het Recreatiemodel vormt het derde type. Dit model kan los van de hydrologische modellen draaien, maar hydrologische gegevens zijn nodig als ondersteuning van de beslissing die bij deze modellen gemaakt moeten worden bij de invoer.

De basisgegevens die gebruikt zijn bij het gebruik van de hydrologische modellen is ook gebruikt bij de overige modellen. Dit geldt voor de KNMI gegevens die als invoer gebruikt worden bij bijvoorbeeld MOZART en het Distributiemodel, maar ook voor de invoer van bijvoorbeeld het landgebruik en de bodemdaling. De doorgerkende toekomstscenario's en maatregelen zijn in de modellen op een eenduidige manier geïnterpreteerd.

1.2.3 Overzicht modellen

Achtereenvolgens worden de onderdelen van het hydrologisch modelinstrumentarium (MONA, NAGROM, MOZART en het Distributiemodel) en de effectmodellen besproken. De modellen zijn weergegeven in Figuur 1-2.



Figuur 1-2: Het hydrologisch instrumentarium en de effectmodellen

Hydrologische modellen:

- NAGROM: NAGROM staat voor het NAtional GRONdwater Model. Het grondwaterstromingsmodel is voor 90% landsdekkend, uitzondering zijn de Waddeneilanden en Zuid-Limburg. Het model simuleert de grondwaterstroming in het hele verzadigde grondwatersysteem. Dit is zowel het diepe grondwater als het ondiepere grondwater. NAGROM beschrijft dus de grondwaterstroming van de diepe watervoerende pakketten en scheidingslagen tot en met het freatisch pakket (topstelsel).

- **MOZART:**
MOZART is het Model voor de Onverzadigde Zone voor landelijke Analyses en Regionale Toepassingen. Met het model kan de stroming van water door de onverzadigde zone worden gemodelleerd. Daarnaast is de interactie tussen het bovenste verzadigde grondwater en het oppervlaktewater en de interactie tussen de onverzadigde zone en de atmosfeer gemodelleerd. Naast de grondwaterstanden en diverse waterbalansen van het grond- en oppervlaktewater in het bovenste deel van het hydrologisch systeem wordt binnen het model ook een stoffenbalans voor zout en systeemvreemd water bijgehouden.
- **MONA:**
MONA is de koppeling tussen het model MOZART en NAGROM en regelt de aansturing van deze modellen. De fysieke koppeling tussen de twee modellen gebeurt op iteratieve wijze en bestaat uit de uitwisseling van de berekende grondwaterflux (kwel of wegzijging) en de grondwateraanvulling.
- **Distributiemodel:**
Het Distributiemodel (DM) wordt ingezet voor het simuleren van de oppervlaktewaterverdeling in Nederland. Het model bevat een schematisatie van de Rijkswateren en grotere regionale wateren. Via deze wateren kan water worden aan- en afgevoerd en worden gedistribueerd in het hoofdsysteem. Dit hoofdsysteem is direct gekoppeld aan de regionale oppervlaktewatersystemen in MOZART. De berekening tussen het DM en MOZART is iteratief, waarbij in eerste instantie de totale vraag naar water in MOZART wordt berekend en vervolgens iteratief rekening wordt gehouden met het beschikbare water in de oppervlaktewateren van het hoofdsysteem.
- **SOBEK:**
Voor het Noordelijk Deltabekken (NDB) is SOBEK ingezet voor de berekening van de chlorideconcentratie in de grote wateren. Het model berekent de water- en zoutbeweging in het benedenrivierengebied voor het NDB, op basis van de rivierafvoer, het getij op de Noordzee, de afvoerverdeling van de Rijntakken en de bediening van de Haringvlietsluizen. Het Sobek Model is gekoppeld aan de berekeningen met MOZART/ Distributiemodel (zie RIZA, 2004). Onder meer wordt voor ongeveer twintig locaties het berekende chloridegehalte uit Sobek gebruikt voor de berekeningen in het Distributiemodel. De chloridegehalten zijn van belang voor het wel of niet inlaten van oppervlaktewater in watertekortsituaties.

Effectmodellen:

- **AGRICOM:**
AGRICOM is het AGRICultural COst Model. Dit model berekent op basis van de resultaten van MOZART de kosten en baten voor de sector landbouw (droogte-, zout- en verdrassings-schade). Het is een economisch model waarin op meerdere manieren de opbrengstderving van het gewas kan worden bepaald, zoals op basis van berekende grondwaterstanden, verdampingsreductie of overlevingsfracties van het gewas ten gevolge van diverse stress-factoren. In deze fase van de droogtestudie is de opbrengstderving bepaald op basis van de verdampingsreductie.
- **DEMNAT:**
DEMNAT is een ecohydrologisch voorspellingsmodel en staat voor Dosis Effect Model Natuur Terrestrisch. Met DEMNAT kunnen effecten van veranderingen in de waterhuishouding op de terrestrische en semi-terrestrische vegetatie worden aangegeven (vegetatie). Het model richt zich voornamelijk op het thema verdroging. Met DEMNAT is het mogelijk om wijzigingen in de waardering van de natuur als gevolg van hydrologische verandering te berekenen. De waardering van de natuur wordt uitgedrukt in volledigheid en natuurwaarde van de ecosystemen. De effectvoorspelling richt zich op de doses verandering in de voorjaars-

grondwaterstand, peil van kleine oppervlaktewateren, kwelflux en verandering in de concentratie van systeemvreemd water en zout.

- **Scheepvaart:**
Het scheepvaartmodel is een kostenmodel. Het beantwoordt de vraag: "Wat zijn de extra kosten als de waterstand daalt". De kosten zijn gerelateerd aan het aantal scheepvaartbewegingen in de grote oppervlaktewateren in Nederland. Bij een lagere waterstand kunnen de schepen minder zwaar worden beladen en kan er minder in dezelfde tijd met dezelfde vloot worden getransporteerd. Binnen de Droogtestudie wordt dus de invloed van de droogte op de (kosten van de) goederenstroom bepaald.
- **Koelwater:**
Het koelwatermodel wordt gebruikt voor het bepalen van de potentiële koelcapaciteit per locatie van de elektriciteitscentrales. De potentiële koelcapaciteit is het verschil tussen de maximaal toegestane temperatuur en de temperatuur van het water vlak voor de centrale. De temperatuur hangt af van de watervolumes die met het hydrologisch instrumentarium worden berekend.
- **Recreatiemodel:**
Er zijn twee recreatiemodellen bij het RIZA. Dit zijn het WKI-model en het SEO-model. Het SEO Waterrecreatiemodel is in de droogtestudie gebruikt en is ontwikkeld door The Foundation for Economic Research of the University of Amsterdam (SEO). Dit model heeft een 'menselijke' en een economische component. Het model voorspelt de waterrecreatie, bijvoorbeeld in een aantal bezoeken van mensen aan een recreatiegebied (aantal recreanten). Daarnaast voorspelt het model wat de uitgaven bij deze recreatiebezoeken zijn om de omzet van de recreatiesector te berekenen.

1.3 Bronnen bij het modelinstrumentarium

Algemeen:

RIZA, 1997. Water onder land tussen regen en plant, ofwel: landelijke modellen voor verdrogingsbestrijding. Ontwikkelingsteam NAGROM-MOZART-DEMNET-AGRICOM; H. Bos, R. van Ek, J. Hoogeveen, A. Kors, W. de Lange, H. Vermulst, T. Kroon en G. Arnold.

RIZA, 2005 (in prep.). Technische achtergrondrapportage over de hydrologische berekeningen in de Droogtestudie, RIZA-team droogtestudie, intern document RIZA.

NAGROM:

www.riza.nl/nagrom

De Lange, W.J., 1996. Groundwater modelling of large domains with analytic elements, RIZA nota 96.028, RIZA Lelystad.

De Lange, W.J. en J.L. van der Meij, 1994, serie rapporten NAGROM supra-regio's, RIZA en TNO-GG, Delft.

MOZART:

www.riza.nl/mozart

RIZA, 2002. MOZART. Gebruikershandleiding en Functioneel Detail Ontwerp, Lelystad.

RIZA en WL, 1996. Beschrijving landelijke dataset MOZART. Lelystad, Delft.

MONA:

www.riza.nl/mona

Vermulst, J.A.P.H., De Lange, W.J., 1999. An analytic-based approach for coupling models for unsaturated and saturated groundwater flow at different scales, *Journal of Hydrology*, 226(1999), pp. 262-273.

RIZA, 2002. T. Kroon, I. Peereboom en W. Werkman, MONA, koppelingsconcept MOZART-NAGROM; beschrijving van de modellentrein, werkdocument RIZA.

RIZA, 2004. I. Peereboom en J. Hoogewoud, MONA, gebruikershandleiding, werkdocument RIZA.

DM:

Abrahamse, A.H., G. Baarse en E. van Beek, 1982. Policy Analysis of Water Management in The Netherlands. Volume XI. Rand Corporation, Santa Monica, USA.

HKV LIJN IN WATER, 2002: Actualisatie Distributiemodel. Opdrachtgever Rijkswaterstaat RIZA. PR401.

AGRICOM:

www.riza.nl/agricom

RIZA, 1995. Gebruikershandleiding AGRICOM.

DEMNET:

www.riza.nl/demnat

Van Ek, R., J.P.M. Witte, J. Runhaar, F. Klijn, J.G. Nienhuis & J. Hoogeveen, 1996. Beschrijving van het ecohydrologische model DEMNET versie 2.1. DEMNET-2.1 rapport 1 (hoofdrapport). RIZA nota 96.059, Lelystad.

Klijn, F., 1997. A hierarchical approach to ecosystems and its implications for ecological land classification. Proefschrift Universiteit Leiden.

Runhaar, J., 1999. Impact of hydrological changes on nature conservation areas in the Netherlands. Proefschrift, Universiteit Leiden.

Witte, J.P.M., 1998. National water management and the value of nature. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen.

SCHEEPVAART:

Rijkswaterstaat RIZA, 2001. Handleiding PAWN-Scheepvaartmodel 1999.

RECREATIE:

UVA, P.H.G. Berkhout, 1996 The SEO-Waterrecreation model. Stichting Economisch Onderzoek, Universiteit van Amsterdam.

Berkhout, P.H.G., N.M. Brouwer, E. van Esterik, J.W. Velthuijsen, 1995. Het SEO Waterrecreatiemodel, WSV-rapport, Rijkswaterstaat, Den Haag.

RIZA, waterrecreatie, studie over de WSV-doelgroep waterrecreatie, RIZA-rapport 97.028, 1996

SOBEK, toepassing binnen deze studie:

RIZA, 2004. P. Jacobs, T. Kroon, W. Werkman. Water wat er (niet) is. Aard en omvang van de hydrologische aspecten van droogte in Midden-West Nederland

2 Watertekorten in Nederland

2.1 Inleiding

Situaties met watertekorten komen in Nederland ieder jaar voor. Als introductie wordt in dit hoofdstuk globaal beschreven wat de aard, ernst en omvang van het watertekort in Nederland is.

In algemene zin geldt dat een watertekort is gedefinieerd als het verschil tussen de gevraagde en beschikbare hoeveelheid water van de juiste kwaliteit. De belangrijkste potentiële oorzaken voor een watertekort zijn:

- Een hoog neerslagtekort (hydrologie)
- Een lage rivierafvoer (hydrologie)
- Fysieke beperkingen van de aanvoermogelijkheden (infrastructuur)
- Niet optimale verdeling van het beschikbare water (operationele verdeling)
- Als gevolg van genoemde factoren een verslechterende waterkwaliteit door verzilting, verwarming door koelwater en minder verdunning van verontreinigende stoffen.

Deze aspecten worden in de volgende paragrafen besproken. Daarna volgt een globale beschrijving van de aard, ernst en omvang van het watertekort voor een aantal regio's waarvoor de problematiek vergelijkbaar is. Begonnen wordt met een opsomming van de gebruikers van water die problemen ondervinden in watertekortsituaties.

(Noot: dit hoofdstuk is in dezelfde vorm opgenomen in het rapport Watertekortopgave (Droogtestudie Nederland, 2005), maar wordt om reden van leesbaarheid van dit rapport hier integraal herhaald)

2.2 De watergebruikers

Nederland is in sterke mate afhankelijk van water van de juiste kwaliteit. Een tekort aan water doet zich ieder jaar voor, zij het in een mate waaraan we gewend zijn en derhalve niet als problematisch ervaren. In de recente geschiedenis zijn ook voorbeelden bekend waarin het watertekort wel tot calamiteuze situaties leidde. Denk aan de extreem droge zomer van het jaar 1976, waarin met name de schade in de landbouw en bijvoorbeeld de bosbranden op uitgebreide schaal als calamiteus werden ervaren, en de warme zomer van 2003 waarin met name een tekort aan koelwater voor elektriciteitscentrales tot problemen leidde. Een tekort aan water treft vele kanten van onze maatschappij, hetgeen hierna kwalitatief wordt beschreven. Een kwantitatieve uitwerking volgt in de volgende hoofdstukken.

Landbouw

Derving van de opbrengst in de landbouw wordt met name veroorzaakt door een watertekort in de bodem (onverzadigde zone en grondwater) als gevolg van een neerslagtekort en onvoldoende beschikbaarheid van water van de juiste kwaliteit voor beregening. Het neerslagtekort is gedefinieerd als de cumulatieve som van de neerslag en de verdamping. Nederland kent ieder zomerhalfjaar een neerslagtekort doordat de verdamping groter is dan de neerslag. Over het algemeen wordt dit neerslagtekort niet of nauwelijks als een probleem ervaren, juist doordat het ieder jaar voorkomt en de bedrijfsvoering daarop is ingesteld. Vooral na de droge zomer van 1976 is in de landbouw op grootschalige wijze overgegaan op beregening uit zowel grond- als

oppervlaktewater om het tekort aan water aan te vullen. Uit eerdere analyses van de Droogtestudie blijkt dat het hoofdoppervlaktewatersysteem over het algemeen goed is uitgelijnd voor de watervraag van de landbouw gegeven de huidige omvang van de beregening. Ook in extreem droge jaren treden dan ook nauwelijks watertekorten op in het oppervlaktewatersysteem als gevolg van de watervraag vanuit de landbouw. Wel ontstaat in dergelijke droge jaren schade in de landbouw doordat de gewassen niet die hoeveelheid water kunnen verdampen die nodig is voor een optimale groei. De oorzaak hiervoor is dat de beregeningsinstallaties over het algemeen niet op dergelijke droge jaren zijn berekend en voor beregening uit grondwater geldt meestal een beregeningsverbod in droge jaren om verdere daling van de grondwaterstanden (met bijvoorbeeld negatieve effecten voor natuur) te voorkomen. Bovendien kan de beregeningscapaciteit in met name West Nederland niet volledig worden benut wanneer het oppervlaktewater verzilt raakt door onvoldoende doorspoeling van het met zout kwelwater belaste oppervlaktewater of inlaat van verzilt rivierwater ten behoeve van peilhandhaving in veengebieden. De conclusie is dat de schade in de landbouw primair wordt veroorzaakt door het neerslagtekort, hetgeen leidt tot een tekort aan water in de bodem (onverzadigde zone en het grondwater), en daaraan gekoppeld een tekort aan beregeningswater van de juiste kwaliteit. Mogelijke maatregelen die in het kader van de watertekortopgave zijn beschouwd hebben betrekking op uitbreiding van beregeningsinstallaties (en aanpassing van het oppervlaktewatersysteem daarop indien nodig) in peilbeheerste gebieden en vasthouden van water in gebieden waar geen water kan worden aangevoerd uit het oppervlaktewatersysteem en derhalve veelal sprake is van beregening uit grondwater.

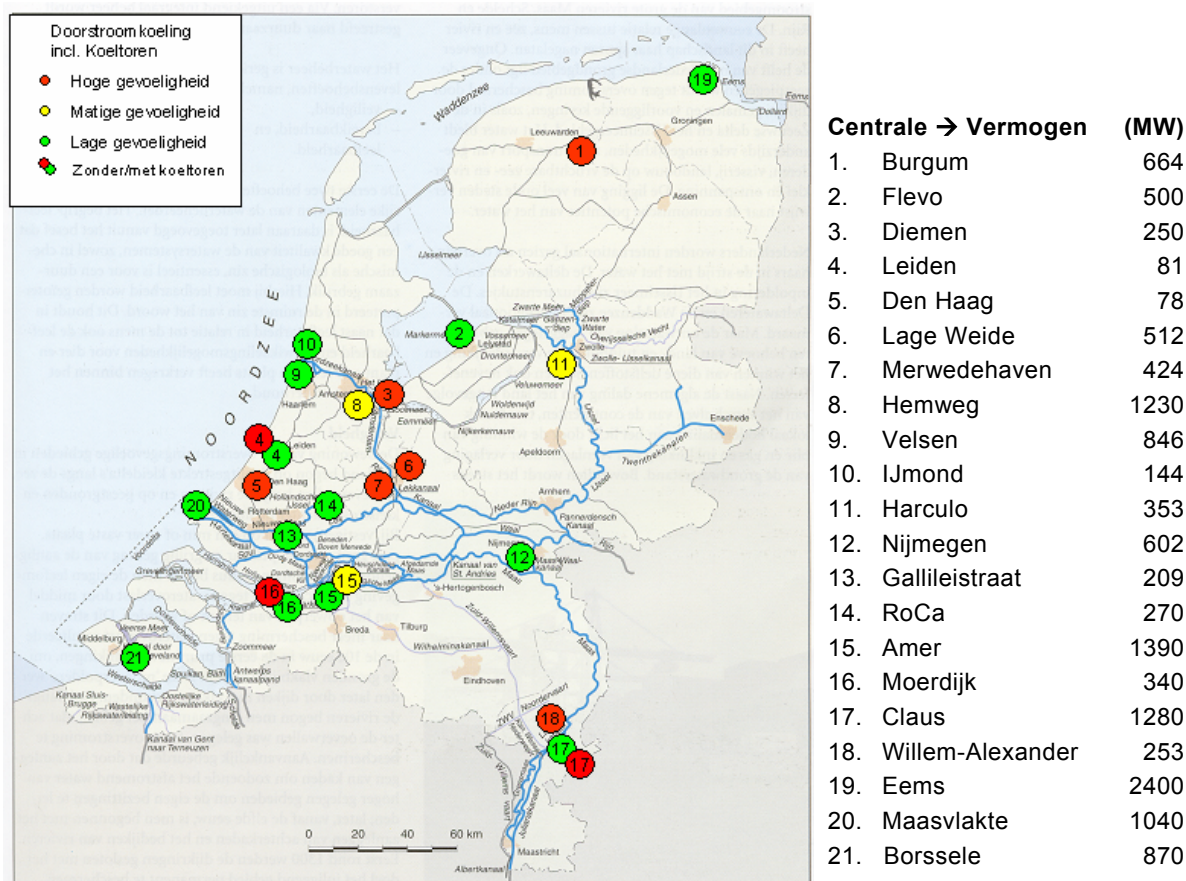
Scheepvaart

Bij lage afvoeren op de grote rivieren als gevolg van langdurige droge omstandigheden in de stroomgebieden van de Maas en de Rijn ondervindt de scheepvaart hinder van de beperkte diepte van de vaarwegen. Dit heeft tot gevolg dat schepen minder diep geladen kunnen worden. Aangezien het aanbod van vracht zich niets aantrekt van lage afvoeren is het gevolg dat voor eenzelfde hoeveelheid lading vaker gevaren moet worden. Dit leidt tot hogere vervoerskosten welke, al dan niet afgewenteld op opdrachtgevers en uiteindelijk burgers, leidt tot hogere maatschappelijke kosten.

Energievoorziening

Op een aantal locaties in Nederland zijn elektriciteitscentrales afhankelijk van koelwater uit oppervlaktewater. De locaties van het centralepark zijn aangegeven in Figuur 2-1.

In langdurige droge en warme omstandigheden, met een beperkt aanbod van water van relatief hoge temperatuur, ontstaat een tekort aan koelwater doordat het koelwater dat door de elektriciteitscentrales geloosd wordt gebonden is aan normen voor de maximale watertemperatuur. Deze normen zijn ingesteld om schade aan de in het water aanwezige organismen te voorkomen.



Figuur 2-1: Centralepark in Nederland.

Drinkwater

Op een aantal locaties wordt drinkwater gewonnen uit oppervlaktewater. Om tijden van watertekort als gevolg van lage rivierafvoeren of een slechte waterkwaliteit te kunnen overbruggen zijn drinkwaterbekkens aangelegd. Deze bekkens hebben een dusdanige omvang dat een tekort aan water voor drinkwaterbereiding zeer onwaarschijnlijk is. Wel kan het voorkomen dat bij een extreem grote drinkwatervraag lokaal de druk in het waterleidingnet afneemt, waardoor er minder water uit de kraan komt. Dat was bijvoorbeeld het geval aan de Friese IJsselmeerkust in de zomer van 2003. Het werd veroorzaakt door het grote aantal recreanten en het langdurig aanhouden van mooi weer. Ook kan externe verzilting (zie paragraaf 3.5) leiden tot problemen bij inlaat van rivierwater. In de regionale zoetwaterverkenning Midden West Nederland is geconstateerd dat de externe verzilting van het hoofdsysteem kan leiden tot problemen in de drinkwatersector in noodinlaatpunten en in het geval van oevergrondwaterwinningen in het westen van Nederland. Bij toenemende verzilting door klimaatverandering kunnen deze problemen versterken.

Veiligheid

Om de stabiliteit van kaden, en dan met name de veenkaden langs regionale watersystemen, zoveel mogelijk te waarborgen in tijden van droogte moet de waterstand in deze regionale watersystemen op peil worden gehouden. Wanneer peilhandhaving niet gerealiseerd kan worden ontstaat een tekort aan water dat zich manifesteert in een teruglopende stabiliteit van de waterkeringen en daarmee een verslechtering van de bescherming tegen overstroming. De kadebreuk bij Wilnis in 2003 heeft nog weer eens aangetoond dat veenkaden kwetsbaar zijn voor uitdroging.

Recreatie

Watertekorten in het oppervlaktewater kunnen leiden tot problemen met:

- de kwaliteit van het (zwem)water (functie zwemmen)
- de bevaarbaarheid, waterdiepte (functie pleziervaart)
- de kwaliteit van de visstand (functie recreatieve visserij)
- oponthoud bij bruggen en sluizen (functie pleziervaart)

Andersom geldt ook dat de recreatie ook gebaat is met het mooie weer dat heeft geleid tot een situatie met watertekorten.

Natuur

Voor de gevolgen van droogte, leidend tot watertekorten voor de natuur, wordt onderscheid gemaakt in:

- Aquatische natuur:

Rijkswateren. De gevolgen van droogte manifesteren zich met name in stagnante wateren (meren) in de vorm van zuurstofloosheid, een verhoogde kans op botulisme en bloei van blauwalgen en het potentiële gevaar van het vrijkomen van toxines. Dit is in de zomer van 2002 gebeurd in bijvoorbeeld het Volkerakmeer. Hoewel deze ecologische effecten nadelig zijn voor o.a. watervogels en vissen in het ecosysteem, wordt verwacht dat de vegetatie niet significant zal veranderen en is herstel van de oorspronkelijke situatie zeer aannemelijk. Voor de oevervegetatie kan een wisselend waterpeil zelfs een stimulans zijn voor uitbreiding. In de zoet-zout overgangen kan schade aan de natuur ontstaan wanneer als gevolg van lage rivierafvoeren de verzilting toeneemt.

Regionale wateren. De ecologie van de regionale wateren is kwetsbaar voor jaren met extreem droog weer. Denk aan droogvallen van beken, een verslechtering van de waterkwaliteit doordat de verdunning minder is, hogere watertemperaturen en hogere chlorideconcentraties in gebieden met zoute kwel.

- Terrestrische natuur:

De effecten van een extreme droogte op grondwaterafhankelijke ecosystemen zijn afhankelijk van het type ecosysteem. Kwelgevoede ecosystemen zijn tamelijk goed bestand tegen extreme droogte mits het systeem niet is aangetast door verdroging. Veel grondwaterafhankelijke ecosystemen zijn in Nederland echter aangetast door verdroging. Grondwaterafhankelijke ecosystemen die niet gevoed worden met kwel en/of oppervlaktewater kunnen in extreem droge jaren last hebben van uitdroging. Met name de natte, voedselarme, zeldzame vegetaties kunnen hierdoor verder verarmen. De kwetsbaarheid van deze systemen is ook vergroot door de versnippering van natuur in Nederland. De natte, voedselrijke vegetaties zijn tamelijk robuust voor extreme situaties. Hoewel niet apart gekwantificeerd zijn de consequenties van droogte voor droge ecosystemen vooral negatief. De droge ecosystemen zullen bij extreem droge jaren te maken krijgen met een toename in droogtestress en daarmee gepaard gaande risico's zoals brand. Brand is voor de fauna negatief, met name in geïsoleerde, versnipperde natuurgebieden.

Zoals uit deze beschrijving blijkt is een tekort aan water van de juiste kwaliteit vooral schadelijk voor de natuur doordat de mens de natuur kwetsbaar heeft gemaakt. In een natuurlijke situatie horen de gevolgen van extreme droogte bij het natuurlijk systeem en zullen deze gevolgen minder zijn dan in de huidige door de mens gecreëerde situatie.

Stedelijk gebied

In stedelijk gebied kan oppervlaktewater nodig zijn voor doorspoeling van de stadswateren om daarmee de waterkwaliteitsdoelstellingen te realiseren. Een tekort aan water leidt derhalve tot waterkwaliteitsproblemen, mogelijk stankoverlast en daarmee een verslechtering van de beleving van het water in de stad. Daarnaast is peilhandhaving in stedelijk gebied (grond- en oppervlaktewater) van belang ter voorkoming van onder meer aantastingen van funderingen (paalrot). De voor de stabiliteit van waterkeringen benodigde hoeveelheid water is meegenomen in de peilhandhaving binnen het onderdeel hydrologie (zie hoofdstuk 3).

Het menselijk perspectief

Situaties met watertekorten zoals hiervoor omschreven kunnen leiden tot maatschappelijke onrust. Voorbeelden daarvan zijn (dreigende) problemen met de elektriciteitsvoorziening, mislukte oogsten, bosbranden, etc. De maatschappelijke onrust wordt nog eens versterkt omdat perioden van watertekorten meestal in de zomerperiode ('komkommertijd') vallen. Zo vielen de watertekorten in 2003 eigenlijk wel mee (zo'n jaar komt eens in de 10 tot 20 jaar voor), maar was de media-aandacht enorm, met name als gevolg van de koelwaterproblematiek voor de elektriciteitscentrales.

2.3 De beschikbaarheid van water

Zoals beschreven in voorgaande paragrafen houdt een groot deel van de watertekortproblematiek samen met de beschikbaarheid van regenwater en rivierwater. In deze paragraaf worden hierover enkele kwantitatieve gegevens verstrekt.

2.3.1 Waterbalans van Nederland

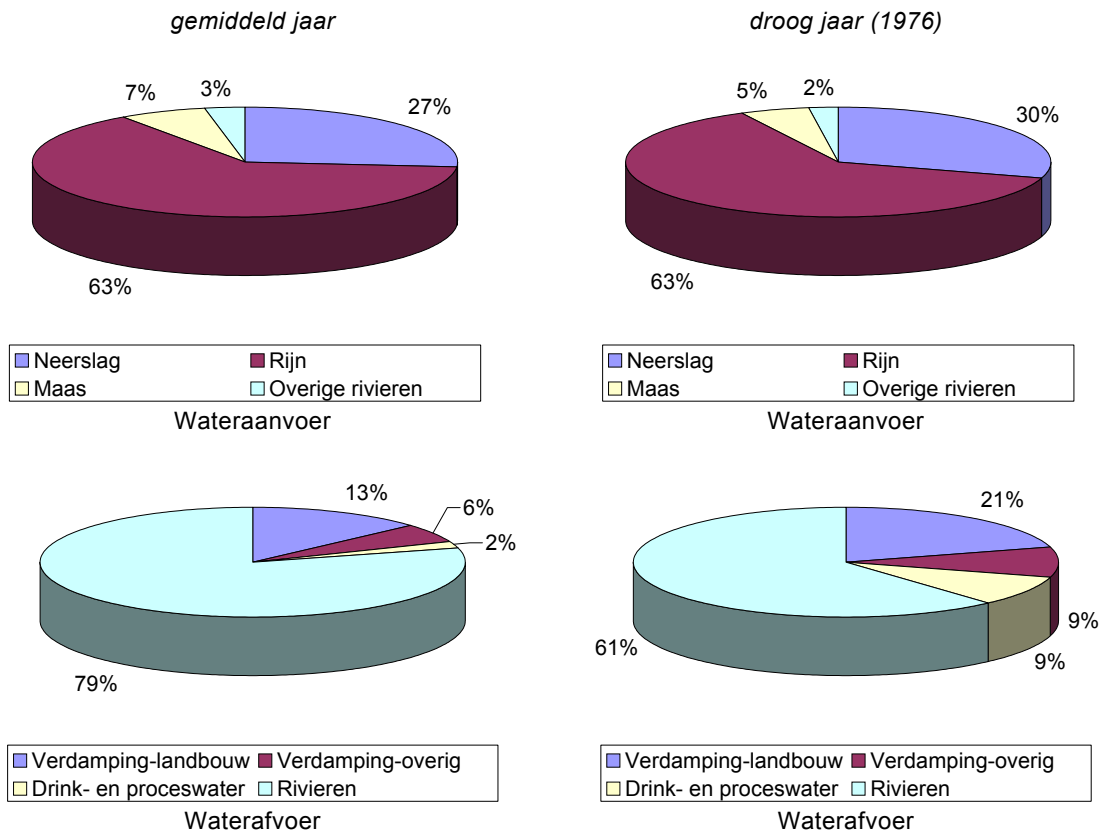
In Tabel 2-1 en Figuur 2-2 wordt de waterbalans voor een gemiddeld- en extreem droog jaar weergegeven. Voor het extreem droge jaar is gekozen voor het jaar 1976. Het jaar 2003 was ook een droog jaar, maar minder extreem.

	Gemiddeld jaar		Extreem droog jaar (1976)		Verschil (%, afgerond)
	mm	10 ⁶ m ³	mm	10 ⁶ m ³	
In					
Neerslag	795	29.200	535	19.700	-30
Rijn	1.915	70.400	1.130	41.500	-40
Maas	200	7.400	95	3.500	-50
Overige rivieren	90	3.300	40	1.500	-60
Totaal	3.000	110.300	1.800	66.200	-40
Uit					
Verdamping	565	20.700	528	19.400	-5
Rivieren	2.375	87.300	1.109	40.800	-50
Overig verbruik	60	2.300	163	6.000	+175
Totaal	3.000	110.300	1.800	66.200	-40

Tabel 2-1: Waterbalans van Nederland voor een gemiddeld jaar en het extreem droge jaar 1976 (NHV, 2004).

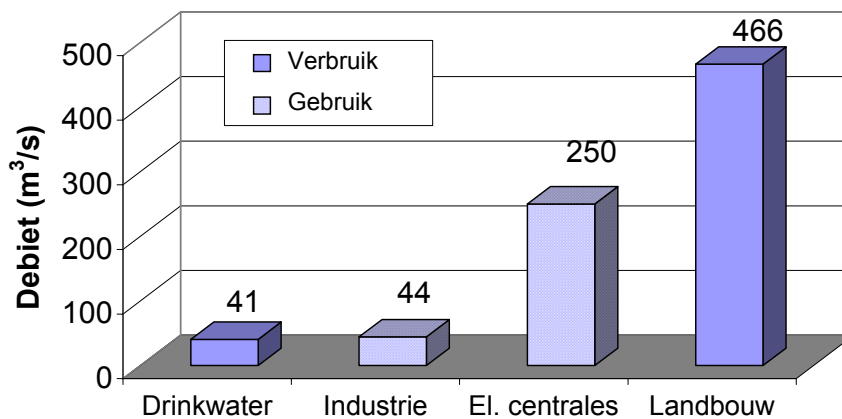
Uit de waterbalans blijkt het volgende:

- Het aanbod van water is in een gemiddeld jaar ongeveer 3.000 mm. In het droge jaar 1976 was dit 40% minder.
- Ongeveer 60% van het wateraanbod in Nederland is afkomstig van de Rijn, 30% van neerslag en 10% van de overige rivieren. Zonder de rivieraanvoer zou de waterbeschikbaarheid in Nederland dus slechts 30% bedragen van wat het nu is.
- Afhankelijk van of het een droog of gemiddeld jaar betreft, wordt respectievelijk 60 tot 80% van het totale aanbod van water door de rivieren afgevoerd naar zee. Ook in droge jaren stroomt dus meer dan de helft van het beschikbare water naar zee. Hoewel dit water niet is gebruikt voor bijvoorbeeld beregening in de landbouw, dient het wel andere functies, namelijk het voorkomen van zoutindringing vanuit zee, handhaven van de gewenste scheepvaartdiepte en gebruik als koelwater.
- De totale verdamping bedraagt in een gemiddeld jaar 20% en in een droog jaar 30% van de beschikbare hoeveelheid water. Het merendeel hiervan wordt verdampt door de landbouw (70% van het oppervlak van Nederland is in agrarisch gebruik). Door een tekort aan water is de absolute hoeveelheid verdamping in een droog jaar iets kleiner dan in een gemiddeld jaar.
- Het overige watergebruik (drinkwater, industrie) is in een droog jaar circa 3 maal zo hoog als in een gemiddeld jaar, maar bedraagt ook dan nog geen 10% van de totale waterbalans.



Figuur 2-2: Jaargemiddelde waterbalans van Nederland (NHV, 2004).

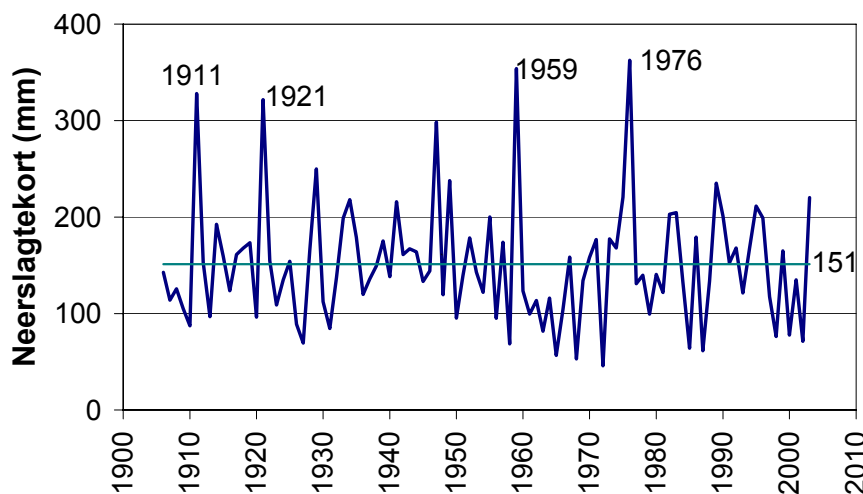
In Figuur 2-3 is het watergebruik en waterverbruik weergegeven voor een aantal sectoren. Ook hieruit blijkt dat de landbouw de grootste waterverbruiker is. Het aangegeven debiet is overigens inclusief de hoeveelheden benodigd voor doorspoeling om waterkwaliteitsredenen (verziltings- en eutrofiëringsbestrijding) en voor landbouw inclusief de neerslag die direct ten goede komt aan de landbouw. Tezamen met de drinkwateronttrekkingen bedraagt het totale jaargemiddelde debiet aan wateronttrekkingen aan de rivieren ongeveer 500 m³/s. Een deel van het onttrokken drinkwater komt via de RWZI's terug op het (regionale) watersysteem. Het totale benodigde debiet aan koelwater bedraagt circa 250 m³/s. Dit water blijft na voor koeling te zijn gebruikt beschikbaar voor het hoofdwatersysteem.



Figuur 2-3: Watergebruik en waterverbruik in Nederland (landbouw inclusief neerslag).

2.3.2 Neerslagtekort in de zomer

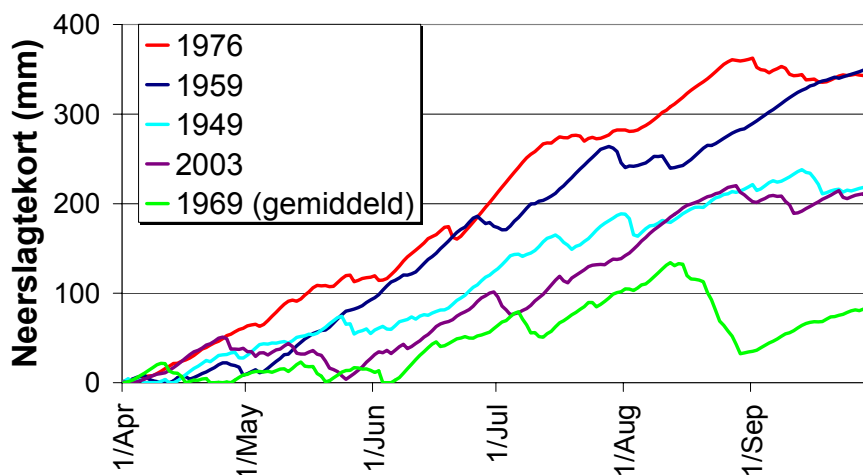
In Nederland bouwt zich in de zomer een neerslagtekort op, dat wil zeggen dat de verdamping hoger is dan de neerslag. Het neerslagtekort wordt door het KNMI gedefinieerd als het maximale cumulatieve verschil tussen neerslag en verdamping in de periode 1 april - 1 oktober. Deze definitie komt voort uit de definitie van het groeiseizoen. Het verloop van het neerslagtekort volgens deze definitie van jaar tot jaar is weergegeven in Figuur 2-4.



Figuur 2-4: Maximaal jaarlijks neerslagtekort.

Het gemiddelde neerslagtekort in de zomer bedraagt 151 mm. Uit de figuur blijkt dat de natuurlijke variatie rondom dit gemiddelde groot is. De jaren met de grootste neerslagtekorten (meer dan 300 mm) zijn 1911, 1921, 1959 en 1976. De zomer van 2003 kende een neerslagtekort van 220 mm, wat geen extreme waarde is want negen van de afgelopen honderd jaren waren droger dan 2003. Uit de figuur blijkt verder dat er geen trend in het jaarlijkse maximale neerslagtekort zichtbaar is.

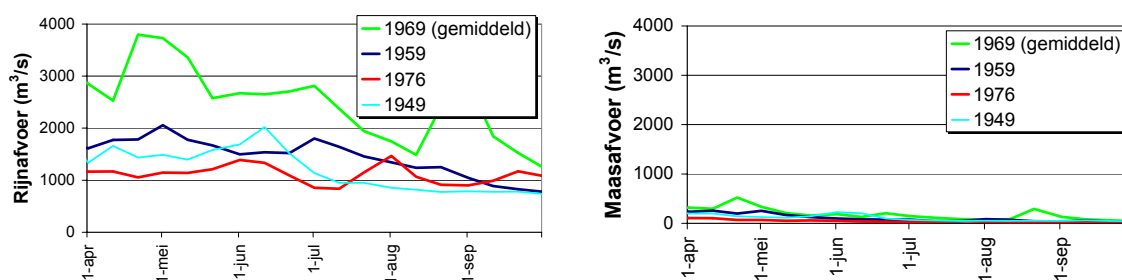
De opbouw van het neerslagtekort in de zomer is voor een aantal karakteristieke jaren weergegeven in Figuur 2-5. De jaren 1976 en 1959 kennen vrijwel hetzelfde maximale neerslagtekort, maar in 1976 wordt dit op 1 september bereikt en in 1959 pas in oktober. Het gemiddelde jaar 1969 bereikt halverwege augustus het maximale neerslagtekort. Het jaar 1949 is in deze figuur opgenomen vanwege de extreem lage rivierafvoer (zie de volgende paragraaf). Het neerslagtekort in 1949 is ook hoger dan gemiddeld, maar niet extreem hoog, namelijk van dezelfde orde grootte als het jaar 2003. De figuur maakt ook duidelijk dat de mate waarin de zomer van 2003 als extreem droog moet worden gezien afhangt van de tijdschaal waarop wordt dit beoordeeld. Als het verloop van het neerslagtekort van de zomer van 2003 wordt vergeleken met het verloop in 1976, dan blijkt dat 2003 vanaf eind mei tot en met augustus vrijwel even droog is geweest als het jaar 1976. Zo bezien kan de zomer van 2003 wel degelijk als extreem droog worden aangemerkt, dat wil zeggen extremer dan op basis van de statistiek van het neerslagtekort in de periode van april t/m september wordt gesuggereerd.



Figuur 2-5: Verloop van het neerslagtekort in de zomer.

2.3.3 Rivieraanvoer in de zomer

De aanvoeren van de Maas en de Rijn zijn voor dezelfde karakteristieke jaren als in de voorgaande subparagraaf weergegeven in Figuur 2-6. Hieruit blijkt dat in droge jaren de Rijnafvoer ongeveer de helft is van de afvoer in gemiddelde jaren en dat de aanvoer van de Maas veel kleiner is dan van de Rijn.



Figuur 2-6: Rivieraanvoer in droge jaren.

2.3.4 Kans van voorkomen van droogte

Neerslagtekort

De kans van voorkomen van de in voorgaande paragrafen aangehaalde karakteristieke droge jaren zijn weergegeven in onderstaande tabel, voor zowel de door het KNMI onderscheiden regio's als het landelijke gemiddelde (KNMI/RIZA, 2004).

Zomerseizoen	Noordwest NL	Noordoost NL	Middenwest NL	Oost NL	Zeeland	Maasgebied	NL
1949	10	9	19	6	8	12	12
1959	76	78	56	122	57	90	70
1976	85	61	90	45	188	94	90

Tabel 2-2: Herhalingstijden (jaren) van onderscheiden karakteristieke droge jaren op basis van het neerslagtekort (KNMI/RIZA, 2004).

Uit de tabel blijkt dat de ernst van een neerslagtekort in een zeker jaar een grote regionale variatie kan vertonen. In met name het jaar 1976 was het in Zeeland en het jaar 1959 in Oost Nederland extreem droog. Gemiddeld over heel Nederland was 1976 het meest extreem droge jaar waargenomen tot op heden. Het neerslagtekort in dit jaar wordt ongeveer één keer in de 90 jaar overschreden. Niet weergegeven in de tabel is het jaar 2003, het neerslagtekort van het zomerhalfjaar van dat jaar komt gemiddeld 1:10 jaar voor. Hierbij past de nuancering gemaakt in paragraaf 2.3.2, namelijk dat de zomer van 2003 als extremer zou worden beoordeeld wanneer de statistiek van het neerslagtekort zou worden geanalyseerd voor de periode eind mei tot en met augustus in plaats van de periode gelijk aan het groeiseizoen, wat met name voor de landbouw en de natuur van toepassing is.

Neerslagtekort in combinatie met rivieraanvoer

De gecombineerde kansverdeling van neerslagtekort en rivieraanvoer leidt tot de volgende statistiek van droge jaren:

Schadejaar	NL
1949	17
1959	55
1976	110

Tabel 2-3: Herhalingstijden (jaren) van onderscheiden karakteristieke droge jaren op basis van gecombineerde statistiek van het neerslagtekort en de rivieraanvoer (KNMI/RIZA, 2004).

Niet weergegeven in de tabel is het jaar 2003, dit kent een kans van voorkomen van gemiddeld 1:12 jaar.

Kort samengevat mogen we er van uitgaan dat een extreem droog zomerseizoen zoals dat zich in 1976 voordeed gemiddeld 1:100 jaar voorkomt. Een zomer zoals die van 2003 komt gemiddeld 1:10 tot 1:20 jaar voor. Deze statistiek is geldig voor het groeiseizoen (april t/m september) en kan voor andere tijdschalen tot andere conclusies leiden.

2.3.5 Toekomstscenario's

Voorspellingen voor de toekomst zijn per definitie onzeker. Voorspellingen van veranderingen in bijvoorbeeld het klimaat, het landgebruik, de scheepvaart, het koelwatergebruik en de prijzen hebben allemaal een zekere bandbreedte. Om niet te veel vrijheidsgraden te onderzoeken wordt vaak gewerkt met scenario's volgens een bepaald wereldbeeld. Afhankelijk van hun wereldbeeld hebben verschillende type mensen een verschillende verwachting van klimaatveranderingen en maatschappelijke ontwikkelingen en proberen zij de toekomst vanuit dat wereldbeeld vorm te geven. In de droogtestudie wordt gebruik gemaakt van drie scenario's zijnde "de controlist", "de marktoptimist" en "de milieudenker" (ICIS,2002). In de rapportage van fase 1 zijn deze drie scenario's toegelicht. Een overzicht van de belangrijkste eigenschappen van de scenario's zijn weergegeven in onderstaande tabel. De schattingen van de verschillende parameters in de scenario's zijn gebaseerd op voorspellingen van International Panel for Climate Change (IPCC), het KNMI (KNMI/RIZA, 2004), Centraal Planbureau, RIVM, Nationale Energieverkenningen en NEA transportonderzoek (NEA, 1997). Het gewijzigde landgebruik is gebaseerd op voorspelling van de VU (VU, 2002). Ook is een droog scenario van het KNMI gehanteerd, met sterkere afname van de zomerse neerslag. Dit droge scenario is gebaseerd op recente simulaties met regionale klimaatmodellen. In dit scenario is naast een toename van de mondiale temperatuur ook rekening gehouden met (een mogelijke) wijziging van grootschalige circulatiepatronen (KNMI/RIZA, 2004).

Visie van / op:	2050-controlist	2050-milieudenker	2050-marktoptimist	2050 droog
Klimaat	IPCC centrale schatting	IPCC bovenschatting	IPCC benedenschatting	KNMI Regionaal model
Temperatuur*	+1°C	+2°C	+0,5°C	+2,3°C
Neerslag (jaargemiddeld)* winter (DJF) zomer (JJA)	jaar: +3% winter: +6% zomer: +1,4%	jaar: +6% winter: +12% zomer: +2,8%	jaar: +1,5% winter: +3% zomer: +0,7%	Jaar: -4% Winter: +13% zomer: -20%
Verdamping (jaar)*	+4%	+8%	+2%	+18%
Zeespiegel	+25 cm	+45 cm	+10 cm	+45 cm
Rivierafvoer zomer (JJA)*	-5%	-11%	-3%	-27%
Overig				
Bevolking	16,4 miljoen	14,6 miljoen	18,9 miljoen	16,4 miljoen
Areaal landbouwgebied	-17%	-29%	-26%	-17%
Areaal natuur	+50%	+100%	+90%	+50%
Areaal stedelijk gebied	+30%	+31%	+38%	+30%
Areaal water	+4%	+30%	+30%	+4%

* voor details over variatie gedurende het seizoen wordt verwezen naar KNMI/RIZA, 2004

Tabel 2-4: Toekomstscenario's.

De klimaatscenario's leiden tot een verhoging van het maximale neerslagtekort. Dit is voor een aantal karakteristieke jaren weergegeven in Tabel 2-5. Hieruit blijkt dat de maximale jaarlijkse neerslagtekorten zullen toenemen met gemiddeld 6% (2050, controlist), 13% (2050, milieudenker) en 75% (2050, droog scenario).

Jaar	Huidig (mm)	2050 controlist (T +1°C) (mm)	toename tov huidig (%)	2050 milieudenker T +2°C (mm)	toename tovhuidig (%)	2050 Droog T+2.3°C (mm)	toename tov huidig (%)
1967	151	161	7	172	14	268	78
1996	199	210	5	220	10	292	47
1949	227	239	6	252	11	355	57
1959	352	368	5	383	9	487	38
1976	361	377	4	392	9	479	33
langjarig	144	152	6	162	13	251	75

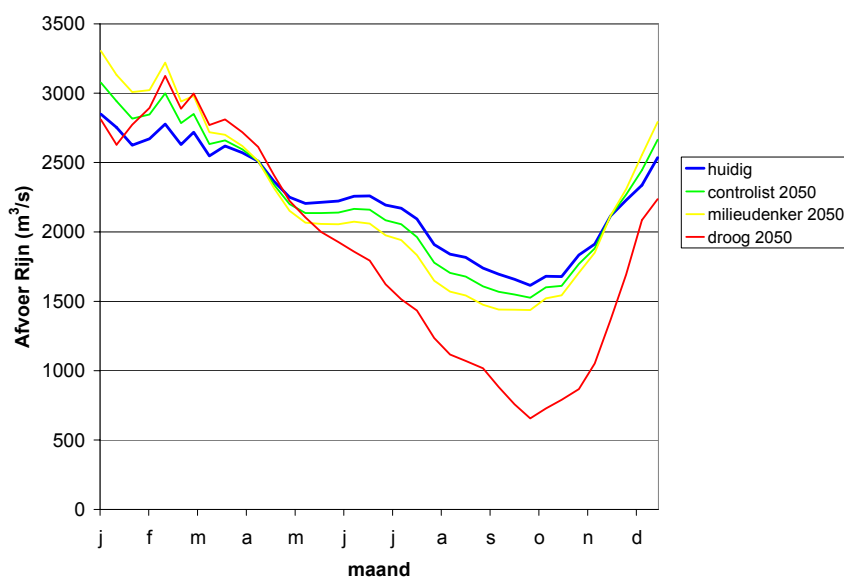
Tabel 2-5: Neerslagtekort (mm) in de huidige situatie en voor verschillende klimaatscenario's voor 2050, op basis van KNMI/RIZA (2004).

De toename van de neerslagtekorten ten gevolge van klimaatverandering kan ook worden vertaald in een afname van de herhalingstijden ten opzichte van de huidige situatie. In dat geval moet hetzelfde niveau van neerslagtekorten worden beschouwd in de huidige en toekomstige situatie. In aanvulling op de publicatie van KNMI/RIZA (2004) is een extra tabel geleverd om dit inzichtelijk te maken (tabel 2-6, KNMI,2005). Uit de tabel is af te lezen dat een neerslagtekort van 361 mm, dat in de huidige situatie eens in de 90 jaar voorkomt (of preciezer: eens in de 90 jaren wordt overschreden) en is opgetreden in het jaar 1976, in de situatie van 2050 ongeveer eens in de 45 a 60 jaar is te verwachten. Volgens het droge scenario zal een dergelijk tekort zelfs één keer in de 14 jaar worden overschreden. Voor een neerslagtekort zoals in 2003 is opgetreden zal de herhalingstijd toenemen van circa 10 naar 6 a 8 jaar; volgens het droge scenario is een dergelijk of wat groter tekort zelfs in de gemiddelde situatie te verwachten.

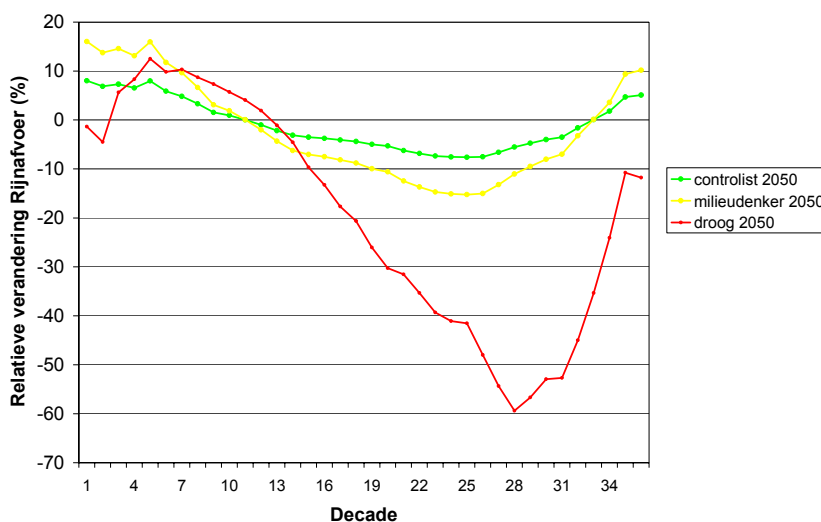
Jaar	Neerslagtekort (mm)	Herhalingstijd voor overschrijding van het tekort			
		Huidige situatie	2050 controlist (T +1°C)	2050 milieudenker (T +2°C)	2050 droog (T+2.3°C)
1967	151	2.5	2.2	1.9	1.1
1996	199	6.7	5.3	4.2	1.3
2003	217	10	7.7	6.1	1.5
1949	227	12	9.3	7.4	1.6
1959	352	71	50	38	12
1976	361	90	61	45	14

Tabel 2-6: Herhalingstijden voor neerslagtekorten in de huidige situatie en in de toekomstige situatie 2050, als hetzelfde niveau van neerslagtekort wordt beschouwd (KNMI, 2005).

De effecten van wijziging van de rivieraanvoer in de verschillende klimaatscenario's zijn weergegeven voor de Rijn, zijnde de belangrijkste wateraanvoerende rivier. In figuur 2-7 is de langjarige gemiddelde afvoer van de Rijn weergegeven voor de huidige en toekomstige situatie; in figuur 2-8 zijn de relatieve verandering van de klimaatscenario's weergegeven. In de figuur is



Figuur 2-7: Langjarig gemiddelde afvoer van de Rijn in de huidige situatie en de toekomstige situatie bij verschillende klimaatscenario's voor het jaar 2050.



Figuur 2-8: Relatieve verandering van de Rijnafvoer volgens verschillende klimaatscenario's voor het jaar 2050 (KNMI/RIZA, 2004).

te zien dat de aanvoer van water door de Rijn gemiddeld in de zomermaanden met 5 a 15 procent afneemt. In het droge scenario is de afname aanzienlijk groter; rond het begin van oktober wordt zelfs een afname van bijna 60% bereikt.

2.4 Infrastructuur wateraanvoer

Uit voorgaande paragrafen blijkt dat zich in Nederland ieder jaar een neerslagtekort in het zomerseizoen voordoet. Tegelijkertijd is er sprake van aanvoer van water via de grote rivieren waarmee (een deel van) het neerslagtekort kan worden aangevuld. In deze paragraaf wordt de infrastructuur van de wateraanvoer in Nederland geschetst. Eerst zal de wateraanvoer in het

algemeen worden besproken. Daarna zullen de belangrijkste waterlopen waarmee water in tijden van droogte kan worden aangevoerd worden geïnventariseerd.

2.4.1 Wateraanvoerketen

De aanvoer van water begint grofweg bij de grensoverschrijdende aanvoer door de grote rivieren. Het water uit de grote rivieren wordt verdeeld via de rijkswateren of grotere regionale wateren zoals kanalenstelsels en boezemsystemen. Dit water wordt weer verdeeld over de overige regionale en lokale wateren. De rijkswateren, regionale wateren, lokale wateren en kunstwerken om het water te verdelen zijn in beheer bij de waterbeheerder (Rijkswaterstaat/ Waterschappen). Middels infiltratie en beregening komt het water in het oppervlaktewater beschikbaar in de bodem voor de gewassen in de landbouw en de natuur. In fase 1 van de Droogtestudie is al geconcludeerd dat het in veel gebieden moeilijk is om in droge tijden door middel van infiltratie extra oppervlaktewater bij de wortels van de plant te krijgen.

In Figuur 2-9 is de bovenbeschreven 'wateraanvoerketen' samengevat, met daarin aangegeven voor welke sectoren met name sprake kan zijn van een watertekort.



Figuur 2-9: De wateraanvoerketen.

2.4.2 Infrastructuur

De belangrijkste waterlopen waarmee water in tijden van droogte kan worden aangevoerd en verdeeld zijn weergegeven in Figuur 2-10.

Kranen Waterverdeling Nederland

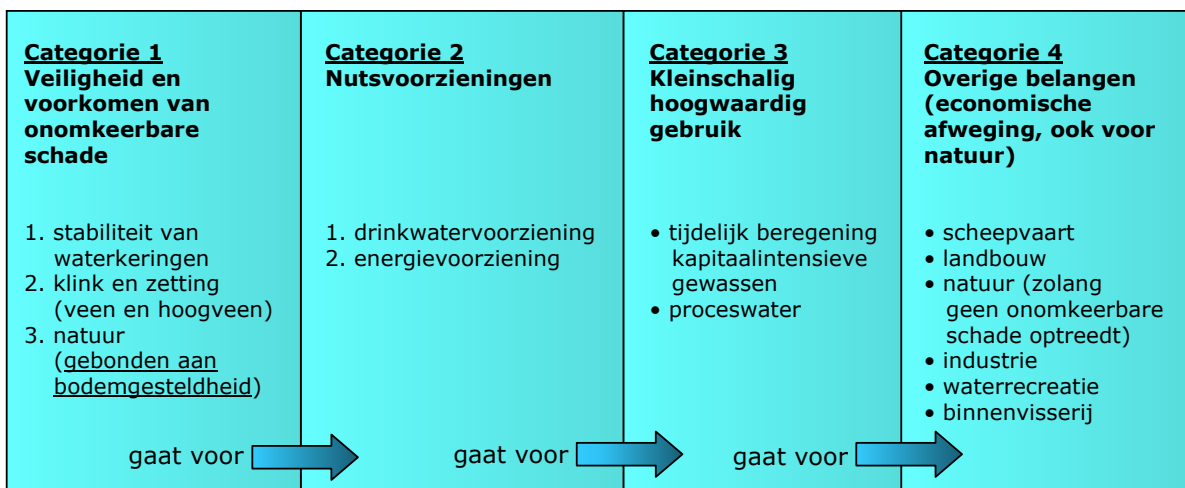


Figuur 2-10: De kranen voor waterverdeling in Nederland.

Met name in de hogere gebieden zoals de Veluwe, Oost-Nederland, Zuid Limburg en delen van Brabant en Zeeland is de infrastructuur om water aan te voeren afwezig of beperkt. Dit wordt verder besproken in paragraaf 2.6. De waterverdeling over de Rijntakken wordt geregeld met de stuw te Driel (zie ook paragraaf 2.5 waarin de waterverdeling in operationele omstandigheden wordt besproken). In Friesland wordt water ingelaten uit het IJsselmeer en deels doorgevoerd naar Groningen via Gaarkeuken. Uit het IJsselmeer kan verder water worden opgepompt naar Drenthe en Groningen via het Zwarte Water, Meppelderiep en de Drentse kanalen. Ook in Noord-Holland en de Noordoost- en Flevopolders wordt water ingelaten vanuit het IJsselmeer. Het westen van Nederland en Zuid-Holland worden van water voorzien via de grote rivieren. Hetzelfde geldt voor Brabant middels de Zuid-Willemsvaart, welke water onttrekt aan de Maas. In Overijssel wordt in tijden van droogte water onttrokken aan de Vecht en indien nodig aan de IJssel via de Twentekanal en het Overijssels kanaal.

2.5 Operationele verdeling van water in droge perioden

De operationele verdeling van water is vastgelegd in de zogenaamde verdringingsreeks, die in 2004 is geactualiseerd naar aanleiding van de droge en warme zomer van 2003. In de verdringingsreeks is het officiële nationale beleid vastgelegd. Naast de nationale verdringingsreeks worden door de regionale waterbeheerders regionaal geoptimaliseerde verdringingsreeksen opgesteld.



Figuur 2-11: De verdringingsreeks voor verdeling van water van de Rijn.

Hoogste prioriteit heeft peilhandhaving in het lage deel van Nederland om klink op termijn te voorkomen en de stabiliteit van waterkeringen te waarborgen. Gezien het grote belang van de veiligheid is het soms nodig om water van een ongewenste kwaliteit in te laten. Ook de natuur waarvoor onomkeerbare schade dreigt als gevolg van watertekort kent de hoogste prioriteit volgens de verdringingsreeks.

Een ongestoorde drinkwatervoorziening is van groot belang voor de volksgezondheid. Daarom worden deze onttrekkingen zoveel mogelijk ontzien, waarbij de drinkwatersector wel alle beschikbare middelen, zoals spaarbekkens, volledig inzet en een zuinig watergebruik stimuleert. Een zelfde prioriteit geldt voor de beschikbaarheid van koelwater voor de elektriciteitscentrales, met de kanttekening dat de sector gehouden is aan het treffen van maatregelen waar nodig om te voldoen aan de normen voor de maximale temperatuur van het koelwater, nu en in de toekomst.

De overige functies in de verdringingsreeks spreken voor zich, waarbij aangetekend wordt dat in afwijking van de prioriteiten 1 en 2 binnen prioriteit 3 en 4 een verder prioritering van toepassing is op basis van een economische afweging.

Om alle belangen in geval van waterschaarste zo goed mogelijk te kunnen bedienen, wordt de afstroming van water zoveel mogelijk tegen gegaan. Stuwen en uitwateringssluizen staan dan zoveel mogelijk dicht. Er wordt alleen met volle kolken geschut. De doorspoeling ten behoeve van de verziltingsbestrijding zal allereerst worden beperkt, mede omdat de zoutbelasting door polderwater ten gevolge van geringere kwel zal afnemen. Bij de Krammersluizen wordt zoet water teruggewonnen. Er wordt toegezien op de naleving van waterakkoorden. Het spreekt vanzelf dat in droge perioden van iedere gebruiker wordt verwacht dat hij zo efficiënt mogelijk met water omgaat.

De Landelijke Coördinatiecommissie voor de Waterverdeling (LCW) wordt volgens de 'Richtlijnen voor de landelijke waterverdeling bij lage rivieraanvoeren' van Rijkswaterstaat in ieder geval ingeschakeld bij een laagwatersituatie op de Rijn of Maas en warm-wateroverlast op de Rijn. Het betreft de volgende situaties:

- Een laagwatersituatie kan niet eenduidig worden gerelateerd aan een vaste kwantiteit. Zowel de watervraag als het wateraanbod zullen in de tijd variëren. Om die reden is een tijdafhankelijke ondergrens aangenomen voor de afvoer van de Rijn. De LCW wordt bijeen geroepen als een van de volgende tijdafhankelijke afvoergrootheden te Lobith wordt onderschreden en de verwachting bestaat dat deze situatie langer dan drie dagen zal aanhouden:
 - 1400 m³/s in de maand mei;
 - 1300 m³/s in de maand juni;
 - 1200 m³/s in de maand juli;
 - 1100 m³/s in de maand augustus;
 - 1000 m³/s in de maanden september en oktober.
- Als de afvoer van de Maas, gemeten te Eysden, lager is dan 25 m³/s komt de LCW op verzoek van de Hoofdingenieur-Directeur van de Rijkswaterstaat in de directie Limburg bijeen in beperkte samenstelling.
- Naast bovengenoemde laagwatersituaties komt de LCW bijeen als de gemeten watertemperatuur te Lobith een temperatuur van 23°C overschrijdt.

2.6 Watertekorten naar regio

Nederland kent niet één kenmerkend watertekortprobleem. Afhankelijk van gebiedseigenschappen, zoals hoogteligging, grondwaterregime, bodemsoort, bodemgebruik en de aanwezigheid van infrastructuur waarmee water kan worden aangevoerd enerzijds, en de aanwezigheid van watervragende sectoren anderzijds, verschilt de aard, ernst en omvang van watertekorten per regio.

Op basis van interviews met alle regionale waterbeheerders in Nederland (overwegend de waterschappen en hier en daar ook Regionale Diensten van Rijkswaterstaat en provincies) zijn voor de deelstroomgebieden volgens de Kaderrichtlijn Water de karakteristieke watertekortproblemen geïdentificeerd. Dit is weergegeven in Figuur 2-12 en Tabel 2-7. Hierin wordt enkel de aard van het watertekortprobleem beschreven. De kwantificering van de ernst en omvang en de daaruit voortvloeiende watertekortopgave volgt verderop in dit rapport.



Figuur 2-12: De deelstroomgebieden uit de Kaderrichtlijn Water.

Regio	Kenmerkend watertekortprobleem
Rijn-Noord	Verziltting langs de Waddenkust.
Eems	Watertekorten door afwezigheid van wateraanvoerende infrastructuur.
Rijn-Oost	Verdroging op vrij afwaterende hogere zandgronden.
Rijn-Midden	Aanwezigheid van hellende gebieden waar wateraanvoer onmogelijk is Verdroging op vrij afwaterende hogere zandgronden.
Rijn-West	Koelwatertekort op het ARK/NZK. Verziltting. Verdroging op vrij afwaterende hogere zandgronden.
Schelde	Verziltting. Zeer beperkte mogelijkheid van aanvoer van zoet water.
Maas	Aanwezigheid van hellende gebieden waar wateraanvoer onmogelijk is. Beperkte grensoverschrijdende aanvoer vanuit Duitsland en België. Verdroging op vrij afwaterende hogere zandgronden.

Tabel 2-7: Droogteproblemen naar de KRW deelstroomgebieden.

Rijn-Noord

In Friesland wordt voor peilhandhaving water ingelaten vanuit het IJsselmeer en bij Gaarkeuken doorgevoerd naar Groningen. Peilhandhaving heeft prioriteit boven het doorspoelen van de watergangen ten behoeve van de verziltingsbestrijding. Het doorspoelen vindt vooral plaats op het niveau van de hoofdwatergangen.

Eems

Niet alle gebieden in dit deelstroomgebied kunnen door de waterschappen van water worden voorzien. Deze gebieden zijn voor water afhankelijk van neerslag en kwel en zullen bij de afwezigheid hiervan verdrogen. Waar geen water ingelaten kan worden, wordt geprobeerd het water zo lang mogelijk in het gebied vast te houden.

Rijn-Oost

- In droge perioden wordt water ingelaten vanuit de IJssel (via de Twentekanalen en het Overijssels kanaal) en de Vecht. In geval van extreme droogte zakt de waterstand van de Vecht, er kan dan geen water meer uit worden ingelaten. In het waterakkoord is vastgelegd dat dan water vanuit de Twentekanalen via het Overijssels Kanaal wordt doorgevoerd naar Groot Salland. Deze doorvoer vindt doorgaans plaats met een capaciteit van 1 tot 3 m³/s.
- In het gebied is sprake van verdroging. In Salland is deze verdroging het gevolg van verouderde ontwerpnormen van de watergangen. In de toekomst zal de waterinlaat in het gebied verminderd worden. Het is de bedoeling dat tijdens normale perioden meer water in het gebied wordt vastgehouden, zodat dat gebruikt kan worden in droge perioden.

Rijn-Midden en -West

In droge perioden ontstaan in delen van deze deelstroomgebieden problemen in hellende gebieden waar geen water kan worden aangevoerd en sprake is van wegzijging. Het betreft de Veluwe en de hoger gelegen oeverwallen in de Betuwe. Voor wateraanvoer zijn de gebieden afhankelijk van neerslag en eventuele kwel. In extreem droge perioden wordt een beregeningsverbod ingesteld.

Rijn-West

- In het deel ten noorden van het Noordzeekanaal zijn nauwelijks problemen in droge perioden. Er is voldoende kwalitatief goed water beschikbaar uit het IJsselmeer. Incidenteel, tijdens perioden van zeer intensieve beregening, ontstaat een watertekort door te kleine inlaatcapaciteiten. Slechts zeer zelden is de chlorideconcentratie van het water in de Amstelmeerboezem een probleem. Bij problemen wordt het inlaten vanuit die boezem stopgezet.
- Op het Amsterdam-Rijnkanaal en Noordzeekanaal is frequent sprake van een koelwatertekort voor de elektriciteitscentrales.
- Rijn-West wordt met name gekenmerkt door een verziltingsprobleem. In situaties met een lage afvoer op de Rijn ontstaat een zouttong in de Hollandsche IJssel. Door de hoge chlorideconcentratie (>250 mg/l) wordt dan geen water meer ingelaten vanuit de Hollandsche IJssel. In plaats daarvan wordt water ingelaten vanuit de Lek en het Amsterdam Rijnkanaal. Afspraken hierover zijn in het verleden opgenomen in de beheersovereenkomst Kleinschalige Wateraanvoervoorzieningen Midden-Holland (KWA) en nu vastgelegd in het waterakkoord van de regio. Het ingelaten water vanuit de Hollandsche IJssel wordt zowel voor peilhandhaving als voor doorspoeling ten behoeve van de verziltingsbestrijding gebruikt. Peilhandhaving heeft hierin prioriteit. Verzilting is vooral een probleem voor de tuinbouw, de boomteelt en de bloembollenteelt.

Schelde en westelijk deel Maasstroomgebied

De chlorideconcentraties van wateren in het deelstroomgebied van de Schelde en het westelijk deel van het deelstroomgebied van de Maas kan tot problemen leiden. Door middel van doorspoeling wordt de verzilting tegen gegaan. Vooral rond Goeree-Overflakkee is de schommeling van de chlorideconcentratie groot. In het noorden van Goeree-Overflakkee wordt gezocht naar locaties om zoet water op te slaan. Deze voorraden kunnen gebruikt worden bij een te hoge zoutconcentratie in het gebied. Op de Zeeuwse Eilanden kan nauwelijks water ingelaten worden doordat het buitenwater zout of brak is. In droge perioden kunnen hierdoor problemen ontstaan. De kwel in het gebied is ook zout. Deze kwelgebieden zijn in de meeste gevallen aangewezen als natuurgebied.

Maas

- Het gebied oostelijk van de Maas in Limburg ontvangt water vanuit Duitsland. Hierover zijn duidelijke afspraken en in droge perioden zijn er dan ook nauwelijks problemen. Een deel van het in te laten water is afkomstig uit België. Over de hoeveelheid beschikbaar water zijn geen duidelijke afspraken gemaakt. In droge perioden kan er dan ook niet op Belgisch water worden gerekend. Door de Duitse inlaat ontstaan hier in het algemeen toch geen problemen.
- Het deel westelijk van de Maas kent wel droogteproblemen. Dit is het gevolg van een te geringe aanvoer van water. In extreem droge perioden wordt een beregeningsverbod ingesteld.
- Het zuidelijk deel van het Maasstroomgebied wordt gekenmerkt door een grote afhankelijkheid van wateraanvoer uit België. Dit leidt tot problemen, omdat België geen aanvoerverplichting heeft. Wel is er het Maasafvoeroverdrag, waarin is vastgelegd hoe het beschikbare Maaswater verdeeld wordt tussen Nederland en België. Verder kan er door de waterschappen geen water gebracht worden naar de zuidelijke delen van deze gebieden, deze zijn namelijk hellend. In droge perioden ontstaan hier dan ook problemen als gevolg van watertekort.

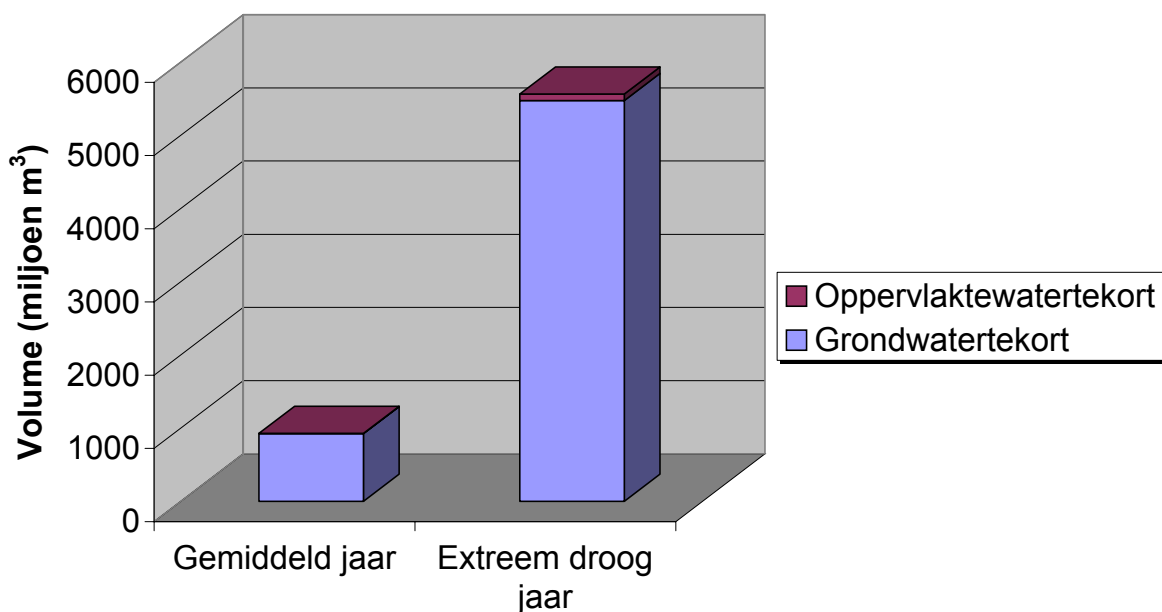
2.7 Omvang van de watertekorten

In hoofdstuk 3 wordt de omvang van de watertekorten in Nederland in detail geanalyseerd. Het watertekort wordt daarbij op twee manieren gedefinieerd:

1. Tekort aan oppervlaktewater (wateraanvoertekort) voor:
 - peilbeheer,
 - beregening,
 - doorspoeling en
 - drinkwater.
2. Tekort aan grondwater (bodemvocht)

Voor de uitleg van de gehanteerde begrippen en definities wordt verwezen naar paragraaf 3.1.

De tekorten volgens deze definities worden voor een gemiddeld jaar en een extreem droog jaar zoals dat van 1976 weergegeven in de volgende figuur.



Figuur 2-13: Watertekorten in Nederland.

Hieruit blijkt dat in een gemiddeld jaar het totale oppervlaktewatertekort 5 miljoen m³ bedraagt. Dit komt overeen met een 0,16 mm water over heel Nederland. In een extreem droog jaar is het oppervlaktewatertekort ongeveer 90 miljoen m³, wat overeenkomt met een laag water van 2,7 mm over heel Nederland. Het grondwatertekort is vele malen hoger, dit loopt op tot een volume van 5,5 miljard m³ in een extreem droog jaar. Ter illustratie: deze hoeveelheid komt overeen met een waterschijf van 4,5 meter op het IJsselmeer en een gemiddelde afvoer in een half jaar van 350 m³/s.

2.8 Bronnen

Droogtestudie Nederland (2005). Watertekortopgave. R. Versteeg, D. Klopstra en T. Kroon.

ICIS (2002). Memo droogtestscenario's vertaald in modelinput. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat/RIZA.

KNMI/RIZA (2004). Droog, droger, droogst, KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. J.J. Beersma, T. A. Buishand, H. Buiteveld

KNMI (2005), J.J. Beersma, persoonlijke communicatie

NEA (1997). Tabellenboek Zandmaas-Maasroute (970121\12629).

NHV (2004). Water in the Netherlands.

VU (2002), E. Koomen en J. Dekkers. Landgebruiksimulatie voor Droogtestudie.

3 Hydrologie

3.1 Inleiding

Een onderdeel van de probleemverkenning is het bepalen van het watertekort in Nederland. Aan de basis van het watertekort liggen de watervraag en het wateraanbod. De vraag waaraan niet kan worden voldaan is hier gedefinieerd als watertekort. Het watertekort zal op regionale schaal worden gepresenteerd, en wel op districtsniveau. Dit is het niveau waarop het water binnen Nederland in grote lijnen gedistribueerd wordt. Eerst zal een landelijk beeld van het watertekort worden geschetst, later worden enkele districten besproken. De berekeningen van watertekorten zijn gebaseerd op uitkomsten van het hydrologische modelinstrumentarium (zie paragraaf 1.2). Voor deze fase geldt dat het modelinstrumentarium op landelijk niveau is gekalibreerd. Op een kleiner detailniveau (kleiner dan districtsniveau) is het model niet gekalibreerd en kan daardoor tekortkomingen vertonen.

De definitie van watertekort is niet eenduidig. In het navolgende wordt het tekort op twee manieren gedefinieerd:

1. Tekort aan oppervlaktewater (wateraanvoertekort)

Een district genereert in droge tijden een oppervlaktewaterbehoefte. Hierbij zijn de gebruikers van oppervlaktewater onder te verdelen in:

- peilbeheer,
- beregening,
- doorspoeling en
- drinkwater.

Watervraag voor peilbeheer ontstaat door een verdampingoverschot in het oppervlaktewater en/of infiltratie richting het grondwater. Het tekort is de hoeveelheid water die de gebruikers van het oppervlaktewater extra nodig hebben boven de toegeleverde hoeveelheid om aan de gestelde vraag te voldoen. Dit type tekort wordt in het vervolg oppervlaktewatertekort genoemd, maar kan ook gelezen worden als wateraanvoertekort. Een tekort voor bijvoorbeeld doorspoeling kan tot gevolg hebben dat bijvoorbeeld waterkwaliteitsdoelstellingen voor aquatische natuur niet worden gehaald, een tekort voor beregening betekent dat er niet voldoende water is om aan beregening van landbouwgronden toe te staan.

2. Tekort aan grondwater (bodenvocht)

Het tekort voor de gewassen kan worden uitgedrukt in de reductie van de gewasverdamping door een gebrek aan water in de bodem (wortelzone). De plant verdampt daardoor minder dan in potentie mogelijk is. Bij minder verdamping kan het gewas zich niet goed ontwikkelen of zelfs afsterven. Dit type tekort wordt in het vervolg grondwatertekort genoemd. Het grondwatertekort wordt veroorzaakt door beperkingen in de netto neerslag, vasthouden van het grondwater en in de aanvulling van oppervlaktewater naar het grondwater. Met het grondwatertekort wordt dus niet een tekort voor het diepe grondwater in het watervoerende pakket bedoeld maar het tekort aan bodenvocht in de wortelzone.

Het oppervlaktewatertekort wordt in het modelinstrumentarium berekend voor de peilbeheerste gebieden in Nederland. Dit zijn de gebieden waar water kan worden aangevoerd voor peilhandhaving of waterkwaliteitsdoelstellingen. In de overige gebieden, de vrij afwaterende gebieden, wordt geen water aangevoerd. Bij onvoldoende beschikbaar water kunnen waterlopen in het vrij afwaterende gebied droogvallen. Tekorten in het oppervlaktewatersysteem treden hier nagenoeg niet op omdat er geen streefpeilen kunnen worden gehandhaafd door aanvoer van water. Bovendien wordt hier veelal niet doorgespoeld en vindt beregening niet uit het

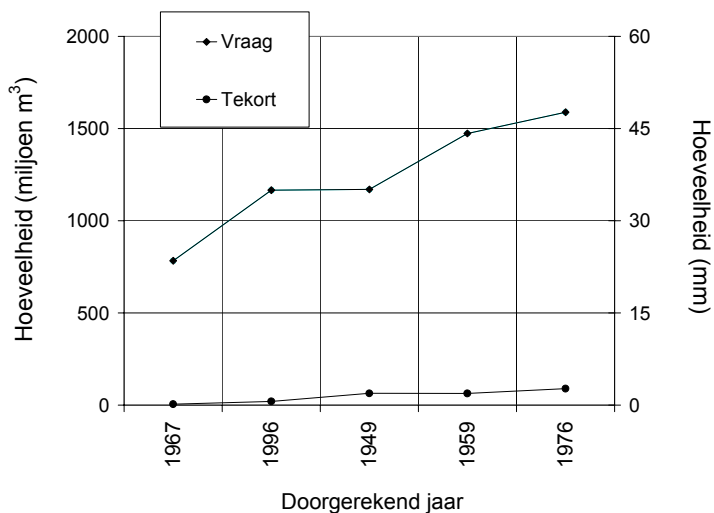
oppervlaktewater, maar voornamelijk uit het grondwater plaats. Het watertekort in deze gebieden wordt uitsluitend door de verdampingsreductie uitgedrukt in een grondwater-/bodemvochttekort.

De berekende oppervlaktewatertekorten gelden voor de huidige infrastructuur, zoals wateraanvoermogelijkheden door aanvoerkanalen en beregeningsinstallaties. De oppervlaktewatertekorten geven daarmee, naast de beperkingen in de algemene beschikbaarheid van water, de beperkingen van de huidige infrastructuur weer. Dit geeft echter geen compleet beeld van de droogteproblematiek uitgedrukt in watertekorten in Nederland. Naast het oppervlaktewatertekort geeft het grondwatertekort meer objectief weer of de gewassen daadwerkelijk voldoende water hebben, ook in de gebieden waar beperkte of geen wateraanvoerende infrastructuur is gerealiseerd.

3.2 Huidige situatie, tekort oppervlaktewater

3.2.1 Landelijk beeld

Het watertekort wordt in deze studie uitgedrukt in volumes. Het tekort is weergegeven als het verschil tussen watervraag en wateraanbod in Figuur 3-1.



Figuur 3-1: Volume wateraanvoer, watervraag en oppervlaktewatertekort voor de doorgerekende jaren

De linker y-as geeft het volume weer in miljoen m³, de rechter y-as geeft het volume weer in mm (omgeslagen over het totale oppervlak van Nederland). De tekorten zijn hier gedefinieerd voor de wateren die onderdeel uitmaken van de lokale watersystemen (polders, beeksystemen) en de tekorten voor het hoofdwatersysteem, waaronder de grotere boezemwateren, kanalenstelsels en rivieren. Onder het hoofdwatersysteem wordt het systeem verstaan waarover de waterverdeling op landelijk niveau plaatsvindt. Uit de figuur blijkt dat aan een groot deel van de watervraag kan worden voldaan; het watertekort is gemiddeld over Nederland maximaal 5% van de totale watervraag.

In een gemiddeld jaar (1967) is het totale oppervlaktewatertekort over Nederland slechts 0.16 mm, overeenkomend met een watervolume van 5 miljoen m³. In een extreem droog jaar is het watertekort 2.67 mm, overeenkomend met een watervolume van 89 miljoen m³. Een tekort van 89 miljoen m³ komt overeen met een waterschijf van slechts circa 45 mm op het IJsselmeer. Omgeslagen over het oppervlak van Nederland is het oppervlaktewatertekort maar enkele millimeters. Omdat de tekorten zich concentreren op een beperkt oppervlak van Nederland kan

lokaal echter wel sprake zijn van een behoorlijk tekort aan oppervlaktewater van voldoende kwaliteit.

Het watertekort kan grofweg worden onderverdeeld in het watertekort voor doorspoeling en het watertekort voor de overige gebruikers. Dit onderscheid is gemaakt omdat bij de doorspoeling het water niet wordt verbruikt, maar meteen weer wordt afgevoerd. Het water voor de overige gebruikers wordt 'verbruikt'. In Tabel 3-1 zijn de volumina van het watertekort voor de verschillende typen watervraag weergegeven. Het grootste aandeel in het watertekort heeft het watertekort voor peilbeheer. Watertekort voor doorspoeling treedt binnen de lokale watersystemen nauwelijks op, dit komt hoofdzakelijk in het hoofdwatersysteem voor. Voor doorspoeling komen tekorten in het hoofdwatersysteem hoofdzakelijk voor in de boezem van Rijnland en (in mindere mate) Delfland. De tekorten voor drinkwater lijken in de praktijk niet op te treden en worden waarschijnlijk veroorzaakt door een overschatting van de watervraag in het model ten behoeve van drinkwatervoorziening.

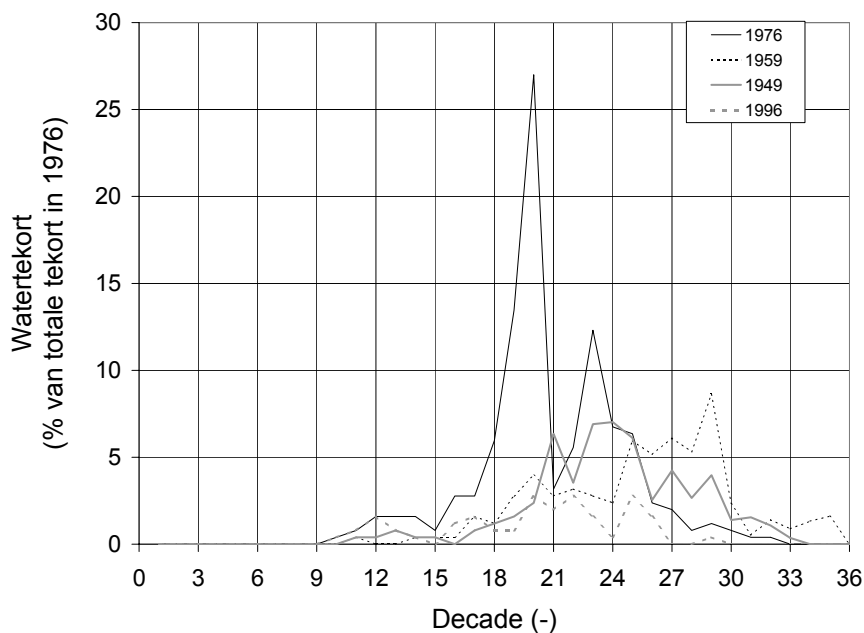
	1967	1996	1949	1959	1976
Watertekort					
Totaal	0.16	0.61	1.90	1.89	2.67
Doorspoeling	0.00	0.02	0.79	0.59	0.72
Beregening	0.01	0.06	0.23	0.25	0.43
Peilbeheer	0.15	0.52	0.51	0.80	1.25
Drinkwater	0.00	0.00	0.36	0.25	0.28

Tabel 3-1: Volume oppervlaktewatertekort in mm

Naast bovengenoemde oppervlaktewatertekorten is er ook nog een tekort aan rivierwater te definiëren, dat nodig zou zijn voor optimale scheepvaart in droge tijden. Dit theoretische tekort, dat in de praktijk niet te reduceren is (fase 1, Droogtestudie), wordt verder toegelicht in hoofdstuk 6 (scheepvaart).

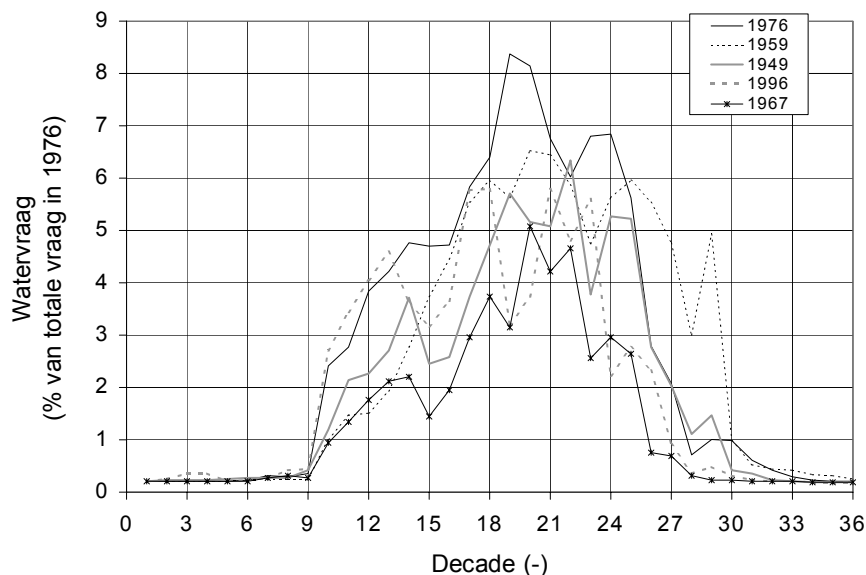
3.2.2 Verloop in de tijd

Het tekort per decade is voor vier karakteristieke jaren weergegeven in Figuur 3-2. Het maximale watertekort in een decade treedt op in een extreem droog jaar en is circa 25% van het tekort van het gehele jaar. Dit komt overeen met een watervolume van 22 miljoen m³ en een gemiddeld debiet in de decade van circa 25 m³/s. De tekorten treden hoofdzakelijk op in decade 15 tot en met 27, oftewel de maanden juni tot en met september.



Figuur 3-2: Oppervlaktewatertekort per decade als percentage van het totale oppervlaktewatertekort in het extreem droge jaar (1976).

In Figuur 3-3 is de watervraag per decade uitgezet. In de figuur is te zien dat de watervraag in het voorjaar (eerste decade april) plotseling sterk stijgt. Dit wordt deels veroorzaakt door de overgang van winterpeil naar zomerpeil in een groot aantal poldergebieden. Om de poldergebieden op zomerpeil te krijgen moet water worden aangevoerd. Verder is te zien dat de watervraag in een extreem droog jaar voor elke decade ongeveer tweemaal zo hoog is als de watervraag in een gemiddeld jaar.

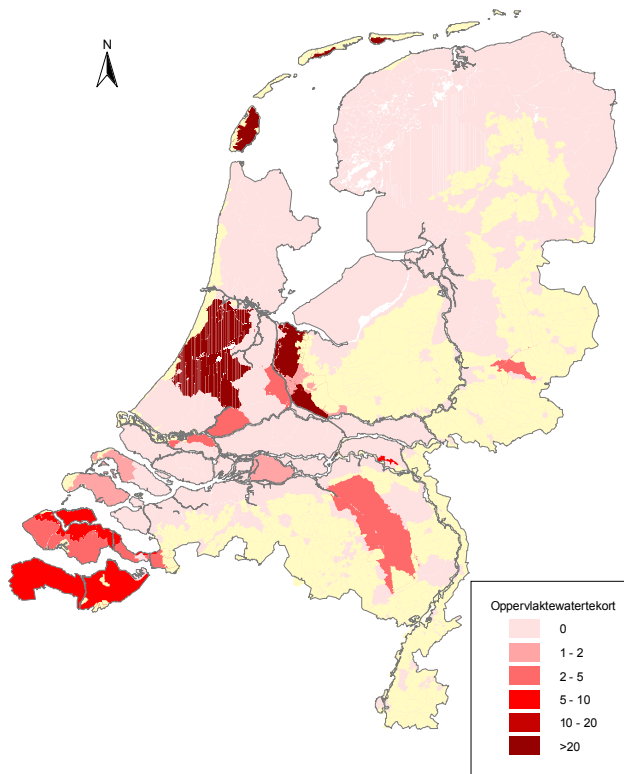


Figuur 3-3: Oppervlaktewatervraag per decade als percentage van de totale oppervlaktewatervraag in het extreem droge jaar (1976).

3.2.3 Geografische spreiding

De ruimtelijke spreiding van het oppervlaktewatertekort over Nederland in een extreem droog jaar is geïllustreerd in Figuur 3-4. Hier wordt verder opgemerkt dat in het niet peilbeheerste gebied geen tekorten worden berekend, terwijl in deze gebieden wel degelijk een droogteprobleem kan heersen. Deze gebieden zijn in de figuur met lichtgeel aangegeven. Het droogteprobleem uit zich in deze gebieden in het grondwatertekort zoals beschreven in paragraaf 3.3.

Bij de figuur wordt verder opgemerkt dat de tekorten op het niveau van afwateringseenheden (peilvakken, polders) worden berekend en daarna worden geaggregeerd naar de hier gepresenteerde districten. Dit is gedaan omdat het om de globale verkenning van het droogteprobleem gaat. Bovendien is het modelinstrumentarium nog niet betrouwbaar genoeg om op het niveau van afwateringseenheden gedetailleerde uitspraken over oppervlaktewatertekorten te doen. De opschaling betekent echter wel dat, als maar een deel van het district een watertekort kent, het watertekort over het gehele district wordt uitgespreid. De nuancering valt dus weg door de presentatie in districten.



Figuur 3-4: Oppervlaktewatertekort in een extreem droog jaar (1976) in de peilbeheerste gebieden (mm).

De volgende probleemgebieden zijn in de figuur weergegeven:

- De Krimpenerwaard en het noordelijke deel van IJsselmonde. Doordat de zoutconcentratie van het buitenwater de gehanteerde drempelwaarden voor inlaat van water van 250 mg/l overschrijdt, is wateraanvoer niet mogelijk in een deel van de zomerperiode. Dit leidt tot tekorten voor met name peilbeheer in deze gebieden. Uit de praktijk blijkt overigens dat in droge perioden wel degelijk water met een chloride concentratie

van meer dan 250 mg/l wordt ingelaten. Het oppervlaktewatertekort wordt daardoor waarschijnlijk overschat.

- Rond het Amsterdam-Rijnkanaal worden tekorten berekend omdat door lage waterstanden op de Lek onvoldoende water uit de Lek kan worden ingenomen.
- In Zeeland en de Waddeneilanden worden tekorten uitsluitend berekend voor peilbeheer. Met uitzondering van Philipsland, Tholen en de Reigersbergsche polder is geen wateraanvoer mogelijk in deze gebieden. Aan de watervraag voor het peilbeheer kan niet worden voldaan omdat wateraanvoer naar die gebieden niet mogelijk is. Hierdoor treedt in deze gebieden zelfs al in een gemiddeld jaar een watertekort op voor peilbeheersing.
- Langs de Zuid-Willemsvaart wordt een tekort berekend vanwege een beperkte inlaatcapaciteit. Hier heeft het tekort vooral effect op het peilbeheer en in mindere mate voor beregening.
- In de boezem van Rijnland worden tekorten berekend die betrekking hebben op het hoofdwatersysteem. Het betreft dan vooral tekorten die ontstaan door verzilting van de Hollandsche IJssel. De tekorten ontstaan in het extreem droge jaar 1976 en in 1949, waar een lage Rijnafvoer voor tekorten zorgt. In vergelijking met het totale tekort voor de lokale oppervlaktewateren zijn de tekorten in de boezemsystemen aanzienlijk.

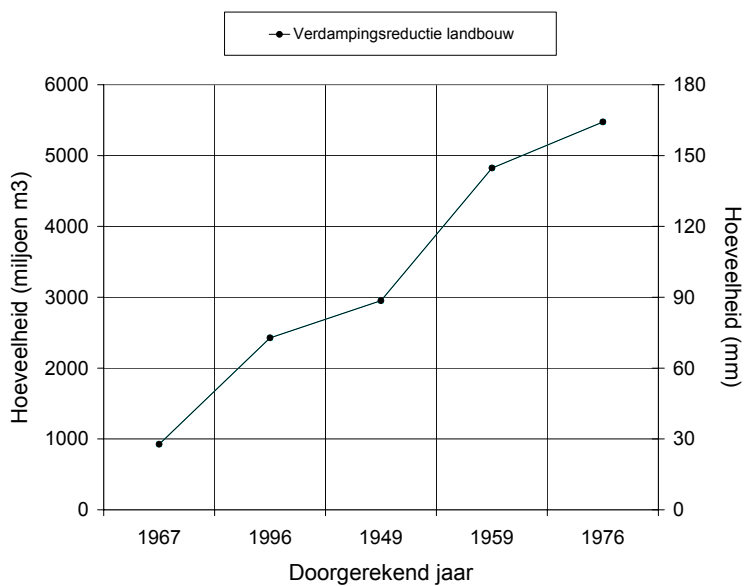
Het totale tekort in 1976 voor de districten én het hoofdwatersysteem bedraagt circa 89 miljoen m³, hoewel bedacht moet worden dat dit dus in een beperkt deel van Nederland een rol speelt. Samengevat kunnen deze tekorten door de volgende oorzaken worden verklaard:

- Beperkte of afwezigheid van inlaatcapaciteit van het hoofdwatersysteem naar de lokale wateren.
- Beperkte aanvoer van water via het landelijke netwerk. Door een aanpassing van de verdeling van het beschikbare oppervlaktewater over het hoofdwatersysteem kunnen de tekorten die hierdoor ontstaan wellicht worden beperkt.
- Door een slechte kwaliteit van het water in het hoofdwatersysteem (verzilting) kan geen water worden ingelaten.

3.3 Huidige situatie, tekort bodemvocht

3.3.1 Landelijk beeld

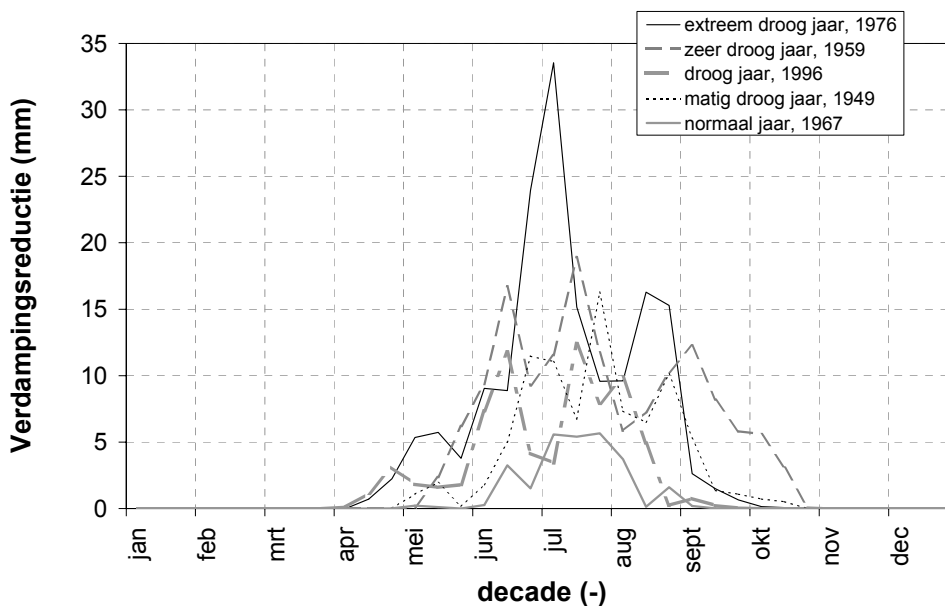
In Figuur 3-5 is het totale bodemvochttekort in Nederland weergegeven voor de zeven beschouwde jaren. Het volume tekort is berekend op basis van de verdampingsreductie in landbouwgebieden en natte natuurgebieden, en gemiddeld over het hele oppervlakte van Nederland. In de figuur is te zien dat de verdampingsreductie oploopt tot 165 mm. De tekorten in de landbouw- en natuurgebieden zelf zijn dus hoger. Dit komt overeen met een watervolume van circa 5500 miljoen m³. Deze hoeveelheid komt overeen met een waterschijf van 4 meter op het IJsselmeer en een gemiddelde afvoer in een half jaar van 350 m³/s. De verdampingsreductie in een extreem droog jaar is zeer groot ten opzichte van het tekort voor het oppervlaktewaterstelsel. In het extreem droge jaar is het verschil meer dan een factor 50.



Figuur 3-5: Bodemvochtttekort voor de doorgerekende jaren

3.3.2 Verloop in de tijd

Het tekort per decade is weergegeven in Figuur 3-6. Het maximale watertekort in een decade treedt op in een extreem droog jaar en is bijna 35 mm. Dit is ongeveer gelijk aan een watervolume van 1200 miljoen m³ en een gemiddeld debiet in de decade van 1400 m³/s. In de beschouwde jaren treedt verdampingsreductie het vroegst op in de tweede decade van april. In de maand september is de verdampingsreductie in de meeste jaren verwaarloosbaar ten opzichte van de periode juni, juli en augustus. In het zeer droge jaar 1959 treedt de droogte pas laat in het jaar in. In dat jaar is te zien dat de verdampingsreductie tot en met de tweede decade van oktober aanzienlijk is.



Figuur 3-6: Verloop van de totale verdampingsreductie in de tijd

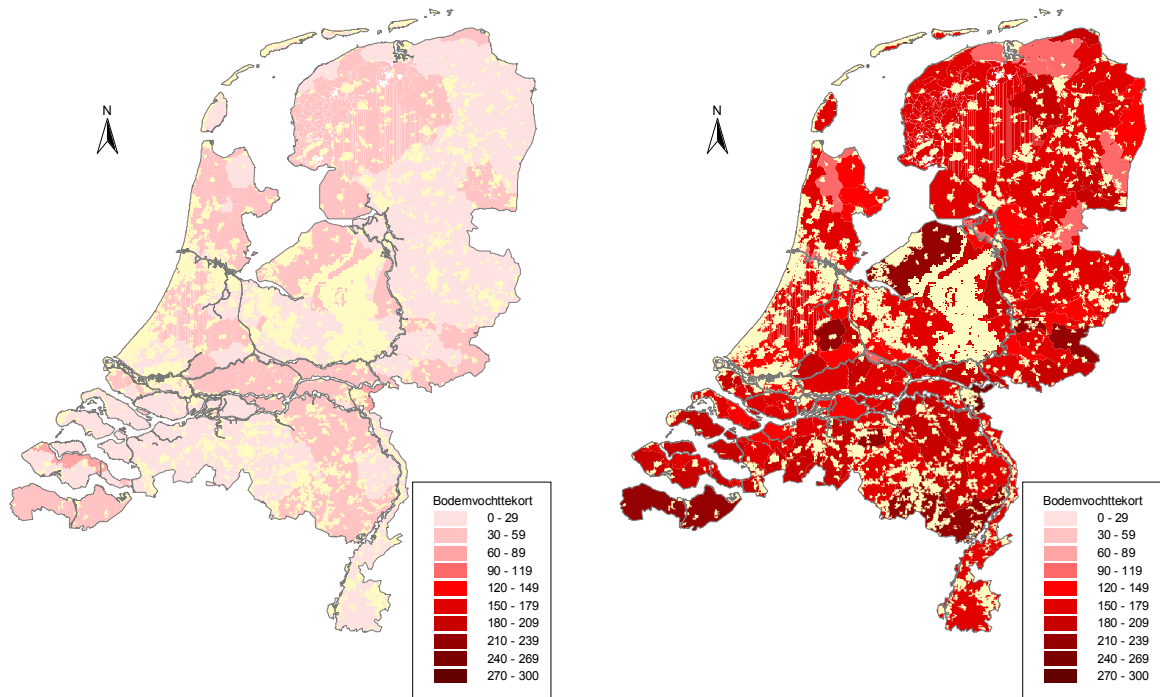
3.3.3 Geografische spreiding

In Figuur 3-7 is voor een gemiddeld jaar (1967) de geografische spreiding van de verdampingsreductie weergegeven. De lichtgele delen van de figuur zijn de gebieden waarvoor geen verdampingsreductie is berekend (steden en natuurgebieden). De in de figuur aangegeven verdampingsreductie is de gemiddelde verdampingsreductie over het areaal landbouw in het betreffende district. In de figuur is te zien dat in het gemiddelde jaar de ruimtelijke spreiding over Nederland niet groot is, in veel gebieden is de verdampingsreductie lager dan 60 mm.

In een extreem droog jaar (1976) is de totale verdampingsreductie gemiddeld zes maal zo hoog als in 1967. De figuur geeft een gevarieerd patroon van verdampingsreductie over Nederland. Dit wordt onder meer veroorzaakt door de aanwezige teelten binnen een district en de spreiding van verdamping en neerslag over Nederland. In het zuiden en zuidwesten van Nederland is het neerslagtekort het hoogst (440 mm), afnemend naar het oosten en noordoosten van Nederland (310 mm, respectievelijk 380 mm). De verschillen in neerslagtekort zijn op districtsniveau niet sterk onderscheidend. Voor het verklaren van het verschil in verdampingsreductie dient ook gekeken te worden naar andere factoren, zoals het verschil in naleverend vermogen van de verschillende bodemsoorten, het beheer van oppervlaktewaterpeilen en het wel of niet aanwezig zijn van kwel.

Bodemvochttekort gemiddeld droog jaar

Bodemvochttekort extreem droog jaar



Figuur 3-7: Bodemvochttekort in mm per district in (a) een gemiddeld droog jaar (1967). en (b) een extreem droog (1976) jaar omgeslagen naar het landbouwooppervlak

3.4 Toekomstscenario's

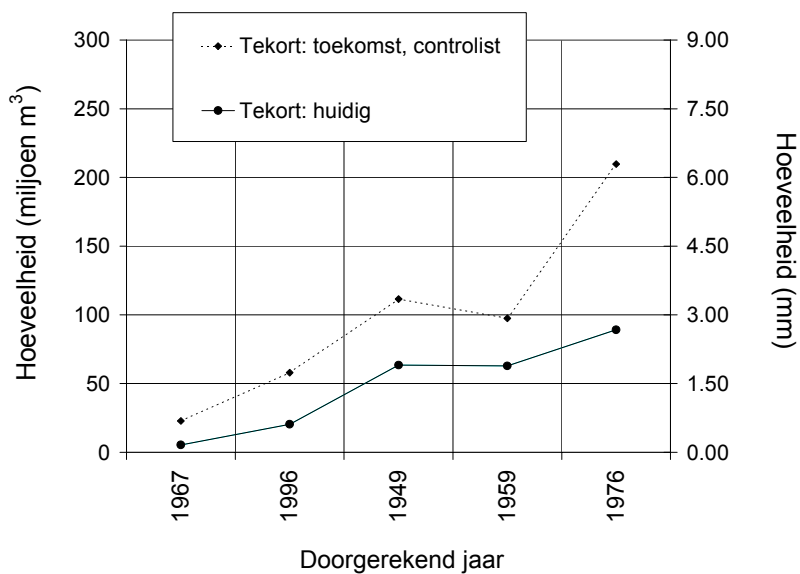
3.4.1 Inleiding

In deze paragraaf wordt in eerste instantie het toekomstscenario controlist beschouwd voor het zichtjaar 2050 (zie tabel 2-4). Gevolgen van klimaatverandering en verandering in bodemgebruik zijn in het hydrologisch modelinstrumentarium doorgevoerd. In tweede instantie worden de resultaten van andere toekomstscenario's geschetst als uitkomst van een gevoeligheidsanalyse.

3.4.2 Tekort oppervlaktewater scenario controlist

In Figuur 3-8 zijn de resultaten van de berekeningen uitgedrukt in het totale (oppervlakte)watertekort in Nederland. Ook in het gemiddelde jaar treedt nu een oppervlaktewatertekort op. Het tekort stijgt in alle doorgerekende jaren met meer dan 50%. In het extreem droge jaar stijgt het watertekort met ongeveer met 125%.

De grote toename wordt veroorzaakt door de toename van de watervraag. Uit de berekeningen blijkt dat de watervraag voor alle doorgerekende jaren met ongeveer 18% toeneemt. Aan deze extra watervraag kan maar deels worden voldaan omdat deze vooral optreedt in gebieden waar in de huidige situatie ook al knelpunten optreden. De toename van de watervraag wordt daardoor grotendeels doorvertaald naar een watertekort. Omdat het watertekort in de huidige situatie maar een klein percentage van de watervraag is (zie paragraaf 3.2.1) betekent deze beperkte toename van de watervraag een forse toename van het watertekort.

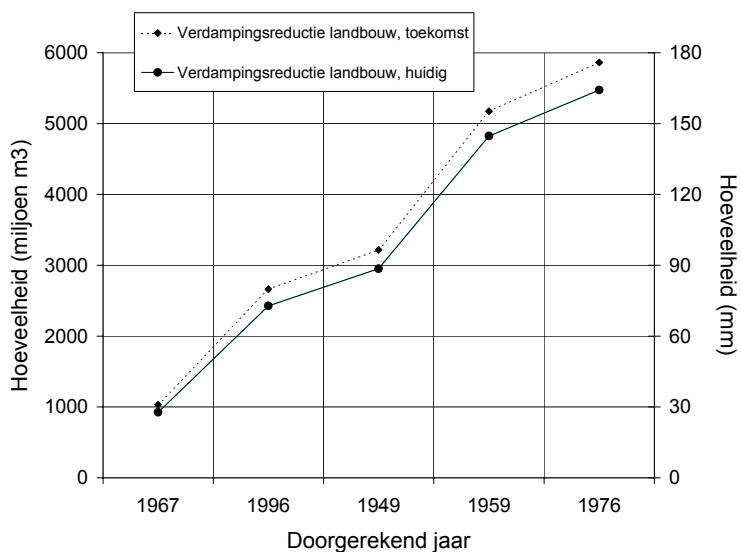


Figuur 3-8: Oppervlaktewatertekort in de huidige situatie en het toekomstscenario controlist

De geografische spreiding van de tekorten en de periode waarin de tekorten optreden verandert nauwelijks in het toekomstscenario. Alleen in het extreem droge jaar krijgen ten opzichte van de huidige situaties extra regio's een watertekort, te weten Zuid-Oost Brabant, het gebied tussen de Kromme Rijn en het Amsterdam Rijnkanaal en het land van Heusden en Altena. De toename van het tekort vertaalt zich vooral in een tekort aan oppervlaktewater voor peilbeheer. In de drogere jaren neemt ook het tekort voor beregening wat toe.

3.4.3 Tekort bodemvocht scenario controlist

Zoals berekend voor het oppervlaktewater zijn ook de effecten van klimaatverandering op de bodemvochttekorten bepaald. De verdampingsreductie in een gemiddeld jaar (1967) neemt in het toekomstscenario toe met 10% ten opzichte van de uitgangssituatie. In een extreem droog jaar neemt de verdampingsreductie voor hetzelfde scenario toe met 7%. De toename van de verdampingsreductie in het toekomstscenario is weergegeven in Figuur 3-9.



Figuur 3-9: Verdampingsreductie in de huidige situatie en het toekomstscenario controlist

Het verloop van het tekort in de tijd verandert in de toekomstscenario's niet. De tekorten per decade nemen met dezelfde factoren toe als de jaarsommen. De periode van het tekort wordt in dit scenario van klimaatsverandering niet langer dan in de huidige situatie. Landbouw en natuur hebben volgens het controlistscenario dus te maken met wat grotere, maar gelijksoortige vochttekorten als in de huidige situatie.

3.4.4 Overige toekomstscenario's

Voor de toekomstige wijzigingen van het landgebruik en de verandering van het klimaat zijn gevoeligheidsberekeningen uitgevoerd. De belangrijkste resultaten worden hier besproken.

Gevoeligheid voor het toekomstige landgebruik

In de berekeningen voor 2050 is het landgebruik van het controlist-scenario gehanteerd, dat te kenmerken is als voortzetting van het huidige beleid. Naast het landgebruik van het controlist-scenario zijn twee andere varianten van landgebruik verkend, te weten het landgebruik volgens de milieudenker en de marktoptimist (VU 2002, RIZA, 2003 en zie tabel 2-4). De berekening is gemaakt voor het gemiddelde jaar (op basis van 1967) in het jaar 2050. Andere factoren dan landgebruik zijn gelijk gehouden aan het controlistscenario.

De Milieudenker variant is gericht op ontwikkeling van natuur, waarbij een principe van robuustheid is gehanteerd. Dit is uitgewerkt door de toename van het stedelijk gebied vooral te laten plaats vinden rond reeds aanwezige stedelijke gebieden. In de Marktoptimist variant staat het economisch denken centraal. Dit vertaalt zich bijvoorbeeld in uitbreiding van het stedelijk gebied langs bestaande infrastructuur, zodat de transportmogelijkheden optimaal worden benut voor de industrie en woon-werkverkeer.

Landgebruik	Verandering Bodemvochttkort toekomstig gemiddelde jaar t.o.v. huidige situatie
Marktoptimist	+7% *
Controlist	+10 %
Milieudenker	+3% *

Tabel 3-2: *Wijziging van het bodemvochttkort in het toekomstige gemiddeld jaar (2050) bij verschillende landgebruiksvarianten (* op basis van resultaten van fase 2A van de Droogtestudie).*

De landgebruiksvarianten leiden vooral tot een wijziging van de grondwatertekorten, door een andere benutting van de openbare ruimte. De oppervlaktewatertekorten kennen nauwelijks veranderingen omdat alleen een gemiddeld jaar is beschouwd waarin nauwelijks tekorten voorkomen en daarnaast de waterbeheersing niet is gewijzigd in de scenario's, uitgezonderd het weghalen van drainagemiddelen in natuurgebieden. Bij het landgebruik van de marktoptimist en de milieudenker nemen de tekorten met respectievelijk 7% en 3% toe ten opzichte van de huidige situatie. Dit is een kleinere toename dan in het controlist scenario. De verklaring ligt in verschuivingen van het landgebruik naar gebieden met andere hydrologische omstandigheden, maar ook in verschuivingen van teeltsoorten binnen de landbouw.

Gevoeligheid voor het toekomstig klimaat

Voor de gevoeligheid van klimaatverandering zijn drie scenario's voor sterkere klimaatverandering dan 1 graden temperatuurstijging met het hydrologische modelinstrumentarium doorgerekend. Berekeningen zijn gebaseerd op een toekomstig gemiddeld weerjaar (1967), een droog jaar (1996) en het extreem droog jaar (1976). De doorgerekende scenario's zijn opgenomen in Tabel 3-3. De resultaten van het controlist scenario zijn beschreven in de paragrafen 3.4.2 en 3.4.3.

Meteo gebaseerd op origineel jaar	Huidig	Controlist (+1° C)	Bovenschatting (+2° C)	Droog Scenario KNMI	Scenario wijziging transpiratie (+1° C)
1967	X	X	X	X	X
1996	X	X	X	X	X
1949	X	X			
1959	X	X			
1976	X	X	X	X	X

Tabel 3-3: *Overzicht van de berekende klimaatscenario's*

In het scenario met wijziging van de transpiratie is een aantal parameters opvallend veranderd. Door een toename van het CO₂-gehalte hoeven planten hun huidmondjes minder ver te openen, of minder huidmondjes aan te maken, om in hun koolstofbehoefte te voorzien. In opdracht van de droogtestudie is door KIWA (Witte et al, 2005) literatuuronderzoek verricht naar dit effect. Daarbij is een schatting gemaakt voor de afname van de gewasverdamping bij toename van de CO₂-concentratie in de atmosfeer, rekening houdend met de aërodynamische ruwheid van de vegetatie (hoe ruwer, des te lager de aërodynamische weerstand), het fotosynthesetype (type C3 of C4-gewas) en de temperende invloed van voedselarmoede. Het resultaat is uitgewerkt in verandering van gewasfactoren voor verschillende vegetatietypen. Deze zijn verwerkt in de modelberekeningen. Voor de invoer van de overige scenario's wordt verwezen naar tabel 2-4.

De berekende effecten van de verschillende klimaatscenario's op de bodemvochttekorten zijn weergegeven in Tabel 3-4. Opvallend zijn de zeer sterke toename van de verdampingsreductie in het droge scenario en de afname in het scenario met wijziging van transpiratie. De laatste wordt veroorzaakt door de wijze waarop planten zouden kunnen reageren op de toegenomen temperatuur en CO₂ concentratie.

	Toename bodemvochttekort (% t.o.v. huidig)				
	Huidig	Controlist (+1° C)	Boven- schatting (+2° C)	Droog Scenario KNMI	Scenario wijziging transpiratie (+1° C)
1967	28	10 %	25 %	203 %	-9 %
1996	74	8 %	17 %	83 %	-6 %
1976	167	7 %	14 %	64 %	-5 %

Tabel 3-4: Berekende procentuele toename in bodemvochttekort voor de klimaatscenario's

Uit de gevoeligheidsanalyse kan worden geconcludeerd dat de onzekere invulling van klimaatverandering een grote impact heeft op de omvang van toekomstige grondwatertekorten. Vooral de wijze waarop planten zullen reageren op de toegenomen temperatuur en CO₂ concentratie is onzeker en heeft grote consequenties. Hierdoor kunnen toekomstige tekorten zelfs af- in plaats van toenemen. Opgemerkt wordt dat wijziging van de transpiratie op het toegenomen CO₂ concentratie alleen is doorgevoerd voor een temperatuurstoename van 1 graad. Verwerking in de bovenschatting en het droge scenario zouden wellicht wel tot toename van de tekorten leiden. De berekening moet daarom vooral gezien worden als onderkant van de bandbreedte van het (onzekere) effect van klimaatverandering, zoals het droge scenario als bovenkant van de bandbreedte kan worden gezien. Opgemerkt wordt dat uit bovenstaande niet kan worden afgeleid dat het ene scenario een grotere kans van optreden zou hebben dan het andere scenario.

Voor de klimaatscenario's is tevens het oppervlaktewatertekort bepaald. Het verschil in oppervlaktewatertekort in de huidige en toekomstige situatie is weergegeven in Tabel 3-5. De reden voor de forse toename is toegelicht in paragraaf 3.4.2. Bij het droge klimaatscenario nemen de tekorten in een gemiddeld jaar met bijna een factor 10 toe, in het extreem droge jaar met een factor 7.

	Toename oppervlaktewatertekort (% t.o.v. huidig)				
	Huidig	Controlist (+1° C)	Boven- schatting (+2° C)	Droog Scenario KNMI	Scenario wijziging transpiratie (+1° C)
1967	0.2	220 %	350 %	940 %	180 %
1996	0.6	190 %	290 %	570 %	150 %
1976	2.7	130 %	360 %	670 %	100 %

Tabel 3-5: Berekende veranderingen in oppervlaktewatertekort (mm, gemiddeld over het oppervlakte van Nederland) voor de klimaatscenario's

Uit de gevoeligheidsanalyse blijkt dat de verschillende toekomstscenario's een grote bandbreedte van het veranderende vochttekort laten zien. Aangezien deze parameter sterk bepalend is voor de effecten in de sectoren landbouw en natuur, zal in verdere analyses over toekomstige droogte

rekening moeten worden gehouden met deze bandbreedte van klimaatsscenario's. Voor de oppervlaktewatertekorten is de gevoeligheid nog veel groter.

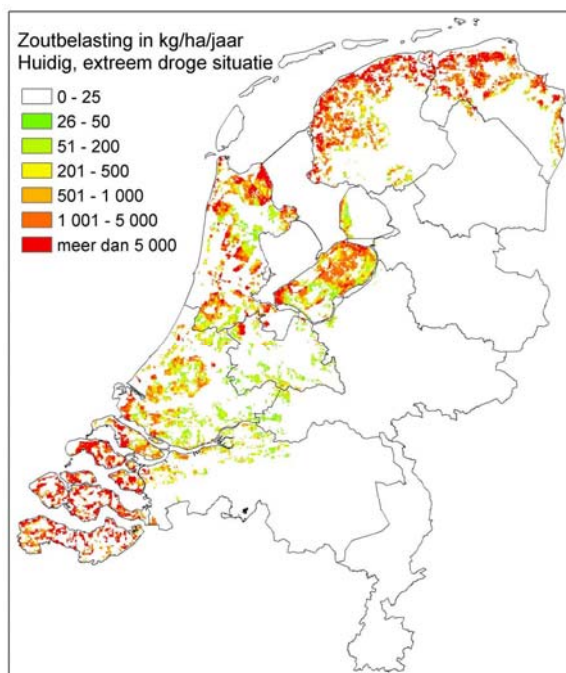
3.5 Verzilting

Voor de effectbepaling van de scenario's zijn met de hydrologische modellen ook chlorideconcentraties in het grondwater (zoutbezwaar, interne verzilting) en oppervlaktewater berekend. De belangrijkste algemene bevindingen uit deze berekeningen worden hier samengevat.

Uit de berekeningen blijkt dat de modellering van verzilting en daardoor ook de uitkomsten van deze berekeningen veel onzekerheden kennen. Enerzijds verdient de parametrisatie van de doorspoeldebieten, de chlorideconcentratie in de ondergrond en de zoutafhankelijke inlaat van oppervlaktewater in toekomstig onderzoek nog extra aandacht (RIZA, 2004). Anderzijds kunnen de temporele aspecten van verziltingsprocessen mogelijk nader worden gedetailleerd (KIWA, 2004), waardoor de resultaten naar verwachting zullen verbeteren.

Zoutbezwaar

In een extreem droog jaar neemt het gemiddelde zoutbezwaar per jaar in de lagere delen van Nederland af ten opzichte van het gemiddelde jaar, door de lagere kweldruk ten gevolge van het lagere neerslagoverschot (in- en voorafgaand aan de betreffende zomerperiode). De verschillen in zoutbezwaar tussen een gemiddeld en extreem droog jaar zijn echter klein. Het hoogste zoutbezwaar komt voor in de kuststrook van Friesland en Groningen, de IJsselmeerpolders, Zeeland en de Haarlemmermeerpolder. In Figuur 3-10 is de ruimtelijke spreiding van het zoutbezwaar over Nederland weergegeven voor het extreem droge jaar.



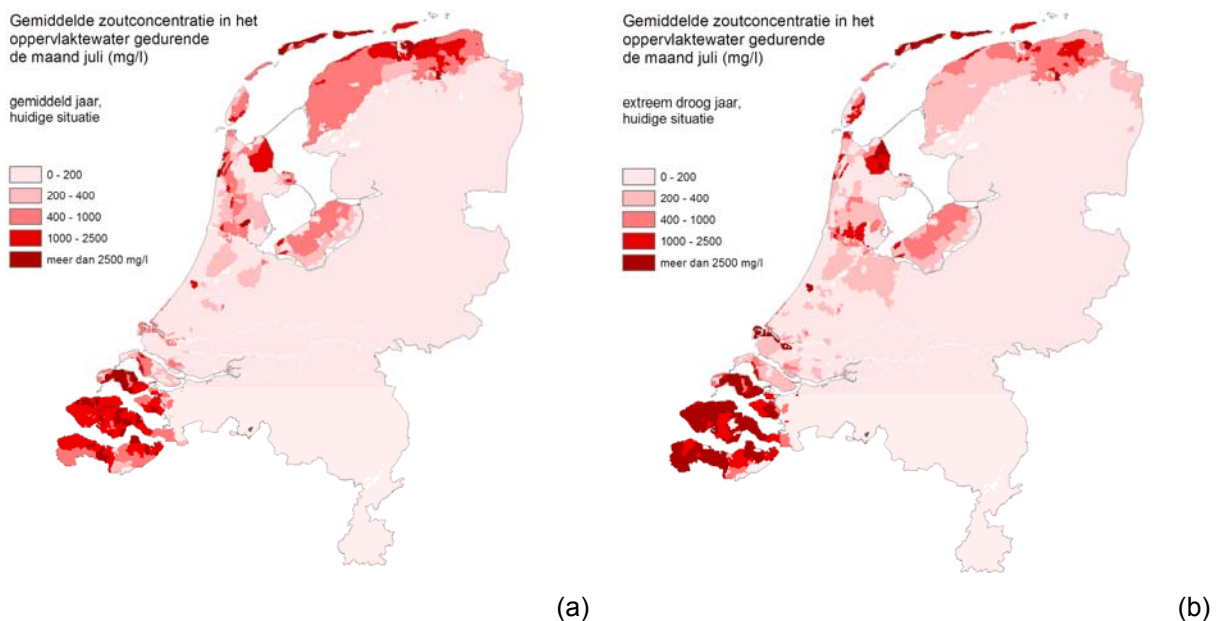
Figuur 3-10: Zoutbelasting in de huidige situatie voor het extreem droge jaar.

In het toekomstscenario controlist neemt de zoutbelasting met gemiddeld 8% toe. Dit wordt veroorzaakt door een toegenomen kweldruk in de toekomstige situatie door wijziging van de effectieve neerslag, de bodemdaling en de zeespiegelstijging. In de gevoeligheidsanalyse is in West Nederland rekening gehouden met de toekomstige wijziging van zoutconcentratie in de

diepe ondergrond (NITG-TNO, 2005), bijvoorbeeld door het lange termijn effect van de droogmakerijen. Voor Noord Nederland en Zeeland zijn voor de toekomstige zoutconcentratie grove schattingen gemaakt.

Zoutconcentratie in het regionale oppervlaktewater

Voor de analyse van de zoutconcentratie in het oppervlaktewater is gekeken naar de gemiddelde zoutconcentratie over de maand juli in de lokale wateren (vaarten, sloten). Deze periode is gekozen omdat rond die periode de hoogste zoutconcentraties optreden en schade aan natuur en gewassen kan veroorzaken. De zoutconcentraties in het oppervlaktewater nemen in een extreem droog jaar doorgaans toe ten opzichte van een gemiddeld jaar. Door de lagere afvoer uit de polders (meer verdamping, groter neerslagtekort) wordt het zoute kwelwater in een extreem droog jaar nauwelijks verdund met regenwater. Daarnaast kan in enkele gebieden niet worden doorgespoeld omdat geen water beschikbaar is of inlaatcapaciteit afwezig of beperkt is. Hierdoor kunnen in een extreem droog jaar onacceptabel hoge zoutconcentraties optreden in delen van Zuid-Holland, grote delen van Noord-Holland, Zeeland, Groningen, het westen van Friesland, de Wieringermeerpolder en Oostelijk en Zuidelijk Flevoland. In Figuur 3-11 zijn de zoutconcentraties weergegeven voor het gemiddelde en extreem droge jaar. In de figuur is te zien dat het areaal met hoge zoutconcentratie (hoger dan 200 mg/l) toeneemt in het extreem droge jaar.



Figuur 3-11: Zoutconcentratie in oppervlaktewater (gemiddeld over afwateringseenheden), in de huidige situatie voor het gemiddelde jaar (a) en het extreem droge jaar (b).

Uit berekening van het toekomst scenario (controlist) blijkt dat de gemiddelde zoutconcentratie in een gemiddeld jaar in veel gebieden nauwelijks toeneemt ten opzichte van de huidige situatie. In het extreem droge jaar neemt de zoutconcentratie in het westen van Nederland (met name het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Rijnland) toe. Geconcludeerd kan worden dat de zoutconcentraties in gemiddelde jaren in de toekomst niet toenemen, maar dat de extreme situaties in de toekomst extremer worden. Bij de bovenschatting en het droge scenario wordt ook voor de gemiddelde jaren in de toekomstige situatie een verhoging van de zoutconcentratie gevonden.

Zoutconcentratie in het hoofdsysteem

In Midden West Nederland is onderzoek gedaan naar externe verzilting van het hoofdsysteem van oppervlaktewateren (RIZA, 2005). Dit is zoutindringing vanuit zee, die wordt versterkt bij het samenvallen van een hoge waterstand op zee en een lage afvoersituatie van het bovenrivierengebied. Als het oppervlaktewater te zout wordt, kan (indien mogelijk) ter hoogte van innamepunten de inname van water ten behoeve van drinkwaterproductie en peilbeheersing en doorspoeling van de binnendijkse systemen gestaakt worden, waardoor productiebeperkingen of schade kan ontstaan.

Bij de analyse van de externe verzilting is, naar analogie van de droogtejaren (zie paragraaf 2.3), gebruik gemaakt van karakteristieke verziltingsjaren (KNMI/ RIZA, 2005). Deze karakteristieke jaren zijn gekozen op basis van historische metingen van de chlorideconcentratie, de rivierafvoer en de waterstand op zee. Vervolgens zijn herhalingstijden afgeleid voor de kans van overschrijden van de externe verzilting, voor de huidige en de toekomstige situatie volgens het controlistscenario voor 2050 (T +1°C). Als maat voor de externe verzilting zijn jaargemiddelde getijmaximale chlorideconcentraties gehanteerd voor het meetpunt Lekhaven in Rotterdam, dat indicatief wordt geacht voor verandering van de externe verzilting in het benedenrivierengebied. Resultaten van deze studie zijn weergegeven in tabel 3-6.

Verziltingsjaar	Richtjaar	Herhalingstijd (jr) Huidig klimaat	Herhalingstijd (jr) Controlist 2050
Extreem zout	1976	32	18
Zout	2003	11	7
Gemiddeld zout	1996	3.3	2.5
Brak	1994	1.6	1.4
Matig brak	2002	1.2	1.1

Tabel 3-6: *herhalingstijden van karakteristieke zoutjaren, in de huidige situatie en de toekomstige situatie volgens het scenario controlist (KNMI/RIZA, 2005).*

Uit de tabel blijkt dat de herhalingstijd voor extreem zoute omstandigheden in de huidige situatie veel lager is dan voor droogte (circa 30 jaar in plaats van circa 100 jaar). Voor het zoute jaar 2003 worden wel vergelijkbare herhalingstijden gevonden. Bovendien blijkt dat de herhalingstijden van de verziltingsjaren bij het controlistscenario afnemen (bij gelijkblijvende schade) ten opzichte van de huidige situatie. De overschrijdingskans voor een extreem zout jaar neemt met 80% toe. Bij een zout jaar en gemiddeld zout jaar is dit respectievelijk 60 procent en 35 procent. In de toekomst kunnen dus aanzienlijk vaker zoute omstandigheden worden verwacht.

Voor verschillende innamepunten van zoet water in Midden West Nederland is berekend hoe vaak en hoe lang zij gestremd zijn als gevolg van te hoge chlorideconcentraties in het hoofdsysteem (RIZA, 2005). Voor de inlaten van Rijnland (Gouda), Schieland en Krimpenerwaard (Schilthuis) en Hollandse Delta (Bernisse) zijn resultaten overgenomen uit deze studie en weergegeven in tabel 3-7.

Overschrijding concentratie Cl	Gouda (Hollandsche IJssel) > 250 mg/l en > 48 uur				Schilthuis (Nieuwe Maas) > 250 mg/l en > 12 uur				Bernisse (Spui) > 225 mg/l en > 7 uur			
	Huidig aantal, duur		Controlist aantal, duur		Huidig aantal, duur		Controlist aantal, duur		Huidig aantal, duur		Controlist aantal, duur	
Extreem zout	6	11	6	18	33	2.4	36	3.0	11	0.6	19	0.8
Zout	3	16	3	25	21	2.6	31	2.6	6	0.7	15	1.4
Gemiddeld zout	0	-	2	5	8	1.4	19	1.5	1	0.3	2	1.0
Brak	0	-	0	-	0	-	3	0.9	1	0.4	0	-
Matig brak	0	-	0	-	0	-	3	1.1	2	0.3	0	-

Tabel 3-7: Voorbeelden van verandering van overschrijding van het aantal (-) en de gemiddelde duur (dagen) van kritische chlorideconcentraties bij verschillende inlaatpunten in Midden West Nederland in de huidige situatie en de toekomsitge situatie controlist (RIZA, 2005).

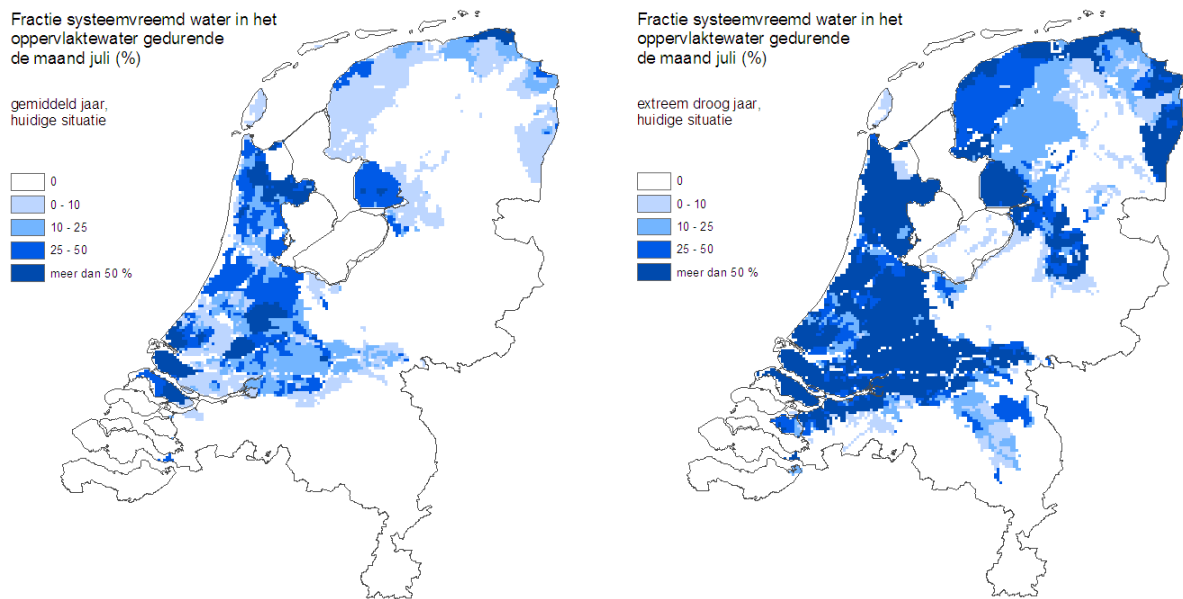
Uit de tabel blijkt dat klimaatverandering zal leiden tot een toename van het aantal en/of de duur van overschrijdingen van kritieke chlorideconcentraties. Bij bijvoorbeeld het inlaatpunt aan de Hollandse IJssel bij Gouda treden in gemiddeld zoute omstandigheden met herhalingstijden van enkele jaren geen problemen op. Bij zoutere omstandigheden, die eens in de 10 jaar worden overschreden, kan in totaal een maand lang geen water worden ingelaten wegens te hoge chlorideconcentraties die relatief lang aanhouden. In het controlist scenario neemt de duur van die periode met circa 60 procent toe. Dat betekent dat alle waterbeheerders die afhankelijk zijn van de inlaat van water uit de Hollandse IJssel voorbereid moeten zijn op een meer frequente inzet van alternatieve aanvoerroutes (KWA) òf een andere strategie moeten kiezen om met de geleidelijk toenemende externe verzilting om te gaan. Het aantal overschrijdingen van (extreem) zoute omstandigheden bij Gouda verandert niet. Bij een ander belangrijk inlaatpunt, de Bernisse neemt juist met name het aantal kritische overschrijdingen toe, en in beperkte mate de duur van de overschrijdingen. Naast genoemde veranderingen nemen bij de inlaatpunten ook de maximale chlorideconcentraties toe (RIZA, 2005). Bij het meetpunt Lekhaven (Rotterdam) geldt een toename van de jaargemiddelde getijmaximale chlorideconcentraties van 14 procent. De individuele bijdragen van de lagere Rijnafvoer en zeespiegelstijging hierin zijn respectievelijk 6 en 8 procent.

Uit eerdere berekeningen in Midden West Nederland (RIZA, 2004) is af te leiden dat bij sterkere klimaatverandering dan het hier gehanteerde controlistscenario, de effecten van externe verzilting aanzienlijk groter zullen zijn.

3.6 Systeemvreemd water

Een maat die de verdeling van water over de verschillende regio's in Nederland inzichtelijk maakt is het systeemvreemd water. Systeemvreemd water doet zich voor in de lager gelegen (polder)gebieden in Nederland waar water wordt ingelaten ten behoeve van bijvoorbeeld doorspoeling, peilhandhaving en beregening. De betreffende gebieden zijn in de zomerperiode doorgaans in meer of mindere mate afhankelijk van water buiten het eigen watersysteem: systeemvreemd water. Het systeemvreemd water is in de zomerperiode doorgaans water uit de grote rivieren, al dan niet indirect via bijvoorbeeld het IJsselmeer. Als het aanbod uit de rivieren of de watervoorraad in de meren te laag wordt kan in de gebieden die afhankelijk zijn van wateraanvoer een oppervlaktewatertekort optreden. De verdeling van het rivierwater, en daarmee de mate van afhankelijkheid van gebieden voor de aanvoer van water, wordt weergegeven in Figuur 3-12 voor een gemiddeld en extreem droog jaar, in de maand juli. Hoe hoger de fractie in die

figuur, des te hoger is het aandeel van aangevoerd water in een gebied en dus ook de afhankelijkheid van die aanvoer.



Figuur 3-12: Fractie systeemvreemd water in een gemiddeld jaar (1967, links) en een extreem droog jaar (1976, rechts).

In de figuur is te zien dat Noord-Holland, Zuid-Holland, het westelijk deel van Utrecht, het rivierengebied en de Noordoostpolder in een gemiddeld jaar al behoorlijk afhankelijk zijn van de aanvoer van water. De fractie systeemvreemd water is voor dat jaar over een groot oppervlakte-aandeel groter dan 25%. In het extreem droge jaar breidt dit oppervlak zich verder uit over Nederland en zijn de fracties systeemvreemd water in grote delen van Nederland groter dan 50%.

3.7 Bronnen

KIWA (2004). Verzilting en Verziltingsbeheersing; uitwerking voor de droogtestudie. K. Maas.

KIWA (2005). Wordt Nederland natter? Effecten van CO₂ op verdamping; onderzoek voor de Droogtestudie Nederland. J.P.M. Witte, B. Kruijt en C. Maas.

KNMI/RIZA (2004). Droog, droger, droogst, KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. J.J. Beersma, T. A. Buishand en H. Buiteveld.

KNMI/RIZA (2005). Zout, zouter, zoutst; Statistieken van de externe verzilting in Midden-West Nederland. J.J. Beersma, T.A. Buishand, S. de Goederen en P. Jacobs.

NITG-TNO, G. Oude Essink (2005). Berekening van de toekomstige verzilting in Midden West Nederland ten behoeve van de Droogtestudie Nederland.

RIZA (2003), Peereboom. Verdeling van uitkomsten van de ruimteplanner naar landgebruiksklassen in MOZART, ten behoeve van de droogtestudie.

RIZA (2004), Water wat er (niet) is; Aard en omvang van de hydrologische aspecten van droogte in Midden-West Nederland, fase 1. P. Jacobs, T. Kroon en W. Werkman.

RIZA (2005), Water waar het wezen moet; Effecten van beleidsstrategieën voor droogte in Midden-West Nederland, eindrapport modelspoor fase 2. W. Werkman en P. Jacobs.

VU (2002), E. Koomen en J. Dekkers. Landgebruiksimulatie voor de Droogtestudie.

4 Landbouw

4.1 Inleiding

4.1.1 Leeswijzer

In droge tijden verdampen landbouwgewassen door een gebrek aan water doorgaans minder dan in potentie mogelijk is. Daardoor wordt de gewasgroei beperkt en de oogst kleiner. In verzilte gebieden kan daarnaast het bodemvocht te zout worden, waardoor de gewasgroei wordt beperkt en de gewassen uiteindelijk zelfs kunnen afsterven.

Het effect van watertekorten op de opbrengsten in de landbouw wordt in dit hoofdstuk beschreven. Eerst worden de gehanteerde definities en de berekeningsmethode van de opbrengstderving en schade besproken. Daarna worden de effecten van watertekorten in de huidige situatie inzichtelijk gemaakt, voor zowel nationale als regionale schaal. Vervolgens wordt de droogteschade in de toekomstige situatie belicht. Tot slot wordt de vergelijking gemaakt tussen droogteschade en natschade.

4.1.2 Definitie van landbouwschade als gevolg van watertekort

Voor de definitie van landbouwschade als gevolg van droogte wordt een aantal begrippen gehanteerd, die hieronder eerst worden beschreven.

Potentiële opbrengst

De potentiële opbrengst is gelijk aan de maximaal mogelijke opbrengst onder ideale condities. Opbrengstverminderende factoren zoals schimmels, ziekten, watertekort, tekort aan nutriënten, etc. spelen geen rol. De potentiële opbrengst zal derhalve in werkelijkheid bijna nooit gerealiseerd worden. De potentiële opbrengst varieert van jaar tot jaar als gevolg van variaties in het weer. Hoe meer zonuren, hoe hoger de potentiële opbrengst. Dit betekent ook dat in een droog jaar (veel zonuren) de potentiële opbrengst hoger is dan in een gemiddeld jaar (met minder zonuren).

Actuele opbrengst

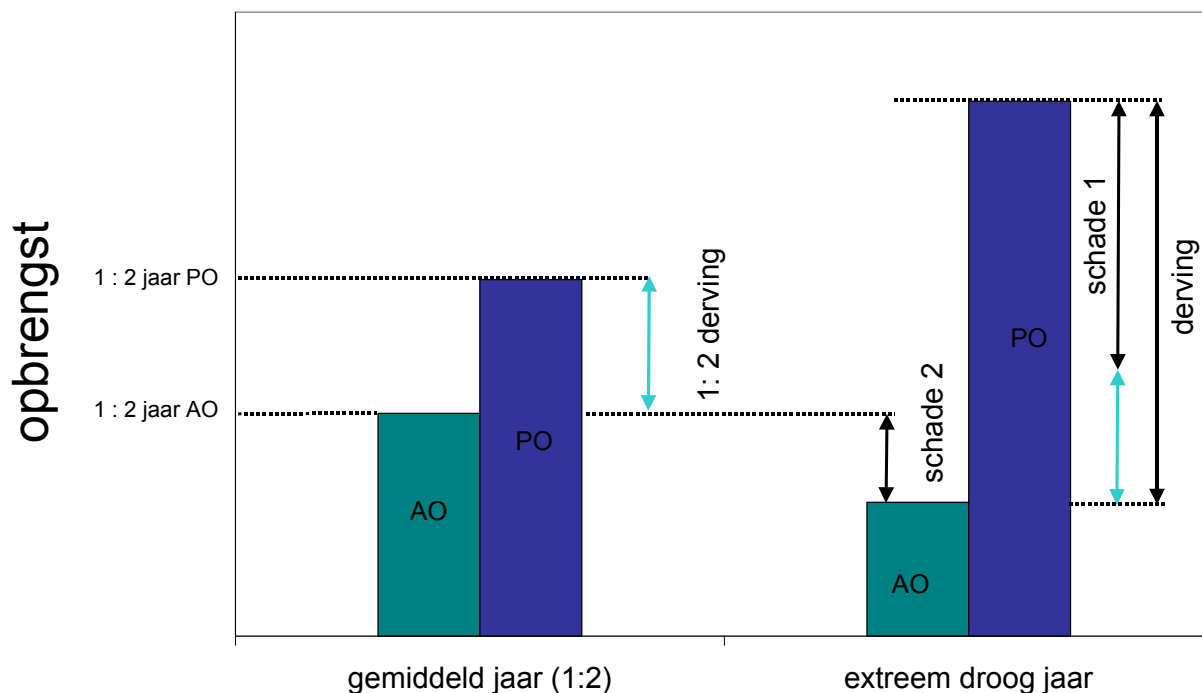
Dit is de werkelijk gerealiseerde (berekende) opbrengst. In de modelberekeningen wordt het verschil tussen de potentiële opbrengst en de actuele opbrengst verklaard door een tekort aan vocht in de wortelzone, waardoor verdampingsreductie optreedt.

1:2 jaar Actuele opbrengst

Hiermee wordt bedoeld op de opbrengst waarop de bedrijfsvoering van de agrariërs wordt verondersteld ingesteld te zijn. In de helft van de gevallen wordt een opbrengst gerealiseerd die hoger of lager is dan de 1:2 jaar actuele opbrengst.

Derving

Het verschil tussen de potentiële opbrengst en de actuele opbrengst. De derving geeft een bovengrens aan van de gemiste opbrengst als gevolg van watertekort. Immers, de potentiële opbrengst geldt voor ideale condities met onder meer voldoende beschikbaar bodemvocht. De derving wordt in deze rapportage uitgedrukt in een percentage van de potentiële opbrengst.



Figuur 4-1: Maatlatten voor schade in de landbouw als gevolg van watertekort.
Met AO = Actuele Opbrengst en PO = Potentiële Opbrengst.

Keuze schadedefinitie

Niet alle derving wordt in deze studie als schade beschouwd. In de praktijk blijkt namelijk dat droogteschade in gemiddelde omstandigheden in het algemeen geaccepteerd wordt (rondetafel bijeenkomsten, droogtestudie 2004). Daarom wordt de schade in gemiddelde omstandigheden op nihil gesteld.

Er zijn twee manieren om naar de effecten van droogte in de landbouw te kijken (rondetafel bijeenkomsten, droogtestudie 2004):

- 1) De aandacht kan uitgaan naar de opbrengst die gemist wordt in het droge jaar (vergeleken met een ideale situatie zonder watertekort), of
- 2) De aandacht kan uitgaan naar de opbrengst die juist wel wordt gekregen in het droge jaar.

Op basis van deze twee invalshoeken worden twee verschillende definities voor schade gehanteerd voor de effecten van droogte in de landbouw. De definities voor droogteschade in de landbouw worden toegelicht aan de hand van bovenstaande figuur. Gebruik is gemaakt van een gemiddeld jaar en een extreem droog jaar vanuit oogpunt van droogte.

Schade 1 (“bovengemiddelde derving”): Het verschil tussen de gemiddelde (1:2 jaar) derving en de derving in het betreffende droogtejaar. De bovengemiddelde derving wordt gelijk gesteld aan de schade. De schade wordt uitgedrukt in Euro’s.

Schade 2 (“ondergemiddelde opbrengst”): Het verschil tussen de gemiddelde (1:2 jaar) actuele opbrengst en de actuele opbrengst in het betreffende droogtejaar. De ondergemiddelde opbrengst wordt gelijk gesteld aan de schade. De schade wordt uitgedrukt in Euro’s.

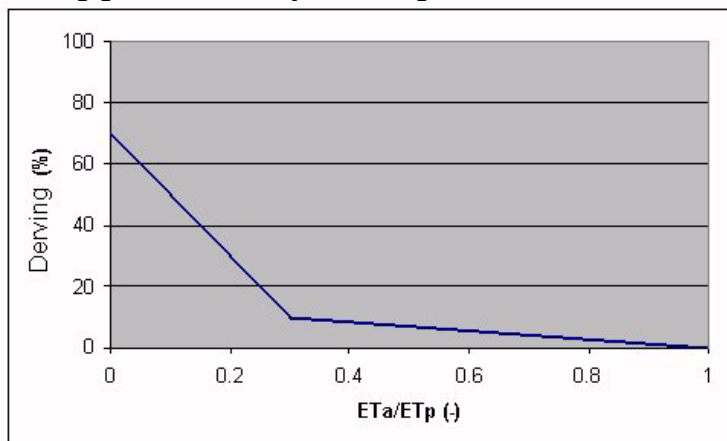
In deze rapportage worden bij de bespreking van de gevolgen van droogte in de landbouw zowel de twee genoemde definities voor schade gehanteerd als de derving. De derving kan in principe worden uitgedrukt in fysieke eenheden (kg) of in monetaire eenheden (€). Wanneer in deze rapportage de derving wordt gekwantificeerd, wordt deze voor het onderscheid met financiële

schade alleen uitgedrukt in percentages fysieke derving, dus het aantal kg actuele opbrengst gemist gedeeld door het aantal kg potentiële (maximaal te halen) opbrengst. De droogteschade wordt in deze rapportage uitgedrukt in euro's, dus als financiële schade. Deze wordt bepaald door vermenigvuldiging van de fysieke opbrengsten met eenheidsprijzen voor de verschillende gewassen. Deze worden in de volgende paragraaf beschreven.

4.1.3 Berekeningsmethode voor opbrengst, derving en schade in de landbouw

Model voor opbrengst in relatie tot watertekort

Op basis van de uitvoer van het hydrologische model (zie hoofdstuk 1) worden de opbrengsten in de landbouw berekend met het model AGRICOM. De opbrengst wordt in dit model in essentie bepaald door het verschil tussen de verdampingsbehoefte van een plant en de werkelijk gerealiseerde verdamping. Het model maakt gebruik van gewasspecifieke relaties tussen deze zogenaamde verdampingsreductie en de opbrengstderving, die afhankelijk zijn van de groeifase van de plant. Een voorbeeld van een dergelijke relatie is weergegeven in Figuur 4-2. Per tijdstap wordt met deze relaties de overlevingsfractie van de planten bepaald. Dit cumuleert tot een totale opbrengstderving aan het einde van het seizoen. Met deze methode is ook het verloop van de derving gedurende een jaar te volgen.



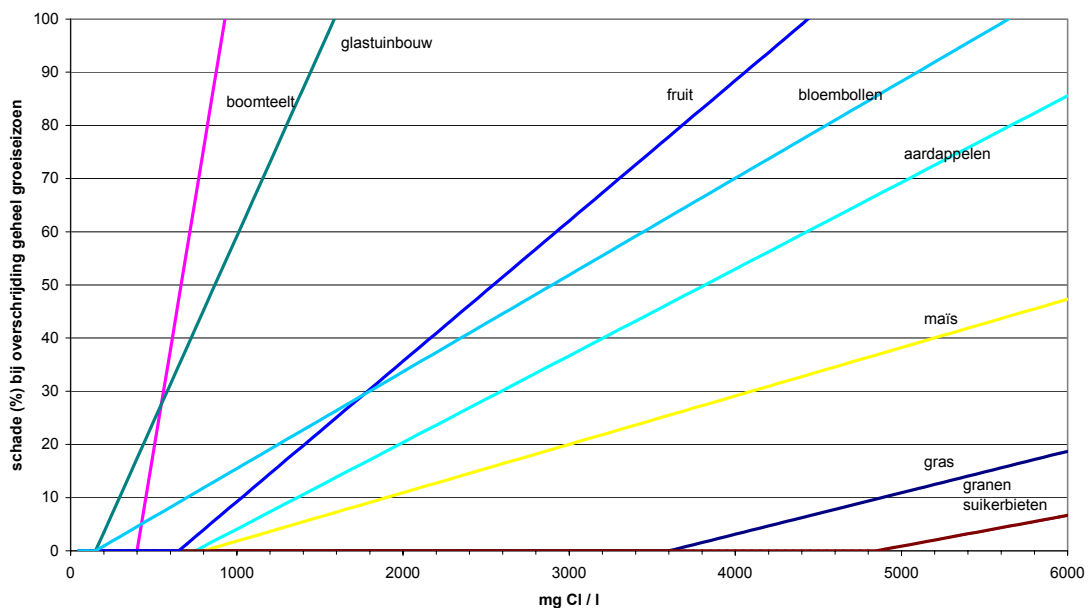
Figuur 4-2: Voorbeeld van een relatie tussen de verdampingsreductie ($E_{actueel} / E_{potentieel}$) en derving.

Model voor opbrengst in relatie tot verzilting

Bij een hoog zoutgehalte in het bodemvocht kan een gewas ten gevolge van osmose minder vocht opnemen dan nodig is. Behalve dit osmotische effect kunnen er ook andere nadelige reacties optreden, zoals giftige reacties, het dichtslaan van (klei)bodems en verbrandingsschade bij beregening (Alterra, 2004). In de berekeningen in de droogtestudie wordt alleen het veelal overheersende osmotische effect van zout beschouwd.

Voor de berekening van zoutschades wordt gebruik gemaakt van recent geïnventariseerde gewasspecifieke schadefuncties (Alterra, 2004). In de schadefuncties worden drempelwaarden gehanteerd voor het bodemzoutgehalte waar beneden geen schade optreedt. In het traject boven de drempelwaarde neemt de gewasschade lineair toe met toenemend zoutgehalte (zie Figuur 4-3). Uit de figuur is bijvoorbeeld af te leiden dat boomteelt erg gevoelig is voor al relatief lage chlorideconcentraties in het bodemvocht. Gras, granen en suikerbieten zijn in beperkte mate gevoelig voor het bodemzoutgehalte. Opgemerkt wordt dat de onderscheiden klassen in

werkelijkheid bestaan uit diverse subklassen, die afwijkende schaderelaties kunnen vertonen van de representatief geachte waarden in de figuur.



Figuur 4-3: Relaties tussen het zoutgehalte (mg Cl/l) en de opbrengstderving (bron Alterra, 2004).

Eenheidsprijzen

De financiële effecten van droogte in de landbouw worden in 2 stappen berekend. In de eerste stap worden de berekende opbrengsten gecombineerd met representatieve productiewaarden en gewogen naar het areaal van de verschillende gewassen in Nederland (Tabel 4-1). De potentiële gewaswaarden zijn afgeleid van de opbrengst in een reeks recente jaren (RIZA, 2004). Het effect van toenemende prijzen in tijden van (extreme) droogte (de prijselasticiteit voor droogte) is niet in de resultaten meegenomen. Ook zijn de effecten niet toegekend aan bijvoorbeeld de consument en/of de producent. In de praktijk wordt de landbouwschade grotendeels verhaald op de consument. In onderhavige analyse staan de opbrengsten (uitgedrukt met gemiddelde prijzen) in de hele landbouwsector centraal. Aangenomen is dat deze waarde de maatschappelijke kosten van de landbouwschade representeert.

Gewas (LGN3 classificatie)	Aandeel van totale landbouwareaal in NL (%)	Productiewaarde per hectare (€, prijspeil 2003)
Gras	56	1.350
Snijmaïs	11	1.500
Aardappelen	8	5.300
Suikerbieten	5	3.300
Granen	8	1.100
Fruit	1	13.200
Boomteelt	1	49.800
Bloembollen	1	28.900
Overig	8	5.100

Tabel 4-1: Representatieve gewaswaarden en arealen in de huidige situatie, gebruikt voor berekening financiële schade

Van het totale landbouwareaal, circa 70 procent van Nederland, bestaat meer dan de helft uit grasland met een relatief lage economische waarde. Kosten intensieve teelten zoals bloembollen, fruit en/of sierbomen nemen minder dan 3 procent van het areaal in gebruik.

Jaarlijkse verwachtingswaarde en Contante Waarde van de droogteschade

Zoals eerder beschreven wordt de droogteschade gedefinieerd door het verschil te beschouwen met een (langjarig) gemiddelde situatie. Door deze benadering wordt slechts een deel van de opbrengstderving (het verschil tussen potentiële en actuele opbrengst) als schade gezien. Op deze manier is in de financiële schade verdisconteerd dat een aanzienlijk deel van de opbrengstderving geaccepteerd is.

Ten gevolge van een vochttekort is de schade in de landbouw hoger in drogere jaren. In een extreem droog jaar kan de schade aanzienlijk zijn, maar de kans op deze schade is erg klein. In een matig droog jaar treedt een beperkte schade op, maar de kans op deze schade is hoog. Om het totale scala van de optredende schade met bijbehorende kansen (of herhalingstijden) in een hanteerbaar getal uit te drukken wordt de jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade berekend. Deze verwachtingswaarde wordt voor de huidige situatie bepaald op basis van een langjarige tijdreeks met een lengte van 30 jaar. Vanwege de lange rekentijden konden niet alle toekomstscenario's hiermee worden doorgerekend. Voor deze toekomstscenario's is gebruik gemaakt van een aantal karakteristieke droogtejaren (zie paragraaf 2.3).

De hoeveelheid geld die moet worden gereserveerd om toekomstige schade te kunnen bekostigen wordt uitgedrukt in de Contante Waarde (CW). De CW wordt berekend uit de JWV middels de formule:

$$CW = \left(\frac{1 - (1 - r)^n}{r} \right) \cdot JWV$$

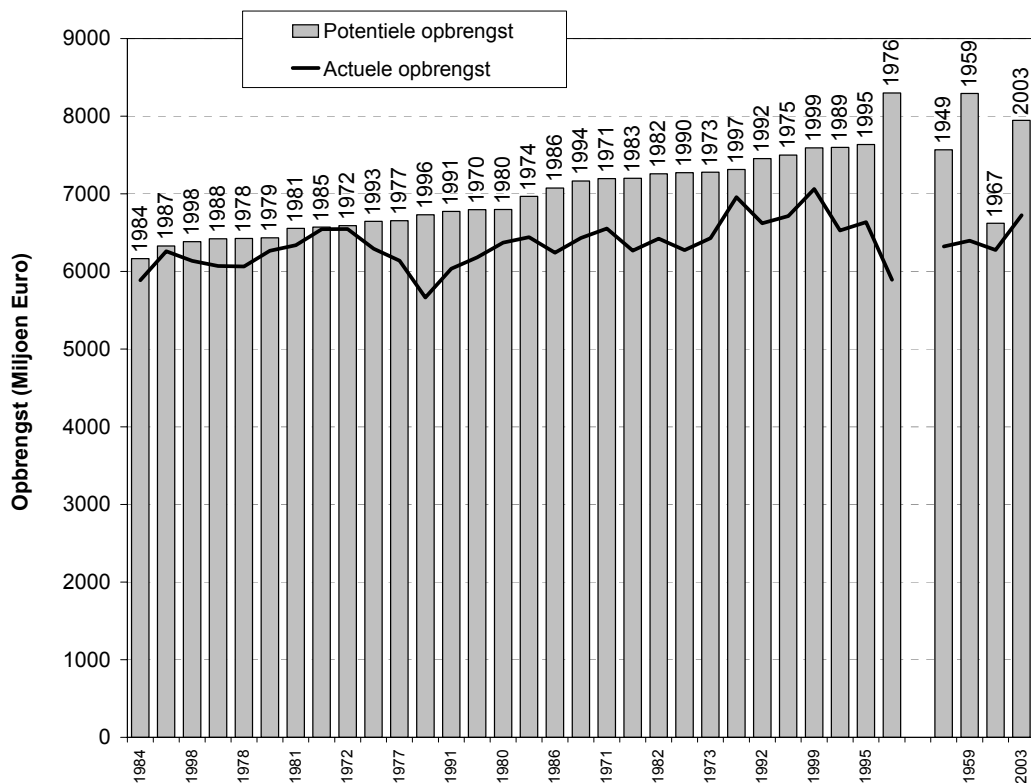
Waarin:

<i>CW</i>	=	Contante Waarde
<i>JWV</i>	=	Jaarlijkse verwachtingswaarde
<i>r</i>	=	discontovoet (0.04)
<i>n</i>	=	aantal jaren (oneindig)

4.2 Nationale schaal, huidige situatie

Zoals beschreven in paragraaf 4.1.2 is voor de bepaling van de landbouwschade geconstateerd dat deze niet enkel wordt bepaald door de derving. De derving geeft namelijk aan hoeveel van de potentiële (maximaal te realiseren) opbrengst niet kan worden gerealiseerd als gevolg van watertekort. In een droog jaar is de potentiële opbrengst doorgaans groter dan in een relatief nat jaar, de weersomstandigheden zijn meestal gunstiger voor gewasgroei, er kan meer worden verdampt door bijvoorbeeld meer zonuren. Het kan dus zijn dat de derving in een jaar met watertekorten wordt gecompenseerd door een hogere potentiële opbrengst. De uiteindelijke opbrengst in een relatief droog jaar kan daardoor hoger uitvallen dan in een normaal jaar. Daarom moet voor de droogteschade in de landbouw zowel het verschil tussen de actuele en potentiële opbrengst, als de hoogte van de actuele opbrengst en de potentiële opbrengst worden beschouwd.

In Figuur 4-4 is de potentiële opbrengst van de dertig doorgerekende jaren gesorteerd van laag naar hoog. De actuele opbrengst voor het betreffende jaar is tevens opgenomen in de figuur. In de figuur is te zien dat in de jaren met een hogere potentiële opbrengst ook vaak een hogere opbrengst wordt gerealiseerd (actuele opbrengst). Het grootste verschil tussen actuele en potentiële opbrengst treedt op in 1976, in 1996 is de actuele opbrengst uiteindelijk lager door de lage potentiële opbrengst in 1996. In 1984 is de actuele opbrengst vergelijkbaar met 1976, vooral veroorzaakt door de lage potentiële opbrengst in 1984. Uit de figuur is te concluderen dat de hoogte van de opbrengst in een (droog) jaar voor een belangrijk deel wordt verklaard door de potentiële opbrengst. De gemiddelde potentiële opbrengst over dertig jaar is 6970 miljoen euro, de gemiddelde actuele opbrengst 6340 miljoen euro.



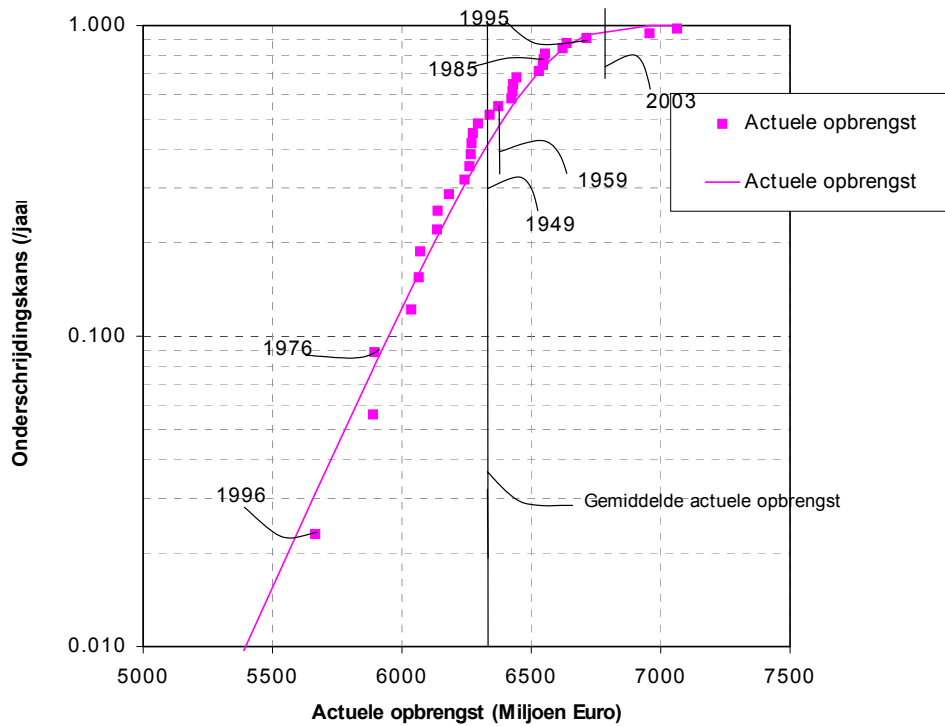
Figuur 4-4: Potentiële en actuele opbrengst voor de jaren 1970 tot en met 1999.

Naast de dertigjarige reeks zijn de droge jaren zoals doorgaans gebruikt bij de berekeningen voor de droogtestudie (1949, 1959 en 1967) toegevoegd in Figuur 4-4, evenals het recente droge jaar 2003.

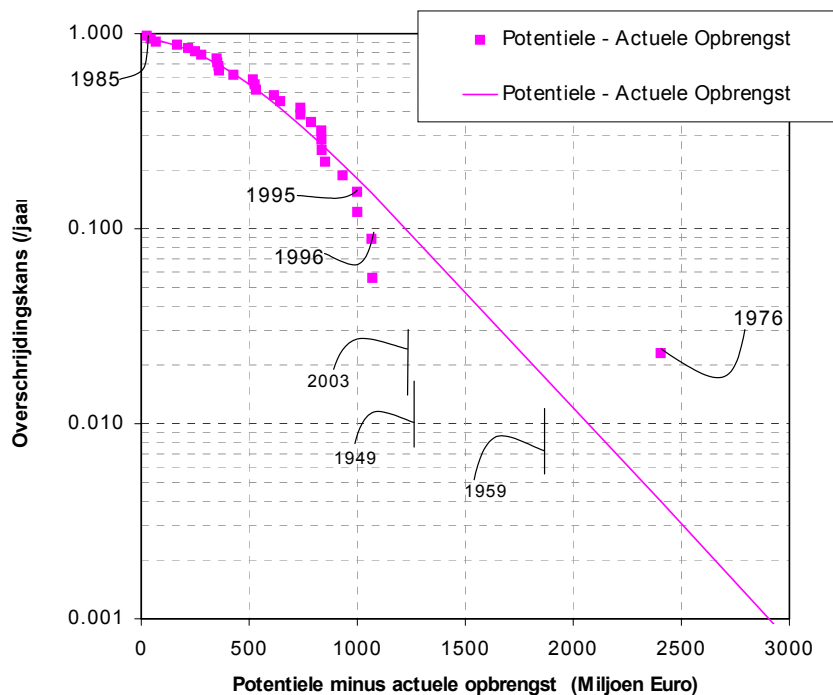
In Figuur 4-5 is de kansverdeling (geschatte verdeling: Gumbel) van de actuele opbrengst weergegeven. Ook is de gemiddelde actuele opbrengst weergegeven en de actuele opbrengsten van de droogtejaren 1949, 1959 en 2003 (Noot: deze karakteristieke jaren zijn met een verticaal streepje aangegeven en niet met een symbool omdat ze in de 30-jarige reeks niet doorgerekend zijn en dus niet meetellen in de statistiek oftewel de onderschrijdingsfrequenties. Wel kan met behulp van de op basis van de 30-jarige reeks vastgestelde statistiek in de figuren met de verticale streepjes afgelezen worden wat de verwachte onderschrijdingsfrequentie van de droogteschade van genoemde karakteristieke jaren is). In de figuren is te zien dat de

opbrengsten in 1959 en 2003 hoger zijn dan gemiddeld (rechts van de gemiddelde opbrengst in de figuur). Het positieve effect van de hogere potentiële opbrengsten is in die jaren dus zelfs sterker dan het negatieve effect van watertekorten.

Ter illustratie van de opbrengstderving is in Figuur 4-6 de kansverdeling van het verschil tussen de potentiële en actuele opbrengst weergegeven. Hierin is te zien dat 1976 een zeer bijzonder jaar is. Het verschil tussen de potentiële en actuele opbrengst is erg groot.



Figuur 4-5: Kansverdeling van de actuele opbrengst voor de jaren 1970 tot en met 1999.



Figuur 4-6: Kansverdeling van het verschil tussen potentiële en actuele opbrengst voor de jaren 1970 tot en met 1999.

De jaarlijkse verwachtingswaarde en Contante Waarde van de derving en de schade wordt met de waarden van de karakteristieke droogtejaren samengevat in Tabel 4-2.

	Potentiële opbrengst (mln. Euro)	Actuele opbrengst (mln. Euro)	Derving** (%)	Schade,*** methode 1 (mln. Euro)	Schade,*** methode 2 (mln. Euro)
1976	8299	5894	35	1780	530
1959	8293	6396	25	1270	125
1949	7567	6323	20	620	130
1996	6731	5665	20	440	675
1967	6622	6276	5	0	100
JVW*	6970	6343	10	180	150
NC*	175000	160000	-	4500	3750

Tabel 4-2: Derving en schade in de landbouw
(*: gebaseerd op de 30-jarige reeks, **: afgerond, ***: schade afgeleid op basis van regionale drempelwaarden, die kunnen afwijken van de landelijke gemiddelde drempelwaarden)

Uit de tabel blijkt dat voor het jaar 1959, dat te boek staat als een droog jaar (vooral laat in het jaar, zie paragraaf 2.3.4), volgens de eerste methode relatief grote schade wordt berekend, omdat de derving in het jaar (25%) meer dan gemiddeld is, maar volgens de tweede methode slechts beperkte schade. Dit is te verklaren door het hiervoor genoemde effect van een verhoging van de potentiële opbrengst voor jaren met veel zonneschijn. Terwijl als gevolg van watertekorten de hoge potentiële opbrengst niet gerealiseerd kan worden, wordt de vermindering van de opbrengst als gevolg van watertekort voor een groot deel gecompenseerd door goede

groeicondities. Per saldo ontstaat daardoor beperkte schade. Het jaar 1996 kent vanwege dit mechanisme de tegenovergestelde uitkomsten: een hoge schade (minder opbrengst dan gemiddeld) als gevolg van slechte groeicondities. Dit toont aan dat de statistiek van de meteorologie van droge jaren niet aansluit bij de statistiek van droogteschade in de landbouw volgens de tweede definitie. Om die reden wordt voor de analyse zoveel mogelijk gebruik gemaakt van de berekeningsresultaten van een langjarige tijdreeks met een lengte van 30 jaar en op basis daarvan de statistiek van droogteschade bepaald.

Uit de berekeningsresultaten wordt het volgende geconcludeerd:

- De langjarige verwachting van opbrengstderving bedraagt over alle gewassen voor heel Nederland gemiddeld 10 procent. Als zich in de huidige situatie opnieuw een extreem droog jaar zoals 1976 zou voordoen, zou de opbrengstderving in de landbouw ongeveer 35% bedragen. In extreem droge situaties is de opbrengstderving dus ruim 3 keer zo groot als langjarig gemiddeld.
- De grootte van de landbouwschade hangt af van de gehanteerde definitie, vooral de schade in de individuele jaren kan sterk verschillen.
- Op nationale schaal wordt de langjarige schade voor 99% bepaald door het vochttekort in de bodem en slechts voor 1% door te hoge zoutgehalten. De geringe zoutschade is vooral te danken aan het huidige waterbeheer, waarbij:
 - Bij een te hoog chloridegehalte niet wordt berekend.
 - Veel wordt doorgespoeld en water met hoge chlorideconcentraties beperkt wordt ingelaten.
 - De verzilting wordt onderdrukt bij de huidige wijze van peilhandhaving (KIWA, 2004). In droge jaren wordt daardoor de zoutschade in verzilte gebieden beperkt (met als gevolg dat droogteschade elders in het land kan optreden).Bovendien zal in gebieden waar de chlorideconcentratie onvoldoende kan worden beheerst doorgaans geen (vollegrond) productie worden bedreven.
- De jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade wordt voornamelijk bepaald door droogtejaren met herhalingstijden tot 10 jaar. Jaren met herhalingstijden groter dan 30 jaar tellen slechts voor een gering deel mee in de jaarlijks verwachte schade. Dit betekent dat maatregelen vooral moeten worden gericht op droogtejaren die relatief vaak voorkomen. Vanuit economisch oogpunt zal het weinig rendabel zijn om specifieke oplossingen voor extreem droge jaren te zoeken, tenzij een dergelijke oplossing weinig kost.

4.3 Regionale schaal, huidige situatie

4.3.1 Derving

In de analyse van de berekeningsresultaten worden 7 regio's onderscheiden. Per regio is de (ruimtelijk gemiddelde) jaarlijks verwachte opbrengstderving afgeleid (Tabel 4-3). Uit de berekeningsresultaten blijkt dat de jaarlijkse verwachtingswaarde van de opbrengstderving regionaal maximaal 6% varieert. De derving is het grootst in noordoost en oost Nederland en het kleinst in noordwest Nederland.

Regio	Opbrengstderving droogte (%)	Opbrengstderving zout (%)
Noordwest	7	< 1
Noordoost	13	< 1
Middenwest	9	< 1
Oost	13	0
Zuidwest	10	< 1
Zuid-zuidoost	9	0
Nationale schaal	10	< 1

Tabel 4-3: Jaarlijks verwachte waarde van de opbrengstderving per regio in procenten van de fysieke potentiële opbrengst, huidige situatie.

4.3.2 Schade

De afgeleide regionale jaarlijkse verwachtingswaarden van de financiële schade zijn weergegeven in Tabel 4-4. Voor de schade zijn weer twee definities gebruikt, zoals beschreven in paragraaf 4.2. Bij methode 1 is de grootste financiële schade per ha te verwachten in zuidwest Nederland, de laagste in noordoost Nederland. Bij methode 2 is dat respectievelijk noordwest en noordoost Nederland. De regionale variatie in de schade bedraagt maximaal een factor 2. Uit vergelijking met tabel 4-3 volgt dat een hoge regionale derving niet overeen hoeft te komen met een hoge financiële schade. Dit komt omdat de financiële schade sterk afhankelijk is van de productiewaarde die van regio tot regio varieert.

Regio	Jaarlijkse verwachte waarde schade, methode 1 (€/ha)	Jaarlijkse verwachte waarde schade, methode 2 (€/ha)
noordwest	70	105
noordoost	65	45
middenwest	65	65
oost	80	50
zuidwest	115	80
Zuid-oost	100	80
Nationaal	80	65

Tabel 4-4: Regionale schade in de landbouw.

4.4 Toekomstscenario's (2050)

4.4.1 Inleiding

De belangrijkste ontwikkelingen die effect hebben op de toekomstige landbouwproductie en die zijn meegenomen in de berekeningen zijn:

- verandering van landbouwarealen;
- prijsdaling van landbouwproducten;
- verandering van het verdamping- en neerslagpatroon in het groeiseizoen;
- effecten van een toename van de temperatuur en verandering van het CO₂ gehalte op de toekomstige gewasverdamping.

Het controlist-scenario 2050 met 1 graad temperatuurstijging staat centraal. Daarnaast zijn gevoeligheden onderzocht van landgebruik en klimaatswijziging.

In het controlist-scenario is het totale areaal aan landbouwgronden 17% afgenomen, met name de arealen aan akkerbouwgewassen zijn sterk verminderd (zie onderstaande tabel).

Gewas (volgens LGN3 classificatie)	Areaal (ha)	aandeel van totale landbouw areaal NL 2050 (%)	Productiewaarde per hectare (euro, prijspeil 2050)
Gras	1.211.075 (-15%)	59	1.080 (-20%)
Snijmaïs	236.525 (-9%)	12	1.200 (-20%)
Aardappelen	124.300 (-31%)	6	4.240 (-20%)
Suikerbieten	79.750 (-31%)	4	2.640 (-20%)
Granen	127.575 (-32%)	6	880 (-20%)
Fruit	35.600 (+1%)	2	11.900 (-10%)
Boomteelt	19.200 (-0%)	1	44.800 (-10%)
Bloembollen	24.300 (+2%)	1	26.000 (-10%)
Overig	173.350 (-0%)	9	4.600 (-10%)

Tabel 4-5: Verandering van gewasarealen en gewasproductiewaarden in het zichtjaar 2050 (controlist) ten opzichte van de huidige situatie.

Verandering in klimaat heeft effecten op zowel het neerslagtekort in het groeiseizoen, de potentiële opbrengst en mogelijk op het eerder sluiten van de huidmondjes bij een hoger CO₂ gehalte. Dit laatste is overigens in dit scenario niet meegenomen.

Voorspellingen over het prijspeil in 2050 zijn niet voorhanden. Wel zijn er projecties voor 2020 gemaakt door het LEI (2003) en het CPB (2004). Het prijspeil in 2050 in deze studie is gebaseerd op deze inschattingen voor 2020. Onder andere door het wegvallen van EU prijssteun is de rekening gehouden met een daling van 20% voor de gewaswaarde van de meeste landbouwgewassen en 10% voor de kapitaalintensieve teelten (Kind en Goedemans, 2004).

4.4.2 Derving en schade scenario controlist, nationale schaal

De jaarlijkse verwachtingswaarde van de opbrengstderving in Nederland voor het zichtjaar 2050 bedraagt 10 procent. De opbrengstderving in de landbouw als gevolg van het toenemende vochttekort is met de schade voor de verschillende karakteristieke jaren in onderstaande tabel weergegeven.

Karakteristiek jaar	verandering opbrengstderving (%)
1976	+2%
1959	+5%
1949	+7%
1996	+9%
1967	+9%
JVW en CW	+3%

Tabel 4-6: Veranderingen in de opbrengstderving en schade voor de karakteristieke droogtejaren, zichtjaar 2050 (controlist) ten opzichte van dezelfde jaren in de huidige situatie.

Uit de berekeningsresultaten blijkt het volgende:

- Voor alle jaren neemt de opbrengstderving toe. In de droogste jaren is de toename het geringst.
- Toch neemt de financiële schade in de toekomstige jaren op nationale schaal af, als gevolg van een afname van het landbouwareaal en daling van de gewasproductiewaarden. De daling van de JVW en CW van de schade bedraagt circa 25% (methode 1) of 20% (methode 2). Hierbij is een nieuwe drempelwaarde voor de toekomstige gemiddelde situatie afgeleid.
- Slechts 1 procent van de fysieke opbrengstderving wordt veroorzaakt door zoutschade. Dit is nagenoeg gelijk aan het percentage in de huidige situatie.
- Door een toename in de verdamping in de toekomstige situatie neemt de potentiële opbrengst ongeveer 4% toe. Door een hoger bodemvochttekort in het toekomstscenario ten opzichte van de huidige situatie neemt de actuele opbrengst niet toe, deze neemt af met 5%.

4.4.3 Toekomstbeeld, gevoeligheidsanalyses overige scenario's

Naast het controlist scenario zijn andere scenario's bekeken met als doel een beeld te krijgen van de gevoeligheid van landbouwschade ten aanzien van klimaat en landgebruik. De analyses zijn uitgevoerd voor het gemiddelde jaar 1967. Voor een uitgebreide beschrijving van de scenario's wordt verwezen naar paragraaf 3.4.4.

Drie veranderingen in landgebruik zijn bekeken bij een klimaatverandering behorend bij 1 graden temperatuurstijging (controlist scenario). Uit de berekeningen blijkt dat er nauwelijks verschil is in de derving ten gevolge van de veranderingen in het ruimtegebruik. De beschikbaarheid van het bodemvocht is, gemiddeld per areaal landbouwgrond in Nederland dus ongevoelig voor variatie van het landgebruik en verschuiving in de teelten. Hierbij wordt opgemerkt dat geen nieuwe gewastypen, zoals waterbesparende en "exotische" gewassen zijn verwerkt in de landgebruikscenario's. De verschillende scenario's in landgebruik hebben wel invloed op de totale (financiële) productie in de landbouw in Nederland. Deze verschillen worden vooral verklaard door het verschil in afname van areaal.

Voor de klimaatsontwikkeling zijn effecten van de belangrijkste vier scenario's op de productie en de opbrengstderving bepaald. De resultaten hiervan zijn opgenomen in Tabel 4-7 en Tabel 4-8.

De resultaten zijn enkel bepaald voor een gemiddeld droog jaar en beschrijven dus de veranderingen die in een gemiddelde situatie mogen worden verwacht in de toekomst.

In de tweede rij van Tabel 4-7 is te zien dat in het controlistscenario is uitgegaan van een toename van de potentiële productie van 4%, evenredig met de toename van de referentie-verdamping (KNMI/RIZA, 2004). In de andere klimaatscenario's kan deze door andere invulling van de referentieverdamping (KNMI/RIZA, 2004) variëren van een afname van 1 procent, tot een toename van 20 procent. De meeste scenario's laten dus zien dat er in de toekomst een grotere productie mogelijk is als er voldoende water beschikbaar zou zijn. Als wordt gekeken naar de actuele productie per hectare (Tabel 4-7, 3^e rij), is te zien dat de actuele productie in alle toekomstscenario's ook toeneemt (met 1 tot 10 procent). Dit betekent dat de toename van de productie door een hogere potentiële productie groter is dan de afname ten gevolge van droogte.

Het verschil in toename tussen potentiële en actuele productie wordt bepaald door het niet beschikbaar zijn van vocht in de wortelzone (door droogte) en is uitgedrukt in de opbrengstderving (Tabel 4-8). In het droge scenario is het beschikbaar vocht het meest beperkend, meer nog dan extreme klimaatsverandering behorend bij een temperatuurstijging van 2 graden.

Uit de tabellen blijkt dat het antwoord op de vraag of de toekomstige droogte voor de landbouw een negatief effect heeft sterk afhankelijk is van de gehanteerde definitie van schade. De actuele opbrengst neemt in de toekomstige situatie in een gemiddeld droog jaar wat toe, de opbrengstderving neemt daarentegen sterker toe.

Wijziging fysieke productie per ha, t.o.v. huidige situatie	Klimaat			
	Controlist (+1 °)	Scenario wijziging transpiratie (+1° C)	Bovenschatting (+2 °)	Droog scenario
Wijziging potentiële productie per ha	+4%	-1%	+15%	+20%
Wijziging actuele productie per ha	+3%	+1%	+10%	+4%

Tabel 4-7: *Wijziging van de potentiële en actuele fysieke productie per hectare in het toekomstige gemiddeld jaar (1967) bij verschillende klimaatscenario's voor 2050, ten opzicht van de huidige situatie.*

Opbrengstderving (%)	Klimaat			
	Controlist (+1 °)	Scenario wijziging transpiratie (+1° C)	Bovenschatting (+2 °)	Droog scenario
Opbrengstderving (%)	5%	5%	10%	20%

Tabel 4-8: *Gemiddelde opbrengstderving (afgerond) in het toekomstige gemiddeld jaar (1967) bij verschillende klimaatscenario's voor 2050*

4.5 Natschade versus droogteschade

4.5.1 Derving

Op basis van de dertigjarige reeks is de opbrengstreductie voor natte omstandigheden bepaald met de IKC-methode (IKC-HELP-tabellen, op basis van GHG) en vergeleken met de eerder gepresenteerde langjarig verwachte derving door droogte (op basis van verdampingsreductie). In onderstaande tabel zijn de resultaten weergegeven.

	Langjarige derving door droge omstandigheden (%)	Langjarige derving door natte omstandigheden (%)
Middenwest	9	10
Noordoost	13	7
Noordwest	7	11
Oost	13	5
Zuidwest	10	7
Zuid-zuidoost	9	8
Nationaal	10	8

Tabel 4-9: Opbrengstreductie door te natte omstandigheden, op basis van de IKC-methode

De mediaan van de natschade varieert van 5% (Oost Nederland) tot 11% (Noordwest Nederland). Deze variatie is verklaarbaar omdat de natschade naast de neerslag voornamelijk afhankelijk is van de grondsoort en de ontwateringscapaciteit. De overwegend klei- en veenprofielen in west Nederland hebben een lagere infiltratiecapaciteit en een geringer bergend vermogen door de relatief verzadigde profielen en vertonen dus gemiddeld meer natschade dan de zandgronden in bijvoorbeeld het oosten van het land.

In de tabel is te zien dat bij de heersende meteorologische omstandigheden de langjarig gemiddelde derving door droge omstandigheden ongeveer vergelijkbaar is met de gemiddelde derving onder natte omstandigheden. Hierbij moet worden vermeld dat de extremen in zowel natte als droge situaties nauwelijks een aandeel hebben in de berekende derving. Bovendien is de berekende natschade slechts indicatief, omdat het gehanteerde modelinstrumentarium is ingericht voor berekening van gemiddelde, droge en extreem droge situaties en niet voor extreem natte situaties. De effecten van natte extremen worden wellicht onderschat in de berekeningen.

Op basis van deze uitkomsten kan voorzichtig worden gesteld dat gemiddeld over grote delen van Nederland, de watersystemen voor de gemiddelde situatie wat beter zijn ingericht voor het verwerken van natte situaties dan voor droge situaties. Op lokale schaal hoeft dit echter niet op te gaan. Beter onderbouwde analyse op regionaal schaalniveau is nodig om harde conclusies te trekken over het verschil tussen nat- en droogteschade.

4.5.2 Schade

De hierboven genoemde derving geeft een reductie van de fysieke productie, gemiddeld over alle landbouwgewassen. Wanneer ook de waarden van gewassen wordt meegewogen wordt inzicht verkregen in de financiële schade. In tabel 4-10 is per regio de financiële natschade weergegeven. De hoog liggende gebieden in Nederland kennen gemiddeld minder natschade dan de laag liggende gebieden. Gemiddeld over Nederland zal de actuele opbrengst zo'n 173 €/ha lager liggen dan de potentiële opbrengst, als gevolg van natte omstandigheden. Voor de droogteschade is een lagere waarde van circa 65 a 80 €/ha berekend. Opgemerkt wordt dat bij de

droogteschade een drempelwaarde voor gemiddelde omstandigheden is geïntroduceerd, waardoor de schade naar beneden is bijgesteld (zie par. 4.2). Wanneer het gehele verschil tussen actuele en potentiële opbrengst (gemiddeld 265 € /ha) zou worden meegenomen, dus inclusief de droogte effecten in gemiddelde omstandigheden, zijn langjarige gemiddeld de financiële consequenties van te droge omstandigheden groter dan die van te natte omstandigheden.

Een andere reden waarom de berekende natschade niet direct vergelijkbaar is met de droogteschade, is van bedrijfsmatige aard. In de praktijk wordt de natschade door ondernemers als ernstiger ervaren dan droogteschade, omdat in te natte situaties hele oogsten relatief snel verloren kunnen gaan. In droge omstandigheden is eerder sprake van langzaam opbouwende schade, waar soms nog op geanticipeerd kan worden, gedeeltelijke opbrengstvermindering en verspreid risico. Langjarig gemiddelde droogteschade wordt daarom voor een groot deel geaccepteerd door de ondernemer. Dit is juist de reden waarom de drempelwaarde voor droogteschade is geïntroduceerd.

Regio	Financiële natschade (€/ha/jaar)
Middenwest	156
Noordoost	130
Noordwest	431
Oost	78
Zuidwest	255
Zuid-zuidoost	174
Nationaal	173

Tabel 4-10: Gemiddelde natschade over 30 jaar, gebaseerd op de IKC-methode.

Zoals eerder genoemd zijn de berekeningen voor natschade slechts indicatief. Nadere analyse zal moeten aantonen of de berekende waarden daadwerkelijk een representatieve (gemiddelde) natschade weergeeft. Aanbevolen wordt om bij het berekenen van maatregelen met behulp van een aparte analyse de bandbreedte van natschade te verkennen.

4.6 Beperkingen en vereenvoudigingen

Bij de berekende schade voor de landbouw gelden de volgende beperkingen en vereenvoudigingen:

- De resultaten zijn gemiddeld weergegeven voor de agrarische sector in Nederland. Op bedrijfsniveau kan het effect van droogte sterk afwijken (positief of negatief). Bijvoorbeeld wanneer een aardappelboer zijn contractueel verplichte hoeveelheid niet kan leveren door opbrengstvermindering in een droog jaar, is hij genoodzaakt om op de markt een extra hoeveelheid aan te kopen, tegen wellicht hoge tarieven. Voor individuele bedrijven kunnen de gevolgen in dit voorbeeld sterk nadelig uitpakken.
- De prijselasticiteit van droogte, die aangeeft dat bij een dalend aanbod een stijgende prijs optreedt is nog niet meegenomen in de analyse. Nederland is naar verwachting minder gevoelig voor droogte dan de omliggende landen. Bij een toenemende vraag vanuit de omliggende landen zullen de prijzen stijgen, waardoor een droog jaar geen financieel slecht jaar voor de Nederlandse landbouwsector hoeft te zijn (LEI, 2003). De schade wordt in dat geval (deels) wel afgewenteld op de Nederlandse burgers. Deze factoren kunnen bij een

maatschappelijke kostenbaten analyse worden meegenomen (zie de rapportage over het beoordelingskader in de droogtestudie).

- Bij de berekening van de derving wordt er van uitgegaan dat de kwaliteit van de resterende oogst voldoende is. In werkelijkheid kan de kwaliteit tekort schieten als gevolg van droogte. Hierdoor zal bijvoorbeeld door veehouderijen ruwvoer moeten worden ingekocht om tegenvallende maïs en gras opbrengsten te compenseren. Deze schade als gevolg van een verslechterde kwaliteit van de oogst is niet meegenomen.
- Derving als gevolg van een verslechterde bewerkbaarheid (bijvoorbeeld harde kleigrond tijdens droogte) is niet meegenomen.
- In de scenario modellering is nog geen rekening gehouden met beregeningsverboden uit grondwater en oppervlaktewater. Uit een gevoeligheidsanalyse van een scenario zonder beregening uit grond- en oppervlaktewater voor een extreem droog jaar zoals 1976 neemt de opbrengstderving in de landbouw toe met 6 procent (dus van 35% in de (ten dele) beregende situatie naar 41% procent in de niet beregende situatie). De bijbehorende financiële schade neemt in dit extreem droge jaar echter sterk toe (ongeveer 40%), met name omdat de duurere gewassen intensief beregend worden. De impact van verbieden van (alle) beregening in zo'n extreem droog jaar op de schade in de landbouw is dus groot.
- De prijsontwikkelingen in de landbouw laten zich moeilijk voorspellen, onder meer door liberalisering van de landbouwmarkt op Europese en mondiale schaal. De gehanteerde prijsdaling voor de toekomstscenario's is het resultaat van een combinatie van onderzoek van het LEI (2003) en het NEI (2003). Het LEI geeft aan dat het niet uitgesloten is dat (behalve voor tuinbouwproducten) in 2015 al prijsdalingen van 40 a 50 procent voor kunnen komen, ten opzichte van 1995. De gehanteerde dalingen van voornamelijk 10 a 20 procent zijn dus mogelijk nog aan de lage kant.
- Bij de berekening van toekomstscenario's is voor de landbouwproductie aangenomen dat deze alleen (extern) beïnvloed wordt door verandering van meteorologische en hydrologische omstandigheden. Niet meegenomen zijn toekomstige wijzigingen van groeicurven /groeicycli van gewassen en de daarmee samenhangende wijziging in opbrengsten. Wel meegenomen zijn wijziging van potentiële en actuele opbrengsten in de landbouw ten gevolge van de wijziging van de potentiële en actuele verdamping bij klimaatverandering en de gevolgen van het veranderende watergebruik in de landbouw op de toekomstige hydrologische situatie.
- In de berekening is geen rekening gehouden met indirecte, afgeleide effecten op bijvoorbeeld de aanleverende en verwerkende industrieën. Vooronderzoek hiernaar is verricht door ECORYS/NEI (2003). Nadere uitwerking zal plaats vinden in het beoordelingskader.

4.7 Bronnen

Alterra (2004), C.W.J. Roest, P.J.T. van Bakel, A.A.M.F.R. Smit. Actualisering van de zouttolerantie van land- en tuinbouwgewassen ten behoeve van de berekening van de zoutschade in Nederland met het RIZA-instrumentarium. Briefadvies t.b.v. Droogtestudie Nederland.

Van Boheemen, P.J.M. (1980), Seizoen- en piekbehoefte aan kunstmatige watervoorziening bij gras-, aardappelen en tuinbouwgewassen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, nota 1211, Wageningen.

CoGroWa (1984), Landbouwkundige aspecten van grondwaterontrekking, Commissie Grondwaterwet waterleidingbedrijven- werkgroep Lanbouwkundige aspecten, Utrecht.

ECORYS-NEI (2003), M. Briene en M. Wienhoven. Indirecte effecten t.b.v. Droogtestudie

LEI (2003), S. van Berkum, J.F.M. Helming, C.J.W. Wolswinkel e.a. Welvaartseffecten van droogteschade in de landbouw; onderzoek naar prijsontwikkelingen en prijselasticiteiten van landbouwgewassen ten behoeve van het agricom model.

KIWA (2005). Wordt Nederland natter? Effecten van CO₂ op verdamping; onderzoek voor de Droogtestudie Nederland. J.P.M. Witte, B. Kruijt en C. Maas, Nieuwegein.

KNMI/RIZA (2004). Droog, droger, droogst, KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. J.J. Beersma, T. A. Buishand, H. Buiteveld

RIZA (2004), Kind en Goedemans, afleiding van gewaswaarden voor tweede fase droogtestudie, interne notitie RIZA.

5 Natuur

5.1 Huidige situatie

5.1.1 Rijkswateren

Over de ecologische effecten van een extreem droog jaar op de Rijkswateren kan een indicatie worden gegeven op basis van ervaringen uit het verleden. Voor de huidige situatie zal dit leiden tot diverse nadelige ecologische effecten, maar deze effecten zullen vooral tijdelijk van aard zijn. Verwacht wordt dat de effecten zich vooral zullen voordoen in de grote stilstaande wateren (meren). In het onderzoek (RIZA, 2005) zijn effecten beschreven voor de rivieren en de meren.

Rivieren

Voor het zomerbed van de rivier, dat wil zeggen het deel tussen de zomerdijken, heeft een geringere afvoer in eerste instantie consequenties voor de omvang van het zomerbed. Bij extreme droogte komen de kribben geheel droog te vallen waardoor het habitat tussen de kribben niet meer kan bijdragen aan de rivier en dus een belangrijk refugium voor vele organismen wegvalt. Dit verlies betekent ook een verlies van een belangrijke voedselbron voor vogels die elders hun heil moeten zoeken. De tijd die nodig is voor het herstel van nagenoeg alle steengebonden soorten over het grootste deel van de rivier zal variëren van één tot meerdere jaren.

De verblijftijd van het water zal toenemen, zeker in gedeelten van de rivier die gestuwd zijn. Analyse toont aan dat bij lagere afvoeren van de rivier de concentraties nutriënten en chlorofyl toenemen, terwijl het zwevend stof afneemt. In de winterperiode gebeurt het tegenovergestelde. De grotere dynamiek die hierdoor ontstaat, zal leiden tot bevoordeling van meer flexibele soorten.

Een direct gevolg van de lagere waterstanden is de grotere kans op beschadigingen van vissen door meer inname van water door elektriciteitscentrales en de grotere raakkans door scheepsschroeven. In 2003 werd waarschijnlijk als gevolg hiervan grote sterfte geconstateerd onder aal in de Rijn. Door de lage waterstanden zullen vispassages slechts in zeer beperkte mate of niet werken, waardoor de vissen kwetsbaarder worden.

Meren

Belangrijkste risico's in de grote meren zijn het optreden van stratificatie van stagnante wateren en daarmee de kans op zuurstofloosheid. Hoewel de situatie ten aanzien van zuurstofbindende verontreiniging in de afgelopen jaren is verbeterd, kan lokaal toch vissterfte optreden. Onder invloed van hoge temperaturen kunnen blauwalgen gemakkelijk de kop op steken, vooral in geëutrofiëerde wateren. Dit betekent dat in bijna alle wateren die direct of indirect gevoed worden door de Rijn of Maas blauwalgenbloei kan optreden. In de wateren dieper dan 3 meter kan dit leiden tot bloei van *Microcystis*, die giftige drijfslagen kan vormen en voor vogels en recreatie een grote zorg is. In 2003 is waarschijnlijk als gevolg van bloei van blauwalgen sterfte opgetreden van enkele honderden duikeenden in Volkerak-Zoommeer en Oostvaarder plassen. Al eerder in 2002 was er in het Volkerak-Zoommeer sprake van grootschalige sterfte van watervogels. Bloei van blauwalgen kan (in extreme gevallen) leiden tot botulisme en bedreigend zijn voor mensen. De hoge temperatuur is schadelijk voor sommige vissoorten zoals pos en spiering. In IJsselmeer kan op grote schaal sterfte optreden van spiering wat daarmee de voedselbeschikbaarheid voor de zwarte stern en fuut sterk vermindert.

Hoewel deze ecologische effecten nadelig zijn voor o.a. watervogels en vissen in het ecosysteem, wordt verwacht dat de vegetatie niet significant zal veranderen en is herstel van de oorspronkelijke situatie zeer aannemelijk. Voor de oevervegetatie kan een wisselend waterpeil zelfs een stimulans zijn voor uitbreiding.

De effecten van hogere temperaturen op de Nederlandse meren zijn daarbij belangrijker dan de droogte op zich omdat het waterpeil in de meren door waterbeheer constant gehouden wordt. Alleen als het waterpeil onder invloed van de droogte sterk zou variëren zou dit invloed uitoefenen op het ecologisch functioneren. Nu is het voornaamste gevolg van droogte dat de verblijftijden in de meren langer worden. Het is niet mogelijk gebleken de negatieve effecten van langere verblijftijden af te zetten tegen de positieve effecten van een geringere belasting. Dit verschilt sterk per meer en vraagt detailinformatie die de uitwerking op landelijke schaal onmogelijk maken.

5.1.2 Regionale wateren

Volgens de deskundigen zijn de regionale wateren veel kwetsbaarder voor extreme droogte dan rijkswateren, hoewel een nauwkeurige kwantitatieve schatting op landelijke schaal lastig is vanwege de veelsoortigheid van ecosystemen en het ontbreken van landelijk consistente data. De inschatting van de effecten is daardoor vooral kwalitatief van aard en gebaseerd op literatuurstudie en interviews met deskundigen.

Droogte uit zich in eerste instantie door hydrologische wijzigingen in de regionale wateren. In de diepere wateren treden waterstandsverlagingen op waardoor delen van het natte profiel droog vallen, in ondiepe stilstaande wateren kunnen de waterlopen zelfs geheel droogvallen. De bovenlopen van beken kunnen droogvallen of krijgen een stagnant karakter. Mede door deze hydrologische veranderingen zullen de milieucondities voor de natuur in en rond de regionale wateren worden beïnvloed. Door afname van de waterdiepten zal de concentratie van stoffen in het water toenemen. Door de verhoging van de concentratie van nutriënten, macro-ionen en organische verbindingen treedt eutrofiëring, saprobiëring (= verontreiniging van oppervlaktewater met organisch afval), verharding en verzilting op. De verzilting wordt nog eens versterkt door opdringend zout kwelwater ten gevolge van toename van de kweldruk. Daarnaast treden grotere temperatuurfluctuaties in het water op en over het algemeen een verhoging van de watertemperatuur. De concentratie zuurstof in het oppervlaktewater fluctueert sterk door vooral de temperatuurfluctuaties overdag en 's nachts. 's Nachts leidt dit vaak tot zuurstofloosheid. Ook zal door het wegvallen van de stroming fijn materiaal gaan bezinken, waardoor de structuur van de bodem verandert.

De wijzigingen van de milieucondities naar meer extreme situaties zal negatieve consequenties hebben voor de organismen die van die regionale wateren afhankelijk zijn. Met name de sterk gespecialiseerde en moeilijk herkoloniseerbare organismen die afhankelijk zijn van stabiele condities in geïsoleerde regionale watersystemen zijn kwetsbaar. Door verdroging heeft de mens de kwetsbaarheid van deze ecosystemen vergroot. Als bij een extreme droogte een dergelijk regionaal watersysteem droog valt, terwijl dit van nature nooit zou mogen voorkomen, zal dit leiden tot de vernietiging van het aquatische ecosysteem. In van nature droogvallende systemen kan, afhankelijk van de duur van droogval, het tijdstip van droogval en de levensfase van de organismen, herstel optreden. Als droogte leidt tot aantasting van de oeverzones zal dit negatieve consequenties hebben voor de (vaak hoge) biodiversiteit in flora en fauna aldaar. In het oppervlaktewater komen door zuurstoffluctuatie vissen en andere macro-organismen die niet aan het oppervlak kunnen ademen onder druk te staan. Wortelende waterplanten kunnen geheel of gedeeltelijk afsterven door verminderde lichtinval ten gevolge van kroos- en algengroei en door

verlaging van de waterstand. Dit zorgt voor extra bacteriegroei en zuurstoftekort. Bij sterfte van blauwalgen kunnen toxische stoffen vrij komen. Bij een combinatie van hoge temperatuur en voedselrijk water neemt de kans op botulisme toe.

5.1.3 Terrestrische natuur

De ecologische effecten voor de terrestrische natuur zijn deels gebaseerd op modelberekeningen (in fase 1 en fase 2, met het model DEMNAT, Witte (1998)) en deels op deskundigenoordeel. Het op landelijke schaal inschatten van extreme droogte op de ecologische toestand van terrestrische ecosystemen is lastig doordat de modellen hier niet voor zijn opgezet. De modellen (waaronder DEMNAT) zijn vooral bedoeld voor het bepalen van ecologische effecten van *structurele* veranderingen in de waterhuishouding en niet voor het berekenen van de ecologische effecten van incidentele, extreme situaties zoals een droogte (Van Ek et al, 2000; KIWA 2003). Volgens de deskundigen zijn de structurele veranderingen in de waterhuishouding (verdroging) ook van veel grotere betekenis voor het ecologische effecten in de vegetatie dan een incidentele droogte.

De effecten van een extreme droogte op grondwaterafhankelijke ecosystemen zijn afhankelijk van het type ecosysteem. Kwelgevoede ecosystemen zijn tamelijk goed bestand tegen extreme droogte mits het systeem niet is aangetast door verdroging. Veel grondwaterafhankelijke ecosystemen zijn in Nederland echter aangetast door verdroging. Grondwaterafhankelijke ecosystemen die niet gevoed worden met kwel en/of oppervlaktewater kunnen in extreem droge jaren last hebben van uitdroging. Met name de natte, voedselarme, zeldzame vegetaties kunnen hierdoor verder verarmen. De kwetsbaarheid van deze systemen is ook vergroot door de versnippering van natuur in Nederland. De natte, voedselrijke vegetaties zijn tamelijk robuust voor extreme situaties. Hoewel niet apart gekwantificeerd zijn de consequenties van droogte voor droge ecosystemen vooral negatief. De droge ecosystemen zullen bij extreem droge jaren te maken krijgen met een toename in droogtestress en daarmee gepaard gaande risico's zoals brand. Brand is voor de fauna negatief, met name in geïsoleerde, versnipperde natuurgebieden.

5.2 Toekomstige situatie

5.2.1 Rijkswateren

Het veranderende klimaat heeft invloed op de temperatuur en neerslag en daarmee op de afvoer van de grote rivieren. Deze afvoer bepaalt mede de overstromingsduur in het rivierengebied en de peilen in de meren. Het voorkomen van bepaalde ecosysteemtypen in het rivierengebied is voornamelijk afhankelijk van de overstromingsduur (aantal dagen overstroming per jaar) en het beheer. Deze bepalen weer allerlei factoren die van invloed zijn op flora en fauna, zoals het vochtregime in de bodem, de stroomsnelheid van water, de zuurgraad, aanwezigheid van voedingsstoffen, etc. Er is dus een complex aan indirecte verbanden tussen klimaat en het voorkomen van soorten in en nabij rijkswateren waardoor de uitspraken hierover een grote mate van onzekerheid bevat. Dit bezwaar wordt iets kleiner indien niet naar de soorten, maar naar het leefgebied ("habitat") van die soorten wordt gekeken.

In het onderzoek (RIZA, 2004) is om pragmatische redenen een aantal factoren niet meegenomen terwijl deze wel relevant zijn in relatie tot ecologie en klimaatsverandering. Het gaat hierbij om invloeden van temperatuur, atmosferische CO₂ concentratie, verandering in grondwaterstanden en kwelfluxen, algengroei, mineralisatie processen en zoutinvasie. Op de buitendijkse ecosystemen langs de rijkswateren hebben deze factoren minder grote invloed dan op binnendijkse ecosystemen.

In het onderzoek zijn effecten bepaald voor een aantal deelgebieden:

Bovenrivieren

Het areaal zachthoutoibos, oeverwalgrasland en –ruigte, uiterwaardgrasland en –ruigte en natuurlijke rivieroever langs de Rijn neemt bij de klimaatscenario's toe waardoor de ontwikkeling zich richting de streefbeelden beweegt. De zeer natte en zeer droge types natuur nemen af in areaal, bijvoorbeeld stroomdalgrasland, rivierduin en hardhoutoibos waardoor een verslechtering ten opzichte van de streefbeelden ontstaat. De verschuivingen in oppervlak zijn echter klein. Langs de Maas neemt het areaal zachthoutoibos, moeras en uiterwaardruigte en –grasland toe bij de natte varianten van de klimaatscenario's. De areaalveranderingen bij de bovenschatting ten opzichte van de nulsituatie zijn in absolute zin gering. Het effect van klimaatverandering is klein ten opzichte van het effect van de doorgerekende inrichtingsvarianten. Het natuurlijk beheer heeft een veel groter effect dan effecten van klimaatverandering. Akker, productiegrasland en –bos zijn afhankelijk van de hydrologie omgezet in natuurlijke varianten. Hierdoor nemen de natuurlijke graslanden en oibossen toe in omvang.

Voor de grote rivieren betekenen de lagere waterstanden in de zomer een steeds grotere isolatie van de uiterwaardplassen, zeker wanneer het steeds verder uitslijten van de rivierbedding in aanmerking wordt genomen. Dit leidt tot een steeds frequenter droogvallen van de plassen. In de winter is er een grotere kans op inundatie omdat de afvoer per saldo dan groter wordt. De ecologische toestand van de uiterwaardplassen wordt bepaald door het evenwicht van positieve effecten van droogval en negatieve effecten van inundatie. De verandering van dit evenwicht door de klimaatverandering wordt tegelijkertijd sterk beïnvloed door het verdere inslijten van het zomerbed waardoor de uiterwaarden meer geïsoleerd raken van de hoofdstroom en steeds vaker zullen droogvallen. Het beheer van de rivier dat er op gericht is om de hoofdstroom bevaarbaar te houden is hiermee van grotere invloed dan de klimaatsverandering.

Benedenrivieren

Bij de benedenrivieren spelen de effecten van zowel zeespiegelstijging als een veranderde rivierafvoer een rol. Sommige ecotopen nemen in areaal af bij de scenario's met huidig beheer. De grootste afname in de natuurlijke ecotopen bij de bovenschatting zijn berekend voor de kommen en gorzen, hoogwatervrije bossen en hoogwatervrije ruigte. Andere ecotopen nemen toe, bijvoorbeeld platen en slikken. Deze gebieden worden nauwelijks beïnvloed door het voorkomen van een droogtesituatie maar vooral door het vaker voorkomen van hoge afvoeren en de zeespiegelstijging. Voor de benedenrivieren zijn de resultaten van klimaatverandering voor de natuur in vergelijking met de streefbeelden ongunstig, met uitzondering van slikken en platen. Natuurlijk beheer is veelal een goede stap in de richting van de streefbeelden, maar leidt ook tot een veel groter areaal natuurlijk grasland dan gewenst.

Waterkwaliteit en fauna in de rivier

Voor het zomerbed van de rivier, dat wil zeggen het deel tussen de zomerdijken, zal een geringere afvoer in eerste instantie consequenties hebben voor de omvang van het zomerbed. Bij extreme droogte komen de kribben geheel droog te vallen met als gevolg verlies van het leefgebied tussen de kribben waardoor een belangrijke vluchtplaats voor vele organismen in de rivier wegvalt. Dit betekent ook een verlies van een voor vogels belangrijke voedselbron die daardoor hun heil elders moeten gaan zoeken. De tijd die nodig is voor het herstel van nagenoeg alle steengebonden soorten over het grootste deel van de rivier zal variëren van één tot meerdere jaren. Definitief verdwijnen lijkt niet waarschijnlijk. De verblijftijd van het water zal toenemen, zeker in gedeelten van de rivier die gestuwd zijn. De stroomsnelheid zal afnemen en voor zo ver er vispassages zijn zullen deze slechts in zeer beperkte mate of niet werken. De hogere

temperatuur en grotere verblijftijd zal de algen biomassa doen toenemen en in samenstelling doen veranderen. Ook de macrofauna zal in samenstelling veranderen en op de maatlat verschuiven in de richting van de slechtere ecologische toestand. Een direct gevolg van de lagere waterstanden is de grotere kans op beschadigingen van vissen door meer inname van water door elektriciteitscentrales en de grotere raakkans door sloopschroeven. Verder zullen exoten over het algemeen wel varen bij de hogere temperaturen en vaker en verder oprukken vanuit het Donaugebied.

Nutriënten- en algenconcentraties worden bevorderd door een lagere afvoer, maar de effecten op het ecologisch functioneren zijn beperkt. Slechts een zeer gering deel in de variatie van chlorofyl wordt veroorzaakt door de variatie in de waterafvoer. De grotere dynamiek van de rivier met lagere waterstanden in de zomer en hogere in de winter zal een groter beroep doen op het aanpassingsvermogen en flexibiliteit van alle soorten en een geleidelijke verschuiving veroorzaken.

Meren

Voor de meren heeft alleen een ander beheer effect op de verandering van de ecotopen. In het IJsselmeer en de Randmeren neemt het gemiddelde zomerpeil toe. Het areaal grasland neemt toe doordat productiegasland anders wordt beheerd. Ook het ecotoop "moeras en ruigte" neemt in areaal toe. In het Volkerak-Zoommeer veroorzaakt een lager zomerpeil een afname van het areaal open water en een toename van het areaal natte, drassige, vochtige en droge zones. Natuurlijk peilbeheer leidt voor het IJsselmeergebied niet tot de gewenste ontwikkeling volgens het streefbeeld voor de ecotopenverdeling. Wanneer meer bekend is van de daadwerkelijke klimaatverandering zal actief beheer nodig zijn om sommige streefbeelden te realiseren of moeten de streefbeelden worden aangepast.

Waterkwaliteit en fauna in meren

Voor de grote meren die grotendeels direct of indirect afhankelijk zijn van Rijnwater (IJsselmeer, Markermeer, Randmeren, Volkerak-Zoommeer, Friese meren, Overijsselse Hollandse en Utrechtse meren) betekent een geringere aanvoer van Rijnwater een reductie van de externe fosfor belasting en een langere verblijftijd van het water. Een grotere verblijftijd in combinatie met een hogere temperatuur zal een hogere interne belasting van fosfor veroorzaken en effecten van reductie van externe belasting gedeeltelijk of geheel te niet doen. Gedurende de laatste decennia is door een sterke reductie van de externe belasting in veel meren de fosfaatconcentratie zo ver gedaald dat deze meren op het punt staan om te slaan in een goede ecologische conditie of dat reeds gedaan hebben (Portielje et al., 2004). De consequentie van droogte op zich is relatief gunstig om deze toestand te consolideren omdat de droogte een lagere belasting met zich mee brengt. Maar omdat de droogte onderdeel is van een klimaatverandering die nattere winterperiodes tot gevolg heeft, kan de natte winterperiode betekenen dat de belasting van nutriënten per saldo toeneemt en daarmee de ecologische conditie minder wordt. Bij een omslag van een goede naar een matige of slechte ecologische conditie gaat de helderheid van het water door algengroei sterk achteruit. Waterplanten verdwijnen en het water verandert in een groene algensoep, waarin de visstand gedomineerd wordt door brasem en macrofauna door voornamelijk muggenlarven en oligochaeten (wormachtigen). Driehoeksmosselen verdwijnen en het water wordt ongeschikt voor duikeenden. Zelf-versterkende mechanismen in de algen gedomineerde troebele toestand zorgen ervoor dat het systeem weer moeilijk in de goede staat terugkeert als de condities weer gunstig zijn. Los van de verandering in verblijftijd en nutriëntenbelasting zijn er directe effecten van hogere temperatuur en instraling. Al deze veranderingen zijn gunstige voor blauwalgen. De hierdoor veroorzaakte verschuivingen zijn in principe slechts van tijdelijke aard zolang de droogte duurt en zijn zeker niet onomkeerbaar.

5.2.2 Regionale wateren

De effecten van klimaatsverandering op de regionale wateren zijn ingeschat op basis van het DEMNAT model. Dit model kan alleen uitspraken doen voor hogere planten behorende tot vier verschillende aquatische ecosysteemtypen (voedselarm, matig voedselrijk, zeer voedselrijk en brak water). Door klimaatsverandering wordt een netto toename in de neerslag verwacht. Voor de zomer wordt evenwel een frequenter optreden van droogte verwacht, hetgeen tot lagere waterpeilen leidt. Om hiervoor te kunnen compenseren wordt in de praktijk systeemvreemd water ingelaten (inlaat van water uit de grote rivieren naar regionale watersystemen). Over het algemeen zijn er meer negatieve effecten dan positieve effecten op de ecologie bij de inlaat van systeemvreemd water. De belangrijkste knelpunten zijn de andere waterkwaliteit (nutriënten) en de nivellering in ruimtelijke en temporele variatie in de hydro-dynamiek. Dit heeft weer zijn weerslag op de voorkomende flora en fauna, zowel in de beek als langs de beekoever. DEMNAT voorspelt voor een gemiddeld jaar in de situatie 2050 een negatief effect als gevolg van de inlaat van systeemvreemd water. Dit effect is relatief beperkt en geïllustreerd in figuur 4.1 bij de uitkomsten van DEMNAT (paragraaf 5.2.3). Een extreem droog jaar zal in de toekomst grotere negatieve effecten op natuurwaarden veroorzaken vanwege de verwachte toename in inlaat van systeemvreemd water. Voor de sloten en plassen in brakke polders kan het klimaatseffect positief uitpakken vanwege verzilting als gevolg van zeespiegelstijging en de droogmakerijen.

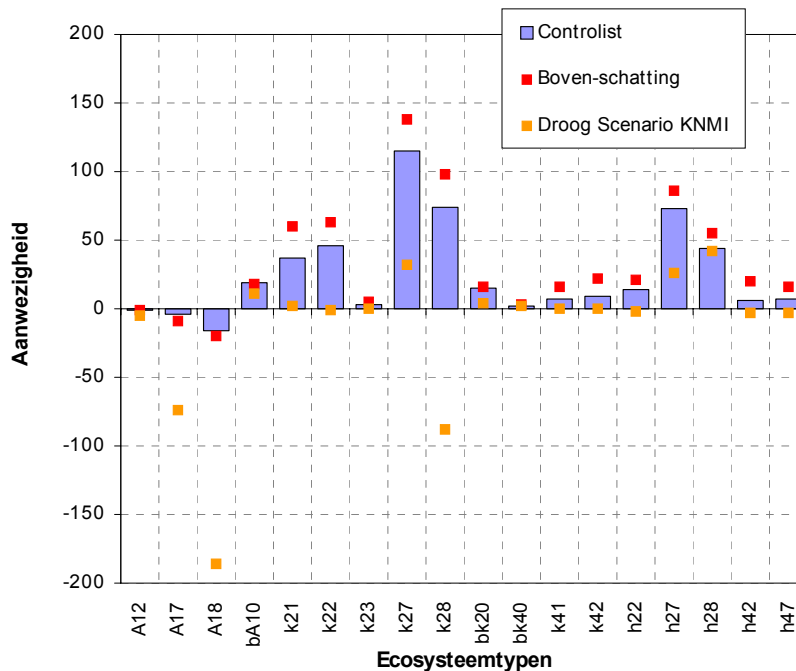
De voorspelde effecten voor de regionale wateren zijn overigens niet compleet. Effecten op de fauna en de waterkwaliteit (inclusief effecten zoals algenbloei en botulisme) zijn momenteel alleen indicatief. In algemene zin geldt dat de voorspelde effecten nog met grote onzekerheid zijn omgeven. Wel is duidelijk dat het effect van droogte versterkt wordt door verdroging. Droogte is in principe een natuurlijk proces gerelateerd aan incidentele situaties. Verdroging is door de mens veroorzaakt en van structurele aard. De negatieve effecten van droogte kunnen effectief worden verkleind door de regionale ecosystemen meer robuust te maken. Het vergroten van gebieden, het vergroten van de ecologische samenhang tussen gebieden via “ontsnippering” en het verbeteren van de waterhuishoudkundige situatie (aankpak verdroging, conservering gebiedseigen water) zijn daarbij belangrijke aandachtspunten.

In de kleinere rivieren en beken zal de geringere afvoer leiden tot habitat verlies in de zomer, maar extra habitat in de winter. Deze grotere dynamiek zal waarschijnlijk leiden tot een verschuiving naar soorten die zich snel kunnen reproduceren en aanpassen. Na korte perioden van droogval treedt er een verarming op en heeft de beek tijd nodig om zich te herstellen. Onomkeerbaar zijn deze veranderingen niet, maar soms kan het enkele jaren duren voordat de oude situatie hersteld is.

5.2.3 Terrestrische natuur

De ecologische effecten van klimaatsverandering op terrestrische ecosystemen is bepaald met DEMNAT. Bij de analyse zijn de effecten van verandering van een gemiddeld jaar in de huidige situatie vergeleken met een gemiddeld jaar in de toekomstige situatie (controlist 2050). In het toekomstscenario zijn onder meer een toename van de temperatuur (gemiddeld +1°C voor 2050), netto toename in de neerslag (voornamelijk in de winterperiode) en zeespiegelstijging (25 cm) verwerkt. Om de gevoeligheid voor het klimaat te toetsen zijn daarnaast twee aanvullende klimaatscenario's doorgerekend: de bovenschatting voor 2050 en het droge scenario van het KNMI. Voor de kenmerken van deze scenario's wordt verwezen naar Tabel 2-4.

De resultaten van de ecologische effectberekening is weergegeven in Figuur 5-1. Zie Tabel 5-1 voor uitleg van de gehanteerde codes voor ecosysteemtypen.



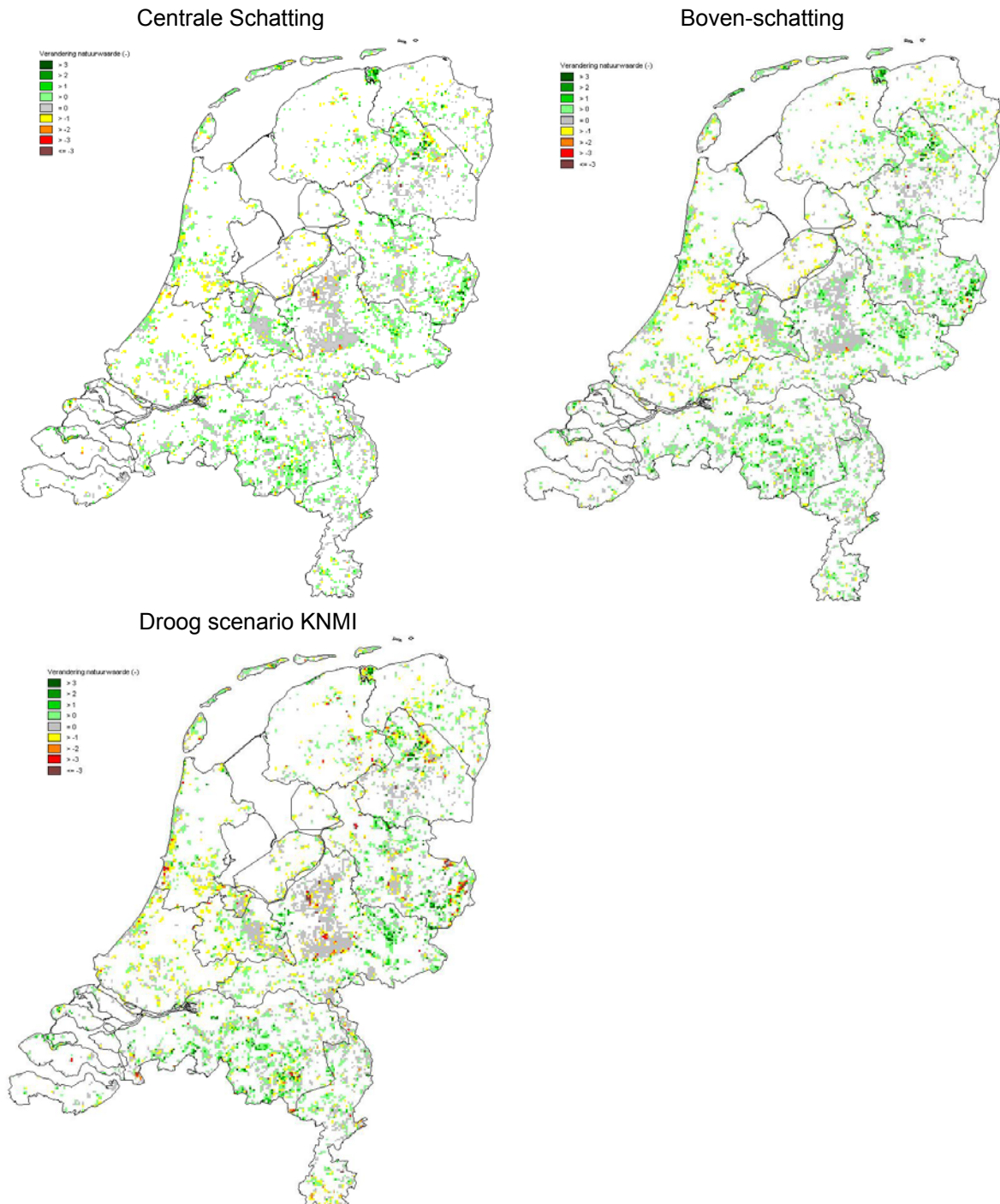
Figuur 5-1: Verandering in aanwezigheid (gesommeerde botanische volledigheid) van de in DEMNAT onderscheiden ecosysteemtypen na klimaatsverandering.

A12	vennen, duinmeren
A17	sloten en plassen in laagveengebieden en nattere zandstreken
A18	sloten en plassen in laagveen- en kleigebieden
bA10	sloten en plassen in brakke polders, inlagen
K21	natte heiden en hoogvenen
K22	veenmosrietlanden, trilvenen, blauwgraslanden, kalkarme duinvalleien
K23	kalkrijke duinvalleien
K27	hooilanden in het laagveen en in de middenloop van beekdalen
K28	ruigtes langs rivieren en sloten, nat cultuurgrasland
bK20	natte graslanden in brakke polders
bK40	vochtige graslanden in brakke polders
K41	vochtige heiden
K42	heischrale graslanden, kalkarme duinvalleien
H22	bronbossen
H27	elzenbroekbos, nat hellingbos
H28	rivierbossen, grienden
H42	loofbossen op zandgronden
H47	parkachtige bossen, loofbossen

Tabel 5-1: Uitleg codes DEMNAT ecosysteemtypen

Nattere condities in het voorjaar zijn gunstig voor grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen. DEMNAT voorspelt dan ook per saldo een toename van de natuurwaarden in Nederland voor het controlist en boven-scenario van 2050. Vooral ecosystemen van natte en voedselrijke milieus gaan er op vooruit. Achteruitgang wordt berekend voor matig-voedselrijke wateren (A12, A17, A18 en bA10). Dit wordt veroorzaakt door respectievelijk het overwegend dalende chloridegehalte bij een toenemende netto neerslag. Dit effect is eerder beschreven bij de regionale wateren.

Het droge scenario van het KNMI laat zien dat bij een grotere toename van de verdamping en een beperkte stijging van de neerslaghoeveelheden in de winter de natuur overwegend indifferent is of achteruit gaat. Ook in dit scenario blijkt dat achteruitgang wordt berekend voor matig-voedselrijke wateren, deze is achteruitgang is 10 maal zo hoog als bij de overige scenario's. De ruimtelijke verdeling van de verandering van natuurwaarden is weergegeven in Figuur 5-2.



Figuur 5-2: Met DEMNAT berekende verandering van natuurwaarden voor de onderscheiden klimaatscenario's.

Onduidelijk is in hoeverre de voorspelling van een *gemiddeld* nattere toestand ook gunstig is voor de natuur in het verdere verloop van het groeiseizoen. Naast een netto toename in de neerslag worden namelijk ook een andere neerslagverdeling verwacht (korte intensieve buien) en een verhoogde verdamping. Voor de zomerperiode zal dit juist tot drogere condities leiden. Hoe deze nieuwe klimatologische situatie voor de lange termijn uitpakt is ondanks deze studie nog met grote onzekerheden omgeven. Los van deze onzekerheden geldt voor grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen evenwel hetzelfde als eerder voor regionale wateren is opgemerkt. Om de effecten van droogte te bestrijden is het van belang de natuur meer robuust te maken tegen extreme weerscondities door enerzijds de natuur meer de ruimte te geven via het vergroten van natuurgebieden (de verwachte realisatie van de EHS, herstellen van ecologische verbindingen) en anderzijds het verbeteren van de milieucondities in die natuurgebieden door verdrogingsbestrijding.

5.3 Bronnen

KIWA, 2003. J.P.M. Witte. Droogtestudie: Bepaling ecologische effecten op terrestrische natuur.

Van Ek, R., J.P.M. Witte, J. Runhaar & F. Klijn, 2000. Ecological effects of water management in the Netherlands: the model DEMNAT. Ecological Engineering 16: 127-141.

D.T. van der Molen, 2004. Ecologische effecten van klimaatverandering op de zoete rijkswateren. RIZA Werkdocument 2004.044, Lelystad.

Lammens, E, Portielje, R en Coops H., 2005. Effecten van droogte op meren en rivieren in Nederland. RIZA, Lelystad.

Witte, J.P.M., 1998. National water management and the value of nature. Proefschrift Landbouwniversiteit Wageningen

Portielje R. and Van der Molen D.T. 1998. Trend-analysis of eutrophication variables in lakes in The Netherlands. Wat. Sc. Tech. 37: 235-240

6 Scheepvaart

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van droogte op de scheepvaartsector besproken. De effecten zijn berekend met het Scheepvaartmodel (het netwerk van het scheepvaartmodel is afgebeeld in Figuur 6-1). Dit model berekent de totale jaarlijkse kosten van de beroepsvaart in Nederland. Bij een lagere waterstand kunnen de schepen minder zwaar worden beladen en kan met dezelfde vloot minder vracht in dezelfde tijd worden getransporteerd. Het transport van dezelfde hoeveelheid vracht zal daardoor met meer schepen en/of vaarbewegingen moeten plaatsvinden. Door toename van het aantal vaarbewegingen zal vaker moeten worden geladen en gelost en zullen bovendien de wachttijden bij sluisen oplopen. De totale kosten nemen daardoor in tijden van lage afvoer toe. Deze toename van de totale kosten representeert de schade voor de scheepvaartsector.



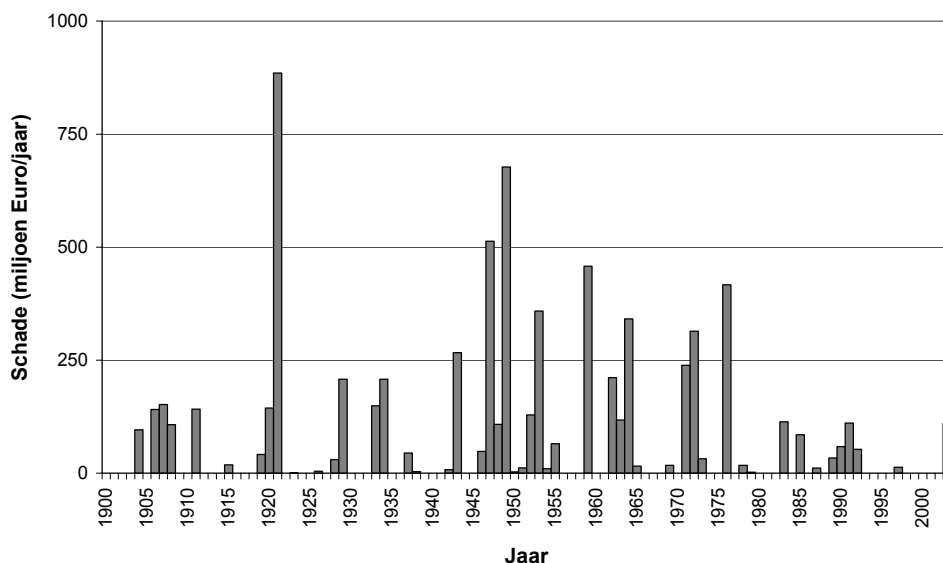
Figuur 6-1: Netwerk scheepvaartmodel

De effecten van droogte op de scheepvaart zijn bepaald op basis van de rivierafvoeren van de periode 1901 tot en met 2000 en 2003. Er zijn berekeningen gemaakt voor de huidige situatie en voor de toekomstige situatie bij 1 graden en 2 graden temperatuurverandering (centrale schatting en bovenschatting 2050). Met de huidige situatie wordt hier bedoeld de huidige samenstelling van de vloot en de huidige aanwezige infrastructuur. Voor de toekomstige situatie is naast het effect van wijzigingen in de vloot het effect van klimaatverandering en de daardoor veranderende afvoer beschouwd.

Schade wordt voor de sector gedefinieerd als de vervoerskosten die hoger zijn dan de kosten die in een gemiddeld jaar (gedefinieerd als 1:2 jaar) worden gemaakt. Dit betekent dat de ene helft van de jaren gunstiger is dan het gemiddelde jaar (lagere kosten) en de andere helft ongunstiger (hogere kosten). Het gemiddelde jaar kan daarmee als een referentie worden gezien waarop de bedrijfsvoering van ondernemers is afgestemd. Naast de analyses met het scheepvaartmodel is bij de regionale droogtestudie van het Maasstroomgebied (Royal Haskoning, 2004b) gebruikt gemaakt van aparte analyses voor de scheepvaart in het Maasstroomgebied (AVV,2003). De resultaten uit die studie worden in deze rapportage samengevat.

6.2 Huidige situatie, nationale schaal

Met het scheepvaartmodel zijn voor de periode 1901-2000 en 2003 de jaarlijkse kosten berekend. Uit deze langjarige reeks zijn de kosten bepaald die gemiddeld eens per twee jaar worden gemaakt. Deze kosten bedragen ongeveer 2100 miljoen Euro. De schade in een bepaald jaar is gedefinieerd als het verschil tussen de opgetreden kosten in het betreffende jaar en de kosten die gemiddeld eens per twee jaar worden gemaakt. De berekende schade voor de verschillende jaren is weergegeven in Figuur 6-2.



Figuur 6-2: Schade voor de scheepvaart op nationale schaal, huidige situatie.

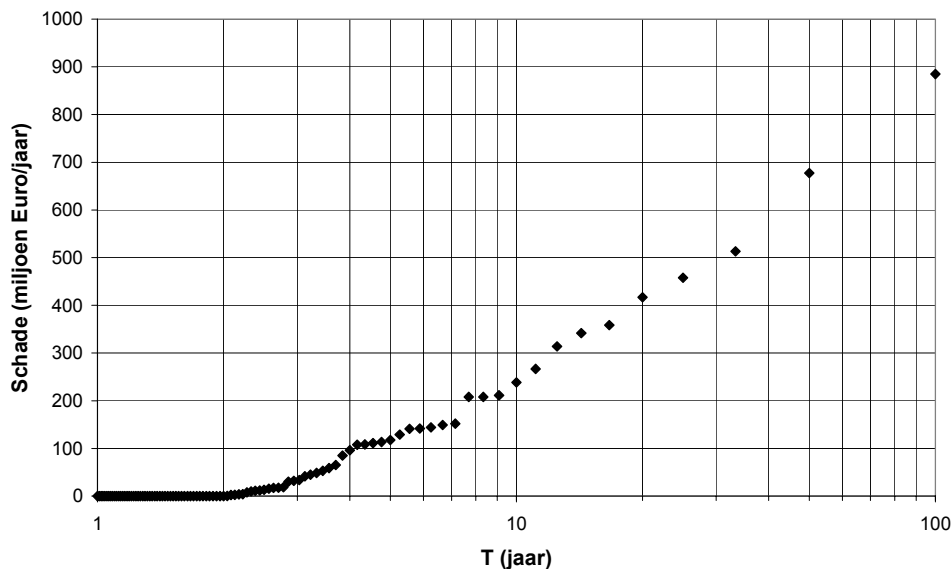
De top 5 van jaren met de grootste schade is weergegeven in Tabel 6-1.

Jaar	Schade (miljoen €/jaar)
1921	885
1949	677
1947	513
1959	458
1976	417

Tabel 6-1: Top 5 van jaren met grootste schade voor de scheepvaart.

Uit de tabel blijkt dat de grootste schade optreedt bij de rivierafvoeren van het jaar 1921. De totale kosten in dat extreme jaar zijn circa 40% hoger dan de totale kosten die gemiddeld eens per twee jaar worden gemaakt.

De herhalingsstijden van de schade zoals die volgt uit de tijdreeks van 1901-2000 zijn weergegeven in Figuur 6-3.



Figuur 6-3: Herhalingsstijden van scheepvaartschade.

De plotposities op de herhalingsstijd-as van de waarnemingen (oftewel de geschatte herhalingsstijd van de waarnemingen) zijn daarbij bepaald met de volgende formules. De kans wordt allereerst bepaald met de empirische formule van Chegodayev:

$$p_i = P(X \geq x_i) = \frac{i - 0.3}{n + 0.4}$$

met:

- p_i de kans dat X (in dit geval de extra kosten door lage afvoer) groter is dan de waarneming x_i . Omdat het hier om kosten per jaar gaat is het de kans per jaar.
- i rangnummer van de waarneming (gesorteerd van hoge kosten naar lage kosten: het jaar met de hoogste kosten heeft rangnummer 1)
- n aantal waarnemingen (aantal jaren)

De frequentie per jaar kan worden bepaald uit de kans met de volgende formule:

$$f_i = -\ln(1 - p_i)$$

De herhalingstijd wordt tenslotte berekend met:

$$T_i = \frac{1}{f_i}$$

De schade die is berekend voor het jaar 2003 (111 miljoen Euro) komt volgens Figuur 6-3 gemiddeld eens per 5 jaar voor. Dit is dus vaker dan men mag verwachten op basis van de herhalingstijd van de laagst gemeten afvoer van de Rijn bij Lobith in september 2003, welke circa 20 jaar is. De oorzaak hiervoor is dat de rivierafvoeren in de overige maanden van het jaar minder laag waren, waardoor de jaargemiddelde afvoer vrij gemiddeld was (met een herhalingstijd van 1 tot 2 jaar).

Aangezien een langjarige afvoerreeks met een lengte van 100 jaar is doorgerekend, kan de jaarlijkse verwachtingswaarde van de schade gelijk gesteld worden aan het gemiddelde over die honderdjarige reeks. Deze jaarlijkse verwachtingswaarde (JVW) en de daaruit berekende Contante Waarde (CW) is weergegeven in onderstaande tabel.

JVW (miljoen Euro)	CW (miljard Euro)
72	1,8

Tabel 6-2: JVW en CW van de scheepvaartschade.

Uit fase 1 van de droogtestudie is gebleken dat de extra kosten in droge tijden vooral worden veroorzaakt door maandgemiddelde Rijnafoeren lager dan 1250 m³/s. Er ontstaat dus een watertekort als de afvoer lager wordt dan 1250 m³/s. In het meest extreme jaar is dit tekort 7 miljard m³. Dit betekent dat om de extra kosten voor droogte op te heffen in het extreme jaar een volume nodig is van 7 miljard m³. Deze hoeveelheid komt overeen met een gemiddelde afvoer van 225 m³/s gedurende een jaar. Ter illustratie: dit is een waterschijf van 6,2 meter op het IJsselmeer. Eens per twee jaar treedt al een tekort op van circa 300 miljoen m³.

6.3 Huidige situatie in het Maasstroomgebied

Voor de scheepvaart in het Maasstroomgebied zijn de belangrijkste resultaten van de regionale droogtestudie Maasstroomgebied (Royal Haskoning, 2004a) samengevat. De resultaten hieruit zijn onder meer gebaseerd op onderzoek naar scheepvaataspecten bij de sluiscomplexen Born, Maasbracht en Heel (AVV, 2003). Voor een uitgebreidere beschrijving van de scheepvaart in het stroomgebied wordt verwezen naar deze studies.

In tegenstelling tot het Rijnstroomgebied (waar in drogere perioden de diepgang wordt belemmerd) blijft de diepgang in het Maasstroomgebied redelijk gegarandeerd door stuwen die het peil handhaven. Voor het op peil houden van de stuwpanden is aanvoer nodig om de verliezen en onttrekkingen uit elk stuwpand te compenseren. Over het algemeen kunnen de stuwpanden op peil worden gehouden. Situaties waarin de peilen uitzakken zijn op de hoofdscheepvaartroute van de Maas voor het laatst in 1976 voorgekomen.

Om de stuwpanden tijdens een droge periode op peil te houden kan de waterbeheerder maatregelen nemen zodat het schutverlies wordt beperkt of gecompenseerd (AVV, 2003).

Mogelijke maatregelen zijn: het terugpompen van schutdebieten naar hoger gelegen stuwpanden, hevelend schutten, het inzetten van spaarbekkens en uiteindelijk minder frequent schutten. Door minder frequent te schutten lopen de wachttijden voor de scheepvaart op. Droge perioden vertalen zich in het Maasstroomgebied dan ook vooral in de toename van wachttijden bij sluizen. De schade voor de scheepvaart wordt in het Maasstroomgebied vooral bepaald door de (extra) kosten van deze maatregelen (terugpompen en oplopende wachttijden). De kosten zijn onderzocht voor de sluiscomplexen Born, Maasbracht en Heel. Als rekening wordt gehouden met het effect van reeds ingeplande maatregelen bij het sluiscomplex Heel variëren de kosten van circa 0,7 miljoen Euro in een gemiddeld droog jaar (50%) tot circa 2 miljoen Euro in een extreem droog jaar (2%). In Tabel 6-3 zijn de geschatte kosten voor drie droogtejaren samengevat. Op basis van de verhouding in scheepvaartbewegingen in de rest van het stroomgebied, tussen de Maasroute en de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen, mag worden verwacht dat deze kosten de totale kosten voor de scheepvaart redelijk benaderen (Royal Haskoning, 2004).

De schade die optreedt door droogte wordt op dezelfde manier berekend als op nationale schaal. Dit betekent dat de kosten die eens in de 2 jaar worden gemaakt niet als schade worden gezien, maar als onderdeel van de normale bedrijfsvoering. Deze schade is opgenomen in Tabel 6-3. Het grootste deel van de gepresenteerde schade in het Maasstroomgebied wordt veroorzaakt door de kosten van het terugpompen van water. Deze kosten zijn niet als zodanig opgenomen in het voor de analyse op nationale schaal gebruikte scheepvaartmodel. De in Tabel 6-3 genoemde schade kan worden gezien als indicatie van de extra kosten voor de scheepvaartsector die worden veroorzaakt door het terugpompen van water in het Maasstroomgebied. Deze kosten dienen bij de eerder gepresenteerde schade op nationale schaal te worden opgeteld.

Herhalingstijd droogtejaar (jaar)	Globale kosten scheepvaart door terugpompen en wachttijd (miljoen €)	Globale schade scheepvaart door terugpompen en wachttijd (miljoen €)
2	0,70	0
10	0,94	0,24
50	2,03	1,33

Tabel 6-3: Kosten van droogte voor de scheepvaart in het Maasstroomgebied, huidige situatie (AVV, 2003)

6.4 Situatie na klimaatverandering, nationale schaal

Uit fase 1 van de droogtestudie is gebleken dat in het zichtjaar 2050 de vervoerskosten voornamelijk veranderen als gevolg van het vrachtaanbod en ten opzichte daarvan in slechts zeer geringe mate als gevolg van klimaatveranderingen. De kosten bij een gelijkblijvende vlootsamenstelling stijgen gemiddeld met 7% (kleinste verandering vrachtaanbod) tot 80% (grootste vrachtaanbod). In de rondetafelconferentie voor de scheepvaartsector (droogtestudie, 2003) is gebleken dat de voorspelling van de vlootsamenstelling dermate onzeker is dat op dit moment geen reële schatting kan worden gegeven voor de vlootsamenstelling in 2050. Daarom wordt hier de nadruk gelegd op de analyse van de effecten van klimaatverandering op de vervoerskosten, gegeven de huidige vlootsamenstelling.

Voor de berekening van de toekomstige scheepvaartkosten zijn uit de historische reeks met rivierafvoeren (1901-2000) 10 jaren geselecteerd, waaronder jaren met matige schade en de eerder genoemde 5 jaren met de grootste schades in de huidige situatie. Van elk jaar is de rivieraanvoer gewijzigd, op basis van voorspellingen van wijzigingen in de afvoer van de Rijn en

de Maas ten gevolge van klimaatverandering (bijlage 1, KNMI/RIZA, 2004). Met de gewijzigde afvoeren zijn vervolgens de jaarlijkse scheepvaartkosten berekend.

In Tabel 6-4 zijn de vervoerskosten weergegeven voor de 5 jaren met de grootste schade voor de scheepvaart. In de tabel is te zien dat de kosten door klimaatverandering toenemen met gemiddeld ongeveer 2% en 4% bij respectievelijk 1 en 2 graden temperatuursverandering. Verder is in de tabel te zien dat de spreiding van de procentuele toename over de jaren groot is. Dit wordt veroorzaakt door de doorwerking van de klimaatscenario's in de afvoeren. Afhankelijk van de maand waarin de lage afvoer optreedt kan de afvoer, en daarmee ook de schade, stijgen of dalen. Zo wordt voor bijvoorbeeld 1959 een lichte daling van de kosten berekend bij het klimaatscenario met toename van de temperatuur met 1 graad.

Gebaseerd op historische Jaar	Totale kosten in miljoen €/jaar (% toename t.o.v.huidig)			
	Huidig	+1 graad	+2 graden	Droog scenario
1921	2992	3106(+3.8)	3233(+8.1)	3274(+9.4%)
1949	2784	2801(+0.6)	2835(+1.8)	2921(+4.9%)
1947	2620	2654(+1.3)	2712(+3.5)	2909(+11%)
1959	2565	2564(+0)	2613(+1.9)	2862(+12%)
1976	2524	2623(+3.9)	2682(+6.3)	2979(+18%)

Tabel 6-4: Gevolgen van klimaatverandering (zichtjaar 2050) voor de top 5 van jaren met de grootste totale kosten voor de scheepvaart.

Als de kosten die eens per twee jaar worden gemaakt in de huidige situatie ook voor de toekomstscenario's als basis voor de schade worden gebruikt is de schadetoename ten gevolge van klimaatverandering voor de vijf meest extreme jaren aanzienlijk, gemiddeld namelijk 10% tot 20% bij respectievelijk 1 en 2 graden temperatuurverandering. Bij het droge scenario geldt een veel sterkere toename van de schade, namelijk in de orde van 100 tot 200 procent.

6.5 Situatie na klimaatverandering, Maasstroomgebied

Voor het Maasstroomgebied is een toekomstscenario voor 2025 geanalyseerd. Er is een toename van pomp- en wachtkosten te verwachten door enerzijds een toename van de intensiteit van de scheepvaart en anderzijds frequentere lagere afvoeren als gevolg van klimaatverandering. In het eerder genoemde AVV-onderzoek (2003) zijn voor het zichtjaar 2025 de kosten voorspeld voor een gemiddeld (50%) droog jaar. De samenstelling van de vloot is, eveneens als in de huidige situatie, gebaseerd op het jaar 2010. Bij de berekening zijn de effecten van verandering van de Maasafvoer voor het zichtjaar 2025 inzichtelijk gemaakt. De kosten voor het gemiddeld droog jaar nemen met 30 procent toe en bedragen dan 0,9 miljoen Euro, gelijk aan de kosten die in de huidige situatie eens in de 10 jaar worden verwacht. Vanwege de definitie van schade en het ontbreken van meerdere zichtjaren kan de toename van schade niet verder worden gekwantificeerd.

6.6 Kwaliteit van de berekeningen

De kwaliteit van de berekeningen met het scheepvaartmodel hangt samen met de belangrijkste onzekerheden in het model:

- Het scheepvaartmodel is een vereenvoudigde uitvoering van een zeer uitgebreid model. Door de vereenvoudigingen in met name de ruimtelijke verdeling is het model vooral geschikt om trends op landelijke schaal te analyseren en beperkt betrouwbaar bij uitspraken over (sub)regionale verdelingen. Er is geen onderzoek gedaan naar de invloed van de vereenvoudigingen en aannames op de uitkomsten van het vereenvoudigde scheepvaartmodel.
- De basis van het scheepvaart model bestaat uit kengetallen die zijn opgesteld in 1997. Anno 2003 is zowel de omvang en aard van de vloot als de hoeveelheid en aard van de te transporteren goederen gewijzigd, bijvoorbeeld een toename van de containervaart. Hierdoor zullen de getallen afwijken van de werkelijke situatie. Mogelijk wordt deze afwijking verkleind doordat de schade wordt afgeleid van het verschil in uitkomst van 2 berekende jaren.
- In de berekeningen van de toekomstscenario's is alleen het effect van klimaatverandering beschouwd. Over toekomstige wijzigingen van vlootsamenstelling en lading is onvoldoende kennis beschikbaar. Uit berekeningen in de eerste fase is gebleken dat deze factoren sterk bepalend zijn voor de uitkomsten, waardoor moet worden gerealiseerd dat de belangrijkste toekomstige wijzigingen niet zijn beschouwd.
- De berekende specifieke kosten in het Maasstroomgebied betreffen een onderschatting, omdat de kosten in de Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen niet zijn meegenomen. Bovendien wijken zowel de referentiejaren voor de samenstelling van de vloot (2010) als het zichtjaar voor de klimaatverandering (2025) af van de benadering op nationale schaal, waardoor de getallen niet zuiver te vergelijken zijn.

6.7 Conclusies

Een tekort aan water ten behoeve van de scheepvaart treedt op bij een Rijnafvoer van minder dan 1250 m³/s, bij lagere afvoeren nemen de kosten scherp toe. Eens per twee jaar is er al een tekort aan water waardoor schade ontstaat. De schade ontstaat door kleinere beladingen, waardoor vaker gevaren moet worden, en omvaren. De schade wordt daarbij gedefinieerd als de extra kosten voor de scheepvaart ten opzichte van een situatie die een keer per 2 jaar optreedt. De langjarige verwachte schade in de huidige situatie ten gevolge van droogte bedraagt 72 miljoen Euro. De schade loopt op tot 885 miljoen Euro in het jaar met de laagste afvoeren (met een herhalingsdij van 100 jaar). In het Maasstroomgebied zijn er nog specifieke kosten voor voornamelijk het terugpompen van water om de stuwpanden op peil te houden. Deze specifieke schade kan oplopen tot ongeveer 1,3 miljoen Euro in een extreem droog jaar.

Voor de toekomstige situatie is alleen het effect van klimaatverandering beschouwd en niet een wijziging van de samenstelling van de vloot. Op nationale schaal neemt de schade als gevolg van droogte met ongeveer 10 procent toe (centrale schatting, zichtjaar 2050). Het droge scenario toont een veel grotere toename van ongeveer 100 procent. In het Maasstroomgebied geldt bovendien nog een toename van specifieke kosten voor het op peil houden van stuwpanden. Deze kosten nemen in een gemiddeld droog jaar met 30 procent toe (zichtjaar 2025).

Uit fase 1 is gebleken dat wijziging van de vlootsamenstelling een veel grotere impact heeft dan de wijziging van de afvoer ten gevolge van klimaatverandering. De toekomstige vlootsamenstelling is echter te onzeker om te kwantificeren.

6.8 Bronnen

NEA 1997, tabellenboek Zandmaas-Maasroute (970121\12629)

AVV 2003, Scheepvaartaspecten Laagwater beleid Julianakanaal en Lateraalkanaal

Deursen, W.P.A. van, 2003a. Klimaatveranderingen in de stroomgebieden van Rijn van en Maas: modelstudies met Rhineflow-3 en Meuseflow-2. Carthago Consultancy, Rotterdam.

Deursen, W.P.A. van, 2003b. Rapportage Rhineflow/Meuseflow klimaatscenarios Droogtestudie. Carthago Consultancy, Rotterdam.

KNMI/RIZA, 2004. Droog, droger, droogst, KNMI/RIZA bijdrage aan de tweede fase van de Droogtestudie Nederland. J.J. Beersma, T. A. Buishand, H. Buiteveld

Royal Haskoning / Rijkswaterstaat Directie Zuid Holland, 2004a. Regionale Verkenning Zoetwatervoorziening Midden-West Nederland.

Royal Haskoning, 2004b. Regionale Droogtestudie Maasstroomgebied

7 Recreatie

7.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de effecten van een droogtesituatie op de waterrecreatie inzichtelijk gemaakt. Berekeningen met het model van SEO (Stichting Economisch Onderzoek van de Universiteit van Amsterdam) vormen de basis voor de analyse. De grondslag van dit model is een uitgebreide enquête onder de verschillende actoren in de sector waterrecreatie. Op basis van deze enquêtes zijn rapportcijfers toegekend aan verschillende factoren die de waterrecreatie beïnvloeden, in het model “knoppen” genoemd. Door de rapportcijfers voor deze factoren te veranderen worden de effecten daarvan op de recreatie als sector berekend. In de eerste fase van de droogtestudie zijn de effecten van droogte op de waterrecreatie onderzocht door verslechtering van de volgende invloedsfactoren:

- kwaliteit van het (zwem)water (functie zwemmen)
- bevaarbaarheid, waterdiepte (functie pleziervaart)
- kwaliteit van de visstand (functie recreatieve visserij)
- oponthoud bij bruggen en sluizen (functie pleziervaart)

Om de invloed van droogte op de waterrecreatie te beoordelen zijn de effecten op de recreatiesector uitgedrukt in het aantal dagtochten, de bestedingen in de recreatiesector en de werkgelegenheid in de recreatiesector. Op basis hiervan is geconcludeerd dat de recreatiesector weinig gevoelig is voor droogte.

In de in fase 1 van de droogtestudie gebruikte versie van het model was het niet mogelijk verschillende weersinvloeden te variëren. Inmiddels is een nieuwe versie van het SEO-model ontwikkeld waarmee de effecten van weersinvloeden op de waterrecreatie kunnen worden ingeschat. Hiermee is het mogelijk een inschatting te geven van de (mogelijke) toename van de recreatie door zonnig en warm weer tijdens een droogteperiode.

7.2 Huidige situatie

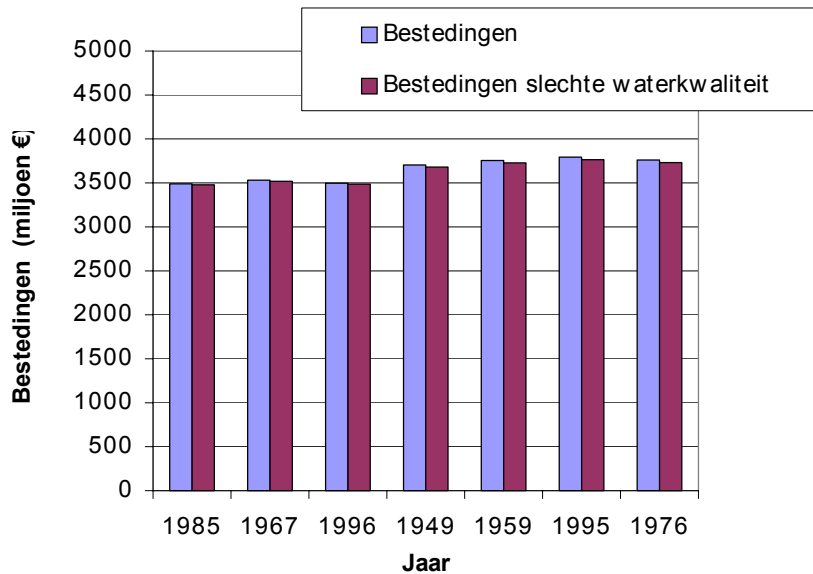
In fase 1 van de droogtestudie is gebleken dat in een extreme situatie het aantal recreanten, de jaarlijkse bestedingen en het aantal werknemers met maximaal orde grootte enkele procenten terug loopt door wijziging van de kwaliteit van water, de bevaarbaarheid, de kwaliteit van de visstand en het oponthoud bij bruggen en sluizen. Van de genoemde invloedsfactoren had de verslechtering van de (zwem-)waterkwaliteit de grootste invloed op de recreatie.

Met het aangepaste model zijn de effecten van droogte berekend voor zeven karakteristieke jaren in zowel een situatie met een goede waterkwaliteit als een situatie met een slechte waterkwaliteit. Op deze manier worden enerzijds de positieve effecten van het goede weer (uitgedrukt in temperatuur, duur van zonneschijn en neerslagduur) tijdens een droog jaar inzichtelijk gemaakt en anderzijds het mogelijke negatieve effect van een verslechterende waterkwaliteit.

Het effect van het goede weer in een droog jaar op het aantal dagtochten is veel groter dan het eventuele effect van een verslechtering van de waterkwaliteit. In een extreem droog jaar neemt het aantal dagtochten toe met 40% ten opzichte van een gemiddeld jaar. Door de slechtere waterkwaliteit neemt het aantal dagtochten met circa 4% af voor alle berekende jaren. De werkgelegenheid in de recreatiesector laat eenzelfde beeld zien als het aantal dagtochten. De werkgelegenheid blijkt wel gevoeliger voor de weersituatie dan voor de waterkwaliteit. Uit de procentuele toename van de werkgelegenheid door mooi weer en de afname door verslechtering

van waterkwaliteit (respectievelijk 8% en 1.5%) blijkt dat de werkgelegenheid in de recreatiesector minder gevoelig is voor weersomstandigheden dan het aantal dagtochten.

In Figuur 7-1 zijn de effecten op de bestedingen weergegeven. De jaarlijkse bestedingen nemen in jaren met mooi weer met ongeveer 5 tot 7 procent toe, wat overeenkomt met een toename van 150 tot 250 miljoen euro. Uit extra analyse van de afzonderlijke invloed van de factoren temperatuur, zonneschijnduur en neerslagduur blijkt dat de bestedingen het meest gevoelig zijn voor de gemiddelde maximale zomertemperatuur. Door de verslechtering van de waterkwaliteit dalen de bestedingen voor de doorgerekende jaren met ongeveer 0.6%.



Figuur 7-1: Effect van wijzigingen van temperatuur, zonneschijnduur en neerslagduur op de huidige bestedingen aan recreatie, bij twee varianten van waterkwaliteit. De meteorologische veranderingen zijn gebaseerd op historische jaren (karakteristiek droogtejaren).

7.3 Regionale spreiding

In het SEO-model zijn verschillende kenmerkende recreatiegebieden onderscheiden. Het aantal dagtochten in Nederland, zowel door Nederlanders als door buitenlanders, is per regio weergegeven in Tabel 7-1.

In de tabel is te zien dat het grootste aandeel dagtochten in de waterrecreatie in Nederland bestaat uit zonnen en zwemmen. Dit is ongeveer de helft van het totaal aantal dagtochten. De meeste recreatie vindt plaats langs de Noordzeekust en aan de Zeeuwse Delta en Biesbosch. Er mag worden aangenomen dat de recreatie vooral in deze regio's sterk zullen profiteren onder droge omstandigheden (zon, hoge temperaturen).

Regio	aantal dagtochten (x1000)				
	zonnen/ zwemmen	varen	vissen	zeilen/ surfen	totaal
Noordzeekust (ten noorden van Hoek van Holland)	3638	113	292	1720	5764
Waddengebied	115	71	27	54	267
IJsselmeer en Markermeer	220	185	194	163	762
Randmeren	163	150	158	84	554
Friesland, Groningen, Drenthe, kop van Overijssel	1144	723	890	399	3156
Utrecht, Zuid-Holland en Noord-Holland	968	381	1077	540	2966
Rijn en IJssel	923	209	559	43	1735
Maas	2312	128	1172	184	3796
Noord-Brabant	1256	830	1177	180	3443
Twentse en Achterhoek	522	100	423	271	1316
Zeeuwse delta en Biesbosch	4601	1245	1018	632	7495
Nederland, totaal	15862	4134	6988	4270	31255

Tabel 7-1: Het aantal dagtochten in Nederland verdeeld over de regio's en aard van de dagtochten

7.4 Klimaatverandering

Naast de huidige situatie is met het model een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd voor de situatie na klimaatverandering. Hierbij zijn de verwachte wijziging in temperatuur, zonneschijnduur en neerslagduur (zichtjaar 2050) gebruikt. Er zijn twee scenario's doorgerekend: het scenario met klimaatverandering voor 2050 met temperatuurstijging van 1°C en het zogenaamde 'droge' scenario voor 2050.

Uit de berekeningen blijkt dat de klimaatveranderingen een positief effect hebben op de bestedingen in de waterrecreatie. Zowel het klimaatscenario met 1°C temperatuurstijging als het meer droge scenario laten een stijging in de bestedingen zien van respectievelijk 1% en 6%. Een verslechtering van de waterkwaliteit heeft minder invloed op de bestedingen dan het positieve effect van klimaatverandering. De berekeningen voor de toekomstscenario's kunnen hooguit als richtinggevend worden gezien omdat het gedrag van recreanten in de toekomst mogelijk sterk wijzigt. Dit veranderende gedrag is niet opgenomen in de modellering.

7.5 Kwaliteit van de berekeningen

De berekeningen met het recreatiemodel zijn indicatief. De relaties in het model zijn gebaseerd op enquêtes naar het gedrag van recreanten. In deze enquêtes komt een aantal belangrijke aspecten onder droge omstandigheden niet aan de orde. De effecten van bijvoorbeeld de groei van blauwalg, zoals zwemverboden zijn niet in de enquêtes opgenomen. Dergelijke processen hebben veelal lokaal een negatief effect op de waterrecreatie. Verder kan worden opgemerkt dat de gebruikte relaties tussen weersfactoren en aantal recreanten in beperkte mate zijn onderbouwd. De uitkomsten door wijzigingen in temperatuur, zonneschijnduur en neerslagduur kunnen daarom slechts als richtinggevend worden gezien.

7.6 Conclusies

Droogte heeft veelal een positief effect op de bestedingen in de waterrecreatie. Dit effect is vooral gerelateerd aan hogere dagtemperaturen. In jaren met mooi weer betekent dit dat de bestedingen op jaarbasis ongeveer 5 tot 7 procent hoger zijn dan in een gemiddelde situatie. Dit komt overeen

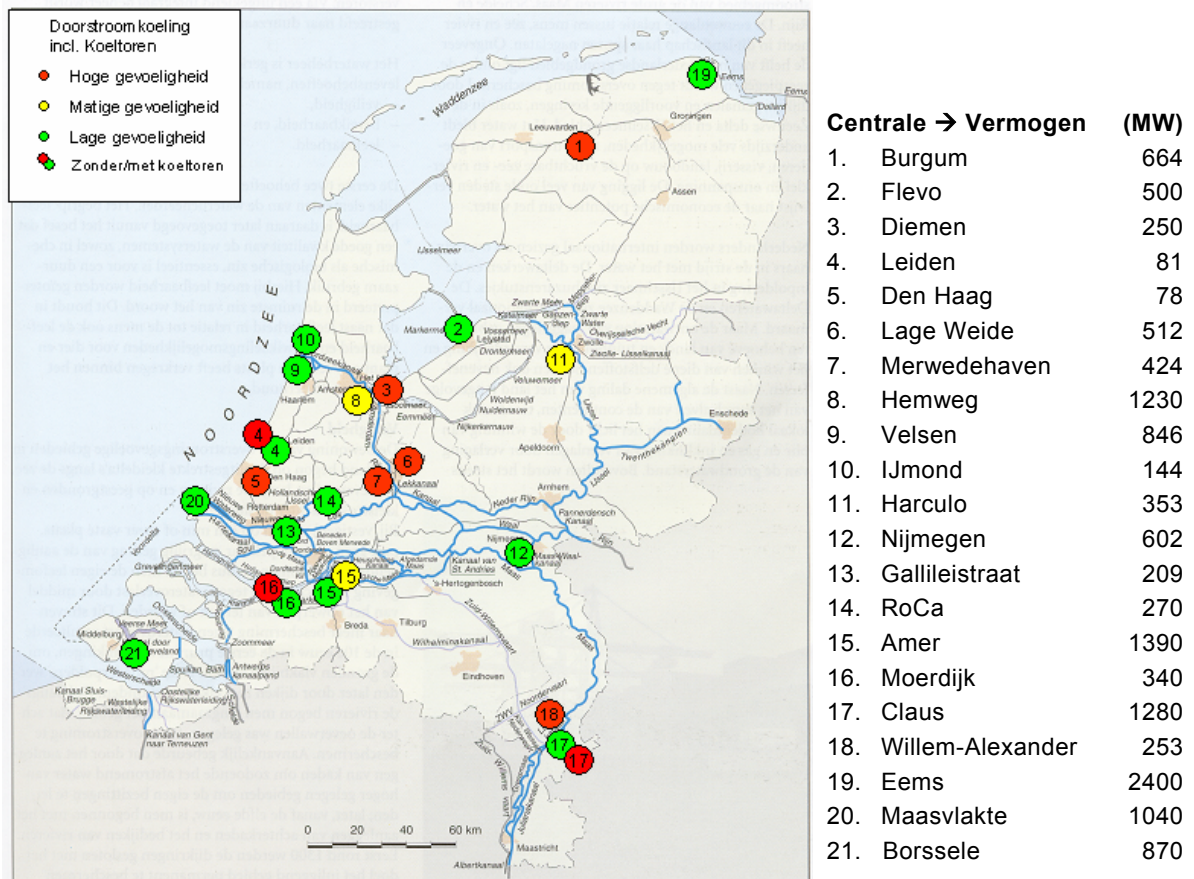
met een toename in de bestedingen van ongeveer 165 tot 260 miljoen euro. De positieve effecten zijn vooral merkbaar in de toename van het aantal dagtochten voor het zonnen en zwemmen. Door toename van de temperatuur heeft klimaatverandering mogelijk een positief effect op de waterrecreatie.

De effecten van een slechte waterkwaliteit op de bestedingen op landelijke schaal is beperkt. De bestedingen dalen met minder dan 1 procent. Lokaal kunnen sterk negatieve effecten van bijvoorbeeld blauwalgen optreden. Zwemverboden ten gevolge daarvan zijn in het SEO-model niet op een dergelijk detailniveau verwerkt.

8 Koelwater (energiesector)

8.1 Inleiding

Op een aantal locaties in Nederland zijn electriciteitscentrales afhankelijk van koelwater uit oppervlaktewater. De locaties van het centralepark zijn aangegeven in Figuur 2-1.



Figuur 8-1: Centralepark in Nederland.

In langdurige droge en warme omstandigheden, met een beperkt aanbod van water van relatief hoge temperatuur, ontstaat een tekort aan koelwater doordat het koelwater dat door de electriciteitscentrales geloosd wordt gebonden is aan normen voor de maximale watertemperatuur. Deze normen zijn ingesteld om schade aan de in het water aanwezige organismen te voorkomen. De schadelijke effecten van hoge watertemperaturen lopen uiteen van beïnvloeding van het gedrag, vermindering van de groei en de reproductie tot sterfte. Door hogere watertemperaturen kan het zuurstofgehalte afnemen en afbraakprocessen worden versneld. De kans op algenbloei en botulisme neemt toe. Koelwaterlozingen leiden tot relatief sterke, abrupte en plaatselijke temperatuurverhogingen. De effecten hiervan en de temperaturen waarbij organismen sterven zijn onderzocht, zie Tabel 8-1. Temperatuursprongen moeten worden vermeden om vluchtgedrag mogelijk te maken. Voor karper-achtigen wordt een maximale temperatuurverhoging van 3°C aangehouden, voor zalm-achtigen van 1.5°C en voor schelpdieren van 2°C. Uit onderzoek is bekend dat zalm-achtigen niet langer doortrekken als temperatuurverhoging tot boven 24°C over de gehele breedte van een waterloop optreedt.

c	vis	macrofauna	divers
19°C á 20°C	sterfte haringachtigen (zout water)		
20°C-25°C			optimumtemp. toxinevorming van blauwalgen
>23°C		sterfte wadpier (zout water)	
>25°C	sterfte zalmachtigen (o.a. spiering, zeeforel); sterfte pos		sterfte zeegras(zout water)
26°C á 27°C	sterfte schol en bot (zout water)		
>27°C		zoetwatergarnalen	
>29°C		sterfte draadworm (zout water)	
>30°C	sterfte karperachtigen; sterfte baarsachtigen m.u.v. pos	levensverv. en reproductiesnelheid waterfloeiën neemt af	
>31°C		sterfte driehoeksmosselen	
enkele graden onder 32°C	100% sterfte riviervissen		
>32°C	100% sterfte blankvoorn		algensterfte
enkele graden boven 32°C	100% sterfte brasem en karper		

Tabel 8-1: Effecten van temperatuurverhoging door koelwaterlozingen op soortgroepen.

Het Ministerie van Verkeer en Waterstaat volgt voor koelwater de algemene waterkwaliteitsaanpak. Dit houdt in dat de kwaliteit van het watersysteem door een lozing niet significant mag verslechteren. Niet de kwaliteit van de bron maar de kwaliteit van het ontvangende water is uitgangspunt (van emissie naar immissie). Als waterkwaliteitsnorm geldt uit de 4^e nota waterhuishouding het Maximaal Toelaatbaar Risico (MTR), dat 25^o C bedraagt. Belangrijk voor de handhaving is de huidige kabinetslijn van 'niet gedogen'. Dit is door de staatssecretaris V&W expliciet uitgesproken. De EU heeft normen voor opwarming van oppervlaktewater vastgelegd in de zogenaamde viswaterrichtlijn. Deze waterkwaliteitsaanpak en de viswaterrichtlijn vormen de basis van de NBW- beoordelingssystematiek die toegepast wordt bij vergunningverlening voor de WVO. Momenteel wordt de KRW in Nederland en de rest van Europa geïmplementeerd. Alle bestaande richtlijnen zullen hierin opgaan zodra de definitieve waterkwaliteitsdoelstellingen vastgesteld worden in 2009. Wat de consequenties zullen zijn voor de beschikbare ruimte voor koelwater gebruik is nu nog niet duidelijk. Uit de eerste knelpuntenanalyses van 2004 komt koelwater niet als landelijk groot probleem met betrekking tot de KRW naar voren.

De meest relevante richtlijnen en normen voor koelwaterlozingen zijn weergegeven in Tabel 8-2. De tekorten voor koelwater als gevolg van deze normen zijn beperkt zijn tot enkele specifieke centrales. Momenteel komen eens per 2 tot eens per 3 jaar tekorten van koelwater voor, vooral in de elektriciteitscentrales langs het Amsterdam-Rijnkanaal en het Noordzeekanaal. De mogelijkheden om via het waterbeheer meer koelcapaciteit te leveren, zijn beperkt. Langs de Maas is het helemaal niet mogelijk (daar worden dan ook koeltorens gebruikt), langs de kanalen slechts beperkt, en niet zonder dat dit ten koste gaat van andere functies, met name de scheepvaart. Alleen in incidentele gevallen wordt er, conform de Verdringingsreeks, extra water over het Amsterdam-Rijnkanaal ingelaten ten behoeve van de ongestoorde elektriciteitsproductie. Voor het overige beperkt de rol van de waterbeheerder zich tot het verstrekken en handhaven van vergunningen om koelwater te mogen lozen, conform de nieuwe CIW-beoordelingssystematiek.

In een studie van de KEMA (2004) is inzichtelijk gemaakt wat de ernst en omvang is van de problematiek die ontstaat door koelwatertekorten voor de elektriciteitssector in Nederland. De resultaten van deze studie worden in de volgende paragraaf samengevat.

Parameter	ABK-richtlijnen¹ Nieuw
	Emissie-eisen (generiek)
T koelwater	Zoet : ≤ 30 °C
T koelwater	Zout : ≤ 30 °C
ΔT koelwater	Zoet : ≤ 7 °C (zomer) ≤ 15 °C (winter)
	Zout: ≤ 10 °C (zomer) ≤ 15 °C (winter)
	-
	Immissie-eisen (generiek)
Opwarming ²	≤ 3 °C (zomer) ≤ 3 °C (winter) tov de achtergrondtemperatuur ³ tot een maximum van 28 ⁴ °C ⁷
	Immissie-eisen (watersysteem gerelateerd)
Kanalen/getijdenhavens	
Onttrekking	geen significante effecten in paaigebied en opgroeigebied van juveniele vis, goed visafvoersysteem, debiet aantoonbaar minimaliseren (optimaliseren op debiet) ⁸
Mengzone ⁵ (T > 30 °C) ⁶	< 25% dwarsdoorsnede ⁷
Rivieren	
Onttrekking	geen significante effecten in paaigebied en opgroeigebied van juveniele vis, goed visafvoersysteem, debiet aantoonbaar minimaliseren (optimaliseren op debiet) ⁸
Mengzone ⁵ (T > 30 °C) ⁶	< 25% dwarsdoorsnede
Noordzee	
Onttrekking	Streven naar zo gering mogelijke onttrekking, niet in paaigebied en opgroeigebied voor juve-niele vis of trekroute, goed visafvoersysteem ⁸
Mengzone ⁵ (T > 25 °C) ⁹	Mengzone mag bodem niet raken
Estuaria	
Onttrekking	Streven naar zo gering mogelijke onttrekking, niet in paaigebied en opgroeigebied voor juve-niele vis of trekroute, goed visafvoersysteem ⁸

Tabel 8-2: Normen voor koelwaterlozingen

¹ De in de tabel opgenomen criteria gelden op hoofdlijnen.

² Toelaatbare opwarming is respectievelijk 3°C voor water voor karperachtigen, 2 °C voor schelpdierwater en 1,5 °C voor water voor zalmachtigen

³ Opwarming is gerelateerd aan achtergrondtemperatuur op de rand van (delen van) het watersysteem.

⁴ 28 °C voor water voor karperachtigen, 25 °C voor schelpdierwater en 21,5 °C voor water voor zalmachtigen.

⁵ Het deel van het watersysteem (in de nabijheid van een lozingspunt) dat ten gevolge van een warmtelozing op een temperatuur groter of gelijk aan 30 °C is gebracht en wordt begrensd door respectievelijk de ruimtelijke 30 °C-isotherm (zoete wateren) of de 25 °C –isotherm (zoute wateren).

⁶ Uitzonderingssituatie bij hoge achtergrondtemperatuur (> 25 °C): gedurende één aaneengesloten periode van maximaal 1 week in juli/augustus mag de temperatuur op de rand van de mengzone van 32 °C bedragen. Indien een dergelijke aanpak tot problemen leidt in de uitvoeringspraktijk kan een beheerder gemotiveerd afwijken.

⁷ Beheerder kan op basis van specifieke informatie met betrekking tot het beschouwde watersysteem gemotiveerd afwijken.

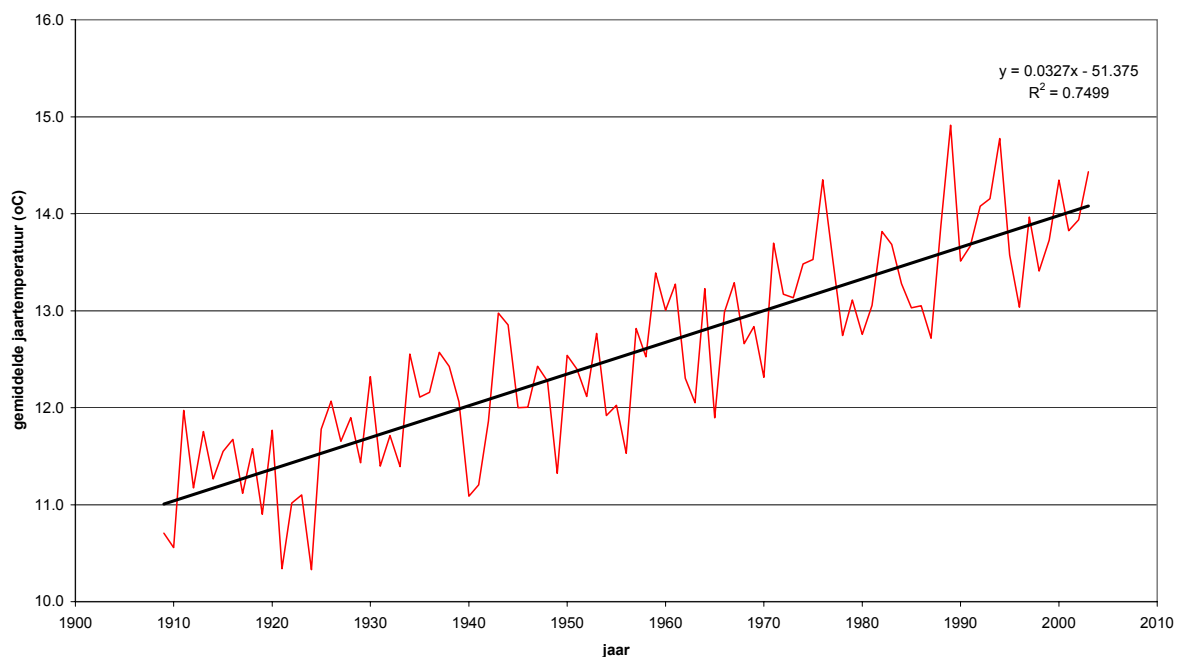
⁸ Voor zoete wateren met name van belang in het biologische voorjaar (periode 1 maart–1 juni) en voor zoute wateren in het biologische voorjaar (periode 1 februari–1 mei) en het biologische najaar (1 september –1 december). Kwantitatieve generieke criteria voor onttrekking zijn niet te geven. Voor nieuwe situaties zal middels een MER procedure moeten worden afgewogen op basis van lokale specifieke gebiedsgerichte informatie of de activiteit al of niet toelaatbaar is.

⁹ Uitgaande van een achtergrondtemperatuur van 22 °C

8.2 Koelwaterproblematiek

8.2.1 Temperatuurmetingen te Lobith

Van het meetstation Lobith is vanaf 1909 een bijna ononderbroken reeks metingen beschikbaar van het debiet en de temperatuur. In de meetreeks van de watertemperatuur is een duidelijke trend waar te nemen (zie onderstaande figuur). In de periode van 1909 tot en met 2003 neemt de temperatuur van het rivierwater gemiddeld met 0.033°C per jaar toe. In totaal is de temperatuur de afgelopen eeuw met 3 graden gestegen. Naar schatting is ruim de helft van deze stijging het gevolg van het toegenomen koelwatergebruik in Duitsland en het resterende deel het gevolg van algehele temperatuurverhoging door klimaatverandering.



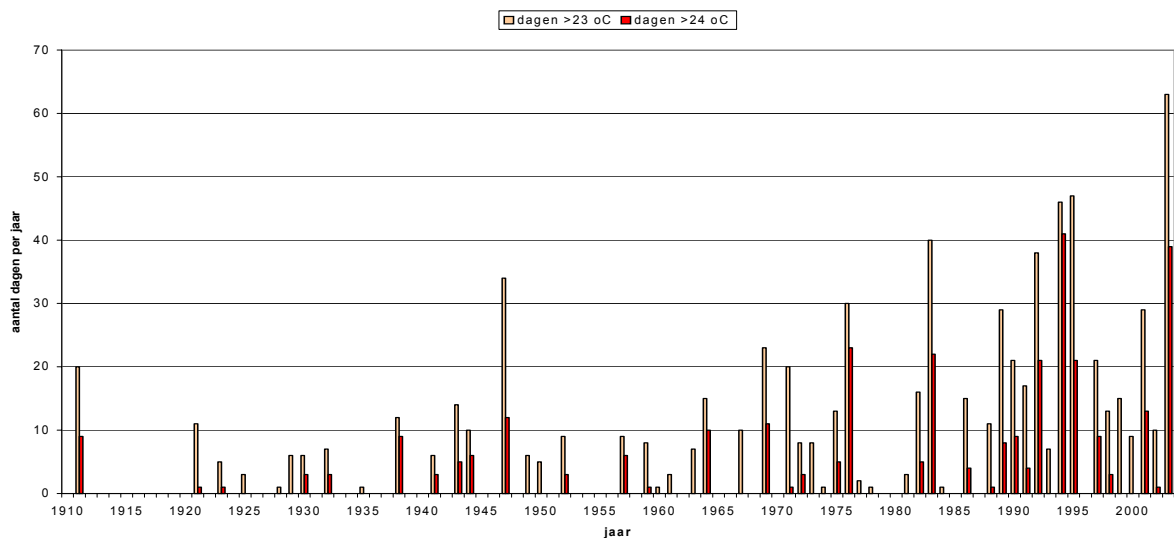
Figuur 8-2: Gemiddelde jaartemperatuur van het Rijnwater te Lobith, periode 1909-2003.

8.2.2 Ernst en herhalingsijd van koelwaterbeperkingen

Kema (2004) heeft de kans op het optreden van uitval van de electriciteitsvoorziening berekend, als functie van onder andere de beschikbaarheid van koelwater. In de berekeningen is een reeks gemeten watertemperaturen en debieten gebruikt van de Rijn te Lobith van 1980 t/m 2003. Deze reeks is aangevuld met 1976 omdat dit jaar voor velen een belangrijke referentie vormt voor droogteproblemen.

De kans op uitval is berekend als het aantal uren per jaar dat niet aan de totale vraag naar electriciteit kan worden voldaan. Voor de vraag naar electriciteit is steeds dezelfde jaarreeks van uurmetingen van de vraag gebruikt, namelijk 2002. Als niet aan de totale vraag voldaan kan worden treedt (gedeeltelijke) uitval van de electriciteitsvoorziening op. Het laagst berekende aantal uren uitval staat voor de kans op uitval zonder dat koelwaterbeperkingen een rol spelen. Dit aantal wordt in 5 van de 25 jaren bereikt, dus in die jaren is er in het geheel geen sprake van koelwaterbeperkingen. De kans op uitval in overige jaren is in Tabel 8-1 op bladzijde 96 uitgedrukt als percentage van het laagst berekende aantal uren per jaar.

Idealiter zou de herhalingstijd behorend bij een bepaald aantal uren uitval per jaar berekend moeten worden uit berekeningen voor een veel langere reeks dan de nu gebruikte 25 jaren. Dit is echter een te bewerkelijke methode. Uit vergelijkende berekeningen (Kema, 2004) is gebleken dat de watertemperatuur een redelijke correlatie vertoont met de berekende kans op uitval. De watertemperatuur voldoet hierbij zelfs beter dan een combinatie van temperatuur en afvoer. Daarom is een frequentieverdeling gemaakt van het aantal dagen met hoge watertemperaturen (hoger dan 23 of 24 °C) in een reeks van bijna 100 jaar gemeten watertemperaturen te Lobith. Ook voor de toekomst kunnen de voor het verleden berekende beperkingen worden gebruikt, mits een correctie voor bovengenoemde trend in temperatuur wordt doorgevoerd. Uit Figuur 8-3 blijkt dat een aanzienlijk deel van het jaar temperaturen van boven de 24 °C kunnen optreden. In 1994 bijvoorbeeld wordt een temperatuur van 24 °C gedurende meer dan 40 dagen overschreden.



Figuur 8-3: Aantal dagen per jaar met temperatuur van het Rijnwater te Lobith hoger dan 23°C en 24°C, zonder correctie voor de stijgende trend.

In de derde en vierde kolom van Tabel 8-3 is een indicatie gegeven van de herhalingstijd van het betreffende jaar. In de derde kolom staan de resultaten als de werkelijk gemeten temperaturen worden gebruikt, in de vierde kolom de resultaten als de temperaturen worden gecorrigeerd voor de toename volgens de trend in Figuur 8-2.

In Tabel 8-3 is 1981 het referentiejaar voor gemiddelde omstandigheden. Te zien is dat het jaar 1976 voor de electriciteitsproductie geen extreem jaar was in termen van uitval. De berekende herhalingstijd van 33 resp. 16 jaar is gebaseerd op het aantal dagen met hoge temperatuur, en is aanmerkelijk lager dan de herhalingstijd van de afvoer van dat jaar. De berekende 150% zou echter tot een nog veel kortere herhalingstijd leiden, in de orde van enkele jaren. In dit geval is er derhalve geen goede correlatie tussen het aantal dagen met hoge watertemperatuur en de berekende kans op uitval. Het tijdstip in het jaar dat warmte een rol speelt en de duur ervan zijn hiervoor mogelijk verantwoordelijk. Uit Tabel 8-3 is voorts af te lezen dat de herhalingstijden van warme jaren door de toenemende trend in temperaturen ongeveer twee keer zo kort moeten worden ingeschat als zonder correctie voor deze trend het geval zou zijn.

jaar	uren stroomuitval t.o.v. een jaar zonder koelwaterbeperkingen (%)	indicatieve herhalingstijd zonder temperatuurcorrectie (jaar)	indicatieve herhalingstijd met temperatuurcorrectie (jaar)	aantal dagen met gemeten watertemperatuur te Lobith > 24 °C
1981	103	2	2	3 ^x
1976	150	33	16	23
2003	650	50	33	39
1994	830	100	50	41

Tabel 8-3: *Berekende uren stroomuitval (genormaliseerd) en herhalingstijd van koelwaterbeperkingen. ^x= gemiddelde over periode 1909-2003.*

8.2.3 Toekomstscenario's

De in de afgelopen eeuw ingezette temperatuurstijging zet door. De verwachting is dat wereldwijd tot 2050 de temperaturen stijgen met 1 tot 3 graden, en in 2100 kan dat zelfs oplopen tot 6. Die temperatuurstijging heeft directe gevolgen voor de watertemperaturen. De kans is groot dat die gemiddeld over een jaar de buitentemperaturen volgen. In de zomerperiode is er echter nog een aantal andere factoren die de watertemperatuur beïnvloeden. Zo is de instraling van de zon sterk bepalend voor de watertemperatuur. Daarnaast speelt ook de afvoer een rol, zij het minder dan de buitentemperatuur. Die afvoer neemt in het zomerhalfjaar af, zoals in de voorgaande paragrafen is beschreven. Alles bij elkaar neemt de watertemperatuur de komende eeuw (fors) toe, en de beschikbare koelcapaciteit navenant af.

8.3 Bronnen

KEMA (2004): Droogtestudie Koelwaterproblematiek E-productie. P.J. Ploumen, W. van der Veen.

9 Maatschappelijke gevolgen

9.1 Inleiding

De maatschappelijke gevolgen van droogte zijn onderzocht op basis van de gebeurtenissen tijdens de droogste zomer in de recente historie, dit is de zomer van het jaar 1976. Ook de zomer van 2003 was droog en vooral warm, waardoor, in tegenstelling tot in 1976, sprake was van een koelwatertekort voor de energiecentrales, leidend tot een zogenaamde code oranje (verminderde reservecapaciteit) en code rood (geen reservecapaciteit meer beschikbaar) situatie. De lozing van koelwater moet daardoor tot voorbij de genormeerde temperaturen (kortstondig) gedoogd worden. In de pers was voor de code rood situatie veel aandacht. Voor een volledige beschrijving van de aard, ernst en omvang van de droogte van 2003 wordt verwezen naar de evaluaties daarvan zoals die door de diverse overheden (op landelijk en regionaal niveau) zijn gemaakt.

Zoals beschreven wordt hier volstaan met een schets van de maatschappelijke gevolgen van de droogste zomer in de historie. Kanttekening daarbij is dat als zo'n zomer zich nu opnieuw zou voordoen, de maatschappelijke gevolgen waarschijnlijk groter zouden zijn, vanwege de economische ontwikkeling en de toenemende afhankelijkheid van de juiste hoeveelheid water (niet teveel en niet te weinig) en de toegenomen maatschappelijke aandacht voor water.

Voor een reconstructie van de maatschappelijke gevolgen van de droogte in de zomer van 1976 zijn de volgende bronnen beschikbaar:

- De notulen van kamervragen uit het archief van de Tweede Kamer der Staten-Generaal in Den Haag;
- Het archief van Nederlandse dagbladen in de Koninklijke Bibliotheek in Den Haag;
- Filmbeelden van het Nederlands Audio-visueel Archief te Hilversum.

Er zijn beelden van het Polygoonjournaal beschikbaar over de droogte in de zomer van 1976. Deze zijn niet gebruikt, aangezien de kosten voor het eenmalig vertonen van enkele minuten beeldmateriaal zeer hoog zijn. Tevens geven de beelden waarschijnlijk geen andere informatie dan dat wat in de dagbladen is gevonden. De geraadpleegde notulen van de kamervragen en de dagbladen van de zomer van 1976 hebben enige historische feiten over de situatie in het land opgeleverd, welke in de volgende paragrafen worden beschreven.

9.2 Korte samenvatting van de situatie in 1976

De problemen doen zich vooral voor bij de boeren, die pas na 1976 zullen overgaan op het op grote schaal aanschaffen van beregeningsinstallaties. In het oosten is er een watertekort en in het westen is de zoutindringing een probleem. De drinkwatervoorziening is niet in gevaar, mede door het inrichten van de drinkwaterbekkens in de Biesbosch. Overigens wordt het drinkwater in Nederland uit (diep)grondwater gewonnen en de winning daarvan heeft niet direct last van een droge zomer. Er is in deze periode geen noodwet aangenomen om het watergebruik te beperken, wel is van rijkswege geadviseerd om zoveel mogelijk drinkwater te sparen door het beperken van het sproeien van tuinen en wassen van auto's.

9.3 Notulen van kamervragen

9.3.1 Commissievergadering 25 augustus 1976

Op 25 augustus 1976 hebben de vaste Commissie voor Landbouw en Visserij (L&V) en voor Verkeer en Waterstaat (V&W) mondeling overleg gevoerd met de ministers van de genoemde departementen over de droogtesituatie in de landbouw. De twee onderwerpen die op het overleg ter sprake komen, zijn:

1. de watervoorziening en
2. de gevolgen van de droogte voor de landbouw.

Ad. 1: In juni 1976 is naar aanleiding van een behoefte aan overleg over de droogte per provincie een overlegstructuur gevormd tussen vertegenwoordigers van het Ministerie van Landbouw en Visserij, landbouworganisaties, waterschappen, provinciale waterstaat en Rijkswaterstaat en het bedrijfsleven. Begin juli is dit overleg van de zijde van Rijkswaterstaat aangevuld met een landelijk coördinerend overleg tussen alle betrokken Rijkswaterstaatsdiensten om tot een optimale verdeling van de hoofdstromen en voorraden van zoet water te komen. Parallel hieraan is een informatiesysteem opgezet om landelijk de belangrijkste gegevens te bundelen betreffende de waterverdeling, de behoefte, de waterkwaliteit, vaardieptes en de getroffen maatregelen. Op deze wijze was het mogelijk om in een aantal gevallen te attenderen op naderende knelpunten.

De getroffen maatregelen hebben onder meer bestaan uit een aantal beperkingen die aan de diverse gebruikers zijn opgelegd of aanbevolen. Voorbeelden hiervan zijn het beperken van de scheepvaart (en het schutten) om een gunstiger waterverdeling te bereiken en alleen in Drenthe is de pleziervaart gestremd. Daarnaast zijn door Rijkswaterstaat pompen beschikbaar gesteld om schutverliezen in hooggelegen kanaalpanden te compenseren en om hooggelegen kanaalpanden ten behoeve van de landbouwwatervoorziening met water te voeden.

In de lager gelegen gebieden heeft het tegengaan van verzilting veel meer aandacht. Door de lage Rijnafvoer is niet mogelijk gebleken verzilting op de Hollandsche IJssel te voorkomen. Alle denkbare aanvoermogelijkheden (veelal noodvoorzieningen) zijn benut om het midden-westen van Nederland van zoet water te voorzien.

Door het inlaten van water van polders rond het IJsselmeer en verdamping is de voorraad sterk aangesproken en is bij de diverse provincies aangedrongen op beperking van het waterverbruik.

In 1976 is de Wet op de Waterhuishouding in voorbereiding. Een zo eerlijk mogelijke verdeling van water kan niet aan de hand van bovenaf opgelegde regels worden opgelegd, doch slechts in gemeenschappelijk overleg en met ieders medewerking tot stand komen. Ondanks het ontbreken van wettelijke regelingen heeft een goed overleg plaatsgevonden met tot dan toe bevredigende resultaten. Toch zullen in de Wet op de Waterhuishouding zowel regelingen betreffende de waterverdeling als het organiseren van het overleg een belangrijke rol spelen. De voorbereiding van deze wet zal nog enige jaren duren.

Het beregenen in de land- en tuinbouw, de akkerbouw en de rundveehouderij heeft een belangrijke functie voor het veiligstellen van de opbrengsten, zowel ter beperking van bedrijfsrisico's voor ondernemers als voor een evenwichtige prijsontwikkeling voor de consument. De capaciteit van beregenings- en bevoeiingsinstallaties beslaat in 1973 circa 66.000 ha. In 1976 is dat oppervlak met 50% tot 100% toegenomen ten opzichte van eerder jaren. Ongeveer 60% van het areaal wordt beregend met oppervlaktewater. Hoewel de capaciteit van de sloten niet in alle gevallen voldoende is, is op circa 1.100.000 ha een systeem van waterlopen aanwezig dat

voor wateraanvoer kan worden gebruikt. Overigens wordt opgemerkt dat de extreme situatie van 1976 niet als maatgevend mag worden gesteld.

Ondanks de droge periode hebben zich op het IJsselmeer geen problemen voorgedaan aangaande de watervoorraad. Verdamping heeft door het grote oppervlak van het IJsselmeer een grote verliespost van zoet water tot gevolg. Meer watervoorraad in het IJsselmeer zal grotere peilfluctuaties tot gevolg hebben hetgeen op sommige locaties aanpassingen aan het systeem vergt. Ook het Zeeuwse Meer wordt genoemd voor het vormen van een zoet water voorraad, echter door de gewijzigde plannen aangaande de sluiting van de Oosterschelde valt deze locatie af. De Deltawerken hebben overigens als nevenfunctie het vasthouden van zoet water en het beperken van de verzilting en zijn daartoe indien mogelijk ook ingezet.

In het algemeen ontstaat in droge perioden in het oosten van het land verdroging door een te kort aan zoet water, terwijl in het westen van het land geen waterkwantiteitsprobleem is maar de verzilting toeslaat. Door een optimale verdeling van het beschikbare water is getracht beide problemen het hoofd te bieden. Aan verzilting is weinig te doen aangezien de Rijnafvoer hierin een voorname rol speelt. De zoutwaterindringing heeft overigens op de Hollandsche IJssel bij Gouda tot een kritieke situatie geleid. Gevraagd wordt om de waterverdeling in een wettelijk kader op te nemen. Het tot stand brengen van een dergelijk kader is niet eenvoudig aangezien een optimale verdeling van het water een gedegen planmatige voorbereiding vereist. Tot nu toe wordt op basis van vrijwilligheid overlegd over de waterverdeling en de beperkingen die men zich dient op te leggen.

Uit de uitspraken van de bewindslieden (ministers van L&V en V&W) wordt door de commissieleden afgeleid dat de beregening van akkers massaal haar intrede heeft gedaan. De gevolgen daarvan zijn moeilijk te overzien, maar gevraagd wordt hoe deze ontwikkeling het hoofd kan worden geboden. Het is van belang om te weten of men voor beregenen aanspraak kan maken op oppervlaktewater of dieptewater. Het watergebruik in de landbouw is circa 100 tot 150 miljoen m³ per jaar waarvan 30 miljoen m³ uit grondwater. Het drinkwater- en industriewaterverbruik belooft ongeveer 1200 miljoen m³ per jaar dat geheel uit grondwater wordt betrokken. Over het vasthouden van grondwater wordt opgemerkt dat de wijze van grond bewerken veel kan bijdragen tot de vermindering van de droogtegevoeligheid van de grond.

Ook verontreiniging van het oppervlaktewater is vooral in droge periode een probleem. Met België zal spoedig contact worden opgenomen om de ontwerpverdragen betreffende het beperken van de verontreiniging van Maaswater te effectueren.

ad. 2: Er zijn zorgen over de opbrengst van consumptie- en fabrieksaardappelen. Om een indruk te geven: voor zowel consumptieaardappelen als voor fabrieksaardappelen wordt een opbrengst in 1976 van circa 2 miljoen ton geschat. De opbrengst van aardappelen op kleigrond wordt vooralsnog niet ernstig beïnvloed door de droogte. Op zandgrond wordt de opbrengst wel sterk negatief beïnvloed door de gevolgen van verdroging en beperking van de beregening. De import van aardappelen voorafgaand aan de nieuwe oogst is circa 10% van de totale aardappelproductie in Nederland en is in dit droge jaar niet extreem hoog. Ook is niet massaal eerder begonnen met het rooien van de (nog niet volgroeide) aardappelen zoals in sommige berichten is gesuggereerd. Een voordeel van de droogte is dat het loof van de aardappelen eerder (maar niet te snel) afsterft waarmee glazigheid van de aardappel wordt voorkomen. Dit komt de kwaliteit van de aardappelen ten goede.

Een schaarste aan aardappelen wordt in het najaar verwacht waardoor de prijs zal kunnen stijgen. Een commissielid vraagt of de minister aan de consument kan adviseren om één of meer malen per week rijst, macaroni e.d. te eten in plaats van aardappelen. De minister antwoordt dat er nog geen aanwijzingen zijn dat de aardappelprijzen inderdaad omhoog zullen gaan. Mocht dat wel het geval zijn dan wil hij de consument wel wijzen op andere voedingsbronnen, maar hij onderkent ook het eigen initiatief van de prijsbewuste consument.

De inkomsten van de gemengde akkerbouw zullen door droogte wellicht lager zijn in vergelijking met de voorgaande jaren. De raming van de inkomsten over 75/76 komen voor de grote en kleine bedrijven lager uit in de veenkoloniën en kleigebieden in het noorden en langs de rivieren. Een uitzondering daarop vormen grote en kleine bedrijven in de droogmakerijen, IJsselmeerpolders en het zuid-westen waar een hogere opbrengst wordt verwacht.

In juli heeft de Landbouwwaad besloten het gemeenschappelijk douanetarief voor consumptieaardappelen volledig te schorsen tot en met 30 september 1976. De minister zal in de Raadszitting in september op een verdere verlenging van deze schorsing aandringen, ten einde de invoer van aardappelen uit derde landen (buiten de EG) te bevorderen. Mocht een tekort aan aardappelen op de binnenlandse markt ontstaan dan zal de minister een exportheffing naar derde landen overwegen.

Na een aanvankelijk sterk stijgen van de prijzen voor groenten (sla, tomaten en komkommer) dalen die in de loop van de tijd weer. In de indexcijfers voor kosten van het levensonderhoud komt de prijsstijging overigens niet bijzonder sterk naar voren, omdat wordt gewerkt met driemaandelijke gemiddelden. Uiteraard zal de prijsstijging een naijlend effect hebben. Om een grotere aanvoer van groenten te bewerkstelligen is door de EG besloten de invoerrechten op import uit derde landen tot 30 september te schorsen. Van die maatregel mag niet al te veel resultaat worden verwacht.

In de melkveehouderij heeft men een ernstig ruwvoertekort. Ten noorden van de rivieren is er net genoeg ruwvoer, ten zuiden van de rivieren wordt slechts in de helft voorzien. De rundvleesaanvoer is niet extreem hoog, de prijzen zijn stabiel. Boeren laten dus niet massaal hun vee slachten door het ruwvoertekort. Overigens is er een importstop op rundvlees van kracht tot 1 januari 1977 in EG.

De melkproductie is lager in droge gebieden maar in de niet door droogte getroffen gebieden zal de productie vermoedelijk toenemen. Nogmaals wordt opgemerkt dat de akkerbouw op kleigrond een goede tot zeer goede productie en goede kwaliteit pootgoed heeft. Er worden goede financiële resultaten voor die sector verwacht. Ook wordt een zeer goede suikerbieten oogst verwacht door de hoge suikerproductie als gevolg van de vele zonuren.

Op de lichte gronden heeft de akkerbouw in toenemende mate te lijden onder de gevolgen van de droogte. Op die gronden wordt een teleurstellende oogst verwacht van suikerbieten, snijmaïs, consumenten- en fabrieksaardappelen. Ook de bloementeel ondervindt schade door de droogte.

Maatregelen zijn getroffen om problemen te beperken met de ruwvoervoorziening en de inkomenspositie van de boeren. Wellicht wordt een prijsmaatregelen voor ruwvoer in het leven geroepen. De vooruitzichten voor de komende winterperiode zijn niet rooskleurig, daarom wordt de nateelt zoveel mogelijk gestimuleerd. Er is na overleg met het Landbouwschap een garantieregeling van kracht geworden voor snel groeiende grassen en snijgranen. Voorts is een subsidieregeling opgesteld voor de transportkosten van ruwvoer in de eerste plaats voor de Waddeneilanden (kosten boot). De hoogte van de vergoeding van de vervoerskosten liggen tussen de 31% en 58% per ton. De kosten die door de boer worden gedragen zijn dan ongeveer

11 tot 14 gulden per ton. De distributie van ruwvoer zal worden geoptimaliseerd door de oprichting van ruwvoerbanken waarvan de (extra) kosten voor rijksrekening zullen komen.

Over de inkomenspositie van de boeren wordt met het ministerie van CRM (Cultuur, Recreatie en Maatschappelijk Werk) overlegd door de minister van L&V. Gezocht wordt naar een bevredigende oplossing door middel van het toepassen van de Rijksgroepsregeling Zelfstandigen (RZ). Deze regeling mag niet worden gezien als een aanvullende kredietverlening die aan de banken terug moet worden betaald. Gepleit wordt om kredieten bij de bank tegen zachte voorwaarde te verkrijgen. De droogte mag geen aanleiding zijn volgens de minister dat boeren hun bedrijf zouden moeten beëindigen. Er wordt een harmonisatie verwacht van de steun aan de boeren wanneer de steunmaatregelen in andere Europese landen bekend worden eind september. In de Landbouwwraad (van de EG) zal eind september worden gepoogd de verschillende nationale steunmaatregelen zoveel mogelijk te coördineren.

9.3.2 Commissievergadering 2 september 1976

Op 2 september 1976 heeft, in vervolg op het overleg van 25 augustus, de minister van Landbouw en Visserij in de vaste Commissie voor Landbouw en Visserij enkele mededelingen gedaan over het resultaat van zijn besprekingen met de Staatssecretaris van CRM. Het betreft hier de resultaten van overleg tussen de ministeries over de toepassing van de Rijksgroepsregeling Zelfstandigen (RZ).

Er zijn financiële problemen, voornamelijk in de rundveehouderij en in enkele agrarische sectoren. Het RZ wordt als nodig en verantwoord instrument gezien om overheidshulp te bieden. Het is zaak om op korte termijn aan de agrariërs te laten weten in welke mate zij steun van de overheid kunnen verwachten mede om het ongewenste neveneffect van het op grote schaal afslachten van vee te voorkomen.

Om voor de regeling in aanmerking te komen is een aanvraagprocedure gestart. De aanvraagformulieren worden bij de gemeente ingeleverd. Op het formulier kan worden aangegeven wat de extra kosten zijn geweest als gevolg van de abnormale weersomstandigheden. Boekhoudverslagen van de afgelopen drie jaar moeten daarom worden meegestuurd. De vragen op het formulier behelzen:

- de levensvatbaarheid van het bedrijf,
- de vermogenspositie,
- het normale inkomen,
- het benodigde bedrag en een voorstel voor bijstand.

Voor het vermogen en het inkomen zijn normen vastgesteld door het ministerie. De beoordeling van de aanvragen gebeurt door vertegenwoordigers van de betreffende gemeente en van de ministeries van EZ, L&V en CRM.

Naar aanleiding van het voorstel van de minister stellen de commissieleden nog enkele vragen:

- PvdA: Of, indien noodzakelijk, direct na de aanvraag al een voorschot kan worden verleend.
- CHU en KVP: Of de uitvoering van de maatregelen zo snel mogelijk kan plaatsvinden en vertraging bij gemeenten zoveel mogelijk wordt voorkomen. De minister antwoordt hierop dat het streven erop is gericht aanvragen binnen één week tot tien dagen af te handelen.
- Boerenpartij: Verwacht wordt dat terugbetalen van de in het vooruitzicht gestelde leningen voor veel agrariërs wel eens moeilijk zou kunnen zijn.
- VVD: Dat ook marginaal levensvatbare bedrijven niet uit het oog worden verloren bij het uitvoeren van de regeling.

9.4 Dagbladen

De NRC, Trouw en Volkskrant van 1976 zijn ingezien met het oog op artikelen aangaande de droogte. De inhoud van de artikelen in de drie landelijke dagbladen ontloopt elkaar nauwelijks, hoewel de NRC veel vaker bericht over de droogte. Aangezien de droogte met name de agrariërs treft, zou men van de Trouw als christelijk dagblad meer berichten verwachten, dat blijkt echter niet het geval. De inhoud van de artikelen wordt vrijwel geheel gedekt door wat er in de stukken van de tweede kamer staat. De meerwaarde van de krantenartikelen is dat de datering van de ontwikkelingen beter is te volgen. Hieronder een chronologische samenvatting van de artikelen in de drie genoemde dagbladen over de droogte in Nederland en West-Europa.

- 3 juli: Er is sprake van het verlenen van hulp door het leger tegen de droogte. In het Westland is het probleem het opdringend zout, dat de zoet watervoorziening bedreigt. In heel West-Europa ondervindt men last van de droogte, met name in Engeland, Frankrijk, Italië en Zwitserland. In Engeland is een noodwet aangenomen om niet essentieel waterverbruik te verbieden zoals: autowassen, besproeien van tuinen, renbanen en golfbanen en het wassen van gebouwen.
- 5 juli: De boerenorganisaties vragen om fiscale hulp aan de regering. Dit houdt in het uitstellen van het afdragen van belastinggelden aan de overheid.
- 7 juli: Ernstige bosbranden woeden op de Veluwe en in Brabant. Door de droogte en het watertekort houden de branden enkele dagen aan. De militaire hulp aan boeren bij het beregenen van akkers is veelal niet effectief door het gebrek aan water.
- 9 juli: Militairen en politie gaan de bossen bewaken om beginnende branden en brandstichting te voorkomen. Door de belangenorganisatie van de agrariërs wordt geopperd dat er een rampenfonds voor de landbouw moet komen. In Frankrijk hebben de problemen door droogte zeer ernstige vormen aangenomen, watertekorten en mislukte oogst, alleen voor de druiventeelt is de uitbundige zonneschijn goed. EG-landbouwcommissaris Lardinois verwacht dat de komende 4 à 5 jaar meer droge jaren zullen voorkomen.
- 13 juli: Er valt een beetje regen maar dat is onvoldoende om de problemen te verlichten. De stuwen in de Lek zijn gesloten.
- 28 juli: Telers krijgen van de overheid een financiële garantie tegen misoogst.
- 30 juli: Met name pas aangeplante bomen sterven af door de droogte.
- 20 augustus: Men is somber over de landbouwopbrengsten. De zoet watervoorraad in het Westland wordt meer en meer bedreigd door zout water.
- 26 augustus: Drinkwater in Zeeland is schaars. In Limburg is het zeer droog, de minister van Landbouw en Visserij gaat daar op bezoek om de situatie te bekijken.
- 28 augustus: De droogte treft vooral de landbouw en veehouderij in Zeeland, Limburg en de Waddeneilanden. Door de droogte is er een tekort ontstaan aan gewassen die als veevoer dienen waardoor de veehouders duur ruwvoer moeten inkopen.

Overigens wordt het nieuws in de droge maanden juni, juli en augustus gedomineerd door andere politieke zaken. Het kabinet Den Uyl is in functie, er zijn problemen met de besluitvorming over de Bloemhovekliniek en verder verschijnt het rapport Donner over de Lockheed-affaire. De controverse tussen Van Agt en Den Uyl wordt breed uitgemeten in de kranten. In deze periode speelt ook de discussie over het al dan niet volledig afsluiten van de Oosterschelde. Overigens blijkt uit niets in de dagbladen dat er grote maatschappelijke onrust is, behalve dan bij de boeren. Bedacht moet worden dat het de vakantiemaanden zijn en dat de burger geniet van het mooie weer.

Tot slot is hieronder een compilatie van de krantenkoppen uit de zomer van 1976 opgenomen.

Europa droogt uit maar de windruiven doen het uitstekend

BRUSSEL/ONDEN: MAZU — De kate en de draagte in Europa blijven vaak
den, de vretgenen in het Europa doen pogingen het lijden voor men en die een
mogelijk te vermindern, maar de vretgenen doet het onder de vretgenen amman
heden voor goed.

De kate en de draagte in Europa blijven vaak den, de vretgenen in het Europa doen pogingen het lijden voor men en die een mogelijk te vermindern, maar de vretgenen doet het onder de vretgenen amman heden voor goed.

**Hoe pelt
in koe
in banaan?**

Noodwet voor waterverbruik in Engeland

Schade voor boeren door droogteperiode blijkt mee te vallen

Door onze redacteur F. PR. OROENSEL

Tuinbouw in Westland in moeilijkheden door opdringend zout water

Droogte treft ook Zeeuwse landbouw

Landmacht voorbereid op grote inzet bij nieuwe branden Veluwe

Nood- situatie Veluwe door vuurzee

**Bossen in Veluwe
bewaakt, militairen
in weekende paraat**

Hulp van leger tegen droogte op platteland

Door een onze redacteurs

ROTTERDAM, 3 juli — De krijgsmacht gaat helpen bij het bestrijden van de droogte op de landbouw.

Militaire 'spuithulp' veelal niet effectief door watergebrek

Door onze redacteurs

Fiscale hulp aan boeren in nood

Hulp voor landbouw gevraagd

Droogte: oogst EG 10% minder

Droogte catastrofaal in sommige
landen, elders kritieke proef genomen

'Records' in het weer zeker niet abnormaal

Klimaat niet de oorzaak, maar de mens

Landbouwministers EG somber in hun oogstverwachting

Door een onze redacteurs
BRUSSEL, 20 juli — De
ministers van landbouw en
visserij van de landen die
aan de EG toe behoren, zijn
vrijwel unaniem van mening
dat de oogst van de landbouw
in de EG dit jaar zal dalen
met ten minste 10 procent.

Prijzen omhoog

De prijzen van de landbouw
producten zijn in de EG
dit jaar met ten minste 10
procent dalen.

De prijzen van de landbouw
producten zijn in de EG
dit jaar met ten minste 10
procent dalen.

Product	1975	1976	Verandering
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%
Wolfram	120	125	+4,2%

Steun voor groter aanbod veevoer getroffen boeren

DEEN HAAG, 28 juli — Minister Van der Stoep...

Zeeland bestudeert stappen om verbruik van water te drukken

GOES, DEN HAAG, 26 aug. — Als de Zeeuwse bevolking zich niet vrijwillig in zijn
toekomstige beperkt, zal men daar, evenals in Engeland en België, het rigoureuze maat-
regelen moeten nemen. Deze waterbesparing kunnen gaten van in P. Stuur, directeur van
de Waterschapsligging in Zeeland, die grote moeilijkheden ervaart als gevolg
van de toenemende droogte.

Men van de maatregelen...
Kunnen zijn het verlagen van de
waterdruk, maar dan rijzen er
andere problemen op. Daarom
kan er een beperking van de
waterdruk worden genomen.
Dit kan worden gedaan door
de waterdruk te verlagen.
Dit kan worden gedaan door
de waterdruk te verlagen.
Dit kan worden gedaan door
de waterdruk te verlagen.



PANDE, LINDEN, 28
— Het Franse kabinet is van
oerdel dat de men aan de
door de wetgeving getroffen boeren
getroffener zijn te worden
door een verhoging van de
einde belastingen. Dit besluit
is maandag genomen door
minister Chirac zijn kabinet
in Parijs. Als het parlement
van een vergoeding krijgt
het ministerie een dringende
aanbeveling van de
landbouw.

