



# **Commissie 'Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw'**

## **Onderzoek WB21**

### **Thema 8: 'Economische, ecologische en maatschappelijke effecten van waterbeheer'**

Juli 2000



# Commissie 'Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw'

## Onderzoek WB21

Thema 8: 'Effecten op functies van waterbeheer'

Juli 2000

### **Auteurs**

Het project is uitgevoerd door de volgende personen:

Projectleiding : Harold van Waveren

Economie/case IVB : Roy Brouwer

Land- en tuinbouw : Marjolein Haasnoot

Veiligheid/Overstromingen: Plonie Cabbendijk (DWW)Scheepvaart

: Jan Eulen

Drinkwater	: Nico Pellenbarg
Koelwater	: Rikus Terveer
Terrestrische Natuur	: Remco van Ek/Marjolein Haasnoot
Aquatische Natuur	: Bas Ibbelings
Waterrecreatie	: Hans van der Mark
Stedelijk gebied	: Fred Wagemaker



## Inhoud

Samenvatting.....	1
1. Inleiding .....	7
2. Aanpak van het project.....	8
2.1 Onderzoeksvraag .....	8
2.1.1 Onderzoeksvragen van de Commissie waterbeheer 21 <sup>e</sup> eeuw.....	8
2.1.2 Onderzoeksvraag thema 8.....	8
2.2 Werkwijze.....	9
2.3 Aanpassingen ten opzichte van het oorspronkelijke projectvoorstel.....	9
2.4 Afbakening met andere thema's .....	10
2.5 Randvoorwaarden en uitgangspunten.....	10
3. Huidige situatie en autonome ontwikkelingen .....	11
3.1 Introductie .....	11
3.2 Autonome ontwikkelingen.....	11
3.2.1 Introductie.....	11
3.3 Landbouw .....	12
3.3.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	12
3.3.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de landbouw.....	15
3.3.3 Samenvattende conclusies voor de landbouw .....	17
3.4 Binnenvaart.....	18
3.4.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	18
3.4.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de binnenvaart .....	18
3.4.3 Samenvattende conclusies voor de binnenvaart .....	19
3.5 Terrestrische natuur.....	19
3.5.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	19
3.5.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de terrestrische natuur .....	20
3.5.3 Samenvattende conclusies voor de terrestrische natuur.....	21
3.6 Aquatische natuur.....	21
3.6.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	21
3.6.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de aquatische natuur .....	22
3.6.3 Samenvattende conclusies voor de aquatische natuur .....	22
3.7 Drinkwater.....	22
3.7.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	22
3.7.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op drinkwater.....	23
3.7.3 Samenvattende conclusies voor drinkwater .....	23
3.8 Waterrecreatie .....	23
3.8.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	23
3.8.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op waterrecreatie .....	24
3.8.3 Samenvattende conclusies voor waterrecreatie .....	25
3.9 Koelwater.....	25
3.9.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	25
3.9.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op koelwater.....	26
3.9.3 Samenvattende conclusies voor koelwater .....	27
3.10 Stedelijk gebied .....	27
3.10.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod.....	27
3.10.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op stedelijk gebied .....	28
3.10.3 Samenvattende conclusies voor stedelijk gebied.....	29
3.11 Veiligheid van hoofdwaterkeringen.....	29
3.11.1 Veranderingen bij autonome ontwikkelingen .....	29
3.11.2 Kosten en baten .....	30
3.11.3 Samenvattende conclusies voor veiligheid.....	33
4. Waterbeheer in de 21 <sup>e</sup> eeuw; Effecten van strategieën op functies .....	34
4.1 Kosten en Baten van Waterkeren en Waterbeheren.....	34
4.2 Strategien en Maatregelpakketten.....	34
4.3 Kosten en baten van technische maatregelen versus ruimtelijke maatregelen .....	34
4.3.1 Kosten .....	34
4.3.2 Baten.....	35
5. Effecten van waterbeleid: een integraal beoordelingskader .....	38
5.1 Theoretisch kader .....	38

5.2 Toepassing van het theoretisch model in dit project .....	40
6. Afweging en Waardering .....	41
6.1 Introductie .....	41
6.2: Case: Benedenrivierengebied. ....	41
6.2.1: Case benedenrivierengebied met twee indicatoren: ecologie en economie .....	42
6.2.2 `Verwacht maatschappelijk draagvlak` als extra indicator.....	44
6.2.3 `Verwachte bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid` als additionele indicator .....	46
6.2.4 Discussie en conclusies .....	48
7. Conclusies en aanbevelingen .....	49
7.1 Conclusies .....	49
7.2 Aanbevelingen .....	49
Bijlagen .....	52
Bijlage 1: Effectberekeningen op regionale watersystemen, landbouw en terrestrische natuur. ....	54
Bijlage 2: Binnenvaart.....	57
Bijlage 3: Waterrecreatie .....	64
Bijlage 4: Koelwater .....	73







## Samenvatting

Binnen thema 8 van het onderzoeksprogramma van de Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> Eeuw (WB21) is onderzocht wat de economische, ecologische en maatschappelijke effecten zijn van waterbeheer in de 21<sup>e</sup> eeuw. Hierbij is gekeken naar de land- en tuinbouw, binnenvaart, drinkwater, koelwater, natuur, waterrecreatie, stedelijk gebied en veiligheid. De effecten worden uitgedrukt in geld (kosten/baten), in natuurwaarde en in maatschappelijke voor- en nadelen.

Achtereenvolgens zijn in dit rapport methodes beschreven per functie om de kosten en baten te bepalen, zijn een aantal standaard situaties geanalyseerd met betrekking tot autonome ontwikkelingen (onder meer klimaatverandering) en zijn daarnaast voor een aantal specifieke gebieden voorbeelden uitgewerkt van mogelijke maatregelen.

## Belangrijkste conclusies

Uit het onderzoek kunnen de volgende hoofdconclusies worden getrokken:

- Onder invloed van klimaatverandering en bodemdaling gaan de fysische condities voor de belangrijkste economische functies (scheepvaart, landbouw en stedelijk gebied) in de 21<sup>e</sup> eeuw verslechteren. Voor de terrestrische natuur lijken de effecten daarentegen positief.
- De autonome ontwikkeling in de landbouw (verkleining van het areaal landbouwgrond) zorgt ervoor dat de negatieve effecten voor deze sector relatief minder groot zijn dan bij handhaving van het huidige areaal.
- De verminderde aanvoer van zoet water in de zomer, de toename van zoute kwel en het verder landinwaarts liggen van de zouttongen in de kustzone leiden tot een verminderde beschikbaarheid van zoet water in de zomer, terwijl de watervraag in deze periode juist toeneemt. Hierdoor komt de garantie van voldoende zoet water voor de landbouw in West-Nederland onder druk te staan.
- Voor alle Nederlandse watersystemen zijn de kosten en baten geïnventariseerd van de strategieën 'ruimte voor water' en 'technische maatregelen'. De eerste variant kent hogere kosten, maar ook hogere baten, met name in termen van kwaliteit van de leefomgeving en duurzaamheid van de strategie.

## Vergelijking van strategieën: 'Ruimte voor water' versus 'Technische maatregelen'

Samengevat kost het pakket ruimtelijke maatregelen 23,9 miljard en het pakket technische maatregelen 22,0 miljard voor de periode 2015-2050. In deze kosten zijn het beheer en onderhoud voor het rivierengebied en het Natte Hart nog niet meegenomen. Tevens ontbreekt de Maas.

De kosten voor het ruimtelijke pakket zijn dus hoger, grofweg 1,9 miljard gulden. Daar staan echter ook baten tegenover. In onderstaande tabel is een overzicht gegeven.

Tabel 0.1: Kosten en baten van strategieën

	Ruimte	Techniek
Kosten 2015-2050 (Miljard)	23,9	22,0
Visie op waterbeheer	+	-
Internationale afspraken; Bestuurlijk	++	--
Kosten	0	-
Beheersbaarheid risico's	0	-
Flexibiliteit	+	-
Belevingswaarde	+	0
Natuurwaarde	+	0
Voorkomen afwenteling	+	-
Beschermen zoetwatervoorraad	+	0

Onderstaand volgt een toelichting op de tabel.

### Visie op waterbeheer

Door de eeuwen heen is in Nederland het water aan banden gelegd. De laatste decennia hebben echter ook geleerd dat het aan banden leggen van het water zijn grenzen kent. Dreigende overstromingen en wateroverlast, verdroging en het verdwijnen van de zalm waren onder andere het gevolg. De nieuwe strategie heet daarom 'meebewegen met het water/veerkracht' (het beleid van de

vierde Nota waterhuishouding). Het ruimtelijke pakket past duidelijk beter in deze visie dan het technische pakket.

### **Internationaal**

Voor de Rijn is internationaal gekozen voor de visie 'Ruimte voor water', voor het gehele stroomgebied. Afgesproken is dat 'in principe' primair gezocht wordt naar rivierverruimende maatregelen in plaats van dijkverhoging. Dit betekent bijvoorbeeld dat in Duitsland de dijken niet verhoogd worden, en er als gevolg nooit meer dan maximaal 18.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith ons land binnen kan komen. Op dat moment overstroomden namelijk de dijken in Duitsland.

Op het moment dat Nederland nu zou kiezen voor dijkverhoging, ontstaan er op twee punten grote problemen:

- bestuurlijk: Nederland 'gaat af als een gieter' omdat het zijn afspraken niet nakomt, met een hoop politieke commotie als gevolg.
- technisch: de kans is buitengewoon groot dat de Duitsers het voorbeeld van Nederland volgen, zich ook niets meer aan zullen trekken van de internationale afspraken en dijken gaan verhogen. Het gevolg: het maximumdebiet bij Lobith gaat stijgen, met alle gevolgen van dien, inclusief flinke kosten voor een extra ronde dijkverhoging of andere maatregelen.

De baten van het pakket ruimtelijke maatregelen zijn daarmee tweeledig:

- politiek/bestuurlijk (pakket 'ruimte' scoort beter dan pakket 'technisch'),
- (vermeden) kosten: het 'technische' pakket kent op termijn hogere kosten dan nu gesuggereerd wordt, of andersom geredeneerd: met het ruimtelijke pakket worden op termijn de kosten voor een extra ronde dijkverhoging voorkomen.

### **Beheersbaarheid risico's**

De stelling 'hoe natuurlijker het waterbeheer, hoe beheersbaarder de risico's' laat zich het best uitleggen aan de hand van de Maas. Daar trad in 1993 en 1995 een wateroverlastprobleem op, doordat de rivier buiten zijn oevers trad. De overlast was groot, maar er vielen geen slachtoffers. De laatste keer waren de bewoners ook aanzienlijk beter voorbereid, wat resulteerde in een aanzienlijk kleinere schade ten opzichte van 1993.

Als reactie hierop is een serie technische maatregelen genomen, waar onder het aanleggen van kades. Het wateroverlastprobleem is hiermee veranderd in een veiligheidsprobleem. Want als zo'n kade het begeeft, stroomt in korte tijd, vaak onverwachts, een aanzienlijk gebied onder. Het risico op slachtoffers en grote schade is hiermee aanmerkelijk toegenomen. Dit voorbeeld laat zien dat bij het ruimtelijke pakket maatregelen de risico's beter beheersbaar zijn dan bij het technische pakket.

### **Flexibiliteit**

Als het ruimtelijke pakket nu niet wordt uitgevoerd, is over 50 of 100 jaar de benodigde ruimte zeer waarschijnlijk niet meer beschikbaar. Het technische pakket kan altijd later nog uitgevoerd worden. Kortom, de keuze van het ruimtelijke pakket geeft meer flexibiliteit.

### **Belevingswaarde**

Hoewel de visies op 'ruimtelijke kwaliteit' nogal verschillen (bijvoorbeeld een hoge culturele waarde ('open rivierenlandschap') versus een hoge ecologische waarde (onder andere ooibossen)), is er vanuit onderzoek naar de waterrecreatiesector wel enig kwantitatief materiaal beschikbaar om beide maatregelpakketten te analyseren, met name via de 'waterrecreatiegeschiktheidsindex'. Deze index is door Alterra in opdracht van de ministeries van V&W en LNV ontwikkeld (Goossen, 1997). Daarin is te zien dat factoren als 'aanlegplaatsen in de natuur' en 'bos, weide- en akkerland langs de oever' respectievelijk 25% en 10% van deze index uitmaken. Ook 'natuurlijke oevers', de 'lengte van natuurlijke oevers', de 'lengte van de vrij toegankelijke oevers' en 'begroeiing in het water dieper dan 1 m' zijn belangrijke parameters in de belevingswaarde. Voor allemaal geldt dat het ruimtelijke pakket aanzienlijk beter scoort.

### **Natuur**

Voor de regionale watersystemen zal het ruimtelijke pakket andere, gemiddeld hogere grondwaterstanden opleveren (GHG's en GLG's). Voor de terrestrische natuur is dit positief. Hierdoor vindt herstel plaats van zo'n 20% van de verdroogde gebieden waarvoor nog herstel mogelijk is. Ook de aquatische natuur gaat vooruit. Veel watersystemen ontwikkelen zich van een matige kwaliteit tot een kwaliteit die als goed tot soms zelfs zeer goed kan worden gekenmerkt. Dit laatste komt vooral

doordat bij de ruimtelijke maatregelen grotere kansen zijn voor herstelmaatregelen voor de habitats van belangrijke doelsoorten als de zalm.

### **Zoetwatervoorraad (drinkwater)**

Wat betreft de zoetwatervoorraden voor drinkwater zijn met name het IJsselmeergebied en het grondwater van belang. Het ruimtelijke pakket kent een grotere buffer in het IJsselmeergebied (het peil stijgt mee met het zeeniveau), en kent ook een grotere aanvulling van het grondwater.

### **Voorkomen afwenteling**

Bij het pakket 'ruimtelijke maatregelen' is de afwenteling aanzienlijk kleiner dan bij het pakket 'technische maatregelen, omdat elke regio zijn eigen probleem oplost. Dat geldt voor het hoofdsysteem en voor het landelijk gebied. Als gevolg van het pakket ruimtelijke maatregelen zal de droogteschade voor de landbouw afnemen, maar daar staat weer een toename van de verdrassingsschade tegenover.

### **Effecten per functie**

Per functie zijn de volgende conclusies te trekken:

#### **Landbouw**

- De klimaatscenario's zoals die binnen WB21 worden gehanteerd, pakken als ze geprojecteerd zouden worden op de huidige landbouw en de huidige wijze van waterbeheer slecht uit:
  - De droogteschade neemt aanzienlijk toe, doordat de watervraag stijgt en het wateraanbod in de zomer daalt.
  - De zoutschade neemt toe onder invloed van de toename van de zoute kwel. Dit laatste is een gevolg van zeespiegelstijging en bodemdaling. De toenemende zoutlast leidt tot een toenemende watervraag voor doorspoeling.
  - De verdrassingsschade neemt toe doordat de neerslag toeneemt.
- De binnen WB21 gehanteerde grondgebruiksscenario's laten een vermindering van het landbouwareaal zien. Daardoor neemt ook de totale droogte-, verdrassings- en zoutschade af. Hierdoor zijn de negatieve effecten van klimaatverandering minder groot dan bij handhaving van het huidige areaal.
- De schade in de landbouw wordt vooral veroorzaakt doordat wateraanbod en watervraag over het jaar een tegengesteld patroon vertonen. Als er veel water beschikbaar is, is de vraag klein (winterhalfjaar), terwijl als de watervraag groot is, het wateraanbod klein is. Onder invloed van de klimaatscenario's versterkt dit patroon zich aanzienlijk.
- De oplossing van het voorgaande probleem zou in twee richtingen gevonden kunnen worden:
  - aanpassing van het waterbeheer, zodat de juiste hoeveelheid water op het juiste moment beschikbaar is.
  - aanpassing van de landbouw, bijvoorbeeld door bij de gewaskeuze rekening te houden met de 'natuurlijke' hydrologische situatie.

#### **Binnenvaart**

- De klimaatscenario's zoals die binnen WB21 worden gehanteerd, pakken als ze geprojecteerd zouden worden op de huidige binnenvaart slecht uit. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat de debieten in de zomerperiode afnemen, waardoor ook de aflaaddiepte afneemt. Afhankelijk van de economische ontwikkeling levert dit meerkosten op voor de scheepvaartsector van 100 tot 500 miljoen per jaar.
- De debieten in de winterperiode nemen toe. Dit kan betekenen dat vaker dan nu het geval is vaarverboden worden afgekondigd bij extreem hoog water. Over de kosten en frequentie hiervan is echter geen betrouwbare informatie beschikbaar.

#### **Terrestrische natuur**

- Voor de terrestrische natuur pakt de klimaatverandering goed uit. Doordat er meer neerslag valt gaat de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand omhoog en neemt de kwel toe. Dit resulteert in een toename in natuurwaarde. In het geval van het centrale klimaatscenario geprojecteerd op 2050 herstelt 18-22 procent van de huidige verdroogde gebieden waarvoor in potentie nog herstel mogelijk is. In het geval van de bovenschatting in 2100 loopt dit zelfs op tot 42-52 procent. Hierbij is het directe effect van een toename van temperatuur en de atmosferische CO<sub>2</sub> concentratie nog

niet meegenomen. Andere onderzoeken wijzen op een verschuiving van ecosysteemtypen en veranderde concurrentieverhoudingen tussen plantensoorten.

### **Aquatische natuur**

- Over de effecten van klimaatverandering op de aquatische natuur is op dit moment nog niet veel bekend. Alleen voor het IJsselmeergebied is een klein onderzoek uitgevoerd. De conclusies daaruit zijn verontrustend. De kans op blauwalgenplagen neemt toe, vissen groeien trager en krijgen minder nakomelingen, de effecten van toxische blauwalgen, pesticiden, zware metalen en parasieten worden versterkt, er is een toenemende kans op botulisme en de kans op vestiging van allochtone soorten wordt groter. Een positief effect is er op de in de winter kritieke warmtehuishouding van visetende vogels.
- De effecten van grote waterhuishoudkundige projecten op de aquatische natuur verschillen sterk per regio:
  - In het IJsselmeergebied zijn de effecten van de diverse peilvarianten zoals die nu worden overwogen zeer beperkt. Pas als vooroevers worden toegepast als compensatie van dijkverhoging, neemt het areaal potentieel natuurgebied toe. Uit dat oogpunt lijkt dit dan ook een aantrekkelijke maatregel. Als maatregel om dijkverhoging te beperken lijkt deze maatregel overigens weinig succesvol.
  - Een open Haringvliet heeft een zeer positief effect op de aquatische natuur in de regio. Verwacht wordt dat in dat geval zich een ecosysteem ontwikkelt dat zeer dicht tegen het natuurstreefbeeld aanzit.
  - Bij de grote rivieren is de inrichting van de oevers nu nog de beperkende factor voor verdere natuurontwikkeling. De ingrijpende maatregelen die de komende decennia nodig zijn om de veiligheid rond de rivieren te handhaven, bieden een kans voor natuurontwikkeling. Indien gekozen wordt voor traditionele civieltechnische maatregelen zal de natuurwaarde nauwelijks verbeteren. Als echter gekozen wordt voor de variant 'Ruimte voor de Rivier', biedt dit goede kansen op een aanzienlijke verbetering van de natuurwaarde.

### **Drinkwater**

- De vraag naar drinkwater groeit ondanks een ontmoedigingsbeleid van de overheid en de sector nog steeds. Momenteel bedraagt de consumptie ruim 1,2 miljard kubieke meter per jaar. De verwachting is echter dat op termijn de vraag zich zal stabiliseren, tot maximaal 2 miljard kubieke meter per jaar.
- Er vindt een verschuiving plaats van grondwater naar oppervlaktewater als bron voor drinkwater. Deze verschuiving vindt vooral plaats doordat de grondwateronttrekking zich stabiliseert en de oppervlaktewaterwinning toeneemt. Op de totale jaarlijkse waterbalans voor Nederland blijft de drinkwateronttrekking echter een relatief kleine post (ruim 1%).
- Het eventuele gebruik van de Haringvlietdam als stormvloedkering zal leiden tot het onbruikbaar worden van het inlaatpunt bij de Biesbosch. Dit zal stroomopwaarts gelegd moeten worden, waardoor een vergelijkbare situatie ontstaat als bij de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland: het inlaatpunt zit op ruim 100 km. van de gebruiker.

### **Recreatie**

- Uit de analyses voor het onderwerp waterrecreatie blijkt dat alle typen waterrecreatie in de komende 20 jaar waarschijnlijk gaan groeien. Dit heeft geen directe gevolgen voor de watervraag, maar wel op de omvang van eventuele neveneffecten van waterbeheersmaatregelen op de sector. Een voorbeeld is een ander peilbeheer in het IJsselmeergebied. Naarmate er meer ligplaatsen zijn nemen de totale kosten om de ligplaatsen aan te passen aan een ander peilbeheer ook toe.
- De groei van de waterrecreatie wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de autonome sociaal-demografische ontwikkeling, waar de ontwikkeling van de waterrecreatie, net als nagenoeg alle andere sectoren overigens, gevoelig voor blijkt te zijn. Per recreatietype zijn er bij het gehanteerde economische scenario verschillen in groei in 2020, variërend van 10 tot 60 procent ten opzichte van 1990. Met name de stijging van de welvaart levert, indien het aanbod van ligplaatsen mee zou groeien, een forse groei op in de vloot van toerwaartuigen, en daarmee in het aantal dagtochten dat per jaar wordt ondernomen. De overige recreatietypen stijgen grosso modo mee met de demografische groei.
- De waterrecreatiesector in het IJsselmeergebied kan bij een ander peilbeheer voor grote kosten komen te staan. De meest extreme variant van een peilbeheer van +60 centimeter ten opzichte van NAP levert bijna een half miljard meerkosten voor de periode tot 2050, vooral om havens aan

te passen. Varianten waarbij een kleinere peilvariatie optreedt, bijvoorbeeld plus of min 20 cm, leveren een schadepost op van 60 tot 100 miljoen gulden.

- Uit de analyses blijkt dat de groei van de waterrecreatie voor een klein deel wordt veroorzaakt door een verbetering van de watersysteemkwaliteit (inclusief inrichting), zij het dat de invloed hiervan aanzienlijk kleiner is dan de autonome sociaal-demografische ontwikkeling. De uitkomsten van de analyses lijken er op te wijzen dat de invloed van het waterbeleid op de omvang van de waterrecreatie niet groot is. Wel kan de belevingswaarde van de waterrecreatie sterk worden beïnvloed.

### **Koelwater (elektriciteitssector)**

- Indien het huidige productiepark in 2050 nog zou bestaan, zou de watervraag vanuit de elektriciteitssector in de zomer enorm toenemen. De koelcapaciteit is namelijk afhankelijk van enerzijds debieten en anderzijds de temperatuur van het water. Beiden ontwikkelen zich onder invloed van klimaatverandering in de verkeerde richting.
- Daartegenover staat dat door verbetering van de technologie, warmte-krachtkoppeling, overgang naar duurzame energiebronnen en de toename van energie-import uit het buitenland de hoeveelheid te lozen warmte door de sector afneemt. Hierdoor neemt de watervraag af.
- Onduidelijk is op dit moment welke van voorgaande ontwikkelingen over 50 jaar zal overheersen.

### **Stedelijk gebied**

- Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde grondwaterstand en neemt de kwel toe, wat leidt tot meer grondwateroverlast in stedelijk gebied als geen aanvullende maatregelen worden genomen. Kwantificering van deze overlast is echter niet mogelijk.
- Er zijn een aantal maatregelen mogelijk die de hydrologische situatie in stedelijk gebied kunnen verbeteren. Het meest effectief en kansrijk zijn het vergroten van het oppervlak aan open water, een flexibeler grondwaterpeil in combinatie met grotere infiltratie en het afkoppelen van de regenwaterriolering. Voorgaande maatregelen bieden tevens kansen voor verhoging van de kwaliteit van de leefomgeving.

### **Economische effecten van overstromingen**

- In laag Nederland is de toegevoegde waarde jaarlijks ruim 400 miljard gulden. Jaarlijks wordt er rond de 3 miljard gulden geïnvesteerd om dit gebied te beschermen tegen hoog water. De rentabiliteit van deze investering is dus buitengewoon hoog.
- Als laag Nederland zou overstromen treedt een totale directe schade op van 1500 miljard gulden (op een totale waarde in dit gebied van 2500 miljard), waarbij de belangrijkste schadeposten zijn: woningen (ruim 450 miljard), handel en horeca (ruim 300 miljard), banken en verzekeringen (eveneens ruim 300 miljard), industrie, delfstoffen en nutsbedrijven (ruim 200 miljard). Verder is de schade aan landbouw en de bouw nog betrekkelijk groot (ieder ruim 50 miljard).
- De dijkringen waar de meeste schade optreedt, zijn respectievelijk Zuid-Holland (ruim 600 miljard) Groningen/Friesland (ruim 150 miljard), Noord-Holland (eveneens 150 miljard), Kromme Rijn (ruim 70 miljard) en IJsselmonde (ruim 60 miljard). De overige 48 dijkringen zitten onder de 50 miljard schade per dijkkring, waarbij in de dijkkring Nederhemert de schade het kleinst is (6 miljoen).
- Een belangrijk punt in de discussie over kosten en baten is dat het economisch belang sinds het instellen van normen voor primaire waterkeringen met een factor 10 is toegenomen. Ook de bevolkingsdichtheid in laag Nederland is sterk toegenomen. De conclusie lijkt dan ook gerechtvaardigd dat de normen wellicht aan herziening toe zijn (de MARS-route). Zeer waarschijnlijk leidt dit tot de conclusie dat het economisch verantwoord is de uitgaven voor 'waterkeren' aanzienlijk te verhogen.
- Indien de nieuwe veiligheidsnormen gebaseerd worden op de kans van overstroming en de hoogte van de dan optredende schade per dijkkring, zullen de veiligheidsnormen voor de diverse dijkringen sterk uiteen gaan lopen.



## 1. Inleiding

Naar aanleiding van de problemen met hoogwater en wateroverlast in de afgelopen jaren, de daardoor ontstane schade, alsmede de noodzaak beleidsmatig rekening te houden met de mogelijke toekomstige effecten van klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling, is door het ministerie van Verkeer en Waterstaat en de Unie van Waterschappen de Commissie Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw opgericht. Zij heeft opdracht gekregen om medio 2000 advies uit te brengen over de wenselijke lange-termijn aanpassingen in de waterhuishoudkundige inrichting van Nederland (hoofdsysteem en regionale systemen), en de op korte en middellange termijn te nemen maatregelen. De Commissie zal haar advies richten op waterhuishoudkundige aspecten, op de relatie tussen het watersysteem en (grond)gebruiksfuncties en op de sturingsmogelijkheden voor toekomstig waterbeheer.

Na een inventarisatieronde (april - juni 1999), waarin gesprekken en ronde-tafel-conferenties zijn georganiseerd met vele deskundigen en betrokkenen, is een beeld ontstaan van de belangrijkste knelpunten, de richting waarin mogelijke oplossingen moeten worden gezocht en de benodigde kennis om deze knelpunten op te lossen. Bij deze "agendavorming" is gebleken dat over diverse onderwerpen reeds veel kennis beschikbaar is, maar dat met name op het punt van de regionale watersystemen en de samenhang met het hoofdwatersysteem kennislacunes bestaan. Datzelfde geldt ook voor de interactie tussen de watersystemen en de grondgebruiksfuncties.

Om de kennislacunes op te vullen is door de commissie een onderzoeksprogramma geschreven. Een van de onderwerpen betreft de economische, ecologische en maatschappelijke effecten van waterbeheer (thema 8). Het RIZA is gevraagd dit project uit te voeren, waarbij een deel van het werk ook is uitgevoerd door de Dienst Weg- en waterbouwkunde van Rijkswaterstaat. In dit rapport wordt verslag gedaan van de uitgevoerde werkzaamheden.



## 2. Aanpak van het project

### 2.1 Onderzoeksvraag

#### 2.1.1 Onderzoeksvragen van de Commissie waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw

De commissie WB21 heeft van de Staats-Secretaris van V&W en de voorzitter van de Unie van Waterschappen de volgende vraag meegekregen: is het Nederlandse waterbeheer nu en in de toekomst op orde, en zo nee: wat te doen om het op orde te krijgen? Deelvragen daarbij zijn:

- Kan het huidige systeem het huidige wateraanbod aan?
- Kan het huidige systeem het toekomstige wateraanbod aan?
- Vergroot het toekomstige verwachte grondgebruik de knelpunten in het watersysteem?

Veiligheid, wateroverlast en watertekort zijn daarbij kernbegrippen. Met name moet daarbij bekeken worden hoe zich watervraag en wateraanbod ontwikkelen, en welke eventuele problemen zich daarbij voordoen in de waterhuishouding en de daarmee samenhangende functies van watersystemen.

Voorstellen om het waterbeheer op orde te krijgen worden beoordeeld op basis van de volgende criteria:

1. Kosten en baten (van strategieën).
2. Economische bedrijfsvoering (inclusief kansen voor functies).
3. Benodigde ruimte.
4. Ruimtelijke kwaliteit:
  - natuurwaarden,
  - landschap/ruimtelijke kwaliteit,
  - cultuurhistorische waarden.
5. Duurzaamheid:
  - robuustheid,
  - flexibiliteit,
  - afwenteling.
6. Draagvlak:
  - bestuurlijk (inclusief juridisch/organisatorisch),
  - maatschappelijk.

#### 2.1.2 Onderzoeksvraag thema 8

In overleg met het projectteam Waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw is de onderzoeksvraag voor dit project als volgt geformuleerd:

**Wat zijn de effecten (voor- en nadelen) voor de diverse gebruiksfuncties (van water) van diverse varianten van waterbeheer in de 21<sup>e</sup> eeuw.**

Met het onderzoek kan antwoord worden gegeven op een aantal vragen van de commissie. De belangrijkste daarvan zijn:

- de ontwikkeling van de watervraag,
- kosten/baten aspecten en economische gevolgen voor de functies,
- effecten op natuurwaarden,
- maatschappelijke effecten.

Wat betreft de functies gaat het om:

- land- en tuinbouw,
- binnenvaart,
- drinkwater,
- koelwater,
- natuur (terrestrisch en aquatisch),
- waterrecreatie,
- stedelijk gebied,
- veiligheid.

De overige functies worden buiten beschouwing gelaten.

De effecten worden uitgedrukt in geld (kosten/baten), in natuurwaarde en in maatschappelijke kosten en baten. Hierbij worden effecten bepaald voor vier situaties:

- effecten in de huidige situatie (bijvoorbeeld regelmatig terugkerende droogte- en verdrassingsschade in bepaalde regio's),
- effecten van autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld zeespiegelstijging en bodemdaling),
- effecten van diverse varianten van waterbeheer voor de 21<sup>e</sup> eeuw (bijvoorbeeld een andere verdeling van de Rijntakken of een ander peilbeheer op het IJsselmeer),
- mogelijke maatregelen om effecten van alternatief waterbeheer te compenseren (bijvoorbeeld kosten voor extra gemalen die er voor moeten zorgen dat ondanks het andere peilbeheer op het IJsselmeer toch voldoende water geloosd of onttrokken kan worden).

Wat betreft de laatste twee punten heeft het projectteam vijf oplossingsrichtingen geformuleerd:

1. Technische oplossingen (traditionele civiele techniek: dijkverhogingen, meer gemalen, enzovoorts),
2. Ruimte voor water in enge zin (creëren van waterbergingsgebieden),
3. Herinrichting (op water georiënteerde herinrichting van het stedelijk en landelijk gebied),
4. Sturen met peilbeheer (meer op water georiënteerd peilbeheer, waarbij de gebruiksfuncties zich moeten aanpassen),
5. Acceptatie van meer overlast (algemene acceptatie van meer wateroverlast, nat en droog, in combinatie met verzekeren).

## 2.2 Werkwijze

In gesprekken met vertegenwoordigers van het projectteam WB21 bleek dat het in het onderzoek voor de Commissie meer zou moeten gaan om analyses met een wat globaler karakter dan om doortimmerde berekeningen. Het gaat erom dat de analyses voldoende basis geven om strategisch getinte adviezen op te kunnen baseren.

Vertaald naar dit project betekent dit dat voor- en nadelen voor de diverse gebruiksfuncties worden geschetst bij diverse varianten van waterbeheer (huidige en toekomstige situatie, autonome ontwikkelingen en eventuele alternatieven daarop). Hierbij is waar mogelijk gebruik gemaakt van in het verleden ontwikkelde effectfuncties (kosten en baten). Voor gebruiksfuncties waar nog geen effectfuncties beschikbaar waren, zijn deze ontwikkeld.

In het algemeen waren voor alle functies de schadefuncties op landelijke schaal beschikbaar, met uitzondering van de kosten die gemoeid gaan met de aanpassing van de waterhuishoudkundige infrastructuur. Hiermee worden bijvoorbeeld bedoeld de kosten voor het inzetten van extra gemalen om droge voeten te houden. De kosten van dergelijke maatregelen zijn echter bepaald in thema 11 van het onderzoeksprogramma (Eversdijk en v.d. Brink, 2000).

De schadefuncties zijn toegepast bij het bepalen van de voor- en nadelen van diverse varianten van waterbeheer voor de 21<sup>e</sup> eeuw. Dit levert uiteindelijk een tabel op waarin de resultaten per functie op landelijke schaal worden gepresenteerd, zowel in termen van geld als in natuurwaarde als in maatschappelijke kosten en baten.

## 2.3 Aanpassingen ten opzichte van het oorspronkelijke projectvoorstel

In overleg met het projectteam WB21 zijn een aantal zaken aangepast ten opzichte van het oorspronkelijke projectvoorstel. Het gaat om de volgende zaken:

- Aanleveren effectfuncties: Oorspronkelijk was het de bedoeling dat vanuit thema 8 per gebruiksfunctie effectfuncties werden aangeleverd aan thema 1&2 (Samenhang Watersystemen, (Kors et al., 2000)) ten behoeve van een kennissysteem. In thema 1&2 konden vervolgens de daadwerkelijke effecten van specifieke maatregelen worden bepaald. Het idee van een kennissysteem is echter verlaten binnen thema 1&2, zodat ook het aanleveren van de effectfuncties overbodig werd. Het bepalen van de effecten van maatregelen op functies vindt daardoor in zijn geheel plaats binnen thema 8.
- Methodebeschrijving kosten en baten: Op verzoek van het projectteam WB21 is binnen het project een nieuw onderdeel toegevoegd: een integraal kader waarmee niet alleen de financiële en economische kosten en baten van maatregelen in het waterbeheer kunnen worden geschat, maar waarmee tevens een afweging kan worden gemaakt met niet-monetaire parameters. Dit laatste

punt is opgepakt in nauwe samenwerking met het project 'Baten van Water' binnen de Waterverkenningen (Brouwer et al., 2000).

- De samenwerking met DWW heeft zich met name gericht op het bepalen van effecten van dijkdoorbraken. De reden voor deze keuze was dat dit onderwerp nog geen plaats had in het totale onderzoeksprogramma van WB21.

## **2.4 Afbakening met andere thema's**

Het onderzoeksprogramma voor WB21 kent met bijna 20 projecten een vrij complexe structuur. Afstemming en samenwerking was daarom een voortdurend aandachtspunt binnen het project. Allereerst gold dat voor thema 1&2, waarin zaken uit alle onderzoeksprojecten is geïntegreerd (Kors et al., 2000). Onder meer is vanuit thema 1&2 informatie over het huidige en toekomstige waterbeheer (diverse opties) aangeleverd, waarna vanuit thema 8 de effecten op de gebruiksfuncties zijn bepaald en teruggelieverd aan thema 1&2. Daarbij is niet alleen gekeken naar situaties van wateroverlast, maar ook van watertekort.

Behalve met thema 1&2 is er nauw afgestemd met een aantal andere thema's uit het onderzoeksprogramma waarin ook economische aspecten aan de orde komen. Het betreft hier de thema's 4 (Hoogwaternormering regionale watersystemen, Kok et.al., 2000), thema 5 (Ruimte voor waterberging, .....geven en nemen....., Arcadis, 2000), thema 6 (Karakteristieke respons van regionale systemen, Grontmij&Alterra, 2000) en thema 11 (Onderbouwing kostenramingen, Eversdijk&v.d. Brink, 2000).

## **2.5 Randvoorwaarden en uitgangspunten**

De doorlooptijd en het beschikbare budget voor het project waren harde randvoorwaarden voor de studie. Aan het onderwerp van onderzoek in dit project kan eenvoudig een veelvoud van de beschikbare tijd besteed worden. Door de beperkte hoeveelheid tijd en geld zijn op sommige punten pragmatische keuzes gemaakt waar aanvullend onderzoek soms gewenst was. Sommige conclusies zijn daardoor minder 'hard' dan wellicht gewenst. Waar dit het geval is, is dit in de rapportage duidelijk aangegeven.

### 3. Huidige situatie en autonome ontwikkelingen

#### 3.1 Introductie

In dit hoofdstuk worden de effecten van het waterbeheer beschreven op de diverse voor het waterbeheer relevante functies. Achtereenvolgens worden de volgende situaties beschreven:

- effecten in de huidige situatie (bijvoorbeeld regelmatig terugkerende droogte- en verdrassingsschade in bepaalde regio's),
- effecten van autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld zeespiegelstijging en bodemdaling),
- effecten van diverse varianten van waterbeheer voor de 21<sup>e</sup> eeuw (bijvoorbeeld een andere verdeling van de Rijntakken of een ander peilbeheer op het IJsselmeer),
- mogelijke maatregelen om effecten van alternatief waterbeheer te compenseren (bijvoorbeeld kosten voor extra gemalen die er voor moeten zorgen dat ondanks het andere peilbeheer op het IJsselmeer toch voldoende water geloosd of onttrokken kan worden).

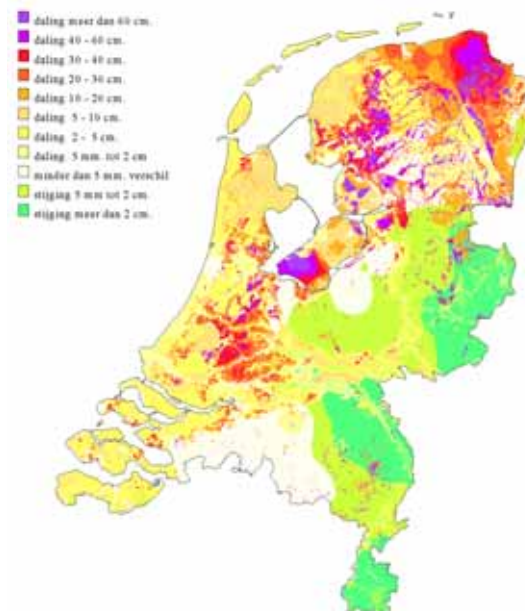
Het voorgaande wordt zoveel mogelijk op landelijke schaal gedaan. Aan het einde van het hoofdstuk wordt echter ook nog ingegaan op een aantal grote regionale studies, die waardevolle informatie over effecten op functies hebben opgeleverd. Voor de methodes waarmee de effecten bepaald zijn, wordt verwezen naar de bijlagen.

#### 3.2 Autonome ontwikkelingen

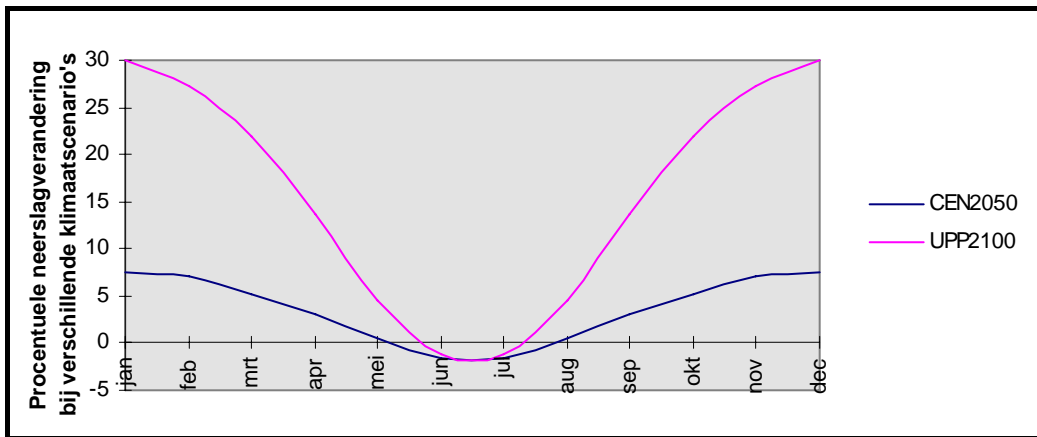
##### 3.2.1 Introductie

De centrale vraag van de commissie WB21 luidt: is het Nederlandse waterbeheer nu en in de toekomst op orde. Om die vraag te kunnen beantwoorden moeten allereerst de huidige situatie en de toekomstige situatie bij autonome ontwikkelingen worden beoordeeld. Onder autonome ontwikkeling wordt daarbij verstaan: een ontwikkeling die wel van invloed is op het waterbeheer, maar niet beïnvloed kan worden door het waterbeheer. Binnen WB21 worden drie soorten autonome ontwikkelingen onderscheiden:

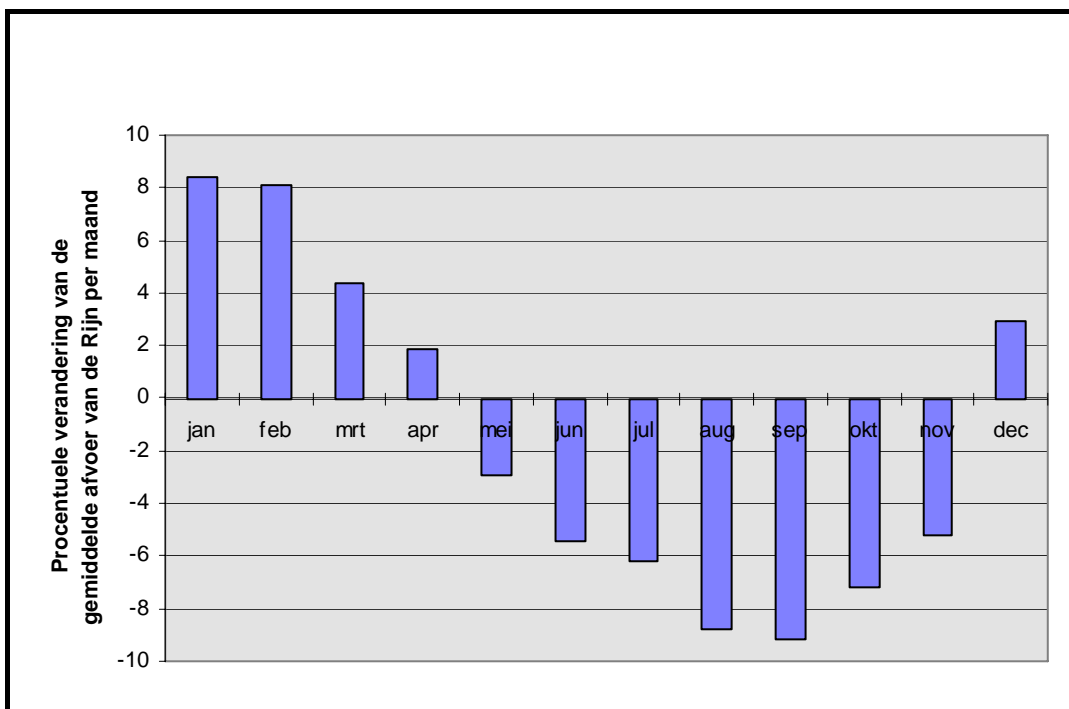
1. Economische ontwikkelingen. Hiervoor worden de CPB-scenario's 'European Co-ordination', 'Global Competition' en 'Devided Europe' gebruikt. 'European Co-ordination' geldt daarbij als standaard, en voor de overige twee worden waar relevant gevoeligheidsanalyses uitgevoerd.
2. Ontwikkelingen in het grondgebruik. Hiervoor worden door Alterra ontwikkelde kaartbeelden gebruikt (Veeneklaas et al., 2000). Omdat deze kaartbeelden echter niet gedetailleerd genoeg zijn voor het uitvoeren van kwantitatieve analyses, is besloten terug te vallen op een kaartbeeld uit de Watersysteemverkenningen (Kors et al, 1997), waar het grondgebruik is beschreven voor een 1 bij 1 kilometergrid volgens het European Renaissance-scenario (een oud CPB-scenario).
3. Fysische veranderingen. In deze categorie vallen klimaatverandering en bodemdaling. De bodemdalingskaart voor 2050 is weergegeven in figuur 3.1, terwijl in de figuren 3.2 en 3.3 enkele kenmerkende factoren staan aangegeven voor de klimaatscenario's (Middelkoop et al, 1999). Met name deze laatste scenario's zijn nadrukkelijk geen voorspellingen van de toekomst, maar what-if-scenario's waarmee gevoeligheden voor het beleid kunnen worden geanalyseerd.



Figuur 3.1: Bodemdaling in 2050 bij het centrale klimaatscenario in 2050 (Haasnoot et al., 1999)



Figuur 3.2: Procentuele verandering in de gemiddelde neerslag bij verschillende klimaatscenario's (Haasnoot et al., 1999)



Figuur 3.3: Procentuele verandering van de gemiddelde afvoer van de Rijn per maand bij verschillende klimaatscenario's (Van Deursen 1999; Kwadijk, 1993).

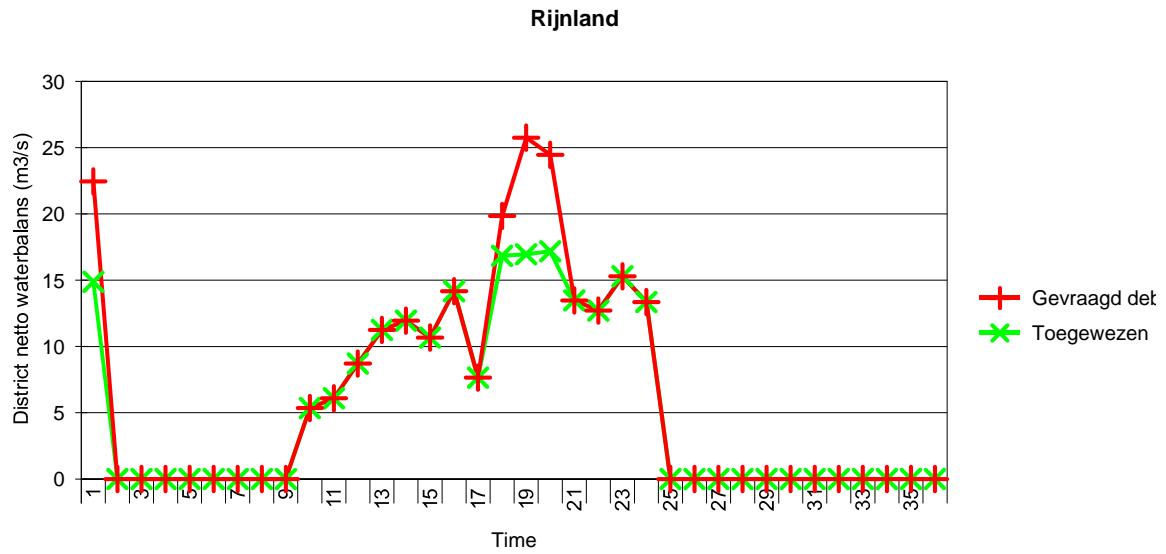
### 3.3 Landbouw

#### 3.3.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod

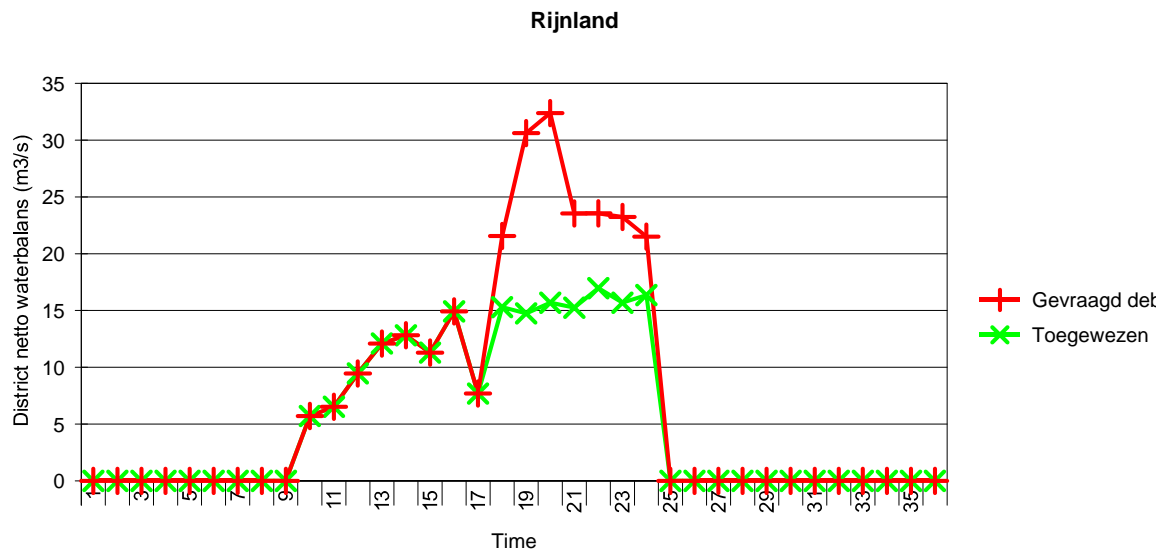
De watervraag en het wateraanbod gaan veranderen onder invloed van klimaatverandering. Onderstaand zijn resultaten gegeven voor een illustratief district: Rijnland. Hierbij zijn telkens watervraag en -aanbod in Rijnland voor het meteorologisch jaar 1976 bepaald, geprojecteerd op de volgende situaties:

- huidige situatie bij huidig grondgebruik,
- de situatie in 2050 bij het centrale klimaatscenario (CEN2050) bij huidig grondgebruik,
- de situatie in 2100 bij bovenscenario voor klimaat en bij toekomstig grondgebruik,
- de situatie in 2050 bij het centrale klimaatscenario (CEN2050) bij toekomstig grondgebruik.

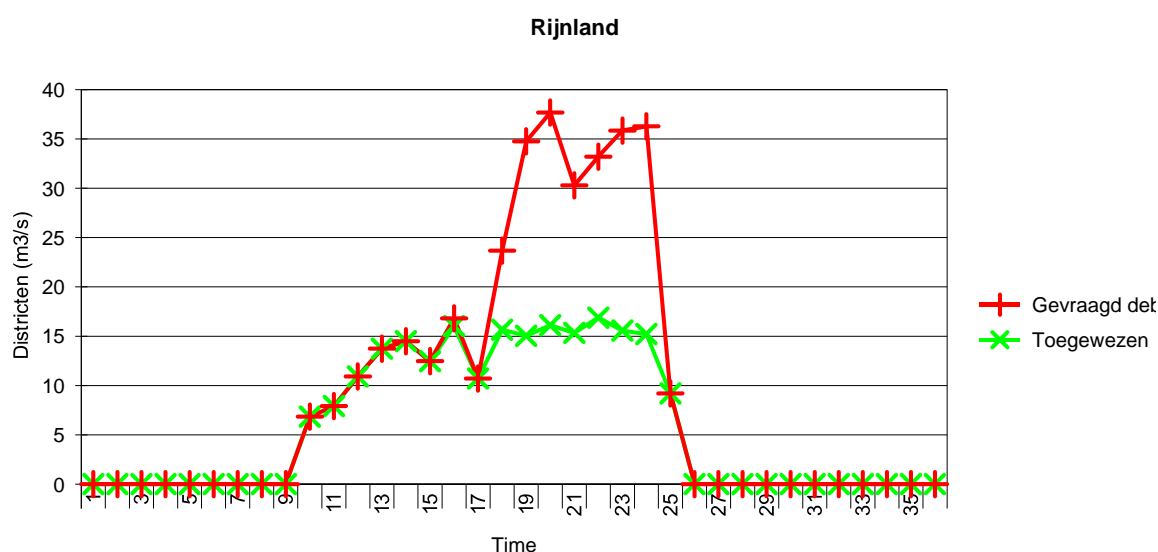
Onderstaand zijn voorgaande situaties grafisch weergegeven.



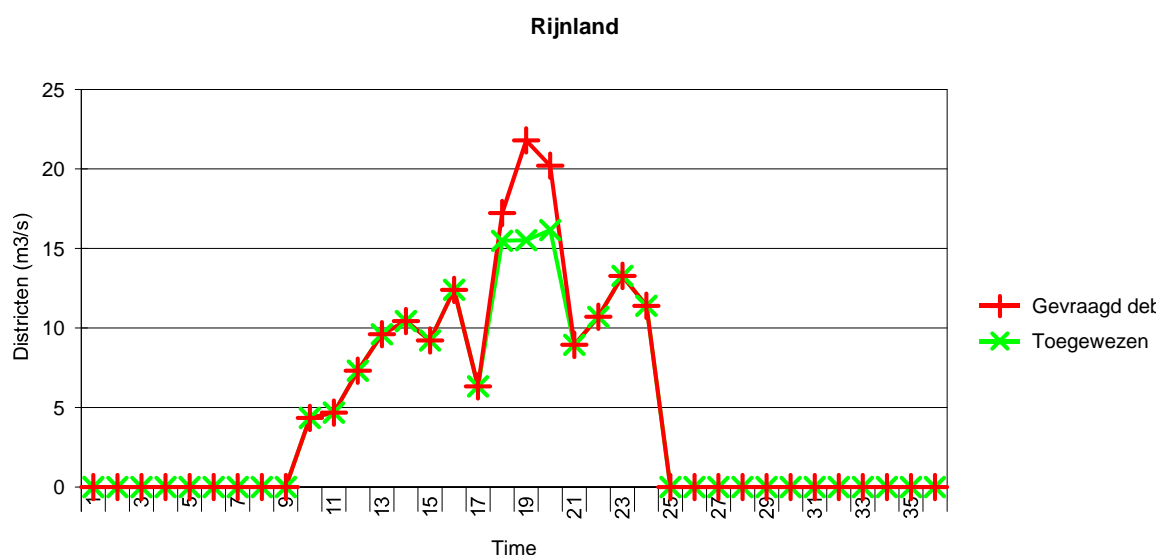
**Figuur 3.4: Gevraagd en toegewezen debiet, situatie 1976, geprojecteerd op het huidige grondgebruik.**



**Figuur 3.5: Gevraagd en toegewezen debiet, situatie 2050 bij de centrale klimaatvariant, geprojecteerd op het huidige grondgebruik.**



**Figuur 3.6: Gevraagd en toegewezen debiet, situatie 2100 bij de bovenschatting voor klimaatverandering, geprojecteerd op het toekomstige grondgebruik**

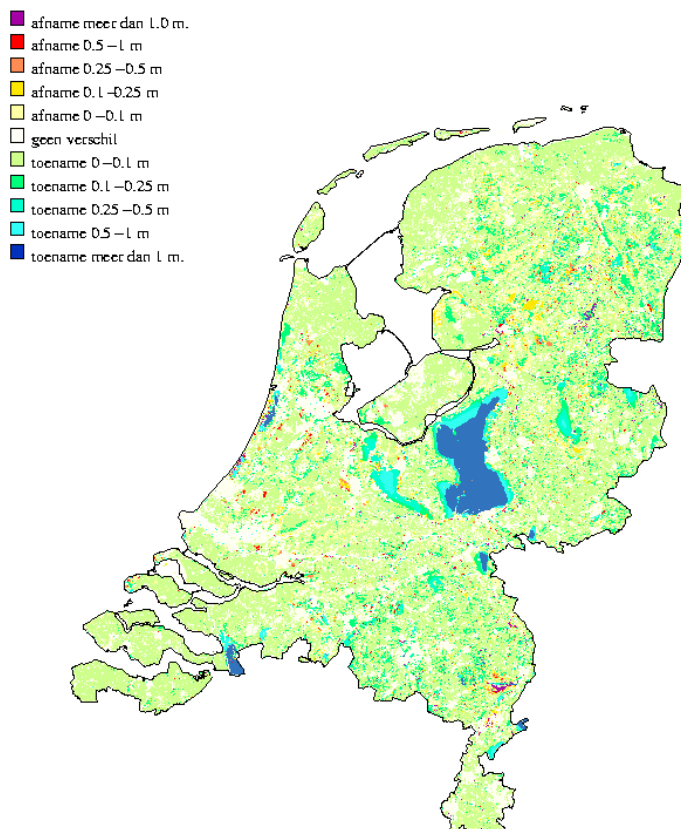


**Figuur 3.7: Gevraagd en toegewezen debiet, situatie 2050 bij de centrale klimaatvariant, geprojecteerd op het toekomstige grondgebruik.**

Uit de figuren kunnen de volgende conclusies worden getrokken:

- De watervraag neemt onder invloed van de klimaatscenario's autonoom toe. Het maximum in de huidige situatie ligt rond de 25 m<sup>3</sup>/s, in 2050 loopt dat op naar rond de 32 m<sup>3</sup>/s en in 2100 tenslotte naar zo'n 37 m<sup>3</sup>/s. Een vergelijkbaar beeld is er ook in andere delen van Nederland.
- Het wateraanbod neemt autonoom af, zij het lang niet zo sterk als de watervraag stijgt. Met name in Noord-Nederland neemt het wateraanbod autonoom wel sterk af (komt door afvoerverdeling tussen Waal en IJssel).
- Het voorgaande leidt tot aanzienlijke schades voor de landbouw. Als bedacht wordt dat in 1976 de droogteschade voor heel Nederland boven de 2 miljard gulden lag, kan ongeveer ingeschat worden wat de extra watertekorten tot gevolg zullen hebben. De periode met een watertekort verdubbelt.
- Het grondgebruik zorgt voor een relatief kleinere watervraag in 2050. Bij huidig grondgebruik is de vraag ongeveer 32 m<sup>3</sup>/s, bij het nieuwe grondgebruik ligt dit rond de 22 m<sup>3</sup>/s. In andere delen van Nederland is dit verschijnsel overigens minder sterk.

Naast de watervraag in extreme situaties is ook de langjarig gemiddelde situatie geanalyseerd. Eén van de resultaten is weergegeven in figuur 3.8, waar de verandering in 2050 van de langjarig gemiddelde grondwaterstand is weergegeven, uitgaande van het centrale klimaatscenario en bodemdaling.



**Figuur 3.8: Verandering in de langjarig gemiddelde grondwaterstand in 2050 onder invloed van het centrale klimaatscenario en bodemdaling, bij het huidige grondgebruik.**

Uit de analyses kan worden geconcludeerd dat de grondwatersituatie gemiddeld gezien natter wordt. Dat uit zich onder meer in een nattere GHG (Gemiddeld Hoogste Grondwaterstand) en GLG (Gemiddeld Laagste Grondwaterstand).

### 3.3.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de landbouw

Om de effecten van de in de vorige paragraaf beschreven ontwikkelingen te bepalen, kan op twee manieren te werk worden gegaan:

- Langjarige gemiddelde schades op basis van langjarig gemiddelde hydrologie. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de Helptabellen van IKC-Landbouw, waarbij een langjarig gemiddelde droogte- en verdrassingsschade kan worden bepaald op basis van GHG, GLG, bodemfysica en gewas (IKC, 1993).
- Langjarige gemiddelde schades op basis van representatieve jaren. Hierbij wordt gebruik gemaakt van de PAWN-benadering (Pulles, 1985), waarbij op basis van representatieve droogtejaren (variërend van extreem droog tot extreem nat) en opbrengstdepressies per tijdsperiode van 10 dagen de droogte-, verdrassings- en zoutschade wordt bepaald.

Beide methodes zijn uitgewerkt.

#### **Helptabellen**

In onderstaande tabel is de invloed van bodemdaling, klimaatverandering en verandering in het grondgebruik (CPB-scenario 'European Renaissance') op de jaargemiddelde droogte- en



verdrassingschade voor de landbouw geschetst. Aan de basis van deze berekeningen liggen de Help-tabellen. De complete methode is beschreven in bijlage 1. Als belangrijke randvoorwaarde bij deze berekeningen is gehanteerd dat er in alle omstandigheden voldoende wateraanvoer mogelijk is. Zeker in de zomerperiode is dit niet altijd het geval, zodat de getallen voor de droogteschade een onderschatting zijn,

Tabel 3.1: Droogte- en verdrassingschade in de huidige situatie en bij autonome ontwikkelingen (Haasnoot et al, 1999)

	totale droogteschade Mfl	totale natschade Mfl	droogteschade Mfl	verandering natschade Mfl
REF95	256	956	-	-
REF2050	233	839	-22	-118
CEN2050KB	250	1013	-6	57
CEN2050	228	890	-28	-66
UPP2100	226	1000	-30	44

Ref95 = referentie 1995

Ref2050 = referentie 2050, inclusief bodemdaling en verandering grondgebruik

CEN2050 = situatie 2050, inclusief bodemdaling, verandering grondgebruik en klimaatverandering bij de centrale schatting (+2 in 2100)

CEN2050KB = situatie 2050 inclusief bodemdaling en klimaatverandering bij de centrale schatting (+2 in 2100), excl. verandering grondgebruik

UPP2100 = situatie 2100, inclusief bodemdaling, verandering grondgebruik en klimaatverandering bij de bovenschatting (+4 in 2100)

Uit de tabel zijn de volgende conclusies te trekken:

- Uit vergelijking van de varianten REF95 en CEN2050KB volgt dat onder invloed van bodemdaling en klimaatverandering de langjarig gemiddelde verdrassingschade toeneemt en de droogteschade afneemt. Netto resteert een jaarlijks schadebedrag van 51 miljoen gulden.
- Uit vergelijking van de varianten CEN2050 en CEN2050KB volgt dat het grondgebruik invloed heeft op het totale schadebedrag. In de variant CEN2050KB is 2300 km<sup>2</sup> landbouwgrond uit productie genomen, zodat voor deze gebieden ook geen droogte- en verdrassingschade meer op kan treden. Het verschil in schade tussen beide varianten bedraagt 145 miljoen gulden.

Ondanks het feit dat in de variant UPP2100 2300 km<sup>2</sup> uit productie is genomen, en daarmee in dat gebied geen schade meer op kan treden, resteert bij deze variant netto een kostenpost, en wel ter grootte van 14 miljoen gulden. KBmiljoen gulden miljoen guldenverdrassingschade De verdrassingschade neemt vooral .guldens per hectare *f*,00 *f*,00 per hectarede

### De PAWN-benadering

De PAWN-benadering is ontwikkeld ten behoeve van de tweede Nota waterhuishouding. De afkorting PAWN staat daarbij voor Policy Analysis of Water management for The Netherlands. De methode is ook toegepast voor vele regionale studies en de derde Nota waterhuishouding. In de PAWN-benadering wordt op basis van een vijftal specifieke weerjaren, variërend van extreem droog tot extreem nat, een langjarige schade afgeleid. De weerjaren worden uitgedrukt in droogtegraden: een 2% droog jaar (D02) staat bijvoorbeeld voor een extreem droog jaar, dat slechts in 2% van de jaren (dus gemiddeld eens in de 50 jaar) voorkomt. Een D50 jaar is dan een gemiddeld jaar en een D90 jaar betekent dat in slechts 10% van de gevallen nog nattere jaren voorkomen.

Ten behoeve van de derde Nota waterhuishouding (1989) zijn de schadefuncties voor het laatst geactualiseerd. Voor droogte- en verdrassingschade is daarbij de volgende functie afgeleid (Min. V&W, 1990, en bijlage 1):

$$\text{Schade}_{\text{gem}} = 0,035 \cdot \text{Schade}_{D02} + 0,040 \cdot \text{Schade}_{D05} + 0,225 \cdot \text{Schade}_{D10} + 0,200 \cdot \text{Schade}_{D50}$$

Gezien de korte doorlooptijd van deze studie bleek het niet mogelijk de functie te actualiseren. Wel zijn verkennende analyses uitgevoerd. Als het jaar 1976 bijvoorbeeld geprojecteerd zou worden op de huidige situatie, gaat de oogst voor een belangrijk deel verloren: In tweederde van het land (vooral de hoge gronden) tussen de 30 en 50%, en in de overige gebieden nog altijd tussen de 10 en 30%. Wetende dat in 1999 de opbrengst van de grondgebonden landbouw een kleine 10 miljard gulden bedroeg (exclusief grasland), kan eenvoudig worden uitgerekend dat de schade enorm hoog oploopt.

Als daar dan ook nog een keer de klimaatscenario's overheen gezet worden (zie de figuren 3.4 tot en met 3.6), is het leed niet meer te overzien. Alleen indien de afname van het landbouwareaal doorzet (zie figuur 3.7), zal de schade minder groot uitvallen.

### 3.3.3 Samenvattende conclusies voor de landbouw

Samengevat luiden de belangrijkste conclusies voor landbouw:

- De klimaatscenario's zoals die binnen WB21 worden gehanteerd, pakken als ze geprojecteerd zouden worden op de huidige landbouw en de huidige wijze van waterbeheer slecht uit:
  - De droogteschade neemt aanzienlijk toe, doordat de watervraag stijgt en het wateraanbod daalt.
  - De zoutschade neemt toe onder invloed van de toename van de zoute kwel. Dit laatste is een gevolg van zeespiegelstijging en bodemdaling. De toenemende zoutlast leidt tot een toenemende watervraag voor doorspoeling.
  - De verdrassingschade neemt toe doordat met uitzondering van de zomerperiode de neerslag toeneemt.
- De binnen WB21 gehanteerde grondgebruiksscenario's laten een vermindering van het landbouwareaal zien. Daardoor neemt ook de droogte-, verdrassings- en zoutschade af. Hierdoor zijn de negatieve effecten van klimaatverandering minder groot dan bij handhaving van het huidige areaal.
- De schade in de landbouw wordt vooral veroorzaakt doordat wateraanbod en watervraag over het jaar een tegengesteld patroon vertonen. Als er veel water beschikbaar is, is de vraag klein (winterhalfjaar), terwijl als de watervraag groot is, het wateraanbod klein is. Onder invloed van de klimaatscenario's versterkt dit patroon zich aanzienlijk.
- De oplossing van het voorgaande probleem zou in twee richtingen gevonden kunnen worden:
  - aanpassing van het waterbeheer, zodat de juiste hoeveelheid water op het juiste moment beschikbaar is.
  - aanpassing van de landbouw, bijvoorbeeld door bij de gewaskeuze rekening te houden met de 'natuurlijke' hydrologische situatie.

## 3.4 Binnenvaart

### 3.4.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod

Hoewel de binnenvaartsector geen water 'consumeert', is het wel degelijk een sector met een watervraag. Met name op de niet-gestuwde watersystemen in Nederland zijn de eisen aan het debiet hoog, omdat het debiet direct gekoppeld is aan de beschikbare afluaddiepte. Als de beschikbare afluaddiepte daalt tot onder het door de binnenvaart gewenste minimum, moeten schepen ontladen worden. Minder afluaddiepte betekent in dat soort situaties in het algemeen hogere vervoerskosten. Ook op de gestuwde watersystemen kunnen in extreme situaties problemen optreden. Door schutten en verdamping verlaat water het stuwpand, waardoor bovenstroomse aanvoer noodzakelijk is om het peil te handhaven. In extreme zomers lukt dat niet altijd. Vandaar dat bij sommige sluisen retourbemaling is geïnstalleerd en speciale procedures zijn afgesproken om het waterverlies tot een minimum te beperken.

Naast laag water kan ook extreem hoog water een probleem zijn voor de scheepvaart. Indien dijken verzadigd raken tijdens een hoogwater, kan een hekgolf van een schip letterlijk en figuurlijk net de druppel zijn die de emmer doet overlopen. De scheepvaart wordt dan stilgelegd.

Onder invloed van klimaatverandering kunnen zowel de debieten als de verdamping gaan veranderen. Met name in de zomermaanden gaat dat bij de in WB21 gehanteerde scenario's problemen opleveren, omdat de debieten kleiner worden. In de volgende paragraaf zijn de financiële gevolgen geschetst.

Van veel kleinere invloed zijn de extra verdamping en de hogere debieten in de winter. Voor deze laatste situatie mag worden aangenomen dat aan de veiligheidsnormen voldaan blijft worden, en dat dus maatregelen worden genomen die dat moeten garanderen. De frequentie waarmee de scheepvaart wordt stilgelegd als gevolg van hoogwater blijft daardoor min of meer gelijk.

Overigens is de hoogte van de meerkosten voor de scheepvaart sterk afhankelijk van de intensiteit van de scheepvaart. Immers, hoe meer schepen er last hebben van een laag-water-situatie, hoe hoger de kosten. Dit betekent tevens dat de meerkosten voor de binnenvaart sterk beïnvloed worden door de economische scenario's. In de binnen WB21 gehanteerde CPB-scenario's varieert de omzet

voor de binnenvaartsector in 2020 bijna een factor twee tussen het hoogste en laagste scenario. Dit verschil wordt vooral veroorzaakt door het verschil in economische groei tussen de scenario's. In het laagste scenario is die gemiddeld bijna 2%, in het hoogste scenario ruim 3%. De economische groei vertaalt zich bijna één op één door naar de omzet van de transportsector.

### 3.4.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de binnenvaart

Met behulp van het PAWN-Scheepvaart model (zie bijlage 2) is de invloed bepaald van de diverse klimaatscenario's (plus 1, 2 en 4 graden Celsius temperatuurstijging) op de totale vervoerskosten voor de binnenvaart, geprojecteerd op de huidige situatie en de situatie 2020. Voor de prognoses voor dit laatste jaar zijn de drie standaard CPB-scenario's gehanteerd. Binnen WB21 wordt het European Co-ordination-scenario als standaard gebruikt, maar omdat de gevoeligheid van de scenario's op de binnenvaartsector groot is zijn tevens ook analyses uitgevoerd voor de twee andere scenario's (Devided Europe en Global Competition). Onderstaand zijn de resultaten weergegeven.

Tabel 3.2: Effecten van autonome ontwikkelingen (economisch en klimaat) op de totale jaarlijkse vervoerskosten (in miljard gulden) van de binnenvaart

	OBS	CALC	+1 °C	+2 °C	+4 °C
<b>1997</b>	4,490	4,512	4,610	4,694	4,804
<b>DE 2020</b>	4,504	4,537	4,654	4,762	4,898
<b>EC 2020</b>	6,752	6,788	6,930	7,059	7,232
<b>GC 2020</b>	8,145	8,179	8,337	8,469	8,651

obs = referentie

cal = berekend

DE = Devided Europe

EC = European Coordination

GC = Global Competition

Uit de tabel zijn de volgende conclusies te trekken:

- Als de klimaatscenario's geprojecteerd zouden worden op de situatie in 1997, zouden de vervoerskosten voor de binnenvaart per jaar oplopen met 100 miljoen bij een temperatuurstijging van +1 en zo'n 300 miljoen bij een temperatuurstijging van +4 graden Celsius.
- Onder invloed van de diverse CPB-scenario's verandert de omzet in de binnenvaartsector. Bij een Devided Europe scenario is die omzetstijging zeer beperkt, bij European Co-ordination en Global Competition groeit de sector aanzienlijk, respectievelijk met 50 en 100% over de periode tot 2020.
- Het voorgaande betekent dat de effecten van klimaatverandering het grootst zijn bij het scenario met de grootste omzet. Te zien is dat bij een klimaatscenario van +4 graden Celsius en het GC-scenario de meerkosten het hoogst zijn: zo'n half miljard per jaar.

### 3.4.3 Samenvattende conclusies voor de binnenvaart

Uit het voorgaande kunnen de volgende conclusies worden getrokken voor de binnenvaartsector:

- De klimaatscenario's zoals die binnen WB21 worden gehanteerd, pakken als ze geprojecteerd zouden worden op de huidige binnenvaart slecht uit. Dit wordt vooral veroorzaakt doordat de debieten in de zomerperiode afnemen, waardoor ook de aflaadiepte afneemt. Afhankelijk van de economische ontwikkeling levert dit meerkosten op voor de scheepvaartsector van 100 tot 500 miljoen per jaar.
- De debieten in de winterperiode nemen toe. Dit kan betekenen dat vaker dan nu het geval is vaarverboden worden afgekondigd bij extreem hoog water, maar erg aannemelijk is dit niet. Over de kosten en frequentie is geen betrouwbare informatie beschikbaar.

Bij het afleiden van de conclusies is aangenomen dat de binnenvaartvloot niet substantieel van karakter verandert. Het zou bijvoorbeeld zo kunnen zijn dat een ander type schepen ontwikkeld gaat worden indien laagwaterssituaties vaker gaan voorkomen. Een schip dat minder diep steekt kan dan een oplossing zijn. Hier is echter geen rekening mee gehouden, mede omdat het maar om twee maanden per jaar gaat dat de debieten afnemen.

Overigens krijgen de schippers tot nu toe compensatie in laagwatersituaties. Voor de schippers maakt een toename van de laagwaterfrequentie financieel dus niet uit. Voor de totale sector kunnen de hogere kosten echter wel van invloed zijn op de concurrentiepositie ten opzichte van het weg- en railvervoer.

### 3.5 Terrestrische natuur

#### 3.5.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod

De terrestrische natuur kan op drie manieren direct beïnvloed worden door het waterbeheer: via grondwaterstanden, kwel/infiltratie en de aanvoer van systeemvreemd water. Met name de waardevolle terrestrische natuurgebieden vragen om relatief hoge grondwaterstanden, veel kweldruk en voedselarm water. Doordat in het verleden onder invloed van andere functies (landbouw, drinkwater, stedelijk gebied) onvoldoende rekening is gehouden met deze eisen, is veel van de terrestrische natuur in Nederland verdroogd. Tegenwoordig wordt echter een anti-verdrogingsbeleid gevoerd dat er op gericht is de natuurlijke grondwaterstanden en kwel te herstellen, en de aanvoer van systeemvreemd water zoveel mogelijk te beperken. Het beleid is er op gericht voor 2010 40% van het verdroogde areaal te herstellen. Voor de periode daarna is nog geen beleid vastgesteld.

In termen van 'verandering in watervraag en -aanbod' kan worden gesteld dat onder invloed van het anti-verdrogingsbeleid de watervraag toeneemt. Echter, in dit geval uit zich dat niet in 'meer kubieke meters', maar juist in 'minder'. Namelijk minder onttrekking van grond- en oppervlaktewater door andere functies, minder af- en ontwatering ten behoeve van landbouw en stedelijk gebied en minder aanvoer van voedselrijk systeemvreemd water. De terrestrische natuur is kortom het meest gebaat bij het vasthouden van het systeem-eigen water.

Niet alleen onder invloed van het beleid verandert de watervraag vanuit de terrestrische natuur. Onder invloed van klimaatverandering veranderen de grondwaterstand en de kwel. Voor de terrestrische natuur pakt dit goed uit. In het algemeen wordt het natter in Nederland. Met de name de voor de natuur belangrijke voorjaarsgrondwaterstand stijgt in alle klimaatscenario's.

#### 3.5.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de terrestrische natuur

Met behulp van de grondwatermodellen MOZART en NAGROM (respectievelijk voor de onverzadigde en verzadigde zone) en het model DEMNAT voor de terrestrische natuur (zie bijlage 1), is geanalyseerd wat de effecten van klimaatverandering zijn op de terrestrische natuur. De resultaten voor heel Nederland zijn weergegeven in tabel 3.3. De effecten hebben betrekking op de (semi-) terrestrische ecosystemen (zoals natte en vochtige heide, trilvenen, hoogvenen en bloemrijke hooilanden) en regionale watersystemen (als sloten en kleine wateren). Deze worden gepresenteerd in 'natuurwaarde-eenheden'. Dit geeft aan wat de ecologische effecten betekenen voor de natuur(waarde) in Nederland. Binnen het natuurwaarderingssysteem van DEMNAT is aangenomen dat de natuurwaarde hoger wordt naarmate een ecotoopgroep zeldzamer is en naarmate een ecosysteem zich uitbreidt. In de huidige situatie is het totale aantal natuurwaarde-eenheden geschat op ongeveer 36366. De natuurwaardeverandering berekend bij een scenario is hier ook uitgedrukt ten opzichte van het maximaal haalbaar geachte herstel aan natuurwaarde. Dit percentage, ook wel overbruggingspercentage genoemd (Kors et al., 1997), geeft aan in hoeverre het verschil tussen de gesommeerde actuele natuurwaarde en de maximaal met verdrogingsbestrijding bereikbare natuurwaarden wordt overbrugd.

Tabel 3.3: Effecten van autonome ontwikkelingen op de terrestrische natuur (Haasnoot et al, 1999)

Scenario	dN (nwp)	dN/N <sub>t=0</sub> (%)	dN/N <sub>herstel</sub> (%)
REF2050	454	1	5-6
CEN2050	1599	4	18-22
UPP2100	3787	10	42-52

Ref2050 = referentie 2050, incl. bodemdaling en verandering grondgebruik

CEN2050 = situatie 2050, incl. bodemdaling, verandering grondgebruik en klimaatverandering bij de centrale schatting (+2 in 2100)

<b>UPP2100</b>	= situatie 2100, incl. bodemdaling, verandering grondgebruik en klimaatverandering bij de bovenschatting (+4 in 2100)
<b>dN</b>	= verandering in natuurwaardepunten (zie bijlage 3)
<b>dN<sub>t=0</sub></b>	= huidige natuurwaarde
<b>dN<sub>herstel</sub></b>	= natuurwaarde die in potentie nog hersteld kan worden

De effecten voor natuur lijken vooral positief. Nattere condities in Nederland zorgen voor een toename van de natuurwaarden. Effecten van autonome ontwikkelingen zijn gevarieerd, maar leiden tot een kleine toename van de totale natuurwaarde in Nederland. In gebieden met een sterke bodemdaling stijgt de grondwaterstand, terwijl een daling te zien is in aangrenzende gebieden. Dit veroorzaakt respectievelijk een toe- dan wel afname in de natuurwaarde.

Klimaatverandering doet het plaatselijk negatieve effect van de autonome ontwikkelingen te niet. De verspreiding van de natuurwaarden in Nederland neemt niet alleen toe wat betreft de kwaliteit maar ook wat betreft het areaal. Berekeningen tonen aan dat voor heel Nederland bij een temperatuurstijging van 1 °C circa 18 à 22 procent van het maximaal haalbare herstel wordt gehaald en 42 à 52 procent bij een stijging van 4 °C. Ter indicatie van de grootte van dit effect: binnen de Watersysteemverkenningen is berekend dat met het huidige beleid van verdrogingsbestrijding in het jaar 2010 ongeveer 20% van het maximaal haalbare herstel wordt gehaald.

Verder neemt voor alle ecotoopgroepen de botanische kwaliteit toe bij klimaatverandering. Vooral de natte en meeste gevoelige ecotoopgroepen, zoals natte vochtige heide, hoogvenen en blauwgraslanden laten een toename zien. Ook de ecotoopgroepen die vooral voorkomen in het Pleistocene deel van Nederland (voedselrijke standplaatsen van bossen, hooilanden en ruigtes langs sloten en rivieren) nemen sterk toe in natuurwaarde.

De nattere omstandigheden kunnen leiden tot een afname van het verdrogingsprobleem. Of deze positieve impuls ook daadwerkelijk zal plaatsvinden, hangt natuurlijk af van het waterbeheer. Wanneer de ontwatering (één van de grotere veroorzakers van verdroging) wordt geïntensiveerd naar aanleiding van de klimaatverandering zal het effect teniet worden gedaan. In de zomer wordt het neerslagoverschot lager door een toename van de totale verdamping en een relatief korte periode met een afname van de neerslag. Daarnaast verwacht het KNMI dat de neerslag (ook) valt in meer hevigere buien, waardoor het voor de vegetatie droger kan aanvoelen. Wanneer dit samenvalt met de ontkieming van planten kan dit een probleem worden.

Naast effecten ten gevolge van hydrologische veranderingen zijn er ook directe effecten te verwachten door de temperatuurstijging en de stijging van de atmosferische CO<sub>2</sub>-concentratie. Dit leidt mogelijk tot een verschuiving in ecosysteemttypen en veranderde concurrentie-verhoudingen tussen plantensoorten. Voorbeelden zijn een toename van de groei van planten (vooral in voedselrijke gebieden), verandering van diversiteit van plantensoorten en een verschuiving van ecosysteemttypen naar het noorden en meer landinwaarts Europa in (Oene et al, 1999). Het netto-effect is op dit moment echter onvoldoende bekend.

### **3.5.3 Samenvattende conclusies voor de terrestrische natuur**

Voor de terrestrische natuur pakt de klimaatverandering goed uit. Doordat er meer neerslag valt, gaat de gemiddelde voorjaarsgrondwaterstand omhoog en neemt de kwel toe. Dit resulteert in een toename in natuurwaarde. In het geval van de centrale schatting geprojecteerd op 2050 herstelt 18-22 procent van het maximaal haalbare herstel aan natuurwaarde in Nederland. In het geval van de bovenschatting in 2100 loopt dit zelfs op tot 42-52 procent. Hierbij is echter het directe effect van een toename van temperatuur en de atmosferische CO<sub>2</sub> concentratie nog niet meegenomen. Andere onderzoeken wijzen op een verschuiving van ecosysteemttypen en veranderde concurrentieverhoudingen tussen plantensoorten.

## **3.6 Aquatische natuur**

### **3.6.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod**

De waarde van aquatische ecosystemen is in Nederland volledig afhankelijk van het gevoerde waterbeheer. Ondanks het feit dat beleidsmatig gestreefd wordt naar een meer natuurlijk waterbeheer, is en blijft de praktijk dat in Nederland elke druppel water beïnvloed wordt door de mens. En dus ook de aquatische natuur.

De beïnvloeding vindt in hoofdzaak op drie verschillende manieren plaats (RIZA/RIKZ, 1996):

- inrichting en peilbeheer,
- verontreiniging,
- verstoring.

Met name het eerste punt heeft een directe relatie met de centrale vraag binnen WB21 of het waterkwantiteitsbeheer op orde is ('te veel', 'te weinig', 'te star'). Ook het tweede punt komt, zij het iets minder prominent aan de orde ('te vies'). De waterkwaliteitsproblematiek is overigens ook gekoppeld aan de kwantiteit, omdat met doorspoeling een deel van de problemen kan worden opgelost. Verstoring ten slotte is in dit onderzoek buiten beschouwing gelaten.

Ten aanzien van het punt 'inrichting en peilbeheer' zijn de eisen vanuit de aquatische natuur simpel: zo natuurlijk mogelijk. Dit geldt zowel voor de inrichting als het peilbeheer. In het beleid is dit inmiddels verankerd. Zowel in de rijkswateren als in de regionale wateren zijn inmiddels ook een groot aantal projecten gestart: beken en rivieren krijgen waar mogelijk hun natuurlijke profiel terug, de Haringvlietsluizen worden gedeeltelijk geopend om het natuurlijke estuariene karakter terug te krijgen en ook voor het IJsselmeergebied wordt momenteel gestudeerd op een natuurlijker peilbeheer. Net als bij de terrestrische natuur levert dit alles niet direct een extra watervraag op. Wel stelt het eisen aan de andere functies. Onderstaand worden er een aantal behandeld.

Vanuit natuuroogpunt kan een bepaald **veiligheidsniveau** beter bereikt worden met inrichtingsmaatregelen ('Ruimte voor de rivier') dan met dijkverhoging. Een voorbeeld hiervan is gegeven bij de Grensmaas, waar veiligheid, delfstoffenwinning en natuurontwikkeling hand in hand gaan. De **binnenvaart** en **recreatie**vaart hebben liefst een vast (minimum)-peil. De vaardiepte moet gegarandeerd zijn, en daarnaast zijn ook de havenvoorzieningen vaak niet ingericht op een flexibel peil. Voor de **drinkwater**- en **landbouw**sector vormt zoutindringing een potentieel probleem, bijvoorbeeld bij het Haringvliet. Daarnaast is de landbouw in het algemeen gebaat bij een vast (grondwater)-peil, gericht op de landbouwkundige eisen.

Het voorgaande leidt er toe dat zeer zorgvuldig een afweging gemaakt moet worden tussen de belangen van de natuur enerzijds en dat van andere functies anderzijds. Er zijn echter ook kansen voor win-win-situaties, bijvoorbeeld bij de combinatie natuur en veiligheid. Dat blijkt ook uit de grote projecten die momenteel in de rijkswateren worden uitgevoerd. Een open Haringvliet heeft bijvoorbeeld een zeer positief effect op de aquatische natuur in de regio. Verwacht wordt dat in dat geval zich een ecosysteem ontwikkelt dat zeer dicht tegen het natuurstreefbeeld aanzit.

Op de grote rivieren is de inrichting van de oevers nu nog de beperkende factor voor verdere natuurontwikkeling. De ingrijpende maatregelen die de komende decennia nodig zijn om de rivieren geschikt te maken voor de afvoer van grotere debieten, bieden een kans voor natuurontwikkeling. Indien gekozen wordt voor traditionele civieltechnische maatregelen zal de natuurwaarde nauwelijks verbeteren. Als echter gekozen wordt voor de variant 'Ruimte voor de Rivier', biedt dit goede kansen op een aanzienlijke verbetering van de natuurwaarde.

In het IJsselmeergebied tot slot zijn de effecten van de diverse peilvarianten zeer beperkt. Pas als vooroevers worden toegepast als compensatie van dijkverhoging, neemt het areaal potentieel natuurgebied toe. Uit dat oogpunt lijkt dit dan ook een aantrekkelijke maatregel. Als maatregel om dijkverhoging te beperken lijkt deze maatregel overigens weinig succesvol.

Onder invloed van klimaatverandering bestaat er een kans dat de watervraag vanuit de aquatische natuur gaat veranderen. Dit heeft vooral te maken met een toenemende vraag voor doorspoeling. Er zijn aanwijzingen zijn dat door een hogere temperatuur de waterkwaliteit verslechtert. In de volgende paragraaf wordt hier verder op ingegaan. Extra doorspoeling kan een oplossing bieden voor het waterkwaliteitsprobleem. Er is echter momenteel onvoldoende informatie bekend om te kunnen bepalen hoe groot die extra watervraag kan zijn.

### 3.6.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op de aquatische natuur

Over de effecten van klimaatverandering op de aquatische natuur is op dit moment nog niet veel bekend. Alleen voor het IJsselmeergebied is een klein onderzoek uitgevoerd. De conclusies daaruit zijn verontrustend. De kans op blauwalgenplagen neemt toe, vissen groeien trager en krijgen minder nakomelingen, de effecten van toxische blauwalgen, pesticiden, zware metalen en parasieten worden versterkt, er is een toenemende kans op botulisme en de kans op vestiging van allochtone soorten wordt groter. Een positief effect is er op de in de winter kritieke warmtehuishouding van visetende vogels.

De negatieve effecten zouden deels gecompenseerd kunnen worden door meer doorspoeling. Dat kan echter alleen in de wat kleinere stagnante systemen (Randmeren). Nader onderzoek is nodig om de exacte omvang van het probleem in kaart te brengen. Daarna kan gericht gezocht worden naar oplossingen.

### **3.6.3 Samenvattende conclusies voor de aquatische natuur**

Over de effecten van klimaatverandering op de aquatische natuur is op dit moment nog niet veel bekend. Alleen voor het IJsselmeergebied is een klein onderzoek uitgevoerd. De resultaten zijn verontrustend. Klimaatverandering lijkt negatief uit te pakken voor de aquatische natuur. Vervolgonderzoek is echter nodig om het exacte probleem in kaart te brengen.

De effecten van grote waterhuishoudkundige projecten verschillen sterk per regio. In het rivierengebied en het benedenrivierengebied zal onder invloed van de voorgenomen plannen de natuurwaarde toenemen. In het IJsselmeergebied zijn de effecten van de diverse peilvarianten echter zeer beperkt.

## **3.7 Drinkwater**

### **3.7.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod**

Voor de drinkwatervoorziening is beschikbaarheid van kwalitatief goed grond- en oppervlaktewater een eerste voorwaarde. Kwantitatief kent het grondwatergebruik beperkingen omdat de daarmee gepaard gaande verlaging van de grondwaterstand verdrogings schade aan de natuur, droogteschade aan de landbouw en zettingsschade aan gebouwen kan veroorzaken.

Gebruik van oppervlaktewater kent kwantitatief meestal geen beperkingen gezien de in verhouding tot de debieten van rivieren en kanalen gering te noemen afgetapte hoeveelheden. Totaal komt via de rivieren jaarlijks ruim 70 miljard kubieke meter zoet water ons land binnen, waarvan nog niet eens 1% gebruikt wordt voor het bereiden drinkwater.

Onder invloed van autonome ontwikkelingen en het huidige beleid zullen zowel de watervraag als het wateraanbod gaan veranderen. De watervraag wordt met name bepaald door het aantal inwoners in Nederland. Momenteel lopen de schattingen daarvan uiteen van een stabilisatie tot een lichte stijging tot 2020. Dit resulteert in een bovenschatting van het drinkwatergebruik van een kleine 2 miljard kubieke meter per jaar in 2020-2030 (inclusief industriewater). Momenteel bedraagt het drinkwatergebruik ongeveer 1,2 miljard kubieke meter per jaar, en dat van het industriewater ongeveer 0,2 miljard kubieke meter per jaar. Bij een stabilisatie van de bevolking blijft naar verwachting ook het drinkwatergebruik ongeveer constant.

Tegenover de toenemende watervraag staat ook een groei in het wateraanbod. Totaal komt jaarlijks via neerslag en rivieraanvoer ongeveer 90 miljard kubieke meter zoet water ons land binnen. Onder invloed van klimaatverandering zal dit alleen maar toenemen. De netto neerslag neemt toe, en ook de afvoer van grensoverschrijdende rivieren neemt toe; het debiet van de Rijn met gemiddeld 5% en dat van de Maas zelfs met 10% bij het centrale scenario. Dit compenseert ruimschoots een eventuele extra watervraag vanuit de drinkwatersector.

Een eventuele groei in de watervraag zal vooral worden opgevangen door extra oppervlaktewaterwinning. De verdrogingsproblematiek laat geen verdere stijging in grondwaterwinning toe. Momenteel is de verhouding tussen grond- en oppervlaktewaterwinning nog ongeveer 2 staat tot 1, maar door de groei in oppervlaktewaterwinning zal dat op termijn gaan naar een verhouding van 1 staat tot 1.

Een potentieel knelpunt vormt daarbij nog de inlaat van oppervlaktewater in het benedenrivierengebied. Door het (gedeeltelijk) openzetten van de Haringvlietdam treedt verzilting op, waardoor het water niet altijd meer geschikt is als bron voor drinkwater. Als oplossing voor dit probleem kan eventueel het innamepunt stroomopwaarts worden gelegd, maar dit brengt wel meerkosten met zich mee. Afhankelijk van de afstand tot het nieuwe innamepunt gaat het om een eenmalige investering voor het aanleggen van de leidingen van enkele tientallen miljoenen gulden, en daarnaast een meerprijs per kubieke meter van ongeveer één cent.

### **3.7.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op drinkwater**

Het waterbeheer heeft een wezenlijke invloed op de economische situatie. Dit geldt ook voor de drinkwatervoorziening. Met name de verdrogingsbestrijding werkt naast andere factoren door in de drinkwaterprijs. Enerzijds komt dat door de grondwaterbelasting, anderzijds door de extra inzet van oppervlaktewater. Hiervoor is in het algemeen een duurdere zuivering nodig dan bij grondwater, wat leidt tot een hogere drinkwaterprijs. In de meest extreme gevallen scheelt dit soms een factor twee in prijs.

De autonome ontwikkelingen zullen echter niet of nauwelijks een effect hebben op de drinkwaterprijs. Hooguit gaat het om enkele centen per liter, vooral veroorzaakt door een grotere watervraag die gedekt moet worden uit oppervlaktewater.

Potentieel is er onder invloed van klimaatverandering meer grondwater beschikbaar, maar naar verwachting zal dit niet ingezet gaan worden voor drinkwaterproductie. Dat zou ingaan tegen de huidige beleidslijn.

### **3.7.3 Samenvattende conclusies voor drinkwater**

Uit het voorgaande zijn de volgende conclusies te trekken voor de drinkwatersector:

- De vraag naar drinkwater groeit ondanks een ontmoedigingsbeleid van de overheid en de sector nog steeds. Momenteel bedraagt die ruim 1,2 miljard kubieke meter per jaar. De verwachting is echter dat op termijn de vraag zich zal stabiliseren, tot maximaal 2 miljard kubieke meter per jaar.
- Er vindt een verschuiving plaats van grondwater naar oppervlaktewater als bron voor drinkwaterproductie. Deze vindt vooral plaats doordat de grondwateronttrekking zich stabiliseert en de oppervlaktewaterwinning toeneemt. Ten opzichte van de totale waterbalans voor Nederland gaat het echter om relatief kleine hoeveelheden (ruim 1%).
- Het eventuele gebruik van de Haringvlietdam als stormvloedkering zal leiden tot het onbruikbaar worden van het inlaatpunt bij de Biesbosch. Dit zal stroomopwaarts gelegd moeten worden, zodat een vergelijkbare situatie ontstaat als bij de Watertransportmaatschappij Rijn-Kennemerland: het inlaatpunt zit op ruim 100 km. van de gebruiker.

## **3.8 Waterrecreatie**

### **3.8.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod**

De waterrecreatiesector is geen waterconsumerende sector. In die zin is er dan ook geen toe- of afname van de watervraag. Wel zal de intensiteit van de waterrecreatie de komende jaren toe gaan nemen. Uit analyses blijkt dat alle typen waterrecreatie (toervaart, zeilen/surfen, zonnen/zwemmen, sportvisserij, kanovaren/roeien) in de komende 20 jaar waarschijnlijk gaan groeien. Dit heeft geen directe gevolgen voor de watervraag, maar wel op de omvang van eventuele neveneffecten van waterbeheersmaatregelen op de sector. Een voorbeeld is een ander peilbeheer in het IJsselmeergebied. Naarmate er meer ligplaatsen zijn nemen de totale kosten om de ligplaatsen aan te passen aan een ander peilbeheer toe. Immers, bij een hoger peil kunnen steigers onder water komen te staan.

De groei van de waterrecreatie wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de autonome sociaal-demografische ontwikkeling. Per recreatietype zijn er bij het gehanteerde economische scenario verschillen in toename in 2020, variërend van 10 tot 60 procent ten opzichte van 1990. Met name de stijging van de welvaart levert, indien het aanbod van ligplaatsen mee zou groeien, een forse groei op in de vloot van toervaartuigen, en daarmee in het aantal dagtochten dat per jaar wordt ondernomen. De overige recreatietypen stijgen grosso modo mee met de demografische groei.

Uit de analyses blijkt dat de groei van de waterrecreatie slechts zeer beperkt wordt veroorzaakt door een verbetering van de watersysteemkwaliteit (inclusief inrichting). De uitkomsten van de analyses lijken er op te wijzen dat de invloed van het waterbeleid op de omvang van de waterrecreatie niet groot is. Wel kan de belevingswaarde van de waterrecreatie sterk worden beïnvloed. De waterrecreatiegeschiktheidsindex geeft hiervoor een indicatie.

Deze index is door Alterra in opdracht van de ministeries van V&W en LNV ontwikkeld (Goossen et al., 1997). Daarin is te zien dat factoren als 'aanlegplaatsen in de natuur' en 'bos, weide- en akkerland langs de oever' respectievelijk 25% en 10% van deze index uitmaken. Ook 'natuurlijke oevers', de 'lengte van natuurlijke oevers', de 'lengte van de vrij toegankelijke oevers' en 'begroeiing in het water dieper dan 1 m' zijn belangrijke parameters.

Klimaatverandering leidt autonoom tot veranderingen. Voor de recreatievaart is met name de verandering in waterpeilen relevant. In de regionale wateren speelt dit niet of nauwelijks, maar in de rijkswateren des te meer, met name in het IJsselmeergebied. Hiervoor zijn dan ook analyses



uitgevoerd om de effecten van peilverandering te bepalen (zie de volgende paragraaf). In de meest extreme variant (de bovenschatting, plus 4 graden) kan het peilverschil oplopen van zo'n 50 cm in 2100 in de zomer tot zo'n 80 cm in de winter, ervan uitgaande dat de veiligheid in dat geval gewaarborgd wordt met dijkverhoging. Bij de centrale schatting bedraagt de peilverhoging in 2100 maximaal 10 tot 40 cm, en bij de onderschatting maximaal 10 cm. Met name de bovenschatting heeft tot gevolg dat bestaande steigers onder water komen te staan en dus vervangen moeten worden.

### 3.8.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op waterrecreatie

De effecten van autonome ontwikkelingen voor de waterrecreatiesector zijn alleen bepaald voor het IJsselmeergebied (Oranjewoud, 1999). Dit was het enige gebied waarvoor voldoende informatie beschikbaar was. Geanalyseerd is welke kosten gemoeid zijn met het aanpassen van de huidige infrastructuur (met name havens) aan het nieuwe peilbeheer. Onderstaand zijn de belangrijkste resultaten weergegeven. In bijlage 3 is meer achtergrondinformatie gegeven.

Tabel 3.4: Effecten van autonome ontwikkelingen op de waterrecreatie in het IJsselmeergebied

	Peilvariant (ten opzichte van NAP)					
	-0,60	-0,40	0,00	+0,20	+0,40	+0,60
<b>Investerings (Mf)</b>	75	3	62	249	392	450
<b>Baggerkosten (Mf)</b>	204	104	-	-	-	-
<b>Totaal (Mf)</b>	279	107	62	249	392	450

De genoemde prijzen zijn exclusief voorbereiding en toezicht-en directiekosten (ca. 15 %) en exclusief B.T.W.

Uit de tabel kan geconcludeerd worden dat met name een klimaatverandering conform de bovenschatting grote investeringen met zich meebrengt. Het huidige peil is -0,20 centimeter ten opzichte van NAP, en dat verandert in 2100 in +0,30 tot +0,60 ten opzichte van NAP. De kosten belopen daarmee 350 tot 450 miljoen gulden. Bij het laagste scenario zijn de meerkosten echter te verwaarlozen.

Voorgaande cijfers gaan uit van het huidige aantal ligplaatsen in het IJsselmeergebied (30.000). De verwachting is echter dat dit aantal in de toekomst gaat stijgen, wellicht zelfs met 25 tot 40%. Daarmee stijgen ook de kosten uit voorgaande tabel lineair mee.

In het benedenrivierengebied en het rivierengebied spelen vergelijkbare problemen als in het IJsselmeergebied, zij het minder extreem. In deze gebieden is men namelijk al gewend aan een wisselend peil onder invloed van de wisselende rivierafvoeren. Alleen als in het benedenrivierengebied de Haringvlietdam als stormvloedkering gebruikt gaat worden, ontstaan problemen, omdat dan het verschil tussen eb en vloed weer op zal lopen tot ver boven de één meter in de buurt van de Biesbosch.

### 3.8.3 Samenvattende conclusies voor waterrecreatie

Onderstaand zijn de belangrijkste conclusies voor de waterrecreatie nog eens samengevat:

- Uit de analyses voor het onderwerp waterrecreatie blijkt dat alle typen waterrecreatie in de komende 20 jaar waarschijnlijk gaan groeien. Dit heeft geen directe gevolgen voor de watervraag, maar wel op de omvang van eventuele neveneffecten van waterbeheersmaatregelen op de sector. Een voorbeeld is een ander peilbeheer in het IJsselmeergebied. Naarmate er meer ligplaatsen zijn nemen de totale kosten om de ligplaatsen aan te passen aan een ander peilbeheer ook toe.
- De groei van de waterrecreatie wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de autonome sociaal-demografische ontwikkeling, waar de ontwikkeling van de waterrecreatie, net als nagenoeg alle andere sectoren overigens, gevoelig voor blijkt te zijn. Per recreatietype zijn er bij het gehanteerde economische scenario verschillen in toename in 2020, variërend van 10 tot 60 procent ten opzichte van 1990. Met name de stijging van de welvaart levert, indien het aanbod van ligplaatsen mee zou groeien, een forse groei op in de vloot van toerwaartuigen, en daarmee in het aantal dagtochten dat

per jaar wordt ondernomen. De overige recreatietypen stijgen grosso modo mee met de demografische groei.

- De waterrecreatiesector in het IJsselmeergebied kan bij een ander peilbeheer voor grote kosten komen te staan. De meest extreme variant van een peilbeheer van +60 centimeter t.o.v. NAP levert tot 2050 bijna een half miljard meerkosten op. Varianten waarbij een kleinere peilvariatie optreedt, bijvoorbeeld plus of min 20 cm, leveren een schadepost op van 60 tot 100 miljoen gulden.
- Uit de analyses blijkt dat de groei van de waterrecreatie voor een klein deel wordt veroorzaakt door een verbetering van de watersysteemkwaliteit (inclusief inrichting), zij het dat de invloed hiervan aanzienlijk kleiner is dan de autonome sociaal-demografische ontwikkeling. De uitkomsten van de analyses lijken er op te wijzen dat de invloed van het waterbeleid op de omvang van de waterrecreatie niet groot is. Wel kan de belevingswaarde van de waterrecreatie sterk worden beïnvloed.

## 3.9 Koelwater

### 3.9.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod

Voor de elektriciteitssector is de beschikbaarheid van voldoende koelcapaciteit van wezenlijk belang. De beschikbare (potentiële) koelcapaciteit wordt onder meer bepaald door de watertemperatuur, en voor stromende wateren door het debiet en voor stagnante wateren met name door het volume van het voor koeling beschikbare water. Onder de potentiële koelcapaciteit wordt verstaan de hoeveelheid warmte die binnen de vigerende koelwaternormen door een centrale op een bepaalde locatie maximaal kan worden geloosd. De huidige, wettelijk vastgelegde, koelwaternormen om de effecten van koelwaterlozingen op aquatische ecosystemen te beperken, zijn:

- de temperatuur van het koelwater in het koelsysteem mag maximaal 303 K bedragen (met uitzondering van koeltorens),
- Het temperatuurverschil tussen ingenomen en geloosd koelwater mag in de zomer bij inlaattemperaturen van 296 K maximaal 7 K en in de winter bij een inlaattemperatuur van 273 K maximaal 15 K bedragen, met daartussen een geleidelijke overgang,
- bij koelwaterlozing in een rivier mag de temperatuurverhoging boven de "natuurlijke" temperatuur gemiddeld over het dwarsprofiel ter hoogte van de uitlaat niet meer bedragen dan 3 K bij maatgevende lage afvoeren. Voor het Amsterdam-Rijn- en Noordzeekanaal geldt dat maximaal 20% van het kanaaloppervlak met meer dan 3 K mag worden verhoogd. Daarnaast zijn er nog specifieke normen voor meren en het Hollandsch Diep.

In de huidige situatie heeft koelwatervoorziening bij het huidige beleid niet de hoogste prioriteit, hetgeen met name in perioden met lage rivierafvoeren en langdurig hoge luchttemperaturen kan leiden tot een tekort aan koelcapaciteit. De wegvallende productie moet dan worden overgenomen door centrales op locaties waar wel voldoende koelcapaciteit beschikbaar is. Doorgaans wordt hiermee afgeweken van het economisch meest gunstige scenario, hetgeen hogere productiekosten met zich meebrengt. Gemiddeld bedragen de kosten voor de sector naar schatting 1 tot 2 miljoen gulden per jaar. Ingrepen in de waterhuishouding kunnen overigens, met name door verandering van het ter plaatse beschikbare debiet, leiden tot toe- of afname van de beschikbare koelcapaciteit. Hiermee kan nog enigszins worden gestuurd in de kosten voor de sector. Vaak gaat dat in watertekortsituaties echter weer ten koste van andere functies, zoals landbouw en scheepvaart.

De afgelopen jaren lijkt de warmteproblematiek zich te verergeren. In tien jaar tijd is het drie keer voorgekomen dat normen overschreden dreigden te worden. Op een gegeven moment was in 1995 zelfs meer dan 25% van het productiepark niet meer inzetbaar vanwege dreigende overschrijding van de koelwaternormen. Onder invloed van klimaatverandering zal deze problematiek met name in de zomer verslechteren, doordat de watertemperatuur toeneemt en de debieten afnemen.

Naast meteorologische omstandigheden is de watertemperatuur mede afhankelijk van bovenstroomse koelwaterlozingen, waaronder ook de buitenlandse. Over de mate van invloed van deze laatste zijn niet of nauwelijks gegevens voorhanden. Gezien echter de grote concentratie van industriële activiteiten in het buitenlandse stroomgebied van Rijn en Maas, mag worden verwacht dat een zekere mate van opwarming plaatsvindt. In de jaren tachtig werd ervan uitgegaan dat deze de drie graden Kelvin niet overschrijdt.

Het vigerend Duitse beleid ten aanzien van koelwaterlozingen, waarbij een plicht tot koeltorenbouw voor lozingen groter dan 200 MW geldt, zal naar verwachting voor wat betreft de Rijn resulteren in een daling van het buitenlandse aandeel in de totale opwarming. De centrales langs het Nederlandse deel

van de Maas zijn allen voorzien van koeltorens. Koeltorens leveren overigens een rendementsverlies op voor de centrales van één tot twee procent.

Voor het bepalen van de toekomstige (koel)-watervraag vanuit de sector zijn twee ontwikkelingen van belang: de economische ontwikkeling en de technologische ontwikkeling. De economische ontwikkeling wordt beschreven door de CPB-scenario's, en in het algemeen leiden die (nog steeds) tot een toename in de elektriciteitsvraag, en dus ook een toename in de koelwatervraag. De verwachte trendbreuk blijft voorlopig uit. Daar staat echter de technologische ontwikkeling tegenover. Door hogere rendementen, warmte-krachtkoppeling, levering van energie uit het buitenland en de toenemende inzet van duurzame energiebronnen (Shell verwacht dat in 2050 50% van de energie geleverd wordt uit duurzame bronnen) neemt de warmtelozing op de Nederlandse wateren af.

Een laatste autonome ontwikkeling die nog van belang is voor het waterbeheer, is de verschuiving van centraal vermogen (de grote centrales) naar kleinere, decentrale units. Vaak staan die aan klein oppervlaktewater met een beperkte koelcapaciteit. Daarmee vormen ze een potentieel knelpunt.

Tot slot gaat er in de toekomst wellicht een beleidsmatige ontwikkeling plaatsvinden die invloed heeft op de beschikbare koelcapaciteit. Het betreft de zalmrichtlijn, die aanzienlijk strenger is dan de huidige koelwaternormen. Als maximumtemperatuur wordt hier bijvoorbeeld 25<sup>o</sup> C gehanteerd tegen 30<sup>o</sup> in de huidige situatie.

### **3.9.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op koelwater**

Met behulp van het model POWRSYM van de Sep zijn de effecten van waterhuishoudkundige veranderingen te bepalen, bijvoorbeeld als gevolg van klimaatverandering. Daarnaast heeft de Sep aan RIZA voor de belangrijkste centrales repro-functies geleverd op basis waarvan een simpele kostenberekening kan worden uitgevoerd. Een beschrijving van deze methode is gegeven in bijlage 4.

Binnen WB21 waren echter onvoldoende betrouwbare invoergegevens beschikbaar om de methode ook toe te kunnen passen. De effecten van klimaatverandering op de debieten in de Nederlandse watersystemen zijn binnen andere thema's alleen bepaald voor de grote rivieren. De meest kritische centrales staan echter langs de grote kanalen (Amsterdam-Rijn-kanaal en Noordzeekanaal). Daarnaast nemen de kosten exponentieel toe indien meerdere centrales tegelijk uitvallen, bijvoorbeeld langs de kanalen en de rivieren.

Als puur naar de individuele centrales langs de grote rivieren gekeken wordt, neemt de koelcapaciteit evenredig af met het beschikbare debiet. In de zomerperiode daalt het debiet van de Rijn onder invloed van het centrale klimaatscenario met zo'n 8%.

### **3.9.3 Samenvattende conclusies voor koelwater**

Uit het voorgaande zijn de volgende conclusies af te leiden voor de elektriciteitssector:

- Indien het huidige productiepark in 2050 nog zou bestaan, zou de watervraag vanuit de elektriciteitssector in de zomer enorm toenemen. De koelcapaciteit is namelijk afhankelijk van enerzijds debieten en anderzijds de temperatuur van het water. Beiden ontwikkelen zich onder invloed van klimaatverandering in de verkeerde richting.
- Daartegenover staat dat door verbetering van de technologie, warmte-krachtkoppeling, overgang naar duurzame energiebronnen en de toename van energie-import uit het buitenland de hoeveelheid te lozen warmte door de sector afneemt. Hierdoor neemt de watervraag af.
- Onduidelijk is op dit moment welke van voorgaande ontwikkelingen over 50 jaar zal overheersen.

## **3.10 Stedelijk gebied**

### **3.10.1 Veranderingen in watervraag en wateraanbod**

Stadswateren zouden een levend en levendig onderdeel van de woon- en werkomgeving kunnen zijn. Levend in de zin van schoon, vitaal, ecologisch gevarieerd, natuurlijk en wisselend van aanzien (seizoensbeeld, peilfluctuaties). Levendig als middelpunt van menselijke activiteiten (wonen, ontspanning en cultuur op en aan het water, transport). De watersystemen worden kortom beleefd en gebruikt zonder dat dit ten koste gaat van het natuurlijk functioneren. Dat natuurlijk functioneren betreft ook de kwantiteit, waarbij er naar gestreefd wordt op het juiste moment de juiste hoeveelheid water te hebben. Dus niet te veel, maar ook niet te weinig.

Een streefbeeld voor het stadswater zou er als volgt uit kunnen zien: 'Stedelijke watersystemen zijn een belangrijke "drager" voor stadslandschappen. Ecologische, landschappelijke en recreatieve waarden vormen de basis voor een hoogwaardig woon-, werk- en leefklimaat in de bebouwde kom en directe omgeving. Grotere stadswateren vervullen bovendien een transport-, bergings- en bufferfunctie. Het netwerk van watersystemen vormt, samen met een groen netwerk van natuurterreinen, de ecologische en hydrologische verbinding tussen stad en ommeland. Bronnen van verontreiniging zoals overstorten en diffuse belasting zijn geminimaliseerd, zodat een goede kwaliteit van water en waterbodems is verzekerd. Een groot deel van de neerslag wordt niet meer onmiddellijk afgevoerd, maar opgeslagen voor specifieke doeleinden. Waterkringlopen zijn zoveel mogelijk gesloten. Een goede samenwerking tussen de waterbeheerder en gemeentelijke autoriteiten in zowel planvorming als feitelijk beheer is vanzelfsprekend.'

Stedelijk waterbeheer omvat kortom een groot aantal aspecten die nauw met elkaar verweven zijn. In de onderstaande opsomming zijn de belangrijkste aangegeven.

- Stedelijk oppervlaktewater (stedenbouwkundige 'landschapswaarde', ecologie, waterkwantiteit (berging, buffering, afvoer), waterkwaliteit, waterbodemkwaliteit, inrichting (inclusief oevers), menselijk gebruik),
- Stedelijk grondwater (kwaliteit, kwantiteit, gebruik/overlast)
- Water in de waterketen (kwaliteit, kwantiteit, toegankelijkheid, maatschappelijke kosten, onderhoud en continuïteit, duurzaamheid (emissies, afwenteling, sluiting hydrologische kringloop, bronnenbeheer, natuur)).

Van een groot aantal van genoemde zaken weten we in kwantitatieve zin niet zo gek veel. Stadswateren zijn er in alle soorten en maten (van gracht tot vijver), in vele gebieden (hoog/laag Nederland, oud stedelijk gebied en nieuw stedelijk gebied, geïsoleerd of door de omgevingswateren gevoed en bepaald) en vele kwaliteitsgradaties. Waterschappen zijn pas sedert enkele jaren intensief bezig met stedelijke wateren, dus meetcijfers zijn er weinig, niet breed beschikbaar en niet breed statistisch geïnterpreteerd. Wat we wel weten is soms verontrustend:

- incidenteel wateroverlast in stedelijk gebied,
- een behoorlijke erfenis aan verontreinigde waterbodems,
- matige tot slechte ecologische kwaliteit (eutroof, weinig vegetatie of structuur, harde oevers), waarbij het dan overigens toch weer verwonderlijk is hoeveel visplezier de lokale hengelaar er dan nog uit weet te halen.

Wat betreft grondwater is het beeld redelijk constant. Het heeft formeel geen beheerder en staat derhalve op weinig agenda's. Grondwateroverlast is een regelmatig terugkerend probleem. Er is een lichte toename te zien van de aandacht voor grondwater in verband met de mogelijkheden voor het afkoppelen van regenwaterrioolstelsels en het infiltreren van regenwater.

Van de waterketen is relatief het meest bekend; aansluitpercentages van drinkwater en riolering, onttrekkingen, zuivering van afvalwater, lengte en type stelsels, aantal overstortlocaties, risico-kwalificatie van riooloverstorten, "globale" emissieschattingen van overstorten, emissies van rwzi's, maatregelen in uitvoering en voorzien.

Er is kortom wel wat informatie, maar onvoldoende om met name rondom het kwantiteitsvraagstuk een volledig dekkend beeld te schetsen. Wel zijn er een aantal kwalitatieve uitspraken te doen over de ontwikkeling in watervraag en het wateraanbod in stedelijk gebied.

De watervraag in stedelijk gebied bestaat in hoofdzaak uit twee componenten: drinkwater en water in de stad. De drinkwateraspecten zijn in de betreffende paragraaf van dit hoofdstuk reeds besproken. Grosso modo wordt op termijn een stabilisatie in de drinkwatervraag verwacht rond maximaal 2 miljard kubieke meter per jaar. De vraag naar meer open water in de stad neemt daarentegen wel toe. Niet alleen vanwege kwantiteitsaspecten (ter voorkoming van (grond)-wateroverlast), maar ook vanwege de belevingswaarde. Het is echter niet mogelijk dit in getallen uit te drukken. Gezien de toename van stedelijk gebied zal ook de hoeveelheid water in de stad toenemen. Van het nieuwe stedelijk gebied mag verwacht worden dat er waterneutraal gebouwd wordt, zodat in het verleden gemaakte fouten niet meer op zullen treden.

Wat betreft het wateraanbod stijgt door klimaatverandering de gemiddelde grondwaterstand en neemt de kwel toe indien geen aanvullende maatregelen worden genomen. Dit leidt in potentie tot meer (grond)-wateroverlast in stedelijk gebied. Kwantificering van deze overlast is echter niet mogelijk.

### **3.10.2 Effecten van autonome ontwikkelingen op stedelijk gebied**

Omdat over de autonome ontwikkelingen zelf weinig kwantitatieve informatie beschikbaar is, is het ook lastig de effecten te bepalen. Wel kunnen een aantal maatregelen worden genoemd die er toe bij kunnen dragen dat de effecten van klimaatverandering (deels) worden gecompenseerd. Onderstaand is een opsomming gegeven:

- Het huidig open wateroppervlak in stedelijk gebied bedraagt zo'n vijf tot zes procent. Voor nieuw stedelijk gebied en bij herinrichting van bestaand gebied zou een verdubbeling plaats kunnen vinden, in ieder geval in West-Nederland. Hier wordt ook al concreet aan gewerkt. Bij een uitgekiend ontwerp kan een zeer sterke vergroting van retentie worden gerealiseerd, en daarnaast de belevingswaarde sterk worden vergroot.
- De drooglegging in stedelijk gebied is nu ongeveer 80 cm onder het maaiveld. In de toekomst zou een flexibel peilbeheer kunnen worden gekozen, waarbij in combinatie met extra infiltratie van regenwater het peil hoger op kan lopen, mits de huizen daar op aangepast worden (vloeren, kruipruimtes en kelders). In ieder geval in tuinen zou dit principe kunnen worden toegepast, wat een aanzienlijke waterbuffer oplevert in tijden van hevige neerslag. In oud stedelijk gebied is dit overigens lastig te realiseren.
- Binnen thema 4 van het onderzoeksprogramma WB21 (Kok et al, 2000) is geconcludeerd dat door het afkoppelen van verharde oppervlakken (vooral in nieuw stedelijk gebied goed mogelijk) en het laten infiltreren van deze afgekoppelde oppervlakken in de bodem, of het gebruik van (half) doorlatende bestratingen de piekafvoeren, in de vorm van riooloverstorten, sterk worden gereduceerd. Volgens schaarse literatuurgegevens (v.d. Ven en Ven, 1996) gaat de piekafvoer met een factor 10 tot 100 omlaag. De hydrologische effectiviteit om een wateroverlast te reduceren is dus in potentie groot.
- Ecologisering van het open water (bijvoorbeeld het werken met schuine taluds en een flexibel peil) levert (beperkt) meer bufferruimte op.
- Bergbezinkbassins kunnen in beperkte mate zorgen voor retentie in het rioleringsstelsel. De retentiecapaciteit is in de regel echter beperkt waardoor de effectiviteit gering is.
- De waterketen, waterbesparing, gesloten kringlopen en het gebruik van regenwater kunnen leiden tot minder watergebruik, en dus ook tot een verminderde lozing van water. In de wateroverlastproblematiek spelen die zaken echter niet of nauwelijks een rol. De rek lijkt er overigens uit bij de waterbesparing (eenvoudige maatregelen zijn getroffen, ook technologisch bij de was- en afwasmachines). Wel zijn er nieuwe kansen voor lokale grijswatercircuits met regenwater (per huis). Technisch is dit relatief eenvoudig te realiseren. Ook kan door verbeterde membraantechnologie drinkwater uit regenwater aan huis bereid worden. Alles bij elkaar zet dit echter nauwelijks zoden aan de dijk ter vermindering van de wateroverlast.

### **3.10.3 Samenvattende conclusies voor stedelijk gebied**

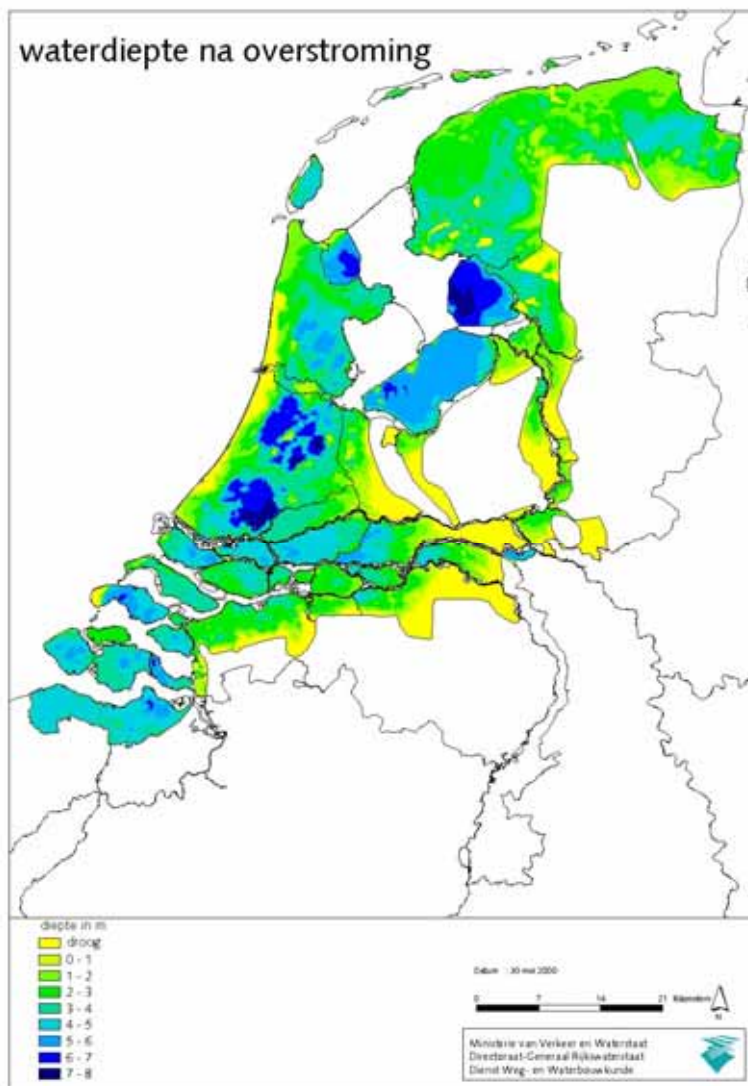
Voor het stedelijk gebied zijn twee hoofdconclusies te trekken:

- Door klimaatverandering stijgt de gemiddelde grondwaterstand en neemt de kwel toe indien geen aanvullende maatregelen worden genomen. Dit leidt in potentie tot meer (grond)-wateroverlast in stedelijk gebied. Kwantificering van deze overlast is echter niet mogelijk.
- Er zijn een aantal maatregelen mogelijk die de hydrologische situatie in stedelijk gebied kunnen verbeteren. Het meest effectief en kansrijk zijn het vergroten van het oppervlak aan open water, een flexibeler grondwaterpeil in combinatie met grotere infiltratie en het afkoppelen van de regenwaterriolering. Voorgaande maatregelen bieden tevens kansen voor verhoging van de kwaliteit van de leefomgeving.

## **3.11 Veiligheid van hoofdwaterringen**

### **3.11.1 Veranderingen bij autonome ontwikkelingen**

Binnen het onderzoeksprogramma van WB21 wordt aandacht besteed aan wateroverlast. Hieronder wordt in het algemeen een overstrooming verstaan tot maximaal enkele decimeters water. Bij dijkdoorbraken kan de overstrooming in sommige gebieden echter oplopen tot enkele meters. In figuur 3.9 is dit geïllustreerd.



**Figuur 3.9: Waterdiepte na een volledige overstroming (Bron: Dijkman, 2000)**

Het analyseren van de effecten hiervan was aanvankelijk niet ondergebracht in het onderzoeksprogramma van WB21, vandaar dat het is opgepakt als apart onderwerp binnen dit thema. Daarbij is het een wat ander onderwerp dan de voorgaande paragrafen. Veiligheid is weliswaar ook een functie, maar het effect (schade) is voornamelijk terug te vinden bij andere functies, bijvoorbeeld de landbouw en het stedelijk gebied.

Als gekeken wordt naar de autonome ontwikkelingen rondom veiligheid zijn twee zaken van belang: de ontwikkeling in de bedreiging (zeespiegelstijging en grotere debieten op de rivieren) en de schade. Dit laatste wordt uitgedrukt in geld, maar ook in mensenlevens.

Klimaatverandering is de drijvende factor achter de zeespiegelstijging en hogere debieten. De drie binnen WB21 gehanteerde klimaatscenario's lopen weliswaar wat uiteen wat betreft de omvang van beide fenomenen, maar allemaal wijzen ze in dezelfde richting: als geen aanvullende veiligheidsmaatregelen worden genomen neemt het risico op overstromingen toe.

Ook de schade neemt autonoom toe: alle economische scenario's wijzen op een sterke stijging van zowel het geïnvesteerd vermogen als de Bruto Toegevoegde Waarde in laag Nederland.

Voor het afleiden van de veiligheidsnormen gaan voorgaande gegevens in de toekomst waarschijnlijk een belangrijke rol spelen. In het MARS-routeprogramma, dat moet resulteren in nieuwe veiligheidsnormen, denkt men namelijk sterk aan een methode waarin het aanvaardbaar risico op een dijkdoorbraak (de veiligheidsnorm) bepaald wordt door de kans op een doorbraak maal de schade. De norm kan daarbij per dijkkring verschillen, omdat per dijkkring zowel de bedreiging als de waarde van

het gebied dat beschermd wordt door de dijkkring kan verschillen. In de volgende paragraaf wordt met name op dit laatste aspect nader ingegaan.

### 3.11.2 Kosten en baten

Voor de huidige situatie zijn door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde de effecten bepaald van een dijkdoorbraak per dijkkring (Dijkman, 2000). Hierbij is bepaald wat de totale waarde is per dijkkring, en hoeveel daarvan verloren gaat bij het volledig vollopen van een dijkkring. In tabel 3.5 zijn de belangrijkste resultaten weergegeven.

Tabel 3.5: Schade per categorie bij volledige overstroming (in miljoenen guldens)

	Schade (Mfl)	Categorie	Schade (Mfl)
Landbouw	57214	Eengezinswoningen	357909
Glastuinbouw	2896	Laagbouwwoningen	101952
Stedelijk Gebied	3080	Hoogbouwwoningen	11886
Recreatie Extensief	94	Boerderijen	10622
Recreatie Intensief	4572	Delfst/Indus/Nuts dir	117104
Oppervlaktewater	2855	Bouw direct	19368
Vliegvelden	2097	Handel/Horeca direct	67140
Rijkswegen	1939	Transport/Comm direct	70779
Autowegen	11080	Banken/Verzek direct	144749
Overige wegen	3306	Delfst/Indus/Nuts indir	93624
Spoorwegen	749	Bouw indirect	34499
Vervoermiddelen	11076	Handel/Horeca indirect	229107
Gemalen	279	Transport/Comm indirect	23750
Zuiveringsinstallaties	33	Banken/Verzek indirect	167018
		<b>Totaal</b>	<b>1550778</b>

Uit de analyses kan geconcludeerd worden dat als laag Nederland zou overstromen een totale directe schade optreedt van 1500 miljard gulden (op een totale waarde in dit gebied van 2500 miljard), waarbij de belangrijkste schadeposten zijn: woningen (ruim 450 miljard), handel en horeca (ruim 300 miljard), banken en verzekeringen (eveneens ruim 300 miljard), industrie, delfstoffen en nutsbedrijven (ruim 200 miljard). Verder is de schade aan landbouw en de bouw nog betrekkelijk groot (ieder ruim 50 miljard).

De dijkringen waar de meeste schade optreedt zijn respectievelijk Zuid-Holland (ruim 600 miljard) Groningen/Friesland (ruim 150 miljard), Noord-Holland (eveneens 150 miljard), Kromme Rijn (ruim 70 miljard) en IJsselmonde (ruim 60 miljard). De overige 48 dijkringen zitten onder de 50 miljard schade per dijkkring (zie tabel 3.6), waarbij in de dijkkring Nederhemert de schade het kleinst is (6 miljoen). Indien in de toekomst inderdaad gekozen wordt voor een veiligheidsbenadering op basis van schaderisico, zal met name Zuid-Holland een buitengewoon hoog veiligheidsniveau moeten hebben.

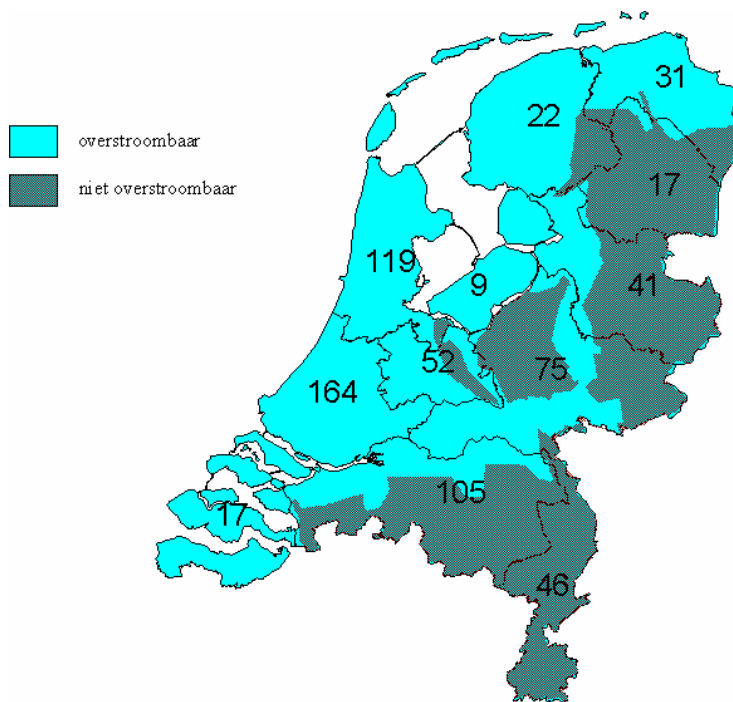
Tabel 3.6: Schade per dijkkring bij volledige overstroming

NR	Dijkkring	Bedreiging (zoet/zout)	NAP + (m)	Schade (Mfl)	Max. Schade (Mfl)
1	Schiermonnikoog	Zout	4,65	174	257
2	Ameland	Zout	4,55	498	854
3	Terschelling	Zout	4,20	401	555
4	Vlieland	Zout	4,05	81	156
5	Texel	Zout	4,45	2.994	3.644
6	Friesland en Groningen	Zout	2,80	159.672	253.177
7	Noordoostpolder	Zout	2,80	14.216	14.747
8	Flevoland	Zoet	1,50	49.971	54.887
9	Vollenhove	Zout	2,80	14.874	28.909
10	Mastenbroek	Zoet	1,70	4.896	8.599
11	Ijsseldelta	Zoet	1,40	3.046	12.313
12	Wieringen	Zout	1,90	3.968	5.183
13	Noord-Holland	Zout	1,90	150.004	215.705
14	Zuid-Holland	Zout	1,90	622.968	883.778
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	Zout	1,90	28.142	50.469
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	Zoet	3,45	41.725	52.074
17	IJsselmonde	Zoet	3,50	61.958	73.392
18	Pernis	Zoet	3,45	818	938
19	Rozenburg	Zoet	5,30	1.767	2.017
20	Voorne-Putten	Zout	3,81	27.721	31.942
21	Hoeksche Waard	Zoet	2,90	14.924	19.230
22	Eiland van Dordrecht	Zoet	3,25	15.947	20.829
23	Biesbosch	Zoet	2,85	208	323
24	Land van Altena	Zoet	2,80	6.605	10.899
25	Goeree-Overflakkee	Zout	3,92	7.275	9.313
26	Schouwen Duiveland	Zout	4,50	6.956	8.483
27	Tholen en St. Philipsland	Zout	3,85	4.960	5.806
28	Noord Beveland	Zout	3,50	1.415	2.027
29	Walcheren	Zout	4,50	18.966	22.092
30	Zuid Beveland west	Zout	4,50	14.578	16.738
31	Zuid Beveland oost	Zout	5,10	4.489	4.782
32	Zeeuwsch Vlaanderen	Zout	5,50	26.275	29.605
33	Kreekrakpolder	Zout	2,20	93	344
34	West-Brabant	Zoet	2,90	28.636	105.720
34a	Geertruidenberg	Zoet	2,50	598	1.207
35	Donge	Zoet	2,90	13.413	34.077
36	Land van Heusden/de Maaskant	Zoet	5,20	35.809	118.166
36a	Keent	Zoet	11,25	9	12
37	Nederhemert	Zoet	5,55	6	7
38	Bommelerwaard	Zoet	5,30	9.516	13.091
39	Alem	Zoet	7,30	67	94
40	Heerewaarden	Zoet	7,10	106	206
41	Land van Maas en Waal	Zoet	8,70	12.109	60.774
42	Ooij en Millingen	Zoet	15,70	1.339	2.194
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard	Zoet	5,90	24.907	71.657
44	Kromme Rijn	Zout	1,90	72.886	195.105
45	Gelderse Vallei	Zoet	1,80	5.598	65.968
46	Eempolder	Zoet			3.569
47	Arnhemse- en Velpsebroek	Zoet	12,45	2.189	22.519
48	Rijn en IJssel	Zoet	11,80	10.456	42.577
49	IJsselland	Zoet	10,20	1.145	2.921
50	Zutphen	Zoet	8,90	5.231	9.064
51	Gorssel	Zoet	8,35	472	2.152
52	Oost Veluwe	Zoet	5,50	1.659	24.074
53	Salland	Zoet	2,40	12.043	48.598
	Totaal			1.550.778	2.667.817

1) De kolom 'maximale schade' geeft de totale waarde per dijkkring aan

Voorgaande cijfers zijn ook uit te drukken in termen van Bruto Nationaal Produkt. In onderstaande figuur is op basis van CBS-Statistieken geanalyseerd hoe hoog in laag Nederland het Bruto Regionaal Product is (de toegevoegde waarde per provincie).





**Figuur 3.10: Bruto regionaal product tegen marktprijzen per provincie in miljarden gulden (1997)**

Totaal is de toegevoegde waarde in laag Nederland jaarlijks ruim 400 miljard gulden, op een totaal van bijna 700 miljard gulden per jaar voor heel Nederland. Jaarlijks wordt er rond de 3 miljard gulden geïnvesteerd om dit gebied te beschermen tegen hoog water. De rentabiliteit van deze investering is dus buitengewoon hoog.

### 3.11.3 Samenvattende conclusies voor veiligheid

Op basis van het voorgaande zijn samenvattend de volgende conclusies af te leiden:

- Als laag Nederland zou overstromen treedt een totale directe schade op van 1500 miljard gulden (op een totale waarde in dit gebied van 2500 miljard), waarbij de belangrijkste schadeposten zijn: woningen (ruim 450 miljard), handel en horeca (ruim 300 miljard), banken en verzekeringen (eveneens ruim 300 miljard), industrie, delfstoffen en nutsbedrijven (ruim 200 miljard). Verder is de schade aan landbouw en de bouw nog betrekkelijk groot (ieder ruim 50 miljard).
- De dijkringen waar de meeste schade optreedt, zijn respectievelijk Zuid-Holland (ruim 600 miljard) Groningen/Friesland (ruim 150 miljard), Noord-Holland (eveneens 150 miljard), Kromme Rijn (ruim 70 miljard) en IJsselmonde (ruim 60 miljard). De overige 48 dijkringen zitten onder de 50 miljard schade per dijkkring, waarbij in de dijkkring Nederhemert de schade het kleinst is (6 miljoen).
- Indien de nieuwe veiligheidsnormen gebaseerd worden op de kans van overstroming en de hoogte van de dan optredende schade per dijkkring, zullen de veiligheidsnormen voor de diverse dijkringen sterk uiteen gaan lopen.
- In laag Nederland is de toegevoegde waarde jaarlijks ruim 400 miljard gulden. Jaarlijks wordt er rond de 3 miljard gulden geïnvesteerd om dit gebied te beschermen tegen hoog water. De rentabiliteit van deze investering is dus buitengewoon hoog.

## 4. Waterbeheer in de 21<sup>e</sup> eeuw; Effecten van strategieën op functies

### 4.1 Kosten en Baten van Waterkeren en Waterbeheren

Jaarlijks wordt er in Nederland ruim 2,5 miljard gulden uitgegeven aan waterkeren en waterbeheren, en dat zal onder invloed van bodemdaling en klimaatverandering (met als gevolg zeespiegelstijging, veranderende rivierafvoeren en een veranderend neerslagpatroon) eerder toe- dan afnemen. Maar daar staan ook baten tegenover. Bijvoorbeeld: er wordt ongeveer een miljard per jaar uitgegeven aan waterkeren, waarmee een gebied beschermd wordt met een jaarlijkse toegevoegde waarde van 450 miljard en een absolute waarde van 1500 miljard gulden. Iets vergelijkbaars geldt ook bij de investering voor waterbeheren. Hiermee worden de randvoorwaarden geschapen voor bijvoorbeeld een omzet in de land- en tuinbouwsector van ruim 37 miljard per jaar en een toegevoegde waarde van 17 miljard (bruto marktprijzen). Dit is overigens inclusief de niet-grondgebonden land- en tuinbouw. De grondgebonden landbouw heeft een omzet van een kleine 10 miljard gulden per jaar, exclusief grasland. Voor de binnenvaart bedraagt de jaarlijkse omzet 2,5 miljard gulden, met een toegevoegde waarde van 1,3 miljard.

In dit hoofdstuk worden de kosten en baten van een aantal maatregelenpakketten geanalyseerd die een oplossing kunnen bieden om de problemen van de toekomst op te lossen. De daarin gepresenteerde kosten zijn aanvullend ten opzichte van wat nu al jaarlijks wordt uitgegeven. Datzelfde geldt ook voor de baten.

### 4.2 Strategien en Maatregelenpakketten

Er zijn in theorie diverse strategieën mogelijk om de problemen die in de 21<sup>e</sup> eeuw op het waterbeheer afkomen het hoofd te bieden. Binnen WB21 zijn daarbij twee extremen onderscheiden:

1. Technische maatregelen: Deze strategie baseert zich op de visie dat alle problemen technisch oplosbaar zijn. De dijken groeien bij wijze van spreken tot in de hemel en de gemaalcapaciteit kan nog fors uitgebreid worden. Het bijbehorende maatregelenpakket is een combinatie van meest kosteneffectieve, vooral technische, maatregelen, deels aangevuld met ruimtelijke maatregelen. De technische maatregelen vinden vooral plaats in laag Nederland, de grote rivieren en het Natte Hart (onder andere uitbreiding van gemaalcapaciteit en versterken en verhogen boezemkaden). Voor hoog Nederland zijn hierin ook begrepen de maatregelen om water bovenstrooms langer vast te houden.

2. Ruimte voor water: De visie behorend bij deze strategie baseert zich op het feit dat er eens een einde komt aan het aan banden leggen van het water. De hoogwaters en wateroverlast van de laatste jaren, de verdrogingsproblematiek en de sterke achteruitgang in de ecologische waarde van de watersystemen tonen aan dat feitelijk al is doorgeschoten in het aan banden leggen van het water. Bij dit pakket ligt de nadruk dan ook vooral op niet-technische maatregelen, aansluitend bij een zo natuurlijk mogelijk waterbeheer. Het toekomstige wateraanbod wordt zoveel mogelijk opgevangen met ruimtelijke maatregelen zoals ruimte voor de rivieren, aanpassing van het IJsselmeerpeil, meer open water, hermeandering van beken, retentiegebieden en overlooppolders. Technische maatregelen worden niet uitgesloten, maar staan onderaan het prioriteitenlijstje.

Beide maatregelenpakketten zijn in de eindrapportage van thema 1&2 uitgebreid besproken (Kors et al., 2000). In deze rapportage van thema 8 worden de kosten en baten uiteen gezet. Wat betreft het kostendeel is daarbij gebruik gemaakt van de rapportage van thema 11 (Eversdijk en v.d. Brink, 2000).

### 4.3 Kosten en baten van technische maatregelen versus ruimtelijke maatregelen

#### 4.3.1 Kosten

Binnen WB21 zijn de kosten en baten van het pakket technische maatregelen en het pakket ruimtelijke maatregelen naast elkaar gezet. De belangrijkste kostengegevens zijn weergegeven in de samenvatting van het onderzoeksrapport van thema 11 van Waterbeheer 21<sup>e</sup> Eeuw. De kosten voor het pakket 'ruimtelijke maatregelen' liggen in het algemeen aanzienlijk hoger dan de technische maatregelen, als tenminste gekeken wordt over de volledige periode 2000-2100. De onzekerheden over een eeuw vooruit kijken zijn echter buitengewoon groot. Beter is het de blik niet verder te richten

dan 2050. Daarnaast zijn tot 2015 de belangrijkste beslissingen feitelijk al genomen voor het bovenrivierengebied, het benedenrivierengebied en het IJsselmeergebied, door de respectievelijke stuurgroepen. Eigenlijk is dus vooral de periode 2015-2050 interessant.

Als dan nauwkeuriger naar de cijfers gekeken wordt, en met name naar de genoemde periode 2015-2050, zijn de investeringskosten voor een ruimtelijk en technisch pakket maatregelen voor het rivierengebied en het IJsselmeergebied respectievelijk 5,4 en 4,7 miljard gulden, uitgesmeerd over een periode van 35 jaar. Hierbij is de Maas even buiten beschouwing gelaten, omdat deze cijfers te onzeker zijn. Dit geldt zowel voor het pakket technische maatregelen als het pakket ruimtelijke maatregelen.

Het maatregelenpakket voor de kust kent slechts één variant. De kosten daarvan bedragen tot 2050 ruim 15 miljard gulden. Voor de regionale systemen zijn de kosten van beide maatregelpakketten respectievelijk 3,5 en 2,3 miljard gulden, ook weer over een periode van 35 jaar.

Samengevat kost het pakket ruimtelijke maatregelen 23,9 miljard en het pakket technische maatregelen 22,0 miljard. In deze kosten zijn het beheer en onderhoud voor het rivierengebied en het Natte Hart nog niet meegenomen. Tevens ontbreekt de Maas. De kosten voor het ruimtelijke pakket zijn dus hoger, grofweg 1,9 miljard gulden over de periode 2015-2050.

#### 4.3.2 Baten

De kosten van het pakket ruimtelijke maatregelen zijn hoger. Daar staan echter ook aanzienlijke baten tegenover. Onderstaand is een opsomming gegeven, waarbij getoetst is op de volgende criteria:

1. Aansluiten bij de visie 'meebewegen met het water/veerkracht'.
2. Internationale afspraken (bestuurlijk en kosten).
3. Beheersbaarheid risico's.
4. Flexibiliteit.
5. Ruimtelijke kwaliteit (belevingswaarde).
6. Natuurwaarde.
7. Voorkomen afwenteling.
8. Beschermen zoetwatervoorraad.

In tabel 4.1 is een indicatie gegeven van de voor- en nadelen van beide maatregelenpakketten.

Tabel 4.1: Voor- en nadelen van maatregelenpakketten

	Ruimte	Techniek
Kosten 2015-2050 (Miljard)	23,9	22,0
Visie	+	-
Internationale afspraken; Bestuurlijk	++	--
Kosten	0	-
Beheersbaarheid risico's	0	-
Flexibiliteit	+	-
Belevingswaarde	+	0
Natuurwaarde	+	0
Voorkomen afwenteling	+	-
Beschermen zoetwatervoorraad	+	0

Onderstaand volgt een toelichting op de tabel.

#### Visie op waterbeheer

Door de eeuwen heen is in Nederland het water aan banden gelegd. De laatste decennia hebben echter ook geleerd dat het aan banden leggen van het water zijn grenzen kent. Dreigende overstromingen en wateroverlast, verdroging en het verdwijnen van de zalm waren onder andere het gevolg. De nieuwe strategie heet daarom 'meebewegen met het water/veerkracht' (het beleid van de

vierde Nota waterhuishouding). Het ruimtelijke pakket past duidelijk beter in deze visie dan het technische pakket.

### Internationaal

Voor de Rijn is internationaal gekozen voor de visie 'Ruimte voor water', voor het gehele stroomgebied. Afgesproken is dat 'in principe' primair gezocht wordt naar rivierverruimende maatregelen in plaats van dijkverhoging. Dit betekent bijvoorbeeld dat in Duitsland de dijken niet verhoogd worden, en er als gevolg nooit meer dan maximaal 18.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith ons land binnen kan komen (Silva&Dijkman, 2000). Op dat moment overstroomden namelijk de dijken in Duitsland. Op het moment dat Nederland nu zou kiezen voor dijkverhoging, ontstaan er op twee punten grote problemen:

- bestuurlijk: Nederland 'gaat af als een gieter' omdat het zijn afspraken niet nakomt, met een hoop politieke commotie als gevolg.
- technisch: de kans is buitengewoon groot dat de Duitsers het voorbeeld van Nederland volgen, zich ook niets meer aan zullen trekken van de internationale afspraken en dijken gaan verhogen. Het gevolg: het maximumdebiet bij Lobith gaat stijgen, met alle gevolgen van dien, inclusief flinke kosten voor een extra ronde dijkverhoging of andere maatregelen.

De baten van het pakket ruimtelijke maatregelen zijn daarmee tweeledig:

- politiek/bestuurlijk (pakket 'ruimte' scoort beter dan pakket 'technisch'),
- (vermeden) kosten: het 'technische' pakket kent op termijn hogere kosten dan nu gesuggereerd wordt, of andersom geredeneerd: met het ruimtelijke pakket worden op termijn de kosten voor een extra ronde dijkverhoging voorkomen.

### Beheersbaarheid risico's

De stelling 'hoe natuurlijker het waterbeheer, hoe beheersbaarder de risico's' laat zich het best uitleggen aan de hand van de Maas. Daar trad in 1993 en 1995 een wateroverlastprobleem op, doordat de rivier buiten zijn oevers trad. De overlast was groot, maar er vielen geen slachtoffers. De laatste keer waren de bewoners ook aanzienlijk beter voorbereid, wat resulteerde in een aanzienlijk kleinere schade ten opzichte van 1993.

Als reactie hierop is een serie technische maatregelen genomen, waar onder het aanleggen van kades. Het wateroverlastprobleem is hiermee veranderd in een veiligheidsprobleem. Want als zo'n kade het begeeft, stroomt in korte tijd, vaak onverwachts, een aanzienlijk gebied onder. Het risico op slachtoffers en grote schade is hiermee aanmerkelijk toegenomen. Dit voorbeeld laat zien dat bij het ruimtelijke pakket maatregelen de risico's beter beheersbaar zijn dan bij het technische pakket.

### Flexibiliteit

Als het ruimtelijke pakket nu niet wordt uitgevoerd, is over 50 of 100 jaar de benodigde ruimte zeer waarschijnlijk niet meer beschikbaar. Het technische pakket kan altijd later nog uitgevoerd worden. Kortom, de keuze van het ruimtelijke pakket geeft meer flexibiliteit.

### Belevingswaarde

Hoewel de visies op 'ruimtelijke kwaliteit' nogal verschillen (bijvoorbeeld een hoge culturele waarde ('open rivierenlandschap') versus een hoge ecologische waarde (onder andere ooibossen)), is er vanuit onderzoek naar de waterrecreatiesector wel enig kwantitatief materiaal beschikbaar om beide maatregelpakketten te analyseren, met name via de 'waterrecreatiegeschiktheidsindex'. Deze index is door Alterra in opdracht van de ministeries van V&W en LNV ontwikkeld (Goossen, 1997). Daarin is te zien dat factoren als 'aanlegplaatsen in de natuur' en 'bos, weide- en akkerland langs de oever' respectievelijk 25% en 10% van deze index uitmaken. Ook 'natuurlijke oevers', de 'lengte van natuurlijke oevers', de 'lengte van de vrij toegankelijke oevers' en 'begroeiing in het water dieper dan 1 m' zijn belangrijke parameters in de belevingswaarde. Voor allemaal geldt dat het ruimtelijke pakket aanzienlijk beter scoort.

### Natuur

Voor de regionale watersystemen zal het ruimtelijke pakket andere, gemiddeld hogere grondwaterstanden opleveren (GHG's en GLG's). Voor de terrestrische natuur is dit positief. Hierdoor vindt herstel plaats van zo'n 20% van de verdroogde gebieden waarvoor nog herstel mogelijk is. Ook de aquatische natuur gaat vooruit. Veel watersystemen ontwikkelen zich van een matige kwaliteit tot een kwaliteit die als goed tot soms zelfs zeer goed kan worden gekenmerkt. Dit laatste komt vooral

doordat bij de ruimtelijke maatregelen grotere kansen zijn voor herstelmaatregelen voor de habitats van belangrijke doelsoorten als de zalm.

#### Zoetwatervoorraad (drinkwater)

Wat betreft de zoetwatervoorraden voor drinkwater zijn met name het IJsselmeergebied en het grondwater van belang. Het ruimtelijke pakket kent een grotere buffer in het IJsselmeergebied (het peil stijgt mee met het zeeniveau), en kent ook een grotere aanvulling van het grondwater.

#### Voorkomen afwenteling.

Bij het pakket 'ruimtelijke maatregelen' is de afwenteling aanzienlijk kleiner dan bij het pakket 'technische maatregelen, omdat elke regio zijn eigen probleem oplost. Dat geldt voor het hoofdsysteem en voor het landelijk gebied. Als gevolg van het pakket ruimtelijke maatregelen zal de droogteschade voor de landbouw afnemen, maar daar staat weer een toename van de verdrassingsschade tegenover.

#### Criteria die niet gebruikt zijn

Twee criteria die in discussies over de baten van ruimtelijke pakketten regelmatig terugkomen, zijn in voorgaande argumentatie niet gebruikt:

- Ruimtelijke maatregelen leveren een kleiner risico op. Risico is kans maal effect, en als het goed is, is dat bij beide pakketten gelijk (randvoorwaarde die van bovenaf wordt opgelegd). Wel zijn de risico's soms beter beheersbaar.
- Het argument dat dijkverhoging niet meer kan in verband met de slappe ondergrond snijdt geen hout, want met de damwandenmethode kan men heel erg veel hoger. Het is alleen een factor 10 duurder.

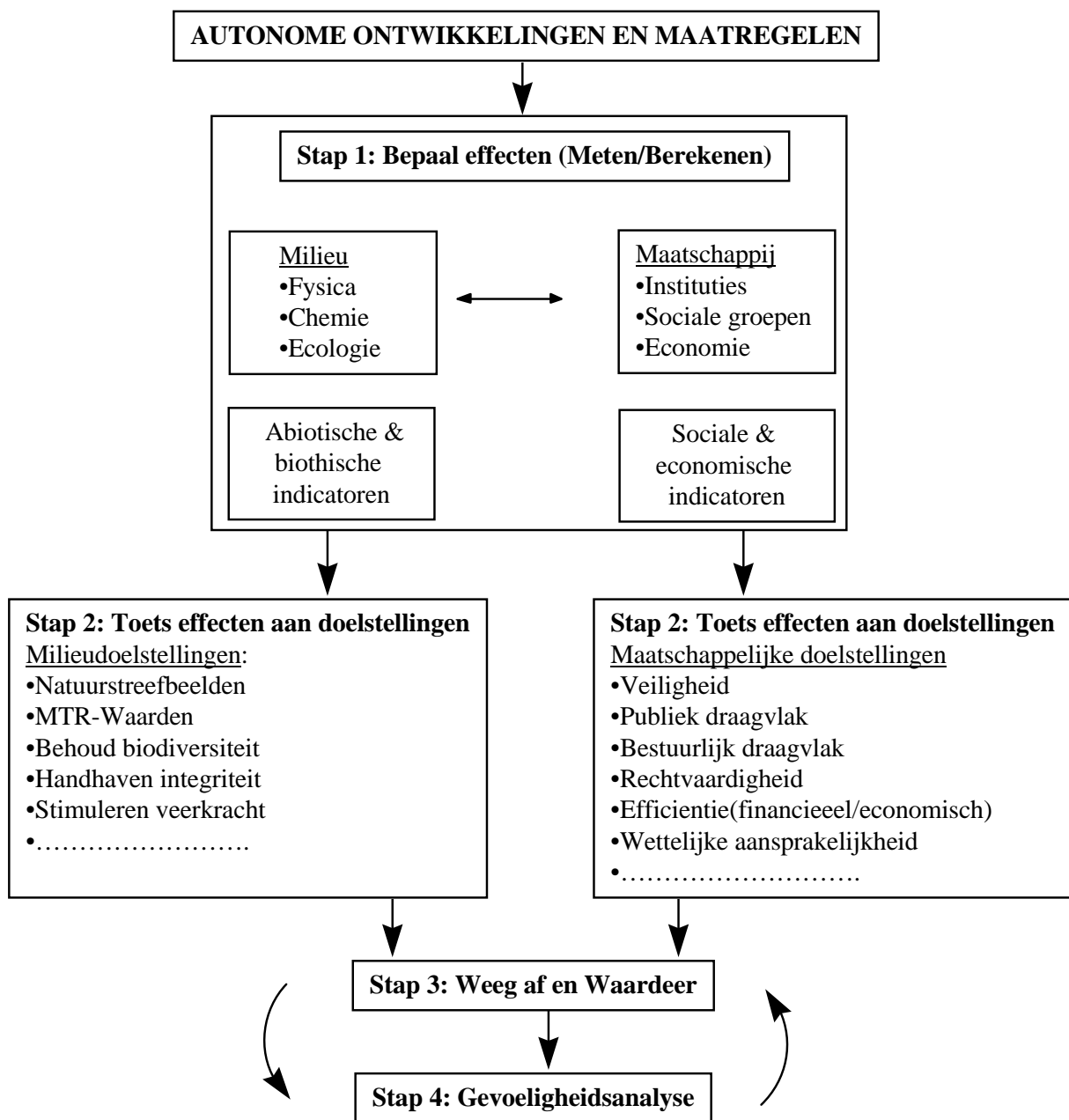
#### **4.4 Tot slot**

Een belangrijk punt in de discussie over kosten en baten is dat het economisch belang sinds het instellen van normen voor primaire waterkeringen met een factor 10 is toegenomen. Ook de bevolkingsdichtheid in laag Nederland is sterk toegenomen. De conclusie lijkt dan ook gerechtvaardigd dat de normen wellicht aan herziening toe zijn (de MARS-route). Zeer waarschijnlijk leidt dit tot de conclusie dat het economisch verantwoord is de uitgaven voor 'waterkeren' aanzienlijk te verhogen.

## 5. Effecten van waterbeleid: een integraal beoordelingskader

### 5.1 Theoretisch kader

De belangrijkste vraag waar dit thema binnen WB21 zich mee bezig heeft gehouden is hoe voor- en nadelen van waterbeleid en -beheer kunnen worden gekwantificeerd, met elkaar vergelijkbaar kunnen worden gemaakt, en tot slot tegen elkaar kunnen worden afgewogen. Hiervoor is in samenwerking met het project 'Baten van Water' (Brouwer et al, 2000) uit de Waterverkenningen een theoretisch kader ontwikkeld, dat is weergegeven in figuur 5.1.



Figuur 5.1: Theoretisch kader voor het bepalen, toetsen, afwegen en waarderen van effecten van maatregelen

Onderstaand worden de diverse stappen toegelicht.

#### **Stap 1: Effecten op indicatoren**

De figuur begint met het beschrijven van effecten van autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld klimaatverandering en bodemdaling) en maatregelen. Deze kunnen worden gemeten of berekend en

bijvoorbeeld worden gekwantificeerd aan de hand van relevante indicatoren. Hierbij worden twee hoofdgroepen onderscheiden: milieu-indicatoren en maatschappelijke indicatoren. Voorbeelden van milieu-indicatoren zijn het maatgevend hoogwater van rivieren, de chemische waterkwaliteit of het voorkomen van bepaalde plant- en diersoorten die een directe relatie hebben met het waterbeheer. Voorbeelden van maatschappelijke indicatoren zijn het aantal mensen dat woont of werkt in een bepaald gebied waarin maatregelen worden getroffen, de kosten/baten van maatregelen of het draagvlak onder bestuur en publiek van bepaalde maatregelen.

In dit project worden, zoals in hoofdstuk 2 beschreven, voor beide categorieën indicatoren geanalyseerd. Wat betreft de milieu-indicatoren zijn dit de terrestrische en aquatische natuur, wat betreft de maatschappelijke kant de indicatoren voor de diverse gebruiksfuncties als landbouw, binnenvaart en drinkwater.

### **Stap 2: Toetsen aan doelstellingen**

Om de effecten op hun waarde te kunnen beoordelen is het van belang ze te toetsen aan de verschillende doelen die de overheid voor ogen heeft bij het waterbeleid en -beheer. Verschillende criteria kunnen een rol spelen bij het maken van een keuze. Zorg voor veiligheid en gezondheid zijn in de meeste gevallen verreweg de belangrijkste doelstellingen en dus beslisriteria van de overheid, ook in het waterbeheer. De overheid vindt bovendien dat deze veiligheid en gezondheid moet gelden voor iedereen, oftewel sociaal rechtvaardig beleid. Tevens wordt er naar gestreefd deze veiligheid en gezondheid voor iedereen tegen de laagst mogelijke kosten te bereiken, oftewel beleid gestoeld op streven naar kosteneffectiviteit. Zo kunnen er meerdere criteria tegelijkertijd een rol spelen.

Streven naar duurzaam waterbeleid betekent dat hydrologische, ecologische, sociale en economische doeleinden tegelijkertijd en in hun onderlinge samenhang moeten worden meegenomen in keuzes. Om te kunnen beoordelen hoe en in welke mate maatregelen al of niet bijdragen aan de gestelde doelstellingen, worden in het algemeen eerst de effecten van individuele maatregelen op individuele indicatoren beoordeeld, en hun bijdrage aan de verschillende nagestreefde doelstellingen. Tot slot kunnen effecten worden bepaald van complete maatregelenpakketten op alle indicatoren tesamen.

Binnen WB21 heeft het projectteam 6 criteria geformuleerd op basis waarvan de diverse varianten voor waterbeheer in de 21<sup>e</sup> eeuw worden beoordeeld:

1. Kosten en baten (van strategieën).
2. Economische bedrijfsvoering (inclusief kansen voor functies).
3. Benodigde ruimte.
4. Ruimtelijke kwaliteit:
  - natuurwaarden,
  - landschap/ruimtelijke kwaliteit,
  - cultuurhistorische waarden.
5. Duurzaamheid:
  - robuustheid,
  - flexibiliteit,
  - afwenteling.
6. Draagvlak:
  - bestuurlijk (inclusief juridisch/organisatorisch),
  - maatschappelijk.

Voor alle maatregelenpakketten geldt dat ze daarnaast getoetst worden op veiligheid, wateroverlast en watertekort. Kwantitatieve doelstellingen hiervoor zijn nog niet geformuleerd.

### **Stap 3: Afwegen en waarderen**

Om effecten van maatregelen met elkaar te kunnen vergelijken en tegen elkaar te kunnen afwegen, moeten deze effecten worden gewaardeerd. In figuur 5.1 worden de effecten van waterbeleid en waterbeheer in principe op drie verschillende plaatsen gewaardeerd. De meest voor de hand liggende plaats is onder in de figuur waar wordt bepaald hoe zwaar iedere indicator meeweegt in de uiteindelijke besluitvorming. Echter, ook de keuze voor specifieke indicatoren om de effecten van waterbeleid en beheer te kwantificeren impliceert waardering. Immers, er worden alleen effecten gemeten die relevant worden geacht voor het maken van een keuze. Bovendien reflecteert de keuze van een specifieke indicator vaak impliciet subjectieve kennis van en voorkeur voor wetenschappelijke

opvattingen en stromingen. Tenslotte is er sprake van waardering wanneer effect-indicatoren worden gerelateerd aan doelstellingen. De beoordeling of een bepaald effect positief of negatief uitvalt is afhankelijk van een subjectief gekozen referentiepunt.

#### **Stap 4: Gevoeligheidsanalyse**

Deze stap is onlosmakelijk verbonden aan stap 3, en vindt dan ook in het algemeen in een iteratief proces plaats. In deze stap wordt met name geanalyseerd wat de invloed van de subjectieve keuzes is op het eindresultaat, en waar eventuele omslagpunten liggen waardoor een beslissing anders zal uitvallen.

### **5.2 Toepassing van het theoretisch model in dit project**

Thema 8 richtte zich aanvankelijk alleen op het beschrijven van de voor- en nadelen van autonome ontwikkelingen en maatregelen in het waterbeheer op de functies. Feitelijk dus alleen op stap 1 uit het theoretisch model, en dan alleen nog voor de indicatoren die in geld of in natuurwaarde zijn uit te drukken. In dit rapport is dat nog steeds de kern van het verhaal. Het is beschreven in hoofdstuk 3 en 4.

In het volgende hoofdstuk wordt echter de doorvertaling gemaakt naar stap 2 en 3 uit het theoretisch model, omdat uiteindelijk een integrale afweging gemaakt moet kunnen worden. Dit is gedaan aan de hand van een case: het Benedenrivierengebied.



## 6. Afweging en Waardering

### 6.1 Introductie

Bij het afwegen en waarderen in complexe beleidsprocessen zijn op een gegeven moment altijd subjectieve keuzes nodig. Op zich is dat geen probleem, dat is ook de taak van een bestuurder. Van de onderzoeker wordt echter verwacht dat hij objectieve informatie aanlevert. De onderzoeker ontkomt echter niet altijd aan het maken van subjectieve keuzes. Hier is niets mis mee, mits hij maar duidelijk maakt op welke punten hij dit doet en wat de keuzemogelijkheden waren.

Ook in de in dit hoofdstuk beschreven afwegingsmethode zitten in diverse stappen subjectieve keuzes. Waar dit het geval is, zijn ze expliciet begeschreven. Op die manier is duidelijk waar de keuzemomenten zaten, en kan de lezer eventueel ook zelf zijn eigen subjectieve aanpassingen in de keuzes maken. Op die manier kan uiteindelijk iedereen zijn eigen afweging maken over wat de verstandigste keuze is bij het vormgeven van het waterbeheer voor de 21<sup>e</sup> eeuw.

### 6.2: Case: Benedenrivierengebied.

De methode voor afweging en waardering zoals die in hoofdstuk 5 is beschreven, is uitgeprobeerd voor het Benedenrivierengebied. In dit hoofdstuk staan de resultaten beschreven. Het is nadrukkelijk bedoeld als voorbeeldcase, waarbij de uitkomsten meer illustratief bedoeld zijn. Achtereenvolgens worden navolgend de diverse stappen van de methode doorlopen.

#### Stap 1) Effect bepaling.

Nadat in het begin van een studie indicatoren zijn gekozen, worden de effecten van autonome ontwikkelingen, huidig beleid en nieuw beleid bepaald op de indicatoren. Elke indicator heeft in het algemeen zo zijn eigen kenmerkende aspecten. In het geval van de case voor het benedenrivierengebied is gekozen voor vier indicatoren:

- Economische kosten (uitgedrukt in  $f$ ),
- Natuurwaarde (uitgedrukt in % ten opzichte van het natuurstreefbeeld)
- Maatschappelijk draagvlak (uitgedrukt in plusjes en minnetjes)
- Bestuurlijke flexibiliteit (eveneens uitgedrukt in plusjes en minnetjes)

Binnen WB21 worden de indicatoren gehanteerd zoals ze in het voorgaande hoofdstuk zijn opgesomd:

1. Kosten/baten (uitgedrukt in  $f$ )
2. Economische bedrijfsvoering/kansen voor functies (per functie een andere eenheid)
3. Benodigde ruimte (uitgedrukt in ha)
4. Ruimtelijke kwaliteit
  - natuurwaarden (uitgedrukt in natuurwaarde of ten opzichte van het natuurstreefbeeld)
  - landschap/ruimtelijke kwaliteit (uitgedrukt in plusjes en minnetjes)
  - cultuurhistorische waarden (eenheid nog onbekend)
5. Duurzaamheid (eenheid: plusjes en minnetjes)
  - robuustheid
  - flexibiliteit
  - afwenteling
6. Draagvlak (eenheid: plusjes en minnetjes)
  - bestuurlijk, inclusief juridisch/organisatorisch
  - maatschappelijk

Daarnaast wordt getoetst op veiligheid, wateroverlast en watertekort. Kwantitatieve doelstellingen hiervoor zijn nog niet geformuleerd.

Nadat de effecten per indicator zijn bepaald, worden ze meestal weggezet in een zogenaamde effectentabel. Hierin worden de keuze-opties en hun effecten gepresenteerd, uitgedrukt in hun eigen eenheden. In het geval van het benedenrivierengebied gaat het om twee alternatieven: 'dijken' en 'wijken'. De eerste variant kiest vooral voor traditionele civiele techniek voor het garanderen van de veiligheid (vooral dijkverhoging), terwijl de tweede variant vooral kiest voor 'ruimte voor de rivier' om de veiligheid te garanderen.

## Stap 2) Standardisatie van effecten.

In een tweede stap moeten de effecten die zijn gemeten in verschillende eenheden (bijvoorbeeld in geld en natuurwaarde) met elkaar vergelijkbaar worden gemaakt. Dit gebeurt door ze in een relatieve score uit te drukken. Enkele voorbeelden hiervan zijn:

- Alle indicatoren uitdrukken in de afstand tot de doelstelling (eenheid: %).
- Alles uitdrukken in termen van geld, ook bijvoorbeeld de natuurwaarde of de belevingswaarde.

In de case voor het benedenrivierengebied zijn alle effecten omgerekend naar een getal tussen 0 en 1.

Vervolgens kunnen de criteria rekenkundig tegen elkaar worden afgewogen. Hiervoor bestaan verschillende methoden of technieken gebaseerd op verschillende uitgangspunten, maar daar wordt nu niet nader op ingegaan.

## Stap 3a) Vaststellen van het gewicht per indicator.

Nadat de verschillende effecten van de verschillende keuze-opties in één en dezelfde eenheid zijn uitgedrukt, moet het belang van de ene indicator ten opzichte van het andere worden aangegeven door het toekennen van gewichten aan de verschillende criteria (scores of waarden waarin effecten zijn gemeten). Vindt men bijvoorbeeld alle indicatoren even zwaar wegen, of wegen sommige extra zwaar (bijvoorbeeld de economie of de natuur). Ook hiervoor bestaan weer verschillende methoden met meer of minder gecompliceerde rekenregels, maar vaak gaat het om subjectieve keuzes. In deze case is er voor gekozen alle indicatoren even zwaar te laten meewegen.

## Stap 3b) Bepalen van een totaalwaardering

Nadat de effecten per indicator en de gewichten per indicator zijn bepaald, kan een totaalwaardering worden opgesteld voor alle indicatoren tezamen. Daarna kan een rangschikking van beleidsalternatieven worden gemaakt. Vaak wordt dit ten onrechte als de belangrijkste stap gezien. Voor de meeste onderzoeken zijn namelijk niet zozeer de absolute scores van belang, maar met name de gevoeligheden in de eindscores voor subjectieve keuzes. Op basis van deze informatie kan vervolgens de bestuurder zijn of haar eigen keuzes maken.

## 4) Gevoeligheidsanalyse.

Dit is verreweg de belangrijkste stap in de analyse. Hier wordt uitgezocht hoe gevoelig de uitkomst is voor subjectieve keuzes. Met name is van belang te bepalen waar omslagpunten liggen, dat wil zeggen bij welke waarde van de gewichten rangschikkingen omwisselen.

In de volgende paragraaf zijn alle stappen doorlopen voor de pakketten 'dijken' en 'wijken voor de case 'Benedenrivierengebied'. Hierbij zijn in eerste instantie twee indicatoren gehanteerd: economie en ecologie. Dit is gedaan om de gevolgde methode zo inzichtelijk mogelijk uit te leggen. Later worden ook de indicatoren 'maatschappij' en 'bestuur' toegevoegd.

### 6.2.1: Case benedenrivierengebied met twee indicatoren: ecologie en economie

#### Stap 1: Effect bepaling

Met behulp van modellen, interviews en literatuuronderzoek zijn voor het benedenrivierengebied de effecten bepaald van de twee beleidsalternatieven 'dijken' en 'wijken' over twee relevante tijdsperiodes (t/m 2015 en t/m 2050). De effecten zijn uitgedrukt in verschillende eenheden (geld en het percentage natuurherstel ten opzichte van het natuurstreefbeeld). Onderstaand worden ze gepresenteerd.

Tabel 6.1: Effecten van de twee beleidsalternatieven tot en met 2015 en tot en met 2050

	Korte-middellange termijn (t/m 2015)		Lange termijn (t/m 2050)	
	Ecologie (% t.o.v. natuurstreefbeeld)	Economie <sup>1</sup> (mld guldens)	Ecologie (% t.o.v. natuurstreefbeeld)	Economie <sup>1</sup> (mld guldens)
Dijken	0,0	- 0,5	0,0	- 2,2
Wijken	6,4	- 2,5	22,2	- 3,1

<sup>1</sup> De min geeft aan dat het hier kosten betreft.

## Stap 2: Standaardisatie van effecten

Om de effecten van de indicatoren vergelijkbaar te maken, zijn er vele methoden beschikbaar. In dit geval is gekozen voor lineaire standaardisatie. Dit is de recht-toe-recht-aan-methode zonder ingewikkelde wiskundige formules, waarbij de effecten worden teruggebracht naar een getal tussen 0 en 1. Een andere methode zou kunnen zijn om de natuureffecten uit te drukken in een geldelijke waardering. In het kader van de case is daar ook onderzoek naar gedaan. Uit literatuuronderzoek bleek dat de natuurwaardewinst voor deze case (op basis van betalingsbereidheid) eventueel gewaardeerd kon worden op ruim 2 miljard gulden (Brouwer et al., 2000).

## Stap 3a) Vaststellen van het gewicht per indicator.

Afhankelijk van iemands persoonlijke voorkeur kunnen gewichten worden bepaald voor de diverse indicatoren. Een ecoloog zal bijvoorbeeld in het algemeen meer gewicht toekennen aan de natuur, terwijl een econoom vaak zo laag mogelijke kosten wil hebben. In dit geval is er echter in eerste instantie voor gekozen beide indicatoren een even groot gewicht te geven.

## Stap 3b) Bepalen van een totaalwaardering

Nadat de kwantitatieve effecten per indicator zijn gestandaardiseerd (tussen 0 en 1) en bij elkaar zijn opgeteld, resulteert een rangschikking van beide beleidsopties. Die is weergegeven in tabel 6.2.

Tabel 6.2: Uitkomst na lineaire standaardisatie en ongewogen somming

Alternatief	Korte-middellange termijn (t/m 2015)	Lange termijn (t/m 2050)
Wijken	0,50	0,50
Dijken	0,40	0,15

Uit de tabel blijkt dat op de korte tot middellange termijn 'wijken' licht de voorkeur heeft boven 'dijken'. Op de lange termijn wordt de voorkeur voor 'wijken' zelfs groter, omdat de meeste ecologische baten pas op langere termijn spelen (22 in plaats van 6 procent aan natuurwinst). Op basis van alleen een economisch beslis- of afwegingscriterium heeft 'dijken' duidelijk de voorkeur boven wijken. Worden echter de economische kosten van beide beleidsopties op de hierboven aangegeven wijze afgewogen tegen de ecologische baten van beide alternatieven, dan komen beide alternatieven dicht tegen elkaar aan te liggen, met op termijn een sterke voorkeur voor 'wijken'.

## 4) Gevoeligheidsanalyse.

In de gevoeligheidsanalyse is onderzocht waar de zogenaamde omslagpunten van beide beslisriteria (ecologie en economie) liggen. In deze procedure wordt de dichtstbijzijnde combinatie van gewichten berekend waarbij de positie van een alternatief, of in dit geval de volgorde van twee alternatieven in de rangschikking verandert. Deze omslagpunten geven met andere woorden aan wanneer op basis van de voorspelde effecten zoals weergegeven in tabel 6.2 de voorkeur voor het ene alternatief omslaat voor het andere. In tabel 6.3 zijn de resultaten gepresenteerd.

Tabel 6.3: Uitkomst na lineaire standaardisatie en ongewogen somming

Indicator	Oorspronkelijk gewicht	Korte-middellange termijn (t/m 2015)		Lange termijn (t/m 2050)	
		Resultaat	Omslagpunten	Resultaat	Omslagpunten
Ecologie	0,50	1. wijken (0,50)	0,444	1. wijken (0,50)	0,225
Economie	0,50	2. dijken (0,40)	0,556	2. dijken (0,15)	0,775

Als op de korte termijn het belang (gewicht) dat gehecht wordt aan de economische effecten groter is dan 0,556 heeft 'dijken' de voorkeur boven wijken. Andersom geredeneerd heeft 'wijken' de voorkeur als het belang dat gehecht wordt aan het voorspelde effect op gewenste natuur groter is dan 0,444. Op deze manier kunnen beleidsmakers of besluitvormers zelf bepalen hoeveel hen het ene aspect meer waard is dan het andere, en tegelijkertijd zien wat dat dan betekent voor de uitkomst van de beoordeling van beleidsopties.

### 6.2.2 `Verwacht maatschappelijk draagvlak` als extra indicator

Maatschappelijk draagvlak laat zich vaak niet éénduidig in een getal uitdrukken. In de praktijk van sociaal-wetenschappelijk onderzoek naar maatschappelijk draagvlak wordt bijvoorbeeld wel gewerkt met meerderheidsstemmen of consensus.<sup>1</sup> Maatschappelijk draagvlak kan alleen worden bepaald wanneer inzicht in de achterliggende beweegredenen van betrokkenen bestaat om plannen te steunen of te dwarsbomen. Beleving door de verschillende betrokkenen, van de uitgangssituatie (inclusief de achterliggende geschiedenis) en mogelijke veranderingen in deze uitgangssituatie, is een belangrijk onderdeel van deze achterliggende beweegredenen.

Inzicht in beweegredenen is in veel gevallen afhankelijk van kwalitatieve onderzoeksmethoden. Deze zijn vaak beter dan de meeste kwantitatieve onderzoeksmethoden in staat om de verscheidenheid aan sociaal-culturele contexten waarin beleid wordt beleefd in beeld te brengen. Echter, dergelijk onderzoek genereert meestal een grote massa van zogenaamde "ethnografische data",<sup>2</sup> die niet makkelijk en vaak zelfs helemaal niet vatbaar zijn voor kritisch onderzoek door middel van traditionele statistische analyse en evaluatie.<sup>3 4</sup> Dergelijk onderzoek heeft voor deze case-studie niet plaatsgevonden, en er is dus op een zeer grove manier op basis van bestaande literatuur en eigen kennis en inzicht een schatting gemaakt van het verwachte maatschappelijke draagvlak voor beide beleidsalternatieven.

Voor het meten van het verwachte maatschappelijk draagvlak voor beide beleidsalternatieven in deze case studie is een kwalitatieve schaal gebruikt met plus- en min-scores (tabel 6.4). Dit is, zoals gezegd, gedaan op basis van een zeer grove inschatting van de beleving door de verschillende betrokkenen van de verschillende maatregelen en de effecten van deze maatregelen op de veiligheid en de omgeving. De manier waarop tot nu toe is gecommuniceerd met de verschillende betrokkenen over mogelijk nieuw beleid wordt verwacht van grote invloed te zijn op het maatschappelijk draagvlak, en wordt ook gereflecteerd in de toegekende kwalitatieve scores in tabel 6.4.

Op de korte tot middellange termijn wordt verwacht dat het maatschappelijke draagvlak voor alternatieve ruimtelijke inrichtingsmaatregelen vooral wordt bepaald door de ingrijpende gebeurtenissen die de afgelopen jaren in het gebied hebben plaatsgevonden, waarbij honderdduizenden mensen moesten worden geëvacueerd (effect van de psychologie van het moment en wellicht weerzin tegen verwachte grote veranderingen) en de manier waarop burgers en andere betrokkenen (vooral boeren) zonder enige vorm van overleg of inspraak lijkt het wel bijna worden overvallen door het idee om water een grotere rol in de ruimtelijke inrichting te laten spelen en de rol die de media hierin spelen.<sup>5</sup>

Het belang van goede communicatie naar betrokkenen toe wordt bijvoorbeeld onderstreept door de uitkomsten van het onderzoek uitgevoerd door het Staring Centrum onder boeren (DLO-SC, 1999), maar ook door een tweedaagse symposium georganiseerd door het project 'Integrale verkenning Bendenrivieren (IVB)'. Unaniem werd door de deelnemers van dit symposium gesteld dat het noodzakelijk was betrokkenen tijdig te informeren over plannen en te blijven vragen om reacties.

<sup>1</sup> Zie bijvoorbeeld Brouwer et al. (1999).

<sup>2</sup> Ethnografische data zijn het resultaat van specifieke sociale onderzoeksmethoden waarbij mensen in hun eigen woorden ("taal") uitdrukking geven aan hun gevoelens, opinies, preferenties enzovoorts voor bijvoorbeeld beleidsplannen en hoe zij deze plannen en hun gevolgen. De onderzoeker en/of analist (vaak linguïst) probeert op basis hiervan de betekenis van voorgesteld beleid voor verschillende groepen mensen te achterhalen en de verschillende associaties die bepaald beleid bij verschillende mensen oproept.

<sup>3</sup> Beide typen van onderzoek, kwantitatief en kwalitatief, naar maatschappelijk draagvlak hebben zo hun voor- en nadelen. In het algemeen kan gesteld worden dat kwalitatief onderzoek zeer gedetailleerde achtergrondinformatie kan verschaffen in een zeer beperkt aantal gevallen (vaak gericht op sociale processen of procedures, bijvoorbeeld innerlijke verwerking van stimuli zoals nieuwe beleidsplannen), terwijl kwantitatief onderzoek door middel van één of meer kwantitatieve indicatoren meer oppervlakkige informatie kan verschaffen maar met veel meer waarnemingen over meerdere subjecten (vaak gericht op einduitkomsten, bijvoorbeeld waargenomen of voorgenomen gedrag).

<sup>4</sup> Zie Brouwer et al. (1999) voor een discussie van belangrijke aspecten rondom de analyse en evaluatie van kwalitatieve onderzoeksdata.

<sup>5</sup> In het NRC Handelsblad van 4 maart 2000 zegt de Noord-Hollandse dijkgraaf Hans van der Vlist bijvoorbeeld: "*De presentatie (van Staatssecretaris De Vries van Verkeer en Waterstaat) had veel weg van een overval ... ze weet de oplossing al voordat ze bewoners, gemeenten en andere betrokkenen heeft ingelicht en heeft overtuigd van het probleem. Dat vind ik onverstandig, kortzichtig ook. We richten de wereld niet in vanuit het water alleen ... Het water is nog te zeer van deskundigen. De kunst is om de waterplannen met andere ruimteclaims te combineren zodat het water weer van de mensen wordt.*"

Verwacht wordt dat de variant 'wijken' op de korte termijn door de meeste betrokkenen negatief wordt beleefd. Deze negatieve beleving door veel betrokkenen lijkt het bovendien te winnen van het feit dat op korte tot middellange termijn met name buitendijks oplossingen worden gezocht, die minder ingrijpende gevolgen hebben op de ruimtelijke inrichting van het gebied. Het idee komt bij velen misschien ook over als zijnde onvoldoende uitgekristalliseerd, omdat er effectieve mogelijkheden lijken te bestaan voor andere manieren van wateropvang, zoals ook is aangegeven door de deelnemers van het door de IVB-werkgroep georganiseerde symposium. Veel gehoorde opmerkingen op het symposium waren dat oplossingen buiten het gebied moeten worden gezocht, hoe verder stroomopwaarts hoe beter (wellicht ook een NIMBY-gevoel<sup>6</sup>), waarbij zowel nationaal als internationaal moet worden afgestemd.

Mensen die wonen en werken in het Benedenrivierengebied verwachten dat de overheid zorg draagt voor hun veiligheid. Die veiligheid komt voor alles. Helemaal op korte termijn maken de gebeurtenissen van enkele jaren geleden nog bij heel veel mensen grote indruk. Zoiets mag niet weer gebeuren lijkt in het algemeen de mening. Een versnelde ronde van dijkversterking vond meteen plaats en er wordt verwacht dat een groot draagvlak bestaat voor traditionele dijkversterking op de korte termijn. Helemaal gezien de slechte communicatie ten aanzien van alternatieve ruimtelijke waterbergingsmaatregelen en de emoties die het bewust laten overstromen van land zo kort na de gebeurtenissen van 1993 en 1995 wordt verwacht op te roepen bij veel mensen. Vandaar dat in tabel 6.4 de optie 'dijken' twee plusjes is gegeven.

Tabel 6.4: Effecten van de twee beleidsalternatieven tot en met 2015 en tot en met 2050 met maatschappelijk draagvlak als additionele indicator

	Korte-middellange termijn (t/m 2015)		
	Ecologie (% gewenste natuur)	Economie <sup>1</sup> (mld guldens)	Maatschappij <sup>2</sup> (--/++)
<b>Dijken</b>	0,0	- 0,5	++
<b>Wijken</b>	6,4	- 2,5	-

	Lange termijn (t/m 2050)		
	Ecologie (% gewenste natuur)	Economie <sup>1</sup> (mld guldens)	Maatschappij <sup>2</sup> (--/++)
<b>Dijken</b>	0,0	- 2,2	0
<b>Wijken</b>	22,2	- 3,1	+

<sup>1</sup> De min geeft aan dat het hier kosten betreft.

<sup>2</sup> Maatschappelijk draagvlak gemeten op de volgende schaal:

- groot negatief effect
- negatief effect
- 0 neutraal/geen effect
- + positief effect
- ++ groot positief effect

Op de lange termijn wordt verwacht dat het draagvlak voor ruimtelijke waterberging zal toenemen als gevolg van betere communicatie met betrokkenen op lokaal en regionaal niveau en het interactief plannen en uitvoeren van nieuw beleid.<sup>7</sup> Draagvlak zal toenemen onder betrokkenen. Enerzijds omdat technisch gezien het besef zich zal ontwikkelen dat dijken niet tot het einde der dagen kunnen worden verhoogd en verzaamd als gevolg van zeespiegel stijging, bodemdaling en een grimmiger wordend klimaat. Anderzijds omdat steeds hoger wordende dijken bij betrokkenen die er wonen steeds meer angst voor catastrofes zal oproepen mochten de dijken doorbreken. Bovendien wordt verwacht dat het

<sup>6</sup> Not In My Back-Yard.

<sup>7</sup> Dit komt overeen met de strategische stappen die de IVB-werkgroep zelf onderscheidt in haar advies. "Er komt beweging in het water. We schrijven 2015." Pas op langere termijn, na 2015, wordt er zogenaamd "over de dijken gekeken"; "... veiligheid blijft beheersbaar en de ingrepen zijn uit te leggen, zijn nu en later effectief en acceptabel."

ingezette proces van veranderende maatschappelijke beleving van risico's en al dan niet natuurlijke rampen zoals begin jaren negentig beschreven door Beck en Giddens (zie voetnoten) zich doorzet. De zogenaamde Marsroute- benadering die op dit moment wordt verkend is hiervan een goed voorbeeld.<sup>8</sup>

Het maatschappelijk draagvlak voor traditionele dijkversterking wordt in tabel 6.4 neutraal ingeschat, omdat er niet alleen technisch gezien bij het anders inrichten van de ruimte behoefte aan dijken blijft bestaan, maar ook ten aanzien van de beleving van mensen dat Nederland zich altijd zal moeten beschermen tegen wateroverlast, of dat nu van de kant van de zee komt, of van de grote rivieren.

Ongewogen somming van de gestandaardiseerde kwantitatieve en kwalitatieve effecten resulteert, zoals uit tabel 6.5 blijkt, op de korte termijn in een duidelijke voorkeur voor dijken.

**Tabel 6.5: Uitkomst na lineaire standaardisatie en ongewogen somming met maatschappelijk draagvlak als additioneel criterium**

Criterium	Gewicht	Korte-middellange termijn (t/m 2015)		Lange termijn (t/m 2050)	
		Resultaat	Omslagpunten	Resultaat	Omslagpunten
<b>Ecologie</b>	0,33	1. dijken (0,60)	0,437	1. dijken (0,26)	0,088
<b>Economie</b>	0,33		0,284		0,585
<b>Maatschappij</b>	0,33	2. wijken (0,42)	0,279	2. wijken (0,58)	0,326

Op de langere termijn wordt de optie 'wijken' aantrekkelijker. Op de korte tot middellange termijn liggen de omslagpunten voor de verschillende beslisriteria ook verder uit elkaar. Op de korte termijn moet het grootste gewicht aan het ecologische criterium worden gehecht om 'wijken' een aantrekkelijkere optie dan 'dijken' te laten zijn. Voor de lange termijn geldt precies het omgekeerde, en moet met name het economisch criterium zwaarder gewogen worden om 'dijken' beter te laten scoren. Op beide termijnen heeft de toevoeging van verwacht maatschappelijk draagvlak als additioneel criterium in de afweging een drastische verandering in voorkeur voor beide beleidsalternatieven tot gevolg, blijkt uit vergelijking van tabel 6.3 en tabel 6.5.

Wellicht ten overvloede is het belangrijk nogmaals op te merken dat dit resultaat het gevolg is van een subjectieve inschatting van het maatschappelijk draagvlak. Een andere, evenzo subjectieve, inschatting met andere kwalitatieve scores zou tot een andere uitkomst kunnen leiden.

De kwalitatieve analyse die in deze sectie is gepresenteerd dient vooral ter illustratie van een manier waarop op een daadwerkelijk geïntegreerde manier het streven naar integraal waterbeleid kan worden beoordeeld, hoe de verschillende afwegingen tussen maatschappelijke voor- en nadelen voor de verschillende betrokkenen in beeld kunnen worden gebracht en wat afhankelijk van het belang dat hieraan wordt gehecht de invloed is op de rangschikking van beleidsalternatieven.

### **6.2.3 'Verwachte bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid' als additionele indicator**

Tenslotte wordt in deze laatste sectie ook nog aandacht besteed aan de door de bestuurders in het plangebied beleefde bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid van beide beleidsalternatieven. Dit gebeurt gezien de grove aannames wederom meer ter illustratie van de in dit rapport voorgestelde integrale methodiek dan om een zo realistisch mogelijke inschatting te presenteren van het daadwerkelijke bestuurlijke draagvlak voor beide beleidsalternatieven.

<sup>8</sup> De Marsroute is een meerjarig onderzoeksprogramma van de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) over een nieuwe veiligheidsbenadering ten aanzien van overstromingsrisico's. Hierbij wordt met name meer aandacht geschonken aan risico gedefinieerd als kans maal gevolg. Geprobeerd wordt risico's inzichtelijk en vergelijkbaar te maken. Hoewel tot nu toe nog erg specialistisch, is er al wel de nodige aandacht ook voor de communicatie over de Marsroute en een bredere maatschappelijke discussie over aanvaardbare risico's.

Zowel de bestuurlijke flexibiliteit als de bestuurlijke slagvaardigheid worden in het algemeen verwacht toe te nemen door het nu al treffen van ruimtelijke inrichtingsmaatregelen om wateroverlast op te vangen.<sup>9</sup> De optie van dijkversterking blijft altijd open. Echter, nu investeren in dijkversterking en later tot de conclusie komen dat het toch niet voldoende is geweest en vervolgens alsnog ruimtelijke inrichtingsmaatregelen moeten treffen betekent dat er voor niets enkele miljarden guldens in extra hoge dijken wordt geïnvesteerd. Ook zijn de uitkomsten van de verkenningen binnen de Marsroute-benadering nog niet bekend, maar verwacht wordt dat er op den duur een gedifferentieerder veiligheidsbeleid zal komen ter vervanging van het bestaande uniforme beleid, waardoor de bestuurlijke ruimte om maatregelen te treffen om wateroverlast tegen te gaan ook nog kan toenemen.

Net zoals voor maatschappelijk draagvlak is bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid op een zeer grove manier geschat. De verwachte effecten zijn weergegeven met behulp van een kwalitatieve plus- en min-score (tabel 6.6).

**Tabel 6.6: Effecten van de twee beleidsalternatieven tot en met 2015 en tot en met 2050 met bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid als additioneel criterium**

	Korte-middellange termijn (t/m 2015)			
	Ecologie (% gewenste natuur)	Economie <sup>1</sup> (mld guldens)	Maatschappij <sup>2</sup> (--/++)	Bestuur <sup>2</sup> (--/++)
<b>Dijken</b>	0,0	- 0,5	++	--
<b>Wijken</b>	6,4	- 2,5	-	++

	Lange termijn (t/m 2050)			
	Ecologie (% gewenste natuur)	Economie <sup>1</sup> (mld guldens)	Maatschappij <sup>2</sup> (--/++)	Bestuur <sup>2</sup> (--/++)
<b>Dijken</b>	0,0	- 2,2	0	-
<b>Wijken</b>	22,2	- 3,1	+	+

<sup>1</sup> De min geeft aan dat het hier kosten betreft.

<sup>2</sup> Maatschappelijk draagvlak en bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid gemeten op de volgende schaal:

- groot negatief effect
- negatief effect
- 0 neutraal/geen effect
- + positief effect
- ++ groot positief effect

Op de korte termijn wordt het effect van `wijken` ten opzichte van traditionele dijkversterking veel positiever ingeschat dan op langere termijn, mede omdat de ingrepen in de ruimtelijke ordening tot en met 2015 niet zulke dramatisch gevolgen voor de verschillende betrokkenen hebben. Vooral het trekken van nieuwe waterlijnen na 2015 binnendijks zal veel meer concurrerend of conflicterend ruimtegebruik oproepen, waarvoor intensieve interdepartementale samenwerking over beleidsvelden heen, maar ook met allerlei georganiseerde belangengroepen vereist is.

Van multifunctioneel ruimtegebruik in het gebied, voorzover hiervan kan worden gesproken als het bijvoorbeeld gaat om het structureel uit productie nemen van bijvoorbeeld landbouwgrond of bedrijfsterrinen, wordt verwacht dat dit de bestuurlijke slagvaardigheid in het leren omgaan met het probleem van wateroverlast zal vergroten (op verschillende tijdstippen kunnen verschillende typen oplossingen op verschillende plaatsen worden ingezet). Echter, deze theoretische toename in slagvaardigheid wordt tegelijkertijd verwacht ten koste te gaan van een deel van de bestuurlijke

<sup>9</sup> Deze aanname is gebaseerd op het IVB-advies (2000) en de uitkomsten van het tweedaags symposium "Wegen voor Water" georganiseerd door de IVB-werkgroep.

flexibiliteit. Een bestuurlijke cultuuromslag in integraal waterbeleid is nodig omdat op termijn in het geval van het treffen van alternatieve ruimtelijke ordeningsmaatregelen rekening zal moeten worden gehouden met en samengewerkt moeten worden met een veel groter aantal bestuurlijke en sociaal-economische belangengroepen. Per saldo wordt echter verwacht dat ook op lange termijn de bestuurlijke baten de bestuurlijke kosten overtreffen, vandaar nog steeds een plus voor `wijken` en een min voor `dijken` in tabel 6.6 is opgenomen.

Op basis van de geschatte kwalitatieve scores voor beide beleidsopties, blijkt bij ongewogen somming van de gestandaardiseerde effecten `wijken` zowel op korte als op lange termijn de voorkeur te hebben boven dijken (zie tabel 6.7).

Tabel 6.7: Uitkomst na lineaire standaardisatie en ongewogen somming met bestuurlijke flexibiliteit en slagvaardigheid als additioneel criterium

Criterium	Gewicht	Korte-middellange termijn (t/m 2015)		Lange termijn (t/m 2050)	
		Resultaat	Omslagpunten	Resultaat	Omslagpunten
<b>Ecologie</b>	0,25		0,198		0,019
<b>Economie</b>	0,25	1. wijken (0,56)	0,284	1. wijken (0,63)	0,579
<b>Maatschappij</b>	0,25	2. dijken (0,45)	0,279	2. dijken (0,26)	0,209
<b>Bestuur</b>	0,25		0,238		0,193

Wederom is het verschil in rangorde op basis van de gesommeerde gestandaardiseerde effecten (gepresenteerd tussen haakjes) voor de korte termijn niet erg groot. `Dijken` wordt op lange termijn favoriet wanneer het belang gehecht aan de ecologische baten aanzienlijk kleiner wordt geacht, en het belang aan economische aspecten aanzienlijk groter wordt.

In het algemeen kan worden gesteld dat beide opties voor de korte termijn weer relatief dicht bij elkaar liggen in de uiteindelijke rangschikking. De verschillen tussen zowel de totale som van alle effecten gezamenlijk als tussen de omslagpunten van de afzonderlijke criteria zijn klein.

#### 6.2.4 Discussie en conclusies

Op basis van het voorgaande kunnen zowel over de gehanteerde methode als over de inhoudelijke resultaten een aantal belangrijke conclusies worden getrokken:

- De in dit en vorig hoofdstuk gepresenteerde methode voor afweging en waardering lijkt in potentie geschikt voor toepassing binnen WB21 (of het vervolg daarop).
- Als naar de inhoudelijke conclusies van de case benedenrivierengebied gekeken wordt, kan in het algemeen gesteld worden dat de beide gepresenteerde varianten elkaar voor de korte termijn niet zo heel veel ontlopen. De omslagpunten liggen in het algemeen niet ver weg. Een belangrijke conclusie die daaruit te trekken is, is dat in de variant `wijken` de kosten weliswaar hoger zijn dan bij `dijken`, maar dat de baten dat kennelijk ook zijn, anders zouden beide varianten niet zo dicht bij elkaar uitkomen. Dat wetende zijn twee conclusies mogelijk:
  - Geredeneerd vanuit puur de kosten: de `dijken`-variant is goedkoper dan de `wijken`-variant.
  - Geredeneerd vanuit alle criteria tesamen: beide varianten ontlopen elkaar niet zoveel. Wetende dat de beleidslijn luidt `Ruimte voor de Rivier`, zou de `wijken`-variant dan de voorkeur genieten.



## 7. Conclusies en aanbevelingen

### 7.1 Conclusies

Door het rapport heen zijn per deelonderwerp al een groot aantal conclusies getrokken. Die worden hier niet allemaal herhaald. Wel kunnen ze worden geaggregeerd tot een hoger abstractieniveau. De belangrijkste conclusies van dit onderzoek luiden dan:

- Onder invloed van klimaatverandering en bodemdaling gaan de fysische condities voor de belangrijkste economische functies (scheepvaart, landbouw en stedelijk gebied) in de 21<sup>e</sup> eeuw verslechteren. Voor de terrestrische natuur lijken de effecten daarentegen positief.
- De autonome ontwikkeling in de landbouw (verkleining van het areaal landbouwgrond) zorgt ervoor dat de negatieve effecten voor deze sector relatief minder groot zijn dan bij handhaving van het huidige areaal.
- De verminderde aanvoer van zoet water in de zomer, de toename van zoute kwel en het verder landinwaarts liggen van de zouttongen in de kustzone leiden tot een verminderde beschikbaarheid van zoet water in de zomer, terwijl de watervraag in deze periode juist toeneemt. Hierdoor komt de garantie van voldoende zoet water voor de landbouw in West-Nederland onder druk te staan.
- Voor alle Nederlandse watersystemen zijn de kosten en baten geïnventariseerd van de strategieën 'ruimte voor water' en 'technische maatregelen'. De eerste variant kent hogere kosten, maar ook hogere baten, met name in termen van kwaliteit van de leefomgeving en duurzaamheid van de strategie.

### 7.2 Aanbevelingen

Dit onderzoek is uitgevoerd met de beschikbare kennis en binnen een erg korte doorlooptijd. Per functie was feitelijk niet meer dan twee tot drie weken beschikbaar. Dit heeft de volgende consequenties gehad:

- Veel conclusies zijn tamelijk kwalitatief en minder 'hard' dan in potentie mogelijk is,
- Het onderzoek beperkt zich in het algemeen tot 'probleemsignalering'. Voor het zoeken naar oplossingen was onvoldoende tijd,
- Voor sommige onderwerpen zijn kennisleemtes gesignaleerd die niet opvulbaar bleken binnen de randvoorwaarden van dit onderzoek.

Verreweg de belangrijkste aanbeveling van dit onderzoek is dan ook op een groot aantal punten aanvullend onderzoek uit te voeren. Met name geldt dit voor de onderwerpen 'zoetwatervoorziening en zoutproblematiek in de zomer', 'landbouw' en 'aquatische natuur'.

## Referentielijst

- Arcadis, Alterra, WL|Delft Hydraulics (2000); Ruimte voor waterberging...geven en nemen...; Commissie waterbeheer 21<sup>e</sup> eeuw, thema 5, code 110302/OA9/6D3/000341pd
- Brouwer R., R. van Ek, J. Bouma (Juni 2000). Baten van water: Naar een Integrale Evaluatie methodiek, ISBN 9036953227, RIZA rapport 2000.025.
- Brouwer, R., I.H. Langford, I.J. Bateman, R.K. Turner (1999), A Meta-Analysis of Wetland Contingent Valuation Studies. *Regional Environment Change* 1(1):47-57.
- Dijkman, M., Schade naar overstrooming, achtergrondrapport, july 2000, w-dww-2000-059
- DLO-SC (1999), Boeren langs de rivier. Staring Centrum, Wageningen.
- De Lange W.J., (1996). Groundwater modelling of large domains with analytic elements. PhD thesis. University of Technology Delft. The Netherlands.
- Eversdijk P.J., W.M. van de Brink (July 2000), Waterbeheer 21<sup>e</sup> Eeuw, Onderbouwing kostenramingen, documentcode WB21-T-00.004
- Goossen, C.M. et al (1997), Indicatoren voor recreatieve kwaliteiten in het landelijk gebied; DLO Staring Centrum rapport 584.
- Grontmij & Alterra (2000); Karakteristieke respons van regionale watersystemen; Commissie WB21-Thema 6; Rapport 13.5976.1; Houten/Wageningen.
- Haasnoot M., J.A.P.H. Vermulst, H. Middelkoop, (1999). Impact of climate change and land subsidence on the water systems in the Netherlands. Terrestrial areas. NOP-project 952210. RIZA-rapport 99.049.
- IKC, (1993). Bodemgeschiktheidstabellen voor landbouwkundige vormen van bodemgebruik.
- Kok, M. I.B.M. Lammers, A.H. Lobbrecht, R. Versteeg, F.J.E. van der Bolt (2000); Hoogwatersnormering regionale systemen, Leidraad; Commissie WB21, thema 4; PR326.
- Kors, A.G., F.A.M. Claessen, J.W. Wesseling, G. Können (2000); Scenario's externe krachten t.b.v. WB21; RIZA, WL|Delft Hydraulics, KNMI; 2000
- Kors A.G., J.A.P.H. Vermulst, T. Slot, (1998). Van oude gronden en de dingen die voorbij gaan. Een studie naar de gevolgen van bodemdaling voor hydrologie en landbouw in Fryslân. RIZA rapport 98.037. ISBN 9036951887.
- Kors A., F.A.M. Claessen, J.A.P.H. Vermulst, R. van Ek, H. Bos, E. Boven, W. De Lange, G. Arnold. (1997) . Beleidsanalyse WSV: Thema verdroging en grondwater. RIZA nota nr: 97.041
- Kwadijk J.C.J., (1993). The impact of climate change on the discharge of the river Rhine. Proefschrift. Universiteit Utrecht.
- Middelkoop H., H. Buiteveld J.A.P.H. Vermulst, (1999a). Reference situations for assessment of climate change impact on the water systems of the Netherlands. RIZA rapport
- Middelkoop H., H. Buiteveld, J.C.J. Kwadijk, (1999b). Climate change scenarios for hydrological impact assessment in the Rhine basin. RIZA rapport
- Min. van V&W, Rijkswaterstaat, Dienst Binnenwateren/RIZA (1990), Beleidsanalyse Gebruiksfuncties Binnenwateren (PAWN), notanr. 90.046.

Oene H., F. Berendse, J.R.M. Alkemade, M. Bakkenes, F. Ilhe, C.G.F. de Kovel. (1999). Assessment of long-term effects of climate change on biodiversity and vulnerability of terrestrial ecosystems. NRP project 952212. Report no.: 410 200 032

Ontwikkelingsteam NAGROM-MOZART-DEMNET-AGRICOM, (1997). Water onder land tussen regen en plant, ofwel: landelijke modellen voor verdrogingsbestrijding. Rizanota 97.062. ISBN 9036951089.

Oranjewoud (1999), Onderzoek (Fase 2) naar de kosten van de compenserende maatregelen in de sector watersport in geval van gewijzigd peilbeheer in het IJsselmeergebied (maatregelen watersport WINBOS)', Documentnr.: 17060-88439, in opdracht van RWS-RIZA.

Pulles, J.W. (1985), Beleidsanalyse van de waterhuishouding van Nederland (PAWN), Ministerie van V&W, Rijkswaterstaat, ISBN 9012051843.

RIZA, (1995). AGRICOM gebruikershandleiding. Waterloopkundig Laboratorium.

RIZA/RIKZ (1996), Achtergrondnota Toekomst voor Water, eindrapportage Watersysteemverkenningen, RIZA nota 96.058, RIKZ rapport 96.030, ISBN 9036950341.

Silva W., J.P.M. Dijkman (2000), Maatregelen in de stroomgebieden van de Rijn en Maas; een verkenning van mogelijkheden en effecten op hoogwaterstanden in Nederland, RIZA en WL|Delft Hydraulics, WL-rapport T2330.51.

Van Ek R., A.J.M. Jansen, M. van der Linden, H. Runhaar, J.P.M. Witte & A.C. Zuidhoff, 1998. Vergelijking van de modellen DEMNET en NICHE voor het reservaat Stroothuizen. NOV rapport 3.3. ISBN 9036952220

Van Deursen W.P.A., (1999). Impact of climate change on the river Rhine discharge regime. Scenario runs using RHINEFLOW-2. Chartago Consultancy.

Vermulst J.A.P.H., W.J. De Lange (1999). An analytic-based interface for the connection between models for unsaturated and saturated groundwater flow. Journal of Hydrology. [nr](#)

Veeneklaas, F., H. Farjon, B. van der Ploeg, K. Wijnen, K. Ypma (2000); Scenario's van land- en tuinbouw en natuur. Vooruitzichten voor 2030 met een doorkijk naar de rest van de 21<sup>e</sup> eeuw; Alterra; Wageningen; 2000

**Bijlagen**



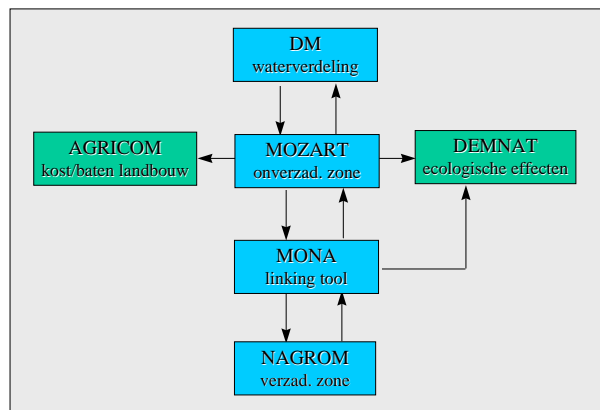
# Bijlage 1: Effectberekeningen op regionale watersystemen, landbouw en terrestrische natuur.

## 1. De Modellenketen

Effecten van klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling op de regionale watersystemen, landbouw en terrestrische natuur zijn berekend met een gekoppelde set landelijke modellen. Deze set bestaat uit de hydrologische modellen (Blauw in figuur B1.1) en functie-modellen (groen in figuur B1.1). NAGROM modelleert de verzadigde grondwaterzone en MOZART het onverzadigde deel. Beide modellen zijn gekoppeld met het model MONA. Het distributie model (DM) simuleert de waterverdeling van de grotere oppervlaktewateren als rivieren, kanalen en meren. Gekoppeld aan MOZART bekijkt DM per 10-daagse tijdstap of het door een district gevraagde hoeveelheid water, berekend met MOZART, werkelijk kan worden geleverd. De veranderingen berekent met de hydrologische modellen (grondwaterstanden, kwel e.d.) zijn de invoer van de functie-modellen, AGRICOM en DEMNAT, waarmee respectievelijke de effecten op landbouw en natuur kunnen worden berekend.

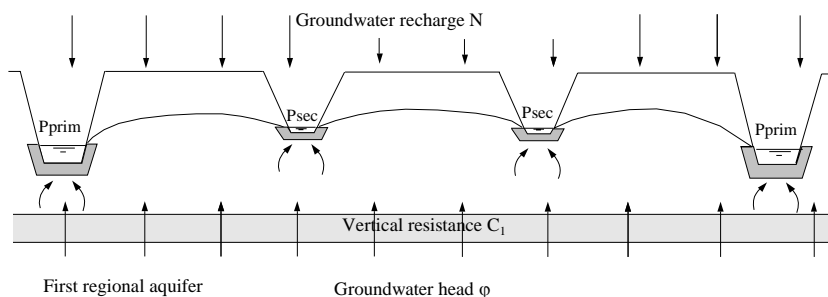
## 2. Hydrologische modellen

NAGROM (Nationaal Grondwatermodel, (De Lange, 1996)) is een stationair model voor de verzadigde zone en is gebaseerd op de analytische elementen methode. De ondergrond is geschematiseerd als een topsysteem met één of twee drainage systemen en een semi-doorlatende laag als basis. De bovenrandvoorwaarde bestaat uit peilen van de verschillende drainage systemen, voedingsweerstand en het neerslagoverschot berekend door MOZART en MONA (Vermulst et al., 1999). In een peilbeheerste omgeving is dit de weerstand van de deklaag en het polderpeil. Voor elementen die open water simuleren, is de voedingsweerstand gelijk aan de weerstand van de bodem en het peil gelijk aan het peil van het open water. De uitvoer bestaat uit de grondwaterstand in het eerste watervoerende pakket en de fluxen over de bovenrand, i.e. van het eerste watervoerend pakket naar het phreatisch pakket, per NAGROM-element.



Figuur B1.1. Schematische weergave van de interactie tussen landelijke modellen.

Figuur B1.2. Hydrologische top systeem, gemodelleerd in NAGROM en MOZART.  $P_{prim}$  is het primaire waterpeil (bijvoorbeeld oppervlaktewaterpeil in rivieren en kanalen).  $P_{sec}$  is het secundaire drainage peil (bijvoorbeeld het oppervlaktewaterpeil in sloten).



MOZART (ontwikkelteam NAGROM-MONA-MOZART-DEM-NAT-AGRICOM, 1997) simuleert de onverzadigde zone door middel van verticale grondwaterstromingen door een verticale kolom (geschematiseerd in eenheden, plots, van 500 bij 500 m) per tien-daagse tijdstap. Strooming tussen aanliggende eenheden vindt plaats door neerwaartse en opwaartse fluxen. Voor de verschillende klimaatscenario's zijn neerslaggegevens, referentieverdamping en transpiratie van gewassen ingevoerd als randvoorwaarde. De onderrandvoorwaarde, een flux tussen de eerste aquifer en het

hydrologische topsysteem, wordt aangeleverd door NAGROM middels MONA. NAGROM levert een stijghoogte per 500 bij 500 m, welke MONA omzet naar een flux van het eerste aquifer naar het freatische pakket. Het uiteindelijke resultaat wordt verkregen via een iteratieproces, omdat het resultaat van het ene model een randvoorwaarde is voor het andere. MOZART onderscheidt drie verschillende drainage systemen, welke respectievelijk de kanalen en beken, sloten en drains simuleren. Voor het berekenen van de drainage wordt gebruik gemaakt van zogenaamde drainage functies. Dit zijn gebroken lineaire relaties tussen grondwaterstanden en drainage fluxen. De helling geeft de weerstand aan en het snijpunt van de functies geeft de drainage peilen van het betreffende drainage systeem aan. De modelresultaten omvatten onder andere grondwaterstand, peilen oppervlaktewater en de watervraag en afvoer vanuit afwateringseenheden.

Wanneer de modellen MOZART en DM (Pulles, 1985) gekoppeld worden kan de verdeling van oppervlaktewater op landelijke schaal worden berekend. Deze berekening vindt plaats in twee fasen. In de eerste fase, de zogenaamde vraagfase wordt met MOZART de watervraag vanuit het landelijke gebied en de verschillende watergebruikers (industrie, drinkwater, landbouw) berekend. Vervolgens wordt op basis van de berekende watervraag met DM de optimale waterverdeling in de Rijkswateren berekend. Hierbij wordt rekening gehouden met de hoeveelheid water dat via de grote rivieren het land binnen komt. Wanneer niet volledig aan de door MOZART berekende vraag kan worden voldaan worden de gevraagde debieten gekort. Het toekennen van water aan de afwateringseenheden gebeurt op basis van prioriteiten van bepaalde functies of verdelingsregels (bijv. ieder 50%) tussen verschillende functies en/of gebieden. Vervolgens wordt met MOZART de tweede fase (toewijzingsfase) gedraaid. Daarbij wordt waar nodig het oppervlaktewaterpeil verlaagd, worden bepaalde watervragen gekort of wordt de doorspoeling beperkt.

### 3. Functiemodellen

Veranderingen in grondwaterstanden hebben gevolgen voor gebruikers van water zoals landbouw en natuur. Met de effect-modellen AGRICOM en DEMNAT kunnen de effecten van hydrologische veranderingen op respectievelijk landbouw en natuur worden bepaald.

#### AGRICOM

Met het agro-hydrologische model, AGRICOM (AGRIcultural Cost Model; RIZA, 1995) zijn de kosten en baten voor de landbouw berekend. Voor de bepaling van de schade heeft AGRICOM twee methodes: (1) schade van één bepaald jaar op basis van een overlevingsfractie per tiendaagse tijdstap en (2) een langjarig gemiddeld opbrengstdervingpercentage. Voor het berekenen van de langjarige gemiddelde schade maakt AGRICOM gebruik van het verloop van grondwaterstanden over hydrologisch gemiddelde jaren, geleverd door MOZART per 10-daagse tijdstap voor iedere plot. Hieruit wordt de gemiddeld hoogste en gemiddeld laagste grondwaterstand berekend. Via IKC-tabellen (IKC, 1993) wordt vervolgens per plot de langjarig gemiddelde gewasschade (percentage) berekend. Dit wordt gedaan voor te droge en te natte situaties met respectievelijk de gemiddeld laagste en hoogste grondwaterstand. Met behulp van een gemiddelde waarde voor het gewas ( $f/ha$ ) wordt dit omgezet naar een schadebedrag. In de IKC-tabellen wordt rekening gehouden met de volgende bodemgeschiktheidsfactoren: beregening, klimaatzones binnen Nederland en opbrengstderving door slemp, onvoldoende draagkracht en ongunstige warmte- en/of luchthuishouding.

#### Figuur B1.3. Verloop zoutschadefunctie in MOZART.

beschikbaar voor zoutschade en droogteschade.

De zoutschade is een functie van het zoutgehalte in de wortelzone van de plot en wordt uitgedrukt in een zoutschadefractie. Deze fractie geeft aan in welke mate de nog te produceren opbrengst schade lijdt als gevolg van een overmaat aan zout in de wortelzone. Aangenomen is dat zo lang het zoutgehalte beneden een zeker kritiek niveau blijft er geen schade optreedt, en dat voor hogere zoutconcentraties de schade lineair toeneemt met het zoutgehalte. Het verloop van de zoutschadefunctie is weergegeven in figuur B1.3. Slechts twee parameters zijn nodig om deze schadefunctie te beschrijven: het kritieke niveau waarboven schade begint op te treden, en de helling van de functie.

#### DEMNET

Naast de langjarige gemiddelde schade kan ook de opbrengstderving van één bepaald jaar worden berekend. Hiertoe wordt gebruik gemaakt van zogenaamde schadefuncties. Deze functies zijn

Het ecologische effect van de autonome ontwikkelingen en de klimaatscenario's is berekend met het eco-hydrologische voorspellingsmodel DEMNAT (van Ek et al., 1998; Runhaar et al., 1996). DEMNAT staat voor Dosis Effect Model NATuur Terrestrisch. Dit model berekent het effect van hydrologische veranderingen op de soortenrijkdom van 18 verschillende terrestrische en aquatische ecosystemen (ecotoopgroepen).

Een ecotoop is een ruimtelijke eenheid ten aanzien van vegetatiestructuur, successiestadium en abiotische factoren die voor de plantengroei bepalend zijn. De ecotoopgroepen in DEMNAT zijn gebaseerd op het CML-ecotopensysteem (Runhaar et al., 1997).

Met DEMNAT is het mogelijk om voor een viertal hydrologische doses (al of niet met elkaar gecombineerd) een effectvoorspelling uit te voeren. Het gaat hierbij om de doses *verandering in* voorjaarsgrondwaterstand, kwelflux, peil van kleine oppervlaktewateren en verandering in het percentage systeemvreemd water. Voor de berekening maakt DEMNAT gebruik van dosis-effect functies. Deze functies bevatten voor iedere combinatie van bodemtype, grondwatertrap en ecotoopgroep een empirische relatie tussen hydrologische veranderingen en de botanische kwaliteit van een ecotoopgroep. Om aan te geven wat de ecologische effecten betekenen voor de natuur(waarde) in Nederland kunnen de veranderingen in soortenrijkdom worden omgezet naar natuurwaarde. Binnen het natuurwaarderingssysteem van DEMNAT is aangenomen dat de natuurwaarde hoger wordt naarmate een ecotoopgroep zeldzamer is en naarmate een ecosysteem zich uitbreidt. De natuurwaardeverandering berekend bij een scenario wordt vaak ook uitgedrukt ten opzichte van het maximaal haalbaar geachte herstel aan natuurwaarde. Dit percentage, ook wel overbruggingspercentage genoemd (Kors et al., 1996), geeft aan in hoeverre het verschil tussen de gesommeerde actuele natuurwaarde en de maximaal met verdrogingsbestrijding bereikbare natuurwaarden wordt overbrugd.



## Bijlage 2: Binnenvaart

### 1. Inleiding

Ter ondersteuning van het beleid op het gebied van integraal waterbeheer is bij het RIZA een uitgebreid modelinstrumentarium operationeel. Met dit zogenaamde PAWN-instrumentarium (PAWN = Policy Analysis for the Watermanagement of the Netherlands) kunnen beleidsanalyses worden uitgevoerd. Het instrumentarium is onder meer toegepast in de voorbereiding van de tweede en derde Nota waterhuishouding, de Watersysteemverkenningen en recent de vierde Nota waterhuishouding.

Het PAWN-instrumentarium bevat een groot aantal modellen waarmee nagenoeg alle aspecten van integraal waterbeheer kunnen worden geanalyseerd; niet alleen de fysische, chemische en ecologische aspecten, maar ook de economische aspecten komen aan de orde. Wat betreft dit laatste bevat het instrumentarium onder meer modellen om kosten en baten van waterhuishoudkundige maatregelen te bepalen voor sectoren als landbouw, drinkwatervoorziening, waterrecreatie, en ook scheepvaart. Voor dit laatste aspect wordt het PAWN-Scheepvaartmodel gebruikt.

### 2. Het PAWN-Scheepvaartmodel

#### 2.1 Algemene beschrijving

Het PAWN-Scheepvaartmodel is ontwikkeld om de kosten of baten voor de scheepvaartsector van waterhuishoudkundige maatregelen te bepalen. Onder meer op de volgende vragen kan het model een antwoord geven:

- a. Wat zijn de kosten en baten van waterhuishoudkundige ingrepen; huidige situatie, 2010 en 2020?

Voorbeelden van dergelijke vragen zijn:

- welke kosten of baten ontstaan indien als gevolg van natuurontwikkeling in de uiterwaarden een vaarweg andere dimensies krijgt; andere aflaaddiepte, eventueel andere vaarwegklasse,
- welke kosten ontstaan indien als gevolg van gebrek aan stortlocaties er niet gebaggerd kan worden,
- welke kosten ontstaan indien in droge periodes er onvoldoende water beschikbaar is om gewenste aflaaddieptes te realiseren.

- b. Hoe ontwikkelt zich het aantal scheepvaartbewegingen; huidige situatie, 2010 en 2020? Op basis van deze ontwikkelingen kunnen uitspraken worden gedaan over de scheepvaartbewegingen gerelateerde zaken.

Voorbeeld:

- wat gebeurt er met de PAK-emissie indien het aantal scheepvaartbewegingen sterk toeneemt; uitloging is evenredig met het aantal m<sup>2</sup> sloopshuid
- wat zijn de effecten op de beverpopulatie in de Gelderse Poort indien de sloopintensiteit sterk toeneemt?

- c. Wat is de invloed van de economische ontwikkeling (CPB-scenario's) op de scheepvaart en op de kosten/baten van waterhuishoudkundige maatregelen voor de scheepvaart?

Achtergrond:

Alle voorgaande vragen worden beïnvloed door de economische ontwikkeling, met name de ontwikkeling in aanbod van vracht die vervoerd moet worden over het water.

Om bovenstaande vragen te kunnen beantwoorden, is allereerst hydrologische data noodzakelijk. In PAWN-kader wordt hierin voorzien door middel van het Distributiemodel (DM), het centrale PAWN-model waarmee de waterhuishouding van Nederland wordt geanalyseerd. Met dit model kunnen de

hydrologische effecten worden bepaald van waterhuishoudkundige maatregelen die worden overwogen. Onder meer worden berekend de (mogelijke) verandering in debieten, waterdiepten en stroomsnelheden. Voor de scheepvaartsector kan dit financiële consequenties hebben, bijvoorbeeld omdat schepen gedeeltelijk ontladen moeten worden. Nadat de gegevens uit het Distributiemodel zijn verwerkt, rekent het Scheepvaartmodel vervolgens verder. Hoe dit exact in zijn werk gaat, wordt in de volgende hoofdstukken uitgelegd.

## 2.2 Methodologische opzet

Het model berekent de kosteneffecten voor een aantal reisbestanden<sup>1</sup> die het gevolg zijn van waterhuishoudkundige maatregelen, vertaald in aanpassingen van de aflaaddiepte, de stroomsnelheid en de klasse van de vaarweg. Hiertoe moet standaard een referentie berekening gemaakt worden en een berekening waarin de maatregelen zijn verwerkt. Het reisbestand in het model is het resultaat van de met het BISB (Beleids Informatiesysteem Binnenvaart) berekende verkeersproductie gebaseerd op een aantal CPB scenario's. Er zijn reisbestanden beschikbaar voor 1997, 2010 en 2020. Voor zowel 2010 als 2020 zijn drie reizenbestanden aanwezig gebaseerd op drie CPB scenario's: EC (European Coordination), DE (Divided Europe) en GC (Global Competition). Deze scenario's staan beschreven in "Omgevingsscenario's Lange Termijn Verkenningen 1995-2020"; Werkdocument No 89; CPB december 1996. Afgemeten aan de economische groei geven de drie scenario's de marges voor de komende 25 jaar zonder voor- of tegenspoed.

Divided Europe kent de laagste groei van de drie scenario's. Het BBP per hoofd van de beroepsbevolking groeit in DE met 1¼ % per jaar, hetgeen vergelijkbaar is met de ontwikkeling in de periode 1974-1995 met oliecrises en een diepe recessie in de jaren tachtig. Een lagere groei dan in DE is volgens het CPB moeilijk voor te stellen als er geen majeure rampspoed komt of een beleid gericht op het beperken van de economische groei. Ook een sterkere groei van het BBP per hoofd van de beroepsbevolking dan in Global Competition met 2½ % is volgens het CPB minder waarschijnlijk. In de zestiger jaren werd een groei van 3½ % bereikt, maar dat was het gevolg van *historisch unieke factoren*. In het derde scenario European Coordination groeit het BBP per hoofd van de beroepsbevolking met 1¾ % per jaar en ligt daarmee in tussen de beide andere scenario's. Vanwege deze middenpositie wordt het EC scenario vaak als referentie scenario gebruikt.

De reisbestanden bevatten informatie over de plaats van lading (Herkomst) de plaats van lossing (Bestemming) en het aantal geladen reizen. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in 8 scheepsklassen en 11 diepgangsklassen<sup>2</sup>.

De gebruiker is echter niet gebonden aan deze basis reisbestanden maar kan via het menu een gewijzigd reisbestand aanmaken. Met het reisbestand en met het netwerk van de belangrijkste vaarwegen van Nederland (zie figuur 1)<sup>3</sup> worden in het model de transportkosten (binnenlands en internationaal) bepaald die samenhangen met de in het reisbestand aanwezige reizen. Het netwerk bevat, voor de grote rivieren, standaard de aflaaddiepte en stroomsnelheid corresponderend met een afvoer bij Lobith van 4000 m<sup>3</sup>/s. Deze situatie wordt de **diepwatersituatie** genoemd.

De transportkosten die het model berekent, hebben betrekking op de totale kosten per rondreis die gemaakt worden door de per relatie binnen het reisbestand gedefinieerde schepen. In het model worden de resultaten van de **diepwatersituatie** altijd als eerste berekend en gepresenteerd als referentie onder de kop "Oude Situatie". Vervolgens worden volgens dezelfde procedure de transportkosten berekend die samenhangen met de door de gebruiker gedefinieerde aanpassingen (maatregelen en scenario's) zoals:

- de gekozen afvoer bij Lobith;
- stroomsnelheid;
- aflaaddiepte;
- verandering van het aantal kunstwerken in een vaarroute;
- verandering van de maximale toegelaten laadvermogen klasse.

<sup>1</sup> Onder een reisbestand wordt verstaan het traject dat geladen afgelegd wordt vanuit een herkomst naar een bestemming en de daarop volgende lege terugreis in omgekeerde richting.

<sup>2</sup> De scheepsklassen zijn gebaseerd op de CEMT = Conférence Européenne des Ministres des Transport).

<sup>3</sup> Figuren 1.1 t/m 1.3 geven een gedetailleerder beeld van de schematisatie

Voorbeeld: een kleinere aflaaddiepte kan leiden tot het gedeeltelijk ontladen van schepen, wat leidt tot de inzet van meer schepen om dezelfde hoeveelheid vracht te vervoeren; dit betekent hogere kosten.

De reizen die als gevolg van de gewijzigde waterhuishoudkundige situatie, b.v. een extreme verkleining van de maximale aflaaddiepte, de opgegeven bestemming niet meer kunnen bereiken, ook niet door om te varen, worden in de uitvoer gemeld als reizen die niet meer kunnen worden uitgevoerd; het ontladen stopt zodra de laagste effectieve diepgangsklasse bereikt is. Een reis die in eerste instantie in de "nieuwe" situatie niet kan worden uitgevoerd, krijgt extreem hoog transportkosten mee.

In de evaluatie-module van het model wordt vervolgens bepaald of de kosten van de gekozen routes in de gewijzigde situatie acceptabel zijn. Het criterium dat hierover uitsluitsel geeft, is de door de gebruiker opgegeven **omvaarfactor**

Reizen waarvan de **kosten \* aantal schepen** in de gewijzigde situatie de grens van **omvaarfactor \* kosten \* aantal schepen in de diepwatersituatie** overschrijden, worden niet geaccepteerd.

De betreffende schepen op deze reizen worden ontladen. Het gevolg hiervan is dat er op deze Herkomst- Bestemmings relatie extra schepen (dus extra reizen ) zullen worden aangemaakt. De consequenties van de verandering van de omvang van het aantal schepen worden berekend, de "nieuwe" situatie, en de uiteindelijk berekende totale kosten worden tezamen met de resultaten in de "oude" (hoogwater) situatie gepresenteerd.

### 2.3 Indeling van de vloot in laadvermogen klassen

Het model is vooral gericht op de internationale en de grote binnenlandse binnenvaart. Daarom zijn de vier kleinste CEMT-klassen 2 aan 2 samengevoegd. Deze twee nieuwe klassen hebben de namen klasse A en B gekregen. De overige 6 klassen zijn genummerd volgens de nummering van de AVV laadvermogenklasse indeling.

**Tabel B2.1** geeft weer de 8 resulterende klassen, inclusief de relatie met de CEMT-klassen. Tevens wordt informatie gegeven over bij de berekening van de totale transportkosten in rekening te brengen vaar- en wachtkosten en de totale duur van de overslag handelingen tijdens een gehele reis. Deze laatste categorie levert na vermenigvuldiging met de wachtkosten per uur de totale overslagkosten voor het schip op. De kosten van de inzet van de landinstallatie bij laden en lossen zijn in de berekening niet meegenomen.

Het model rekent met een totale reis, dus geladen heen en leeg terug. Dit is een schematisatie die gezien het globale karakter van het model acceptabel is. Indien deze benadering niet was toegepast zou het noodzakelijk geweest zijn om een speciaal Leegvaart model te ontwikkelen, waarin het in Nederland vigerende Beurs systeem gemodelleerd was,

**Tabel B2.1** Vaar- en wachtkosten in 1997

model klassen	CEMT klassen	laadvermogen in tonnen	Vaarkosten in guldens per uur	Wachtkosten in guldens per uur	overslagtijd <sup>4</sup> in uren
A(1+2)	I	50-449	83.27	67.82	33.5
B(3+4)	II	450-849	139.73	102.27	32.5
5	III-1	850-1049	179.79	130.68	34.5
6	III-2	1050-1249	197.10	146.99	34.5
7	IV	1250-1799	232.96	174.54	28.5
8	Va	1800-3199	331.57	250.55	28.5
9	Vb	3200-6500	426.92	307.64	28.5
10	VI	> 6500	979.57	616.36	28.5

## 2.4 Indeling van de vloot in effectieve diepgang klassen

De 8 modelklassen zijn elk onderverdeeld in 11 effectieve diepgang klassen (E.D.)  
Deze 11 E.D.'s komen overeen met de volgende aflaaddiepten:

150, 190, 210, 230, 250, 270, 290, 310, 330, 350 en 360 cm.

Bij het ontladen zal dus nooit verder ontladen worden dan tot de E.D. 150 cm.  
Het totale reizenbestand wordt door de indeling in 8 model laadvermogenklassen en 11 effectieve diepgangklassen onderverdeeld in 88 deelbestanden.

## 2.5 Voorbelasting netwerk

Per deelbestand worden de reizen toegedeeld aan een voorbelast netwerk.

Deze voorbelasting is het eindresultaat van de verkeerstoeiding run met de AVV-verkeersmodellen (BISB, Beleids Informatiesysteem Binnenvaart, NEA nov 1989) voor het betreffende prognosejaar. Voorbelasting houdt in dat voor alle vaarwegen en sluizen in het netwerk in meerdere of mindere mate een deel van de capaciteit reeds is verbruikt. Het gebruik van een voorbelast netwerk bij een alles of niets toedeling heeft het grote voordeel dat in één toedelingsrun ten naaste bij de meest reële routes per herkomst-bestemming relatie worden gekozen.

## 2.6 Alles-of-niets toedeling

Gegeven een reisbestand en een netwerk wordt voor iedere herkomst de goedkoopste route gezocht van deze herkomst naar iedere mogelijke bestemming. Het criterium dat daarbij geldt, is het laagste transportkosten criterium. De randvoorwaarden die daarbij in acht worden genomen zijn laadvermogenklasse en aflaaddiepte.

De voorbelastingen van het netwerk resulteert uiteindelijk in langere totale reistijden. Deze tijden worden in de routezoek-procedure meegenomen. Het resultaat van het route zoeken is dat voor een reisbestand van een week de, qua kosten, goedkoopste route wordt gevonden vanuit iedere herkomst naar iedere bestemming. De routezoek module herhaalt de procedure voor ieder van de 88 deelbestanden. De gevonden resultaten worden opgeslagen per gemaakte reis.

Het algoritme dat voor het route zoeken wordt gebruikt is in de literatuur te vinden als **Dijkstra's Algoritme**.

De term alles of niets heeft betrekking op het feit dat als, voor een der 88 deelbestanden, een route is gevonden van A naar B, alle reizen van A naar B uit het betreffende reisbestand worden toegedeeld aan de gevonden route. Dit in tegenstelling met een evenwichtstoedeling, waar de reizen iteratief worden toegedeeld. Gezien de doorgevoerde schematisering van het netwerk is het alles of niets criterium een aanvaardbare vereenvoudiging.

## 2.7 Omvaarfactor

In principe zijn er twee mogelijkheden om diepgang beperkingen "het hoofd" te bieden:

- 1) omvaren via een route zonder diepgang beperking
- 2) ontladen van de betreffende schepen

Om het omvaren te reguleren is in het model de omvaarfactor ingebouwd. Uitgaande van de "diepwater" situatie wordt er voor de "beperkte waterdiepte" situatie door de omvaarfactor een grens gesteld aan de mate van omvaren, zonder ontladen, door b.v. te stellen dat de route in de "beperkte waterdiepte" situatie maximaal 10% duurder mag zijn dan de route die in de "diepwater" situatie gekozen werd.

De gewenste omvaar tolerantie kan door de gebruiker worden op gegeven. De omvaarfactor staat standaard op 1.1. Door een grotere factor in te geven kan men de omvaar tolerantie vergroten. Dit houdt in dat het model eerst gaat kijken of de reizen door om te varen zonder ontlading kunnen worden gerealiseerd. Is dit niet het geval dan zal er ontladen worden en wordt er gebruik gemaakt van

de "diepwater" route. Als door te lage waterstand, zelfs na ontladen, uiteindelijk geen aanvaardbare route meer gevonden zou kunnen worden, geeft het model aan dat er geen route mogelijk is.

## 2.8 Diepwater referentie berekening

Iedere berekening met het model start met het berekenen van de totale transportkosten voor de **diepwater situatie** (afvoer Lobith = 4000 m<sup>3</sup>/s). Bij een debiet Lobith van 4000 m<sup>3</sup>/s is nooit sprake van ontlading van schepen. De eventueel geactiveerde functie "beladen" wordt alleen in de variant berekening toegepast. Voor de diepwater berekening gebruikt het model het, eventueel aangepaste, reisbestand en het ongewijzigde netwerk.

Het resultaat van deze berekening, de "oude" situatie, wordt bij de direct er op volgende variant berekening gebruikt als referentie, voor o.m. het afkeuren van reizen met behulp van de omvaarfactor en dus het ontladen van schepen.

De diepwater situatie is overigens niet de "goedkoopste variant". Dit komt doordat de afvoer van 4000 m<sup>3</sup>/sec voor een grote stroomsnelheid zorgt op de Waal. Daar het model de veronderstelling maakt dat lege terugreizen dezelfde route volgen als de heenreis, betekent dit dat verkeer met bestemming in oostelijke richting een relatief lange reistijd maakt. Dit "tijdverlies" wordt niet volledig gecompenseerd door de terugreis, juist omdat er een maximumsnelheid geldt op links.

## 2.9 Rivierkundige invoer gegevens voor het model

### 2.9.1 Inleiding

Bij het onderzoek naar de transportkosten van de scheepvaart zijn de volgende rivierkundige aspecten van belang:

- de huidige bodemligging
- de stroomsnelheid
- de afvoer resp. waterstand te Lobith

De bodemligging voor Waal, Boven-Rijn, Pannerdensch Kanaal, IJssel en Neder Rijn zijn beschikbaar in de vorm van de minst gepeilde diepte per vaarwegdeel als functie van de afvoer bij Lobith (Q-Lobith). Deze waterdiepte is met behulp van een algemene kielspeling omgerekend naar de maximale aflaaddiepte in cm als functie van Q-Lobith.

Op gelijke wijze zijn de stroomsnelheid (in m/s) en de richting van de stroom per vaarwegdeel als functie van Q-Lobith uitgewerkt.

### 2.9.2 Verband maximale aflaaddiepte /afvoer Lobith.

De minst gepeilde diepten (m.g.d) per vaarwegvak zijn de basis voor de berekening van de maximale aflaaddiepte in cm per vaarwegvak. De m.g.d.-waarden zijn vertaald in maximale aflaaddiepten.

In de praktijk blijkt dat schippers vaak dieper afladen dan "theoretisch" mogelijk is. In de theorie wordt altijd uitgegaan van een noodzakelijke Keel-Clearance ( K.C.) t.o.v. de bodemligging. De bodem van de Waal is echter sterk variërend in hoogteligging. De m.g.d.-waarden geven de meest ondiepe plekken in de rivierbedding aan. Hoe lager de waterstand is des te omvangrijker zullen de ondiepten worden en des te meer zal een schipper rekening gaan houden met de K.C.. Bij hogere waterstanden is er echter buiten deze "droge" plekken meer dan voldoende overdiepte aanwezig. Voor dit onderzoek is er van uitgegaan dat als de afvoer bij Lobith lager is dan ca. 1500 m<sup>3</sup>/s (N.A.P. +8.95 m) het zinvol wordt om enige K.C. in rekening te brengen. Bij hogere afvoeren wordt geen K.C. in rekening gebracht.

De K.C.-waarden, die zijn toegepast bij de omrekening van minst gepeilde diepte naar maximale aflaaddiepte, zijn opgenomen in **tabel B2.2**:

**Tabel B2.2 Verband tussen Q-Lobith, waterstand en keelclearance**

Q-Lobith in m <sup>3</sup> /s	Waterstand NAP +	Keel-Clearance in cm
1500	8.95 m	5
1250	8.45 m	10
1000	7.80 m	15
800	7.30 m	15
650	6.95 m	15

Op de aflaaddiepte die in het model is opgenomen, wordt bij de berekeningen voor 2- en 4-baks duwvaart nog een extra K.C. van 10 cm in rekening gebracht.

In het model wordt geen rekening gehouden met het verschijnsel 6-baks-duwvaart.

### 2.9.3 Stroomsnelheid afhankelijk van Q-Lobith.

De invloed van de stroomsnelheid is in het model meegenomen. De stroomsnelheden zijn ingevoerd als functie van de afvoer te Lobith. Voor het Benedenrivieren gebied zijn de stroomsnelheden per vaarwedeel vast opgenomen in de netwerkgegevens van het model; deze fluctueren niet als gevolg van afvoer wijzigingen van de Rijn bij Lobith.

De stroomsnelheid wordt in dit rapport en in de Q-Lobith matrix aangegeven in m/s; het model rekent de m/s om in hectometers/uur.

### 2.9.4 Matrix van maximale aflaaddiepte als functie van Q-Lobith.

Er is een afvoer matrix gemaakt waarin per cel de maximale aflaaddiepte en de stroomsnelheid zijn opgenomen. De afvoer matrix is opgenomen in *bijlage 3*. Bij een bepaalde waarde van Q-Lobith, berekent het model d.m.v. interpolatie de bijbehorende aflaaddiepte en stroomsnelheid. De mogelijkheid om wijzigingen in deze matrix aan te brengen wordt besproken in paragraaf 5.2; wijzigingen door de gebruiker in het netwerk.

De aflaaddiepten van de overige vaarwegen in het model staan vermeld in de *bijlage 4*. Deze aflaaddiepten als mede de bijbehorende stroomsnelheden zijn via het invoerscherm te wijzigen.

### 2.9.5 Relatie W.S.-Ruhrt / afvoer Lobith

In het model worden de transportkosten berekend voor een complete reis tussen b.v. Rotterdam en Duisburg en terug, inclusief de overslagkosten. Daarom is het van belang dat op de verbindingen die buiten Nederland en dus buiten het netwerk in het model vallen de afstand, maximale aflaaddiepte en de stroomsnelheid zo goed mogelijk de werkelijkheid representeren. Dit is gerealiseerd door de link van Lobith naar het gewogen zwaartepunt van al het vervoer stroom opwaarts van Lobith op te nemen in de afvoer matrix van Lobith.

In het model is de maximale aflaaddiepte op de Duitse Rijn gelijkgesteld aan het afvoer verband Q-Lobith/ W.S.-Ruhrt +30 cm /+0 cm; de motorvrachtschepen laden af op +30 cm; de duwvaart laadt af op +0 cm. Dit heeft geleid tot het splitsen van de link van Lobith naar Duitsland in een Motorvrachtschepen link en een Duwvaartlink die ieder een eigen maximum aflaaddiepte hebben.

### 2.10 Het effect van het ontladen en beladen van de vloot op de transportkosten

Bij afnemende afvoer te Lobith worden de maximale aflaaddiepten op de Rijn-takken steeds kleiner. Het model constateert dit en past de diepgang van de schepen op deze relatie hierop aan. De ontladen tonnen goederen worden gebruikt om nieuwe reizen aan te maken met dezelfde herkomst en bestemming als de ontladen reizen.

Indien naast ontladen ook de mogelijkheid wordt gegeven om, indien mogelijk, schepen dieper te beladen dan zal het model dit doen gebaseerd op de volgende rekenregel.

Schepen die een beladingsgraad hebben kleiner dan 70% zullen beladen worden tot maximaal 90% beladingsgraad. Schepen die een beladingsgraad hebben groter dan 70% zullen niet verder worden afgeladen, omdat aangenomen is dat in deze gevallen het gaat om b.v. volumelading of situaties waarin de partijgrootte bepalend is geweest. Met de beladingsgraad wordt bedoeld de hoeveelheid tonnen/laadvermogen van het betreffende schip.

De op deze wijze aangepaste vloot zal bij toedeling op het netwerk gewijzigde transportkosten genereren.

## 2.11 Jaarkosten berekeningen

Het model rekent met een maatgevende week (oktober) die ook binnen het BISB<sup>5</sup> gebruikt kan worden.

De AVV heeft in het verleden gekozen voor de maatgevende week in oktober omdat in deze periode de bietencampagne samenvalt met de winter bevoorrading waardoor de belasting van de infrastructuur extra zwaar is.

Het omrekenen van de kosten in de maatgevende week in oktober naar de totale jaarkosten dient als volgt te geschieden:

Reken een maatregel door met 10 verschillende Lobith afvoeren (zie **tabel B2.3**); sommeer de resultaten volgens de weegfactoren in **tabel B2.3**; vermenigvuldig dit resultaat met de factor **48.3**.

Tabel B2.3: Weegfactoren berekening jaarkosten

Waterstand NAP+ in m	Q-Lobith in m <sup>3</sup> /s	weegfactoren
7.17	750	.31
7.60	920	2.55
8.07	1100	5.94
8.67	1350	17.66
9.25	1750	20.34
10.05	2250	18.18
10.55	2600	12.87
11.20	3050	7.40
11.65	3400	4.35
12.35	4000	10.40

## **Bijlage 3: Waterrecreatie**

(Overgenomen uit: 'Oranjewoud (1999), Onderzoek (Fase 2) naar de kosten van de compenserende maatregelen in de sector watersport in geval van gewijzigd peilbeheer in het IJsselmeergebied (maatregelen watersport WINBOS)', Documentnr.: 17060-88439, in opdracht van RWS-RIZA).

### **Inleiding**

In het kader van het project WIN (Waterhuishouding in het Natte Hart) heeft het RIZA onderzoek gedaan naar voor- en nadelen van diverse varianten van peilbeheer in het IJsselmeergebied. Het huidige peilbeheer is één van de randvoorwaarden voor de recreatieve mogelijkheden en de daardoor benodigde infrastructuur aan de wal. De vaardiepte en de toegankelijkheid van de havens is in de huidige toestand afgestemd op het huidige zomer- en winterstreefpeil. In het IJsselmeer en Markermeer is dat resp. NAP-0,20 m en NAP-0,40 m; in de Randmeren is het zomer-streefpeil NAP-0,05 m en het winterstreefpeil NAP-0,30 m.

Indien wezelijk andere peilen in de zomer en de winter moeten worden ingesteld, dan dienen deze te worden gezien op de consequenties voor de recreatievaart en jachthavenaccommodaties, onder meer in termen van kosten van eventuele compenserende maatregelen bij gewijzigde streefpeilen. Voor de functie watersport is er wat dit betreft behoefte aan inzicht in de aard en de omvang van de kostenfactoren in situaties met peilen in een orde van grootte van NAP-0,60 m tot NAP+0,60 m.

In dit onderzoek worden de jachthavens en overige aanlegplaatsen, de steigers en kaden, terrein behorend bij de jachthaven en daarop aanwezige accommodaties in de berekeningen betrokken. Buitendijkse toegangen tot havens, vaargeulen en grote buitendijkse sluizen vallen buiten dit onderzoek.

Het onderzoek is in twee fasen opgedeeld. In de eerste fase is de aanpak vastgesteld met een toepassing op een vijftal havens in het gebied. Al naar gelang de resultaten en ervaringen opgedaan in de eerste fase zijn de te onderzoeken havens voor de tweede fase geselecteerd en is het onderzoeksmodel aangescherpt.

Bij dit onderzoek is gebruik gemaakt van een enquête uitgevoerd door Waterrecreatie Advies uit Lelystad in opdracht van het RIZA. De uitslagen van de enquête zijn vastgelegd in de nota 'Gevolgen van peilveranderingen'. Deze enquête is ingevuld door 46 % van de havens, die 62 % van het totaal aantal lig-en/of passantenplaatsen in het IJsselmeergebied omvat. Daarnaast zijn ter plaatse metingen verricht en situatietekeningen opgevraagd.

### **Methode onderzoek**

Tijdens de eerste fase van het onderzoek zijn een vijftal havens onderzocht. Het doel van dit onderzoek was onder andere het bepalen van de specifieke aspecten welke zich voordoen bij de havens rond het IJsselmeer.

In deze tweede fase van het onderzoek is een representatief aantal havens onderzocht.

Met behulp van de inventarisatie van de jachthavens rond het IJsselmeer, uitgevoerd door de stichting WIJ (nota 'Gevolgen van peilveranderingen') zijn een aantal zaken doorgerekend. Deze inventarisatie is gebruikt voor havengrootte en aantallen ligplaatsen. De gegevens betreffend hoogten en oppervlakten waren niet bruikbaar.

De methodiek is in samenwerking met drs.M.Spierings van het RIZA tot stand gekomen.

Ten eerste is er een selectie gemaakt van de havens die aan 'open' IJsselmeerwater zijn gesitueerd. Havens die op het binnenwater achter de sluizen liggen en havens die ver stroomopwaarts langs de rivieren liggen zijn in deze studie niet meegenomen.

Het aantal ligplaatsen dat vervolgens resulteert is ca. 19620 stuks. Het totaal aantal ligplaatsen dat voldoet aan bovenstaande criteria is ca. 30.000 stuks, dit aantal is hoger omdat niet elke haven heeft deelgenomen aan de enquête van de stichting WIJ. Omdat de bekende gegevens betrekking hebben op tweederde deel van het totale aantal zijn deze voldoende representatief.

De samenstelling in havens, ingedeeld naar grootte is berekend en weergegeven in de onderstaande tabel.



Tabel B3.1: Havens in het IJsselmeergebied

Havengrootte-categorie	Aantal ligplaatsen	Percentage	Percentage deel drijvende steigers
0 - 9 ligplaatsen	14	0,1 %	0 %
10 - 50 ligplaatsen	350	1,8 %	0 %
51 - 100 ligplaatsen	1030	5,2 %	0,6 %
101 - 200 ligplaatsen	2482	12,7 %	2,4 %
201 - 350 ligplaatsen	4656	23,7 %	9,8 %
351 - 500 ligplaatsen	2687	13,7 %	2,6 %
> 500 ligplaatsen	8400	42,8 %	14,4 %

Van het totaal van 19619 ligplaatsen uit de inventarisatie zijn er 5844 stuks drijvend. Dit is ca. 30 % van het totaal. In aanleg zijn drijvende steigers een factor 1,9 à 2 maal zo duur als vaste steigers. De opzet van het onderzoek is om binnen elke categorie een aantal havens te onderzoeken. In de berekeningen voor de conclusie worden tevens de verhoudingen in aantallen ligplaatsen per categorie en de verhouding drijvend en vaste ligplaatsen meegerekend. Bij de selectie is gekozen voor een regelmatige geografische verdeling; alle zijden van IJsselmeer en Randmeren zijn in de selectie vertegenwoordigd.

Na de inventarisatie van de geselecteerde havens zijn een aantal normen en uitgangspunten opgesteld die van toepassing zijn op de havens. Vervolgens zijn de inventarisatie-gegevens getoetst aan de normen. Voor elke peilvariant is vastgesteld of de bestaande situatie bij het gewijzigde streefpeil aanpassing vereist. Deze aanpassingen zijn de compenserende maatregelen. Daarnaast zijn van alle compenserende maatregelen de kosten geraamd. Als laatste stap in het onderzoek is een tabel opgesteld waarbij de totale kosten per ligplaats bij elke peilvariant in matrixvorm wordt weergegeven.

Voor de tweede fase van het onderzoek is de volgende selectie gemaakt:

Tabel B3.2: Geselecteerde havens

Havengrootte	Locatie ( D = drijvende steigers)
10 - 50 ligplaatsen	Amsterdam- W.V. 'Zuiderzee'
51 -100 ligplaatsen	Huizen - Huizer Marina BV
	Elburg - Veluwestrand (D)
	Makkum - De Prins Yachtclub
101 - 200 ligplaatsen	Muiden - K.N.Z.& R.V.
	Kampen - Roggebotsluis
	Andijk - W.V. 'De Kreupel' (D)
201 - 350 ligplaatsen	Wieringerwerf - Marina Den Oever
	Lemmer - Jachthaven 'De Friese Hoek' (D)
	Waterland - Jachthaven 'Uitdam'
351 - 500 ligplaatsen	Harderwijk - Jachthaven 'De Knar'
	Stavoren - Marina Stavoren
> 500 ligplaatsen	Enkhuizen - Compagniehaven
	Ermelo - Jachthaven Horst
	Workum -Jachthaven 'It Soal' (D)
	Lelystad - Flevo Marina (D)

Bij deze selectie is niet specifiek een aparte keuze gemaakt voor havens in historische havens omdat dit aantal in verhouding vrij klein is. In de volgende hoofdstukken wordt wel aandacht besteed aan de specifieke aspecten van historische havens.

Tevens is de ligging van de havens van belang. Door opwaaiing kunnen grote peilverschillen optreden in de waterstanden tussen de lokaties op lager- en hogewal. Zo zijn de steigers in het noordoostelijk deel van het IJsselmeer vaak hoger aangelegd als bijvoorbeeld de havens in Medemblik. Daarnaast kan in havens als bijvoorbeeld Monnickendam en Huizen door afwaaiing tijdelijk een sterke verlaging optreden.

In de havens zijn de breedtes, hoogten en constructie van de (vinger)steigers opgenomen. Andere opgenomen gegevens zijn: De hoogte en afmeting van de achterpalen en geleidepalen van drijvende steigers, hoogte en materiaalgebruik haventerreinen, constructie kaden, vloerpeilen bebouwing en hoogten golfbrekers. Tevens is gekeken naar water-, stroom- en cai-voorzieningen, brandstofvulpunten, bilgepompen en afsputplaatsen. De waterdiepten zijn niet opgenomen. Naast de terreininventarisatie zijn er gesprekken geweest met de betrokken havenmeesters.

## **Uitgangspunten en Normen**

Met de opdrachtgever is overeengekomen dat de te onderzoeken peilvarianten zijn: 0,60+ , 0,40+ , 0,20+ , 0,00 , 0,40- en 0,60- N.A.P.

De bovengenoemde peilen zijn zomerpeilen. Er wordt vanuit gegaan dat er geen grotere variatie tussen zomerpeil en winterpeil dan 0,20 m, zoals ook op dit moment, zal plaatsvinden. Tevens wordt er in deze berekeningen vanuit gegaan dat het zomerpeil hoger ligt als het winterpeil.

Tevens is overeengekomen dat de peilvarianten 'op zich' de basis voor de normstelling zal zijn. Extreme waterstanden die bijvoorbeeld 1 maal per 20 jaar worden bereikt zijn niet in dit onderzoek betrokken. Het onderzoek is praktisch van aard en is gestoeld op praktijkervaring en gesprekken met havenmeesters.

Ingeval het winterpeil hoger komt te liggen als het zomerpeil, zal voor de drooglegging van terreinen, kade-peilen e.d. het winterpeil bepalend zijn. Voor steigers is dit niet zonder meer te zeggen, de fluctuatie en het tijdstip van gebruik is tevens bepalend.

## **Vaste steigers**

Uit gesprekken met veel havenmeesters kwam naar voren dat peilinstellingen van 0,30 m beneden en 0,30 m boven het huidige streefpeil van 0,20 - N.A.P. wat betreft de steigerhoogten geen problemen zouden opleveren. Extremen waterstanden als verleden najaar daargelaten.

De hoogte van steigers mag maximaal ca. 1,20 m boven waterpeil en minimaal ca. 0,50 m boven waterpeil liggen. Dit in verband met maximale opstaphoogte en het gevaar van wegslijpen van stootwillen tussen boot en steiger.

Echter de steigerhoogte is tevens afhankelijk van de situering van de locatie; zo zijn de steigers in bijvoorbeeld Makkum en Lemmer hoger uitgevoerd als in bijvoorbeeld Uitdam, dit in verband met open afwaaiing. Ook de lengte van de jachten en het daarmee samenhangende vrijboord kan bepalend zijn voor de hoogte van de steigers.

Theoretisch is het vaak mogelijk met een lagere steiger te volstaan, doch wil men de kwaliteit van de steiger behouden dan is compensatie noodzakelijk. In de afweging voor het treffen van compenserende maatregelen zijn deze kwaliteitsaspecten dan ook steeds een belangrijk onderdeel geweest.

De hoogte van de achterpalen ligt gemiddeld op 2,00 m boven waterpeil; uitgaande van een gemiddeld vrijboord van 1,00 m is een overhoogte van 1 m aan te bevelen in verband met het gevaar van afschuiving van landvasten en het comfort bij het aanleggen. Dit geldt voor achterpalen zonder beugels.

## **Drijvende steigers**

Drijvende steigers hebben over het algemeen een lager vrijboord als vaste steigers. De hoogte bedraagt veelal 0,50 m boven water. In dit kader is de helling van de oploop, respectievelijk afloopbrug tussen steiger en vaste wal van belang. De helling mag bij streefpeil geen grotere helling hebben als 1: 8. Voor de achterpalen geldt hetzelfde als bij vaste steigers.

De geleidepalen van de drijvende steigers hebben vaak een veilige overhoogte. Wanneer bij extreme waterstanden drijvende steigers van de geleidepalen slaan, ontstaan forse schadeposten, vooral door beschadiging aan de jachten.

Een peilstijging van 0,40 m binnen de huidige paalhoogte lijkt acceptabel. De hoogte boven het huidige streefpeil ligt rond de 2,00 m.

## **Kaden/oevers**

De aanwezige kaden kunnen we onderverdelen in houten damwand, stalen damwand en gemetselde kaden. De oevers zijn deels bekleed met stortsteen.

De houten damwand is gedimensioneerd op een bepaalde kerende hoogte. Een peilverhoging van 0,30 m kan veelal worden opgenomen door de huidige constructies.

De kaden worden vaak gebruikt als ligplaats. Daardoor is het vermelde onder 'vaste steigers' ook hier vaak van toepassing.

Tevens kan een damwand de kade vormen voor een haventerrein, waarvoor andere normen gelden.

Stalen damwand kan de waterstandaanpassingen voldoende opvangen, alleen wanneer de hoogte van het aangrenzende haventerrein niet voldoende is, zullen maatregelen nodig zijn.

De gemetselde kaden vinden we in de historische havens. De constructie bestaat veelal uit een fundering op palen met daarop een (beton)sloof. Op deze sloof is de kademuur gemetseld. De fundering is vaak afgedekt door een houten damwand of stortsteen, waarvan de bovenkant zich enkele decimeters onder water bevindt.

Omdat het hier vaak oude binnenhavens betreft is op korte afstand bebouwing aanwezig. De bebouwing bestaat merendeels uit oude monumentale huizen met kelders die langs/op voormalige dijken zijn gebouwd. De constructie van de kaden is, afgezien van de staat van onderhoud, zwaar uitgevoerd. Het peil van het haventerrein en de aanwezigheid van de genoemde bebouwing zullen meer van invloed zijn op de te nemen maatregelen.

De stortsteen langs de oever hebben tot doel golven te keren/absorberen ter bescherming van de oever en om hinderlijke golfslag te dempen. De constructie loopt onder water door tot minimaal het punt waar golven en zuiging geen invloed meer hebben. De hoogte, uitgezonderd golfbrekers langs open water, bedraagt minimaal ca. 0,50 m boven de waterlijn. De diepte van de voet onder water bedraagt minimaal 1,00 m.

### **Golfbrekers**

De havens die buitendijks in het IJsselmeer zijn aangelegd worden veelal beschermd door middel van zanddammen welke bekleed zijn met stortsteen. De hoogte van de golfbrekers bedragen bij de bezochte havens gemiddeld 2,00 m tot 1,90 m boven huidig streefpeil bij aanleg. In een aantal gevallen zijn op de waterlijn zwaardere constructies aangelegd en is onder water de stortsteen lichter. Bij peilverlaging en peilverhoging dienen deze constructies aangepast te worden.

### **Haventerreinen**

Gemiddeld kan gesteld worden, dat de hoogte van haventerreinen minimaal 0,80 m boven het streefpeil dient te liggen. In bepaalde gedeelten van het IJsselmeer is meer hoogte noodzakelijk in verband met opwaaiing. De grootte en inrichting van het terrein is ook van invloed.

Veelal is het haventerrein voorzien van riolering en straat- en trottoirkolken.

De bebouwing op de haventerreinen dient voldoende boven het peil van het haventerrein te zijn aangebracht.

### **Voorzieningen**

De leidingen voor water, elektrisch en cai op de steigers zijn meestal vlak onder het dek of op de er onderliggende liggers bevestigd. De afnamepunten staan op het dek gemonteerd. Wanneer het noodzakelijk is steigers te verhogen dienen ook deze voorzieningen verplaatst te worden.

Afname- en vulpunten voor diesel en andere brandstoffen moeten voldoen aan technische milieueisen. Wanneer deze lokaties bij extreme waterstanden dreigen onder te lopen, kan dat rampzalig zijn voor de betreffende jachthaven en het milieu. Afgelopen najaar had 5 cm extra verhoging funest kunnen zijn.

De hoogteligging van deze voorzieningen dient altijd een flinke veiligheidsmarge te bevatten.

Bilgepompen zijn vaak in combinatie met vulpunten gesitueerd en bevatten deels dezelfde milieuvoorzieningen.

Bij overige voorzieningen als trailerhellingen en hijsvoorzieningen zijn naast de eerder genoemde hoogten van haventerreinen tevens van belang de hoogte van de drempels onder water. De hoogte en plaats van de drempel is gerelateerd aan de diepte van boten en het materieel.

Gekoppeld aan trailerhellingen en hijsvoorzieningen zijn vaak afsputvoorzieningen aangebracht. Hierbij wordt het vrijkomende water opgevangen op een vloeistofdichte bestrating en afgevoerd via olie- en vetafscheiders en slibvangers naar de riolering. De hoogteligging van deze terreingedeelten ligt op 0,80 tot 1,00 m + N.A.P.

### Havendiepte en bagger

In bijna elke haven zijn plaatsen aan te wijzen waar ondiepe gedeelten ontstaan door het neerslaan van specie. De diepten binnen een haven kunnen vrij divers zijn.

Binnen het kader van dit onderzoek was het peilen van de havens niet mogelijk en noodzakelijk. Het is evenwel een bekend gegeven dat een peilverlaging van 0,20 m voor veel jachthavens grote problemen oplevert.

Ten behoeve van het bepalen van de compenserende maatregelen is gekozen voor een eenvoudige en duidelijke benadering.

Het verwijderen van baggerslib uit jachthavens is een kostbare zaak, doordat de vrijkomende specie in meerdere of mindere mate is verontreinigd. Veel havens wachten met het nemen van maatregelen tot het moment dat baggeren onontkoombaar is. Voor de havens vertegenwoordigd elke decimeter overdiepte dus een bepaald kapitaal. Anders gezegd: Bij peilverlaging zal eerder gebaggerd moeten worden en verminderd de bergingsinhoud van baggerspecie.

Als compenserende maatregel bij peilverlaging is uitgegaan van het baggeren van de havens. Dit houdt in dat bij een streefpeilverlaging van 0,20 m tevens 0,20 m gebaggerd moet worden. Bij een verlaging met 0,40 m dient 0,40 m gebaggerd te worden.

In het rapport 'Nautische baggerproblematiek jachthavens' opgesteld in opdracht van de Commissie Milieuzorg Pleziervaart zijn een aantal kengetallen genoemd.

Zo vermeldt dit rapport dat in het SGBO-onderzoek 'Baggeren of doormodderen'(augustus 1994) op basis van RIZA gegevens 40 tot 50% van het baggerspecie-aanbod uit jachthavens ingedeeld wordt in kwaliteitsklasse 3/4.

De kostprijs voor het baggeren is afhankelijk van de gevraagde stortrechten van het vrijkomend slib. Hieronder zijn de verwijderingskosten weergegeven in tabelvorm. Voor het klasse 4 slib zijn de verwerkingsmogelijkheden zeer beperkt, waardoor onderstaande tabel alleen de minimumprijs weergeeft.

Tabel B3.3: Verwijderingskosten van slib

Slibklasse	Verwijderingskosten per m <sup>3</sup>
0	tot ca. 10,=
1	15,= tot 30,=
2	15,= tot 50,=
3	100,= tot 200,=
4	100,= tot 200,= ( kan duurder uitvallen, tot 300,=)

Voor het berekenen van de compenserende maatregelen wordt een prijs van 150,= per m<sup>3</sup> gehanteerd. De baggerkosten worden apart aangegeven per ligplaats.

### Toetsing van de peilvarianten aan de normen

Aan de hand van de inventarisatie zijn de hoogten en voorzieningen op een rij gezet. Bij verhoging en verlaging van de waterpeilen is nagegaan in hoeverre de bestaande voorzieningen aan de geformuleerde normen voldoen. Per onderdeel is vervolgens aangegeven of de voorzieningen handhaafd kunnen blijven, dan wel aangepast dienen te worden.

Deze aanpassingen zijn verwoord als compenserende maatregelen. Uitgangspunt bij het bepalen van de aanpassingen is steeds dat de kwaliteit van het onderdeel behouden dient te blijven.

Uit de tabellen blijkt dat bij de peilen 0,40- NAP en in mindere mate 0,00 NAP de aanpassingen, uitgezonderd het baggeren, in de meeste havens niet groot zijn. De meeste havens zijn aangelegd met een veiligheidsmarge, zo bleek ook uit gesprekken met de havenmeesters. De aanpassingen

worden vooral veroorzaakt door het aanvullen van golfbrekers, het verhogen van vulpunten, het aanpassen van trailerhellingen en het plaatsen van beugels op achterpalen. Bij een tweetal havens zijn de aanpassingen vrij ingrijpend omdat deze havens op een laag peil zijn aangelegd (Andijk en Uitdam).

## Compenserende maatregelen

De volgende stap in dit onderzoek is het bepalen van de vervangende- respectievelijk compenserende maatregelen bij overschreiding van de vastgestelde normen. In dit hoofdstuk worden per onderdeel de werkzaamheden weergegeven en zijn standaard eenheidsprijzen opgesteld voor deze werkzaamheden.

De eenheidsprijzen kunnen per haven verschillend zijn. Dit geldt onder andere voor de steigers. De verschillen worden veroorzaakt door de constructie, houtsoort en breedte van de steigers. Van de bezochte havens zijn de hoeveelheden bepaald.

## Conclusies en opmerkingen

### Jachthavens en terreinen

Na de berekening van de compenserende maatregelen per jachthaven bij de verschillende peilvarianten kunnen gemiddelden berekend worden. In dit onderzoek is gekozen voor een gemiddelde prijs per ligplaats, omdat voorzieningen en grootte een relatie hebben met het aantal ligplaatsen. De grootte van het haventerrein heeft een relatie met het aantal ligplaatsen, zo bleek bij het doorrekenen van de terreinoppervlaktes van een groot aantal havens. Het spreekt voor zich dat de bijkomende voorzieningen in grote havens vaak uitgebreider zijn dan bij kleine havens. Hieronder is in een tabel aangegeven hoe groot de kosten zijn per haven per ligplaats.

Tabel B3.4: Gemiddelde kosten in € compenserende maatregelen per ligplaats bij de verschillende peilvarianten.

	Peilvarianten					
	0,60- NAP	0,40- NAP	0,00 NAP	0,20+ NAP	0,40+ NAP	0,60+ NAP
W.V. 'Zuiderzee' te Amsterdam	-	-	153	4.917	7.179	7.179
Huizer Marina te Huizen	4.669	-	-	19.99 9	42.55 4	42.85 4
Veluwestrand te Elburg	-	-	-	2.731	3.781	3.800
De Prins te Makkum	3.661	-	-	1.456	17.84 9	24.76 2
K.N.R.& Z.V. te Muiden	419	309	9.880	25.30 5	29.09 1	30.23 8
Jachthaven Roggebotsluis te Kampen	-	-	5.938	11.15 7	13.10 0	13.81 5
W.V. 'de Kreupel' te Andijk	104	-	4.003	6.218	9.093	10.06 0
Marina Den Oever te Wieringerwerf	4.652	-	1.699	5.269	6.793	7.125
Jachthaven De Friese Hoek te Lemmer	666	536	15	243	2.681	5.788
Jachthaven Uitdam te Waterland	-	-	9.411	11.50 9	12.03 6	12.75 9
Jachthaven De Knar te Harderwijk	1.730	-	-	6.723	15.66 2	16.06 5
Marina Stavoren te Stavoren	9.494	525	-	19.44 3	24.24 0	26.40 8

Compagnieha-ven te Enkhuizen	3.319	-	2.463	6.935	15.407	19.700
Jachthaven Horst te Ermelo	5.080	-	200	12.770	15.331	16.099
Jachthaven 'It Soal' te Workum	767	0	193	1.873	10.626	12.653
Flevo Marina te Lelystad	21	-	-	1.318	1.319	3.918

De conclusie van dit onderzoek luidt dat de peilvarianten 0,40-NAP en 0,00 NAP in verhouding weinig kosten met zich meebrengen. De peilvariant 0,60-NAP is in verhouding iets duurder, hoewel hier de kosten voor baggeren van de havens niet in opgenomen zijn. Bij de peilvariant 0,20+NAP vinden we een omslagpunt. Voor havens met vaste steigers ontstaan hoge kosten, voor havens met drijvende steigers zijn de kosten minder hoog.

Bij de peilvarianten 0,40+NAP en 0,60+NAP zijn de compenserende kosten hoog. De kosten overtreffen in een enkel geval zelfs de aanleg van een totaal nieuwe haven. Dit houdt mede verband met de sloopkosten.

Van grote invloed op de eindbedragen zijn de kosten voor het amoveren en vernieuwen van bebouwing. Vooral in de Huizer Marina, die vooral gericht is op de winterberging van boten, zijn de investeringen hoog.

### Havendiepte en baggeren

De compenserende maatregelen voor het baggeren van de havens zijn in voorgaande paragrafen besproken. In de onderstaande tabel zijn de baggerkosten per haven omgerekend per ligplaats. Deze kosten ontstaan alleen bij de streefpeilen 0,60-NAP en 0,40 - NAP.

Bij de tabel dient evenwel vermeld te worden dat dit de baggerkosten betreffen voor het oppervlak van de jachthavens alleen; toevoerende vaarwegen, vaargeulen en dergelijke zijn niet meegenomen in de kosten.

Het valt op dat de kosten per ligplaats verschillen. In een aantal havens wordt het beschikbare wateroppervlak niet geheel benut; de haven van Flevo Marina en Marina Stavoren kunnen bijvoorbeeld nog uitgebreid worden.

Tabel B3.5: Gemiddelde kosten voor het baggeren per ligplaats bij de verschillende peilvarianten.

	Peilvarianten	
	0,60-NAP	0,40-NAP
W.V. 'Zuiderzee' te Amsterdam	3.840	1.920
Huizer Marina te Huizen	3.510	1.755
Veluwestrand te Elburg	2.383	1.192
De Prins te Makkum	4.781	2.391
K.N.R.& Z.V. te Muiden	5.488	2.744
Jachthaven Roggebotsluis te Kampen	4.350	2.175
W.V. 'de Kreupel' te Andijk	7.500	3.750
Marina Den Oever te Wieringerwerf	9.090	4.545
Jachthaven De Friese Hoek te Lemmer	5.522	2.761
Jachthaven Uitdam te Waterland	4.099	2.050
Jachthaven De Knar te Harderwijk	5.355	2.678
Marina Stavoren te Stavoren	11.741	5.870

Compagniehaven te Enkhuizen	8.218	4.109
Jachthaven Horst te Ermelo	7.242	3.621
Jachthaven 'It Soal' te Workum	5.282	2.641
Flevo Marina te Lelystad	10.200	5.100

### Opmerkingen

In het onderzoek is een aantal zaken niet opgenomen, hoewel daar wel kosten uit voort (kunnen) vloeien.

Als eerste valt te noemen de doorvaarthoogte van bruggen en de diepte van vaarwegen in de omgeving van de jachthavens. Door peilaanpassing kunnen havens moeilijker bereikbaar worden. Als voorbeeld noemen wij de kritieke doorvaarthoogte van de spoorbrug nabij Huizen, een peilverhoging van 0,20 m heeft daar al negatieve consequenties.

Uit gesprekken met havenmeesters kwam naar voren dat de eigenaren van grote diepstekende jachten de meest welkome klanten zijn in jachthavens, gezien hun bestedingspatroon. Deze klanten zijn echter ook kritisch en mobiel. Havenmeesters wijzen op het verlies van klanten bij peilverlaging op het IJsselmeer, doordat het bevaarbaar oppervlak kleiner wordt en ondieptes en drempels bij havens een last worden.

Door peilverhoging zal de veiligheid afnemen en het schaderisico bij extreme waterstanden toenemen. De te verwachten schadeclaims voor een verhoogd schaderisico bij vooral de peilvarianten 0,40-NAP en 0,00 NAP zijn niet in dit onderzoek meegenomen.

In historische havens komen specifieke maatregelen naar voren. De kade en bebouwing verdragen geen grote peilaanpassingen. Dit houdt in dat bij de uiterste peilvarianten een sluis noodzakelijk is. De kosten voor een sluis bedragen ca. 15 tot 20 miljoen.

Wij gaan er vanuit dat dergelijke ingrepen binnen een ander kader van het WINBOS meegenomen worden. De hieruit voortvloeiende maatregelen voor de jachthavens zijn wel in onderzoek betrokken. In bijvoorbeeld Medemblik zullen bij dit scenario circa 840 ligplaatsen achter de sluis komen te liggen. Iets wat voor de gemiddelde watersporter niet acceptabel is in verband met wachttijden voor de sluis en gebondenheid.

Als compenserende maatregel zou hier uitgegaan moeten worden van de aanleg van een buitendijkse jachthaven. Een deel van de ligplaatshouders zal achter de sluis willen blijven liggen. Wanneer voor een buitendijkse jachthaven van ca. 600 ligplaatsen wordt gekozen is een investering van ca. 12 miljoen gulden nodig.

Dezelfde problemen zijn te verwachten bij havens als bijvoorbeeld Enkhuizen, Hoorn en Spakenburg.

De historische havens als Medemblik en Enkhuizen zullen bij peilverhoging en de daar mee aan te brengen sluisen, minder toegankelijk worden. Dit zal consequenties hebben voor middenstand en jachthavens. Deze en bovengenoemde economische aspecten zijn niet in het onderzoek betrokken.

Daarnaast komt het vaak voor dat er recreatiecomplexen zijn waarin jachthavens, camping, bungalows, stranden en dergelijke gecombineerd zijn. In dit onderzoek zijn alleen de consequenties voor het onderdeel jachthavens en haventerreinen opgenomen. De naastgelegen campings, bungalows en stranden zullen zeker schade ondervinden, met name bij de peilvarianten 0,40+ NAP en 0,60+ NAP.

### Eindconclusie

De tabellen uit het vorige hoofdstuk kunnen vervolgens omgerekend worden naar een eindmatrix. Deze matrix bevat de gemiddelde investeringen per ligplaats bij elk streefpeil.

De verhouding tussen vaste en drijvende steigers en de verhoudingen van aantal ligplaatsen per havengrootte, is voor deze matrix mede bepalend geweest en percentagegewijs doorgerekend.

Tabel B3.6: Gemiddelde kosten compenserende maatregelen per ligplaats bij diverse streefpeilen

	-0,60 NAP	-0,40 NAP	0,00 NAP	+0,20 NAP	+0,40 NAP	+0,60 NAP
Investerings	2.495	105	2.078	8.317	13.067	14.998
Baggerkosten	6.851	3.426	-	-	-	-
<b>Totaal</b>	<b>9.346</b>	<b>3.531</b>	<b>2.078</b>	<b>8.317</b>	<b>13.067</b>	<b>14.998</b>

Uitgaande van een totaal aantal ligplaatsen rond het IJsselmeer en de Randmeren van circa 30.000 stuks zijn de gemiddelde totale kosten te berekenen.

Tabel B3.7: Totale kosten compenserende maatregelen voor circa 30.000 ligplaatsen (getallen in miljoenen gulden)

	-0,60 NAP	-0,40 NAP	0,00 NAP	+0,20 NAP	+0,40 NAP	+0,60 NAP
<b>Investerings</b>	<b>75</b>	<b>3</b>	<b>62</b>	<b>249</b>	<b>392</b>	<b>450</b>
<b>Baggerkosten</b>	<b>204</b>	<b>104</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Totaal</b>	<b>279</b>	<b>107</b>	<b>62</b>	<b>249</b>	<b>392</b>	<b>450</b>

De genoemde prijzen zijn exclusief voorbereiding en toezicht-en directiekosten (ca. 15 %) en exclusief B.T.W.



## Bijlage 4: Koelwater

### Inleiding

In overleg met de sector (Sep) is enkele jaren geleden besloten tot de bouw van een nieuw, relatief simpel, model om de gevolgen van ingrepen in de waterhuishouding op de elektriciteitsproductie te kunnen bepalen. Dit model verschaft inzicht in de gevolgen van het waterbeheer voor de elektriciteitssector, uitgedrukt in "potentiële koelcapaciteit" en "additionele kosten voor waterhuishoudkundige maatregelen". Onder potentiële koelcapaciteit wordt hier verstaan, de voor ontvangst van koelwaterlozingen maximaal beschikbare capaciteit waarbij nog aan de vigerende koelwaternormen kan worden voldaan. De potentiële koelcapaciteit wordt uitgedrukt in MW.

Additionele kosten bij elektriciteitsopwekking zijn de extra kosten die ontstaan wanneer ten gevolge van het vigerende waterbeleid, doorgaans plaatselijk, over onvoldoende koelcapaciteit kan worden beschikt om een gewenste hoeveelheid elektriciteit te kunnen produceren. De productie moet dan al of niet gedeeltelijk elders plaatsvinden en de betreffende centrale kan mogelijk minder efficiënt worden ingezet. Additionele kosten worden uitgedrukt in duizenden gulden en volgen uit de berekende beschikbare potentiële koelcapaciteit, het centralevermogen en door de Sep geleverde reprofuncties (additionele kosten versus warmtelozing).

Op de volgende pagina's volgt een beknopte beschrijving van de in het model gebruikte berekeningswijzen, randvoorwaarden en uitgangspunten.

### Implementatie van de koelwaternormen

De in het model geïmplementeerde koelwaternormenset bestaat uit een drietal door de gebruiker op te geven waarden, te weten,

- een norm met betrekking tot de maximaal toegestane temperatuur binnen het gehele koelwatercircuit van de centrale,
- een norm met betrekking tot de maximaal toegestane opwarming ten gevolge van koelwaterlozingen en
- een norm met betrekking tot de maximaal toegestane temperatuursprong over de condensor.

Er wordt altijd getoetst aan de norm met betrekking tot de maximaal toegestane opwarming ten gevolge van koelwaterlozing, de huidige "3 graden norm". De overige normen zijn optioneel.

### Het voor koelwater(lozingen) beschikbare debiet

Het voor koelwater beschikbare debiet wordt met behulp van het Distributiemodel (DM) bepaald. Het Distributiemodel beschrijft op landelijk nivo de waterbeweging in het oppervlaktewaterwegenstelsel en de onverzadigde grondwaterzone.

Ten behoeve van de berekening van de waterbeweging is het waterhuishoudkundig (hoofd)systeem geschematiseerd in een netwerk van "segmenten" en "takken".

Segmenten zijn de geografische rekeneenheden en representeren rivieren, kanalen en meren, dan wel delen hiervan. "Takken" vormen de begrenzing van segmenten en maken transport van water tussen segmenten mogelijk. Als zodanig geven zij samenvloeiingen en splitsingen van waterlopen weer.

Warmtelozingen worden in het elektriciteitsmodel gekoppeld aan locaties op de rand van, dan wel binnen, de segmenten. Met betrekking tot de grensoverschrijdende debieten wordt een, op te geven, opwarming boven de "natuurlijke" temperatuur verondersteld.

### Het elektrisch rendement van centrales

Het elektrisch centralerendement wordt in het model per tijdstap bepaald en is afhankelijk van door de gebruiker opgegeven rendementen en typen van opgestelde eenheden. Het in de berekeningen gebruikte rendement is het naar ratio van vermogen gewogen gemiddelde van de rendementen per opgestelde eenheid. Met betrekking tot eenheden waarop warmte-kracht koppeling van toepassing is wordt ervan uitgegaan dat gedurende de (opgegeven) zomerperiode geen nuttige afname van restwarmte plaatsvindt en dientengevolge een lager (opgegeven) rendement van toepassing is.

### Maximaal mogelijke warmtelozing en invloed van bovenstroomse warmtelozingen

De op een specifieke locatie maximaal mogelijke warmtelozing, of potentiële koelcapaciteit, is ondermeer afhankelijk van de opwarming (en temperatuur) van het voor koeling beschikbare debiet en daarmee van warmtelozingen in het bovenstroomse deel van het netwerk.

Om deze invloed te bepalen wordt het netwerk vanaf het meest bovenstroomse "waterleverende" segment tot aan de te beschouwen locatie doorgerekend met betrekking tot opwarming en afkoeling. Daar waar sprake is van een warmtelozing wordt de omvang van deze lozing verondersteld te volgen uit het minimum van

- de lozing mogelijk rekening houdend met de vigerende temperatuurnormen en,
- de, gegeven het centralevermogen en rendement, maximaal mogelijk lozing.

Hiervan kan worden afgeweken indien de betreffende centrale over een koeltoren beschikt. Kan in dit geval niet voldoende koelcapaciteit uit het langstromend debiet worden verkregen, dan wordt de warmtelozing op nul gesteld (koeltoren in werking). Dit impliceert dat voor centrales die beschikken over een koeltoren nooit additionele kosten zullen worden berekend, immers onder alle omstandigheden wordt voldoende koelcapaciteit beschikbaar verondersteld.

De ten gevolge van een warmtelozing optredende temperatuurverhoging van het langstromend debiet, "dT" (K) volgt uit,

$$dT = W / ( Q * \rho * c )$$

waarin :

W : de warmtelozing (J/s)  
Q : het koelwaterdebiet (M<sup>3</sup>/s)  
 $\rho$  : de soortelijke dichtheid van water (1000 kg./M<sup>3</sup>)  
c : de soortelijke warmte van water (4.2 J/kg.K)

Afkoeling wordt per segment berekend en binnen de segmenten,

- vanaf het begin van het segment tot aan de eerste locatie van een warmtelozing,
- tussen twee warmtelozingen en
- vanaf de laatste warmtelozing binnen dat segment tot aan het einde ervan.

Vindt geen warmtelozing plaats dan wordt afkoeling uiteraard berekend tussen begin en eind van het betreffende segment.

Bij de berekening van afkoeling worden een tweetal aannames gedaan,

- binnen elk segment, of deel daarvan, wordt volledige menging over het dwarsprofiel verondersteld.
- de verdeling van het segmentoppervlak wordt evenredig over de gehele lengte verondersteld.

De na afkoeling over een bepaald traject resterende opwarming "T<sub>e</sub>" volgt uit

$$T_e = T_b - e^{-A * F / ( Q * \rho * c )}$$

waarin :

T<sub>e</sub> : de opwarming (K)  
T<sub>b</sub> : de opwarming aan het begin van het traject (K).  
A : de warmteoverdrachtscoëfficiënt (42 J /m<sup>2</sup>.s.K )  
F : het oppervlak van het traject waar afkoeling plaatsvindt (m<sup>2</sup>)

De temperatuurverhoging ("T<sub>koel</sub>" in K) ten gevolge van een warmtelozing die is toegestaan bij handhaving van de vigerende koelwaternormen, is in het model afhankelijk van de set normen waarop wordt gecontroleerd.

Er is een tweetal sets beschikbaar die naar keuze kunnen worden ingezet,

- toetsing uitsluitend op de norm voor maximale opwarming t.o.v. de "natuurlijke" temperatuur (de huidige "3 graden" norm), of
- deze toetsing in combinatie met de norm voor maximale temperatuur binnen het gehele koelcircuit (de huidige "30 graden" norm). De absolute watertemperatuur gaat dan in de berekening een rol spelen.

In het eerste geval volgt de maximale verhoging uit,

$$T_{\text{koel}} = \text{maximum} ( 0., T_{\text{norm}} - T_{\text{rest}} + T_{\text{D}} )$$

waarin :

$T_{\text{norm}}$  : de norm voor maximaal toegestane opwarming t.o.v. de achtergrondtemperatuur in K

$T_{\text{rest}}$  : de opwarming t.o.v. de natuurlijke temperatuur tot op de locatie van de lozing in K

$T_{\text{D}}$  : de afkoeling tussen de locatie van de lozing en de locatie waar  $T_{\text{norm}}$  wordt getoetst in K

Wordt ook getoetst aan de maximaal toegestane temperatuur binnen het gehele koelcircuit, dan volgt de maximaal mogelijke verhoging uit,

$$T_{\text{koel}} = \text{minimum} ( \text{maximum} ( 0, T_{\text{norm}} - T_{\text{rest}} + T_{\text{D}} ) , \text{maximum} ( 0, T_{\text{max\_circuit}} - T_{\text{centrale}} ) )$$

waarin :

$T_{\text{max\_circuit}}$  : de norm met betrekking tot de toegestane absolute watertemperatuur binnen het gehele koelcircuit in K

$T_{\text{centrale}}$  : de absolute watertemperatuur van het langsgestroomd debiet direct voor de lozing in K

De potentiële koelcapaciteit " $C_{\text{pot}}$ " in MW volgt dan uit,

$$C_{\text{pot}} = T_{\text{Excess}} * \rho * c * Q$$

Gegeven het elektrisch centralevermogen in MW en centrale rendement, volgt het bijbehorend vermogen " $C_{\text{prod}}$ " uit :

$$C_{\text{prod}} = C_{\text{pot}} / \text{fractie} * R_{\text{elec}} / (1. - R_{\text{elec}})$$

waarin :

$R_{\text{elec}}$  : het elektrisch rendement van de centrale als fractie ( 0. tot 1.)

fractie : de fractie van de totale warmteafvoer naar het water, in het model 0.95.  
(5% verlies richting lucht.)

Omdat meer potentiële koelcapaciteit beschikbaar kan zijn dan bij maximaal vermogen benodigd is, dient het aldus berekende productievermogen te worden vergeleken met het geïnstalleerd vermogen. Het uiteindelijk opgewekt vermogen volgt dan uit,

$$C_{\text{prod}} = \text{minimum} ( C_{\text{prod}} , C_{\text{cap}} )$$

waarin :

$C_{\text{cap}}$  : het maximaal elektrisch vermogen van de centrale (MW).

### **Opwarming aan de grens van het geschematiseerde netwerk.**

Op de (bovenstroomse) randen van het, aan een berekening met het model ten grondslag liggende, PAWN netwerk wordt een, door de gebruiker op te geven opwarming boven de natuurlijke achtergrondtemperatuur verondersteld.

Uit door de Rand corporation ten behoeve van het model EPRAC uitgevoerde studies zijn met betrekking tot een tweetal locaties relaties tussen dit (grensoverschrijdend) debiet en de bijbehorende opwarming bekend (Rand note volume XV, blz. 35). Het betreft de locaties Lobith (Rijn) en Eysden (Maas). In het onderhavige model zijn deze relaties overgenomen.

Opgemerkt dient te worden dat de betreffende relaties gelden bij een opwarming van 3 K, de vigerende norm. Omdat ook met andere normen moet kunnen worden gerekend is in de bedoelde relaties een lineair verband verondersteld tussen de resultaten bij de 3 K en andere op te geven normen.

Voor Lobith luidt de relatie derhalve,

$$T_{\text{grens}} = \text{minimum} ( T_{\text{norm}} , T_{\text{norm}} / 3 \cdot 4500. / Q_{\text{Lobith}} )$$

waarin :

$T_{\text{grens}}$  : de opgegeven opwarming voor grensoverschrijdend debiet in K  
 $T_{\text{norm}}$  : de norm voor maximaal toegestane opwarming t.o.v. de achtergrondtemperatuur in K  
 $Q_{\text{Lobith}}$  : Het grensoverschrijdend debiet bij Lobith in m<sup>3</sup>/s

De relatie voor Eysden luidt,

$$T_{\text{grens}} = \text{minimum} ( T_{\text{norm}} , T_{\text{norm}}/3 \cdot ( 1.042 \cdot \ln ( 1778./ Q_{\text{Eysden}} ) ) )$$

waarin :

$Q_{\text{Eysden}}$  : Het grensoverschrijdend debiet bij Eysden in m<sup>3</sup>/s

Met betrekking tot de overige in de PAWN schematisatie opgenomen locaties met grensoverschrijdend debiet (de Roer, Niers, Swalm en Vecht (Overijssel) ), wordt de opgegeven opwarming verondersteld.

### **Absolute watertemperaturen**

In het model wordt zoveel mogelijk gerekend met opwarming. Er worden echter ook absolute watertemperaturen bepaald. Dit is nodig voor het uitvoeren van een toetsing aan de temperatuurnorm met betrekking tot de maximale watertemperatuur binnen het gehele centrale koelwatercircuit. De absolute watertemperatuur in de eerste tijdstap wordt door de gebruiker per netwerksegment opgegeven en volgt daarna uit "het gemiddelde (gemeten) temperatuurverloop", de berekende opwarming door warmtelozing en de berekende afkoeling .

Het is overigens zo dat beschouwd vanuit een centrale ook in de eerste tijdstap alleen de initiële watertemperatuur van de meest bovenstrooms gelegen, waterleverende segmenten in de berekening wordt gebruikt. De watertemperatuur van de tussen deze segmenten en de centralelocatie gelegen segmenten volgt uit het naar ratio van debieten gewogen gemiddelde van de voor deze segmenten waterleverende segmenten.

Het hierboven genoemde "gemiddelde temperatuurverloop" is als tijdreeks in de invoer van het model opgenomen en geeft het temperatuurverloop per tijdstap t.o.v. de eerste tijdstap weer. Een en ander is afgeleid uit de 6 uren AQUAlarm bemonstering op de (grens)locaties Eysden en Lobith over de periode 1989 t/m augustus 1996.

## Kosten

Additionele kosten voor de opwekking van elektriciteit ten gevolge van het gevoerde waterbeheer worden bepaald,

- per centrale per tijdstap en
- per (WSV) watersysteem cumulatief over de gehele berekeningsperiode .

Voorwaarde hierbij is dat per centrale en per watersysteem een reprofunctie ("kostencurve") beschikbaar moet zijn. In kostencurves zijn de optredende additionele kosten uitgezet tegen de toegestane warmtelozing . Additionele kosten treden op indien een centrale niet over voldoende koelcapaciteit kan beschikken om op het gewenste (momenteel vol) vermogen te kunnen produceren.

Hierbij geldt dat,

- indien voor een specifieke centrale geen kostencurve beschikbaar is deze nihil worden verondersteld, tenzij
- binnen het watersysteem waarin de centrale gelegen is meer dan één centrale niet over voldoende koelcapaciteit kan beschikken en er voor het watersysteem wel een kostencurve beschikbaar is.

Is dit laatste het geval , dan wordt voor **alle** centrales binnen dat watersysteem de voor het watersysteem geldende kostencurve gebruikt.

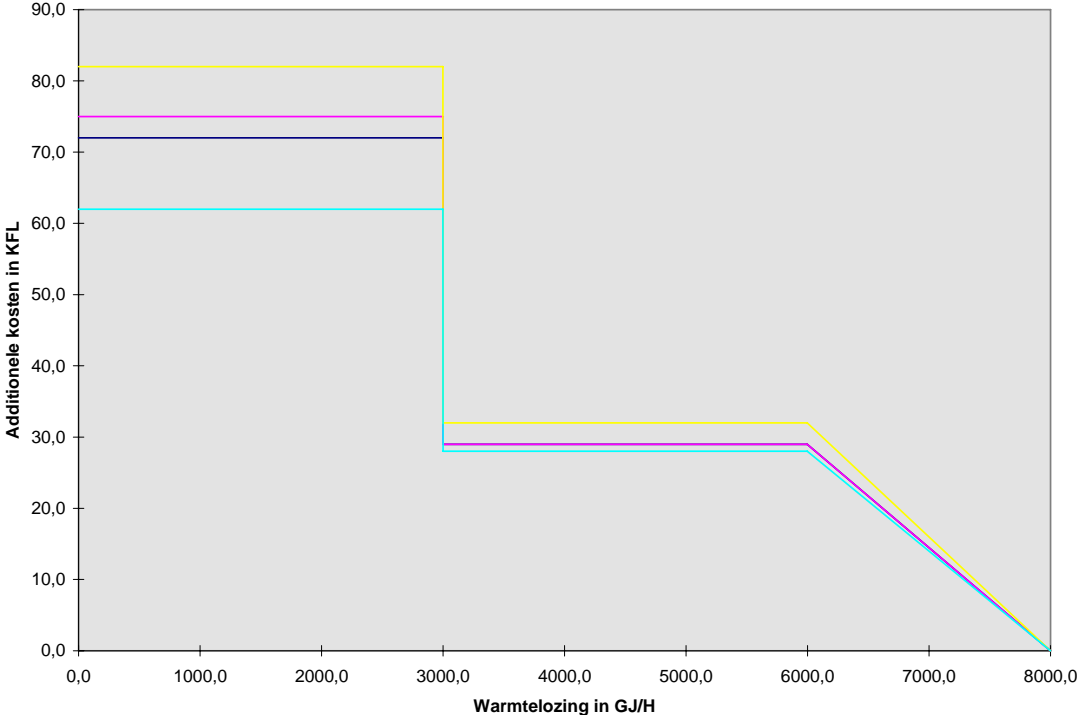
Reden hiervoor is dat bij "stremming" van meer dan één centrale binnen hetzelfde watersysteem de additionele kosten hiervan niet volgen uit de som van de additionele kosten van de afzonderlijke centrales, maar een min of meer exponentieel verloop vertonen. Dit wordt ondermeer veroorzaakt doordat naarmate meer centrales niet optimaal kunnen produceren er steeds minder "uitwijkmogelijkheden" naar andere centrales beschikbaar zijn.

Door de Sep zijn voor een beperkt aantal centrales en watersystemen dergelijke functies vastgelegd Het betreft de centrales "Maasbracht", "Nijmegen", "Harculo", de Amercentrale, "Hemweg", "Velsen", "Doodewaard" en "Utrecht" en de watersystemen "Rijn" en "Noordzeekanaal". De kostenfuncties zijn navolgend opgenomen.

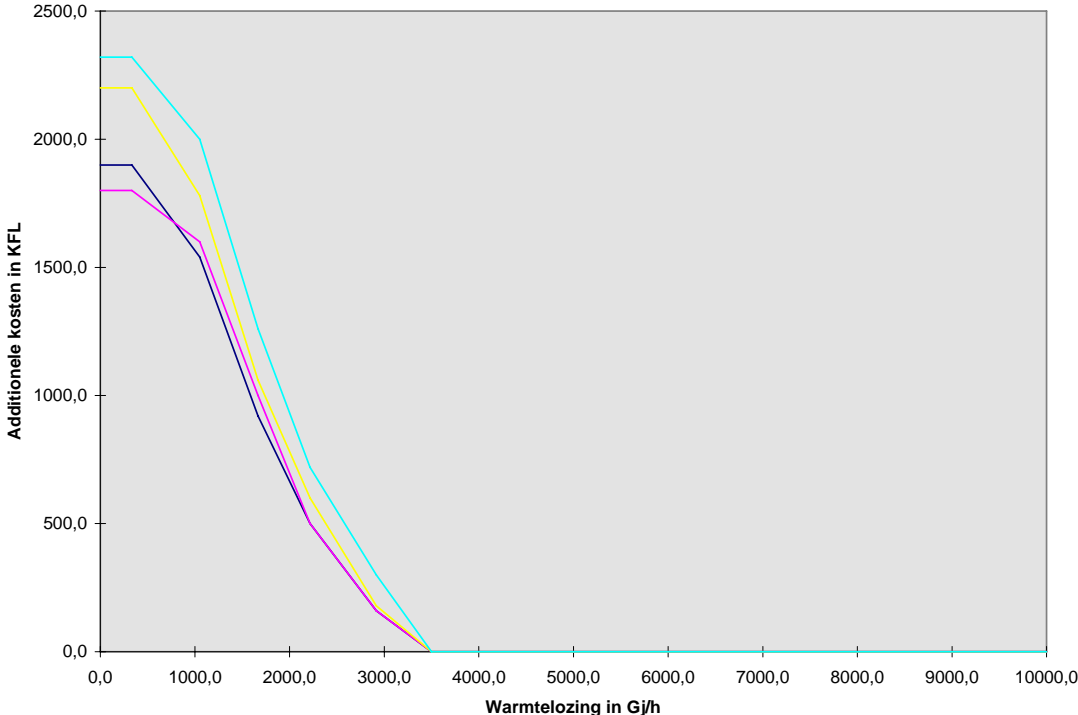
De per watersysteem over de gehele berekeningsperiode weergegeven kosten zijn een sommatie van de aldus bepaalde additionele kosten per tijdstap.

# De Sep kostencurves

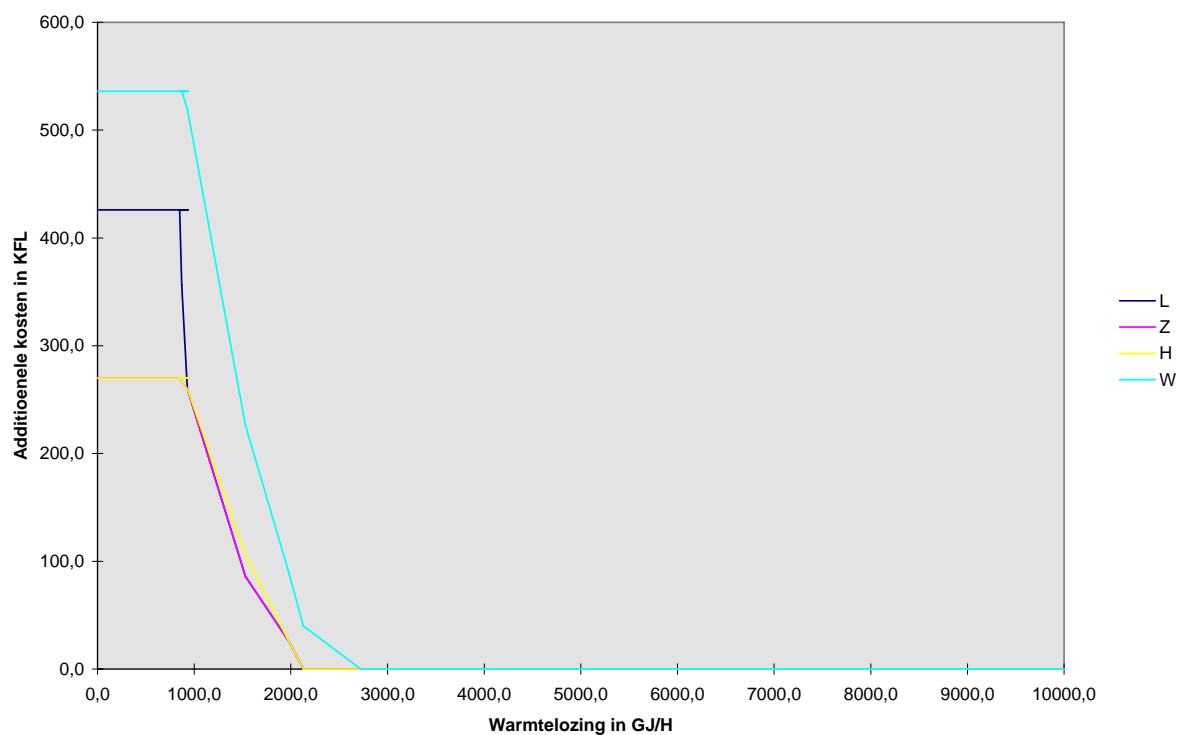
Claus centrale



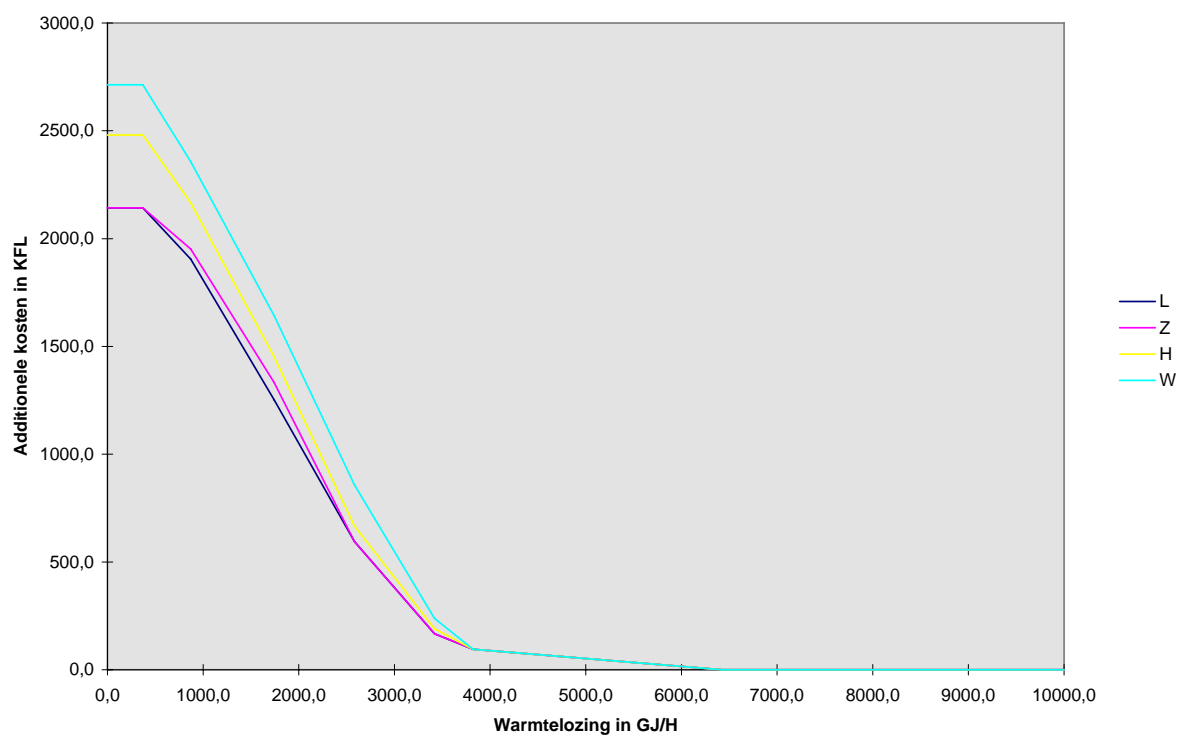
Gelderland



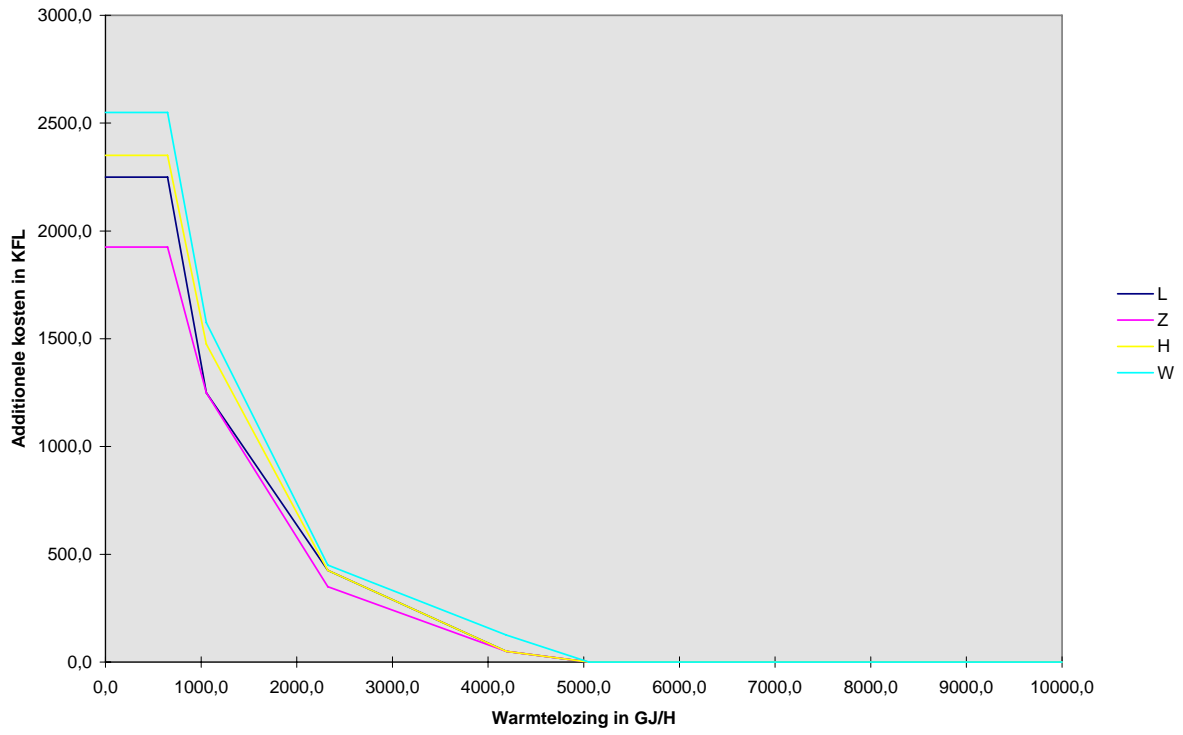
### Harculo



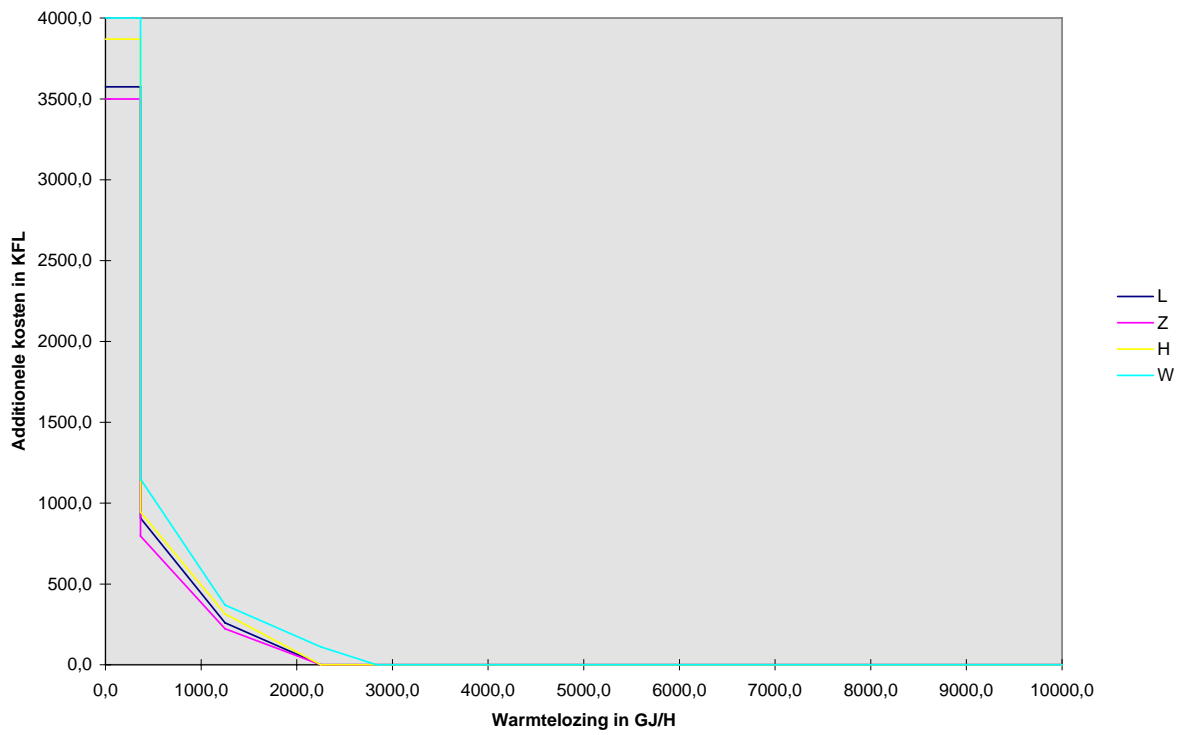
### Amer



### Hemweg



### Velsen





### Doodewaard



### Lage Weide / Merwedekanaal

