

# Concept

Opdrachtgever:

CURNET

namens de BSIK-programma's Klimaat voor  
Ruimte, Leven met Water en Habiforum

## Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting

Routeplanner deelproject 1

rapport

juni 2006

Opdrachtgever:

CURNET

namens de BSIK-programma's Klimaat voor  
Ruimte, Leven met Water en Habiforum

## Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting

Routeplanner deelproject 1

Jaap Kwadijk (WL), Frans Klijn (WL) en Michiel van Drunen  
(IVM),

Met bijdragen van:

Dolf de Groot (WAU), Geert Teisman (EUR), Paul Opdam  
(Alterra) en Nathalie Asselman (WL)

juni 2006

## Inhoud

<b>Samenvatting.....</b>	<b>i</b>
<b>1 Inleiding.....</b>	<b>1—1</b>
1.1 Achtergrond.....	1—1
1.2 De nulmeting van de klimaatbestendigheid van Nederland.....	1—2
1.3 Werkwijze.....	1—3
1.4 Bestendig voor welke toekomst?.....	1—4
1.4.1 Verwachte klimaatverandering.....	1—4
1.4.2 Socio-economische scenario's.....	1—6
1.5 Waarom klimaatbestendiger maken?.....	1—8
1.6 Opzet van dit rapport.....	1—8
Intermezzo: Klimaatadaptatie elders in Europa.....	1—10
Europees beleid.....	1—10
Verenigd Koninkrijk.....	1—11
Denemarken.....	1—12
Finland.....	1—12
Reflectie: enkele opmerkelijkheden.....	1—14
<b>2 Klimaatbestendigheid.....</b>	<b>2—1</b>
2.1 Werkdefinitie.....	2—1
2.1.1 Systemgrenzen, ruimteschaal en sector.....	2—1
2.2 Robuustheid.....	2—2
2.3 Flexibiliteit.....	2—2
2.4 Verband tussen robuustheid en flexibiliteit.....	2—3
2.5 Het meten van robuustheid en flexibiliteit.....	2—3

2.5.1	Robuustheid .....	2—3
2.5.2	Flexibiliteit.....	2—4
2.6	Hoe adapteren in de praktijk? .....	2—5
2.7	De gevolgde aanpak (de meetmethode).....	2—5
<b>3</b>	<b>Gevolgen van klimaatverandering .....</b>	<b>3—1</b>
3.1	Inleiding.....	3—1
3.2	Veiligheid tegen overstromen .....	3—2
3.2.1	Klimaatfactoren .....	3—2
3.2.2	Gevolgen.....	3—2
3.2.3	Relatieve belangrijkheid .....	3—3
3.3	Volksgezondheid.....	3—4
3.3.1	Klimaatfactoren .....	3—4
3.3.2	Gevolgen.....	3—4
3.3.3	Relatieve belangrijkheid .....	3—6
3.4	Algemene (nuts)voorzieningen.....	3—6
3.4.1	Energievoorziening.....	3—6
3.4.1.1	Klimaatfactoren .....	3—6
3.4.1.2	Gevolgen.....	3—6
3.4.1.3	Relatieve belangrijkheid .....	3—7
3.4.2	Drinkwatervoorziening.....	3—8
3.4.2.1	Klimaatfactoren .....	3—8
3.4.2.2	Gevolgen.....	3—8
3.4.2.3	Relatieve belangrijkheid .....	3—9
3.4.3	(Overige) infrastructuur en bebouwde omgeving .....	3—9
3.4.3.1	Klimaatfactoren .....	3—9
3.4.3.2	Gevolgen.....	3—9

3.5	Natuur .....	3—11
3.5.1	Klimaatfactoren .....	3—11
3.5.2	Gevolgen.....	3—11
3.5.3	De relatieve belangrijkheid.....	3—16
3.6	Overige (publieke) effecten van wateroverlast en droogte .....	3—17
3.6.1	Klimaatfactoren (wateroverlast) .....	3—17
3.6.2	Gevolgen (wateroverlast).....	3—17
3.6.3	Relatieve belangrijkheid (wateroverlast) .....	3—18
3.6.4	Klimaatfactoren (droogte) .....	3—18
3.6.5	Gevolgen (droogte).....	3—18
3.6.6	Relatieve belangrijkheid (droogte) .....	3—21
3.7	(Private) economische sectoren .....	3—21
3.7.1	Bepaling van de relatieve belangrijkheid voor economische sectoren.....	3—21
3.7.2	Klimaatfactoren .....	3—23
3.7.3	Gevolgen voor de landbouwsector .....	3—24
3.7.4	Gevolgen voor de transportsector .....	3—26
3.7.5	Gevolgen voor de recreatiesector .....	3—27
3.7.6	Gevolgen voor het verzekeringswezen.....	3—28
3.7.7	Gevolgen voor overige diensten en industrie .....	3—28
<b>4</b>	<b>Nulmeting klimaatbestendigheid.....</b>	<b>4—1</b>
4.1	Inleiding.....	4—1
4.2	Veiligheid tegen overstromen .....	4—2
4.2.1	Robuustheid.....	4—2
4.2.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—3
4.2.3	Indicatoren .....	4—6
4.3	Volksgezondheid.....	4—6

4.3.1	Robuustheid .....	4—6
4.3.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—6
4.3.3	Indicatoren .....	4—7
4.4	Algemene (nuts)voorzieningen .....	4—7
4.4.1	Energievoorziening .....	4—7
4.4.1.1	Robuustheid .....	4—7
4.4.1.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—8
4.4.1.3	Indicatoren .....	4—8
4.4.2	Drinkwatervoorziening .....	4—8
4.4.2.1	Robuustheid .....	4—8
4.4.2.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—9
4.4.2.3	Indicatoren .....	4—9
4.4.3	Infrastructuur en bebouwde omgeving .....	4—9
4.4.3.1	Robuustheid .....	4—9
4.4.3.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—9
4.4.3.3	Indicatoren .....	4—10
4.5	Natuur .....	4—11
4.5.1	Robuustheid .....	4—11
4.5.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—11
4.5.3	Indicatoren .....	4—12
4.6	Overig waterbeheer inzake wateroverlast en droogte .....	4—12
4.6.1	Robuustheid inzake wateroverlast .....	4—12
4.6.2	Adaptatie(vermogen) inzake wateroverlast .....	4—14
4.6.2.1	Indicatoren .....	4—15
4.6.3	Robuustheid inzake droogte .....	4—15
4.6.4	Adaptatie(vermogen) inzake droogte .....	4—15

4.6.5	Indicatoren .....	4—16
4.7	Economische sectoren .....	4—16
4.7.1	Indicatoren voor alle economische sectoren .....	4—16
4.7.2	Landbouwsector .....	4—17
4.7.2.1	Robuustheid .....	4—17
4.7.2.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—17
4.7.3	Recreatie en toerisme .....	4—18
4.7.3.1	Robuustheid .....	4—18
4.7.3.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—18
4.7.4	Transportsector .....	4—18
4.7.4.1	Robuustheid .....	4—18
4.7.4.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—18
4.7.5	Verzekeringen .....	4—19
4.7.5.1	Robuustheid .....	4—19
4.7.5.2	Adaptatie(vermogen) .....	4—19
4.8	Samenvatting nulmeting .....	4—19
<b>5</b>	<b>Klimaatrobustheid in de toekomst .....</b>	<b>5—1</b>
5.1	Klimaatrobustheid tot 2050 .....	5—1
5.2	Een doorkijk naar de klimaatrobustheid van Nederland tot 2100 .....	5—3
<b>6</b>	<b>Klimaatadaptatie als opgave voor integraal ruimtelijk beleid: conclusies en discussie .....</b>	<b>6—1</b>
6.1	Terugblikkend .....	6—1
6.2	Vooraf water en natuur vragen om extra ruimte .....	6—1
6.3	Opgave voor de ruimtelijke ordening .....	6—2
6.4	Adequate adaptatie perspectiefrijk? Bestuurlijke aspecten .....	6—3
<b>7</b>	<b>Literatuur .....</b>	<b>7—1</b>

## Samenvatting

In dit rapport is voor het eerst getracht op een systematische wijze de vraag te beantwoorden hoe bestendig Nederland is tegen klimaatverandering – en tegen de daarmee gepaard gaande zeespiegelstijging. Daarbij zijn de recent gepubliceerde klimaatscenario's van het KNMI voor 2050 gebruikt, alsmede vier sociaal-economische scenario's met een zichttijd tot 2040. Wat het klimaat betreft ziet het er naar uit dat dit in Nederland gaat lijken op het klimaat zoals dat momenteel heerst in Zuidwest-Frankrijk.

Klimaatbestendigheid is een nieuwe term. Daarom is eerst een werkdefinitie gegeven van wat we in dit rapport met klimaatbestendigheid bedoelen (hoofdstuk 2). De term klimaatbestendigheid kan worden omschreven als:

- bestendigheid gegeven de variabiliteit van relevante klimaatsfactoren in het huidige klimaat: robuustheid, en
- bestendigheid tegen (een trendmatige) verandering van het klimaat over een langere periode: flexibiliteit.

Deze twee aspecten samen bepalen de klimaatbestendigheid. Ter toelichting:

1. Als een systeem/ sector op dit moment al erg robuust is kan dit/ deze vermoedelijk ook blijvend goed functioneren onder enigszins afwijkende klimaatsomstandigheden (zoals in Zuid-Frankrijk). Dan hoeft er verder niets te worden gedaan.
2. Is dit niet het geval, dan komt de vraag aan de orde of het systeem/de sector zo flexibel is dat dit/ deze gemakkelijk en in korte tijd kan worden aangepast. Als dat het geval is kan men relatief zorgeloos achterover zitten om te kijken hoe de omstandigheden zich ontwikkelen.
3. Als geen van beide het geval is, is er alle reden om zich te bezinnen en te anticiperen: óf het systeem/de sector robuuster maken, óf klaarstaan om op te schuiven met het veranderende klimaat. In deze gevallen is sprake van (de noodzaak tot) verdere adaptatie.

Uit diverse inter(nationale) bronnen is afgeleid dat – voor Nederland in het bijzonder – adaptatie aan klimaatverandering voor de volgende sectoren/ onderwerpen nodig zou kunnen zijn: veiligheid tegen overstromen; volksgezondheid; sommige algemene (nuts)voorzieningen (energievoorziening, drinkwatervoorziening, infrastructuur en bebouwing); natuur; wateroverlast en droogte; en een aantal economische sectoren: (landbouw, transport, recreatie, verzekeringen en overige diensten en industrie). Bij dit alles is met een schuin oog gekeken naar studies inzake adaptatiebeleid in andere landen, met name naar de risicobenadering zoals die in het Verenigd Koninkrijk wordt gevolgd.

Voor de genoemde sectoren/ onderwerpen zijn vervolgens de mogelijke gevolgen van klimaatveranderingen en zeespiegelstijging geschetst, met de nadruk op de directe effecten van klimaatsfactoren, omdat de kennis over indirecte effecten – zoals veranderingen van internationale marktverhoudingen, het op gang komen van bevolkingsstromen, etc. – op het moment onvoldoende is. Nieuw bij dit alles is dat een maat wordt gegeven voor de waarschijnlijkheid van de gevolgen voor de verschillende sectoren/ onderwerpen (hoofdstuk 3).



Bij de beschrijving van gevolgen per sector/ onderwerp is een stapsgewijze aanpak gevolgd:

1. Bepaling van waarschijnlijkheid, snelheid en omvang van de verandering van de relevante klimaatfactoren (op grond van de klimaatscenario's);
2. Bepaling van de belangrijkste directe gevolgen; waar mogelijk wordt een maat voor hun waarschijnlijkheid gegeven.
3. Bepaling van de bestendigheid: hoe kwetsbaar/ afhankelijk is de sector tegen/ van huidige (extreme) weerscondities
4. Bepaling van het aanpassingsvermogen van sectoren aan trendmatige veranderingen (vooral op grond van de snelheid en gemak waarmee een sector op veranderingen kan reageren als functie van bijvoorbeeld afschrijvingsduur van investeringen, flexibiliteit in aanvoerlijnen en productieproces).

Uit deze stappen volgt een oordeel over de relatieve belangrijkheid van klimaatverandering/ zeespiegelstijging voor de sector. Dit is beschreven in hoofdstuk 3.

Hierna volgt in de feitelijke nulmeting (hoofdstuk 4). Daarbij is voor alle sectoren/onderwerpen bepaald hoe robuust deze zijn, en hoe flexibel. In dat verband geven we kort aan waar het vigerend beleid op is gericht en hoe het wordt uitgevoerd. Waar mogelijk geven we de kans op falen van het systeem aan onder de huidige omstandigheden. In de tweede plaats wordt expliciet gemaakt in hoeverre klimaatverandering en zeespiegelstijging een plaats hebben gevonden in het beleid rond deze sectoren. De maat hiervoor is of deze factoren herkend en erkend zijn, en of er adaptatiebeleid voor is geformuleerd, c.q. budget voor is begroot. Hierbij gebruiken we de volgende schaal:

1. Beleid voor klimaatverandering is alleen onderwerp van studie bij universiteiten en onderzoeksinstellingen,
2. Klimaatverandering wordt genoemd als onderwerp in beleidsstukken,
3. Er wordt met klimaatscenario's rekening gehouden in verkennende lange-termijnstudies van de sector,
4. Het huidige beleid leidt tot extra klimaatbestendigheid en/of in het huidige beleid worden maatregelen voorgesteld om tot een grotere bestendigheid te komen;
5. Er zijn specifieke maatregelen genomen om de klimaatbestendigheid te vergroten.

Tenslotte doen we een voorstel voor één of meer indicatoren die het mogelijk maken de robuustheid vast te stellen op dit moment (nulmeting), alsook op momenten in de toekomst – of deze nu een voorspelde toekomst is, dan wel een gerealiseerde toekomst. Aldus kan men het succes van adaptatiebeleid meten (hoofdstuk 4).

De samenvatting van de relatieve belangrijkheid, de indicatoren en de stand van zaken op het gebied van adaptief beleid is weergegeven in 3 tabellen in paragraaf 4.8.

Uit de analyse is duidelijk geworden dat de meeste aandacht dient uit te gaan naar water, en met name naar veiligheid tegen overstromen. In deze sector is er tot nu toe ook de meeste aandacht voor de mogelijke gevolgen van de klimaatverandering. Ook inzake natuur wordt er relatief veel aandacht aan besteed.

In andere sectoren is er weinig tot geen aandacht voor klimaatverandering. Nu lijken deze sectoren – binnen de marges van de verwachte veranderingen – ook tamelijk onafhankelijk van klimaatomstandigheden, of ze zijn veel afhankelijker van demografische en economische ontwikkelingen (vergrijzing, globalisering, liberalisering, privatisering, hogere comforteisen, etc.). Dit komt ook al duidelijk tot uiting in de beschikbare documentatie. Hierdoor ontstaat er een zekere onevenwichtigheid ('bias') in aandacht voor de verschillende sectoren.

Opgemerkt moet worden dat indirecte effecten van klimaatverandering wel grote gevolgen kunnen hebben voor deze sectoren. Hierbij kan gedacht worden aan gevolgen van klimaatverandering elders in de wereld waardoor productie van voedsel gevaar loopt of economische ontwikkelingen gehinderd worden door overstromingen of droogtes. Dichter bij huis is een belangrijke vraag in hoeverre adaptief beleid op het gebied van water en veiligheid tegen overstromen beperkingen zal opleggen aan de activiteiten van bijvoorbeeld de sectoren infrastructuur en bouw. Dergelijke beperkingen zullen voornamelijk via de vraag naar ruimte en de invulling daarvan plaatsvinden.

De resultaten van de nulmeting staan toe een beeld te schetsen van de bestendigheid van Nederland tegen klimaatverandering uitgaande van de klimaatscenario's en sociaal-economische scenario's (paragraaf 5.1). De kernvraag daarbij is of Nederland zich in de loop van 40 jaar kan aanpassen aan omstandigheden zoals die nu in Zuidwest-Frankrijk heersen, met een zeespiegelstijging daarbovenop. En vervolgens of dat in de 50 jaar daarna zo door kan gaan.

Voor de situatie tot 2050 zijn de veranderingen voor de indicatoren in Tabel 5 1 aangegeven. Bij deze tabel wordt echter aangetekend dat deze zeer indicatief is. De methode zoals die is uiteengezet in hoofdstuk 4 biedt weliswaar houvast om een meer systematische analyse te doen van de klimaatbestendigheid van Nederland, maar dan moet deze wel worden getest en toegepast door terzakekundigen uit de sectoren zelf ('stakeholders'). Binnen het huidige project ontbrak daarvoor de tijd.

De resultaten suggereren nogmaals dat de belangrijkste ontwikkelingen betrekking hebben op de veiligheid tegen overstromingen. Verder lijken de klimaatveranderingen tot 2050 niet zodanig dat de verschillende sectoren hierop niet zouden kunnen anticiperen. Dit geldt met name voor die sectoren waar de afschrijvingstermijn van investeringen relatief kort is ten opzichte van de snelheid waarmee het klimaat verandert.

Een doorkijk naar de klimaatbestendigheid van Nederland na 2050 leert dat de kans op wateroverlast en risico's op overstromen in de winter verder zullen toenemen. De droogte in de zomer wordt intenser. Dit geldt ook voor de incidentele hevige buien in het zomer. Dezelfde sectoren als voor 2050 blijven de meest kwetsbare. Dit betekent dat continuering van adaptatiebeleid noodzakelijk zal zijn. Beleid dat op de korte termijn economisch het meest efficiënt (technische maatregelen) is kan dan ook op de lange termijn gemakkelijk leiden tot minder klimaatbestendigheid. Op de langere termijn zal de vraag naar ruimte een steeds grotere rol gaan spelen.

Twee sectoren vragen in het bijzonder ruimte om zich beter bestendig te maken tegen klimaatverandering en zeespiegelstijging. Dit zijn water (veiligheid tegen overstromen en regionale wateroverlast) en natuur. Om gebruik te kunnen maken van de voordelen die klimaatverandering kan bieden, zouden er ook additionele ruimteclaims kunnen gaan komen vanuit de recreatiesector. Andere sectoren (wonen, werken en mobiliteit) vragen in de toekomst ook meer ruimte, maar de achtergrond van deze vraag is veeleer een toenemende economische ontwikkeling, en niet een klimaatverandering.

De opgave van de ruimtelijke ordening is om de vraag naar de ruimte vanuit de verschillende sectoren met elkaar in overeenstemming te brengen. Als we vanuit bestuurlijk oogpunt op dit punt de nulmeting maken dan kunnen we stellen dat de erkenning dat er meer ruimte moet worden gegeven aan water en dat Nederland zich moet voorbereiden op klimaatverandering uitzonderlijk snel is gegaan. Er is in intentionele zin met andere woorden een grote bereidheid tot adaptiviteit. Dat weerhoudt velen er in de praktijk van alledag evenwel niet van om maatregelen die echt pijn doen nog even uit te stellen. De weerstand tegen verandering neemt over het algemeen toe naarmate de *'sense of urgency'* geringer is en naarmate het onduidelijker is wiens probleem het niet inspelen op de verandering nu eigenlijk is. Juist bij klimaatverandering is dit het geval:

- Het gaat het om hele lange termijnveranderingen, die niet urgent lijken in de dagelijkse strijd van het openbaar bestuur.
- Ook spelen klimaatveranderingen op diverse schaalniveaus gelijktijdig, waardoor geen van de bestuurlijke schaalniveaus in staat is om zelfstandig een adequate respons te ontwikkelen.
- klimaatveranderingen kunnen effecten hebben die vrijwel onmogelijk onder ogen gezien kunnen worden.
- Tenslotte: klimaatverandering is een gewichtig collectief probleem, maar laat mijn buurman het maar oplossen.

Het klimaatbestendig maken van Nederland is geen doel op zich zijn, maar een voorwaarde voor economische groei en kwaliteit van leven. Concrete maatregelen die op deze ambities een inbreuk maken kunnen dus rekenen op weerstand.

Vandaar ook dat we kunnen stellen dat de huidige mogelijkheden om Nederland klimaatbestendig te maken in termen van aanvangscondities (bewustzijn en hoge plaats op de agenda) gunstig zijn, maar dat voorstellen die echt pijn doen op grote weerstand zullen stuiten. Een vertrouwenwekkende overheidsrespons op klimaatverandering kan de sociaal-economische schade sterk beperken. In dat licht dient de vraag zich aan wat de overheid doet en kan doen om – gelijkopgaand met feitelijke veranderingen in het klimaat – offensieve en vooral ook innovatieve manieren te ontwikkelen om met klimaatverandering om te gaan door de positieve kanten ervan te benadrukken en aldus de robuustheid van Nederland te verhogen.

# I Inleiding

## I.1 Achtergrond

Het klimaat verandert door menselijk ingrijpen (IPCC, 2001). De uitstoot van broeikasgassen is sinds de industriële revolutie sterk toegenomen en dit heeft gevolgen voor de temperatuur op aarde. De aarde is sinds het begin van de industriële revolutie 0,8 graden warmer geworden. Sinds 1970 is er sprake van een nagenoeg continue stijging van de wereldwijde temperatuur. Als er niets wordt gedaan, verwacht het IPCC deze eeuw een verdere temperatuurstijging tussen 1,4 en 5,8 graden Celcius.

Een tweede verandering is de stijging van de zeespiegel. De zeespiegel is in de afgelopen eeuw ongeveer 20 cm gestegen ( $1,8 \pm 0,3$  mm/jaar). Deze trend zal zich doorzetten. Uit de meest recente simulaties die voor het IPCC gemaakt zijn, blijkt dat bij een temperatuurstijging van 4 graden in het jaar 2100 de zeespiegel gemiddeld tussen de 30 cm en 66 cm hoger zal zijn dan in 1990.

Met de temperatuur veranderen ook de neerslag en de verdamping. De trend is dat zowel de verdamping als de neerslag wereldwijd zullen toenemen. Onzeker is echter de precieze geografische verdeling van de veranderingen, er zullen gebieden en seizoenen zijn die natter worden maar ook gebieden die droger worden. Ook de mate van met name de neerslagverandering is onzeker.

Voor Nederland heeft klimaatverandering belangrijke gevolgen. Nederland is door zijn ligging in de delta aan de kust vooral gevoelig voor stijging van de zeespiegel. Hierbij komt dat de bodem in West-Nederland daalt, hetgeen Nederland extra gevoelig maakt voor deze trend.

Verder wordt verwacht dat enerzijds een toename van extreme regenval vaker zal leiden tot wateroverlast (vooral in de winter) in de stedelijke en landelijke gebieden, anderzijds de kans op aanhoudende droogtes eveneens toeneemt.

De klimaatontwikkelingen betekenen een toename in de extremen van rivierafvoeren. Met de verhoging van de regenval neemt de afvoer van de Maas in de winter toe. Voor de Rijn wordt dit versterkt door de temperatuurstijging die leidt tot snellere afsmelting van de wintersneeuw in de Alpen en daarmee bijdraagt aan een verdere vergroting van de winterafvoer. In het winterhalfjaar is de afvoer toch al groot wat betekent dat de kans op hoogwater toeneemt. Tegelijkertijd neemt de gemiddelde afvoer in de zomer af door de vergroting van de verdamping. Behalve hoogwaters zullen er ook frequentere en langere laagwaterperiodes zijn.

Met de afspraken in Kyoto is een eerste stap gezet om de uitstoot van broeikasgassen te beperken. Met deze beperking wordt getracht de snelheid waarmee het klimaat verandert te beperken. Zelfs bij forse reducties van de uitstoot zal de opwarming van de atmosfeer nog decennialang doorgaan en de zeespiegel stijgen. Dit betekent dat er beleid moet worden ontwikkeld om Nederland klimaatbestendig(er) te maken.

De ministeries van VROM, LNV, V&W en EZ en de BSIK-programma's Klimaat voor Ruimte (KvR), Leven met Water (LmW) en Habiforum/Vernieuwend Ruimtegebruik (Habiforum) zijn in 2005 gezamenlijk gestart met het geven van een impuls aan het klimaatbestendig maken van Nederland. De genoemde ministeries en Algemene Zaken (AZ) hebben, in nauwe samenwerking met de genoemde BSIK-programma's, het Nationaal Programma 'Adaptatie Ruimte en Klimaat' (ARK) geformuleerd. Het doel van het ARK is het klimaatbestendiger maken van Nederland. Dat betekent dat de Nederlandse ruimte zodanig wordt ingericht dat de effecten van klimaatverandering "aanvaardbaar" zijn; uitsluiten kunnen we ze tenslotte niet.

Kernvragen die binnen het programma beantwoord zullen worden zijn:

- Wat is de aard en omvang van reeds waarneembare en te verwachten effecten van klimaatverandering voor verschillende thema's en sectoren?
- Welke ruimtelijke vraagstukken levert dat op?
- Op welke wijze kunnen deze ruimtelijke vraagstukken worden aangepakt?
- Tegen welke dilemma's (technisch, bestuurlijk, economisch, sociaal) lopen we aan bij het oplossen van deze ruimtelijke vraagstukken?

Het 'Adaptatieprogramma Ruimte en Klimaat' wordt inhoudelijk gevoed vanuit de drie BSIK programma's 'Klimaat voor Ruimte', 'Leven met Water' en 'Habiforum', en met kennis die beschikbaar is bij kennisinstellingen (planbureaus, KNMI, TNO, specialistische diensten van V&W, etc.). Daarbij zullen de wetenschappelijke inzichten over de aard en omvang van het vraagstuk en kennis over adaptatie worden verzorgd via het BSIK programma Klimaat voor Ruimte (KvR) en komt binnen de programma's Leven met Water (LmW) en Habiforum de nadruk vooral te liggen op het nadenken over innovatieve oplossingen en concrete regionale praktijkcases die getoetst kunnen worden aan hun klimaatbestendigheid. De BSIK programma's zijn hiertoe een gezamenlijk traject gestart met als werknaam Routeplanner 2010-2050.

Het voorliggende rapport betreft het deelproject "Nulmeting klimaatbestendigheid".

## **1.2 De nulmeting van de klimaatbestendigheid van Nederland**

In dit deelproject '*Nulmeting klimaatbestendigheid*' is het primair de bedoeling om een methode te ontwikkelen waarmee de mate van klimaatbestendigheid van Nederland kan worden bepaald, en daarmee de behoefte aan maatregelen om gesteld te staan voor toekomstige situaties als gevolg van klimaatverandering in beeld te brengen.

Ten tweede wordt beoogd om met behulp van deze methode een – voorlopige en grofstoffelijke – nulmeting uit te voeren om aldus inzicht te verschaffen over hoe het momenteel met de klimaatbestendigheid van Nederland is gesteld en wat het resultaat van adaptatiemaatregelen voor verschillende toekomstscenario's is.

## I.3 Werkwijze

Het deelproject is uitgevoerd door een kernteam van medewerkers van WL | Delft Hydraulics en het Instituut van Milieuvraagstukken. Dit team heeft de opzet van de nulmeting bepaald en indicatoren voorgesteld. Informatie over natuur, ecologie, bestuurskunde en ruimtelijke ordening is geleverd door de WAU, Alterra en de EUR. Informatie over de meest recente klimaatscenario's is geleverd door het KNMI.

Een eerste concept – waarin nog veel onderdelen niet of onvoldoende ingevuld waren – is ter becommentariëring aan relatief ingewijden van WUR, KNMI, RIZA, RIKZ, EUR en Alterra en tevens aan het secretariaat van de Routeplanner voorgelegd. Op grond van het commentaar is het rapport aangepast. De doorlooptijd van het project stond helaas niet toe dat de resultaten uitgebreid door *expert-panels* konden worden bediscussieerd. Om de bruikbaarheid van de methode en de indicatoren te toetsen bevelen we ten zeerste aan dat dit alsnog gebeurt.

Belangrijke inspiratiebron voor de opzet van het rapport is het door het MNP in 2005 gepubliceerde rapport “Effecten van klimaatverandering voor Nederland” geweest. Dit MNP-rapport brengt de huidige kennis samen over de effecten van het veranderende klimaat op de Nederlanders, nu en in de komende tientallen jaren. Er is geen extra onderzoek voor gedaan. Bestaande kennis en gegevens van veel instellingen zijn bijeengebracht en in samenhang gepresenteerd. In het onderliggende rapport over de nulmeting is ervan uitgegaan dat de wetenschappelijke achtergrond van de NMP rapportage goed is.

Verder is gebruik gemaakt van conceptrapporten van het Routeplanner-project door BSIK deelnemers en van rapporten die via internet zijn verkregen over adaptatie aan klimaatverandering. Omdat het een nulmeting van klimaatbestendigheid betreft *met het oog op adaptief beleid*, is de literatuurraadpleging gefocust geweest op beleidsgerichte stukken meer dan op wetenschappelijke documenten.

### Aard van het resultaat

Gezien de zeer korte doorlooptijd van het project en de brede scope van het onderwerp moet de studie beschouwd worden als verkennend. De inzichten zijn mede gebaseerd op gesprekken met collega's elders in het land, waarbij de interpretatie van belangrijkheid voor rekening van de verschillende auteurs van de verschillende paragrafen is. Door de beperkte beschikbare tijd bleek het aanvankelijke streven naar volledige consistentie niet haalbaar. Dit maakte de vereiste reflectie onmogelijk. Hierdoor kon een zekere onevenwichtigheid tussen verschillende paragrafen dan ook niet worden vermeden, zo min als dit het geval was in de geraadpleegde literatuur (o.a. Kwakernaak et al., 1998; Van Ierland et al., 2001; Van Nillesen & Van Ierland, 2006; de Droogtestudie, de studie voor de PKB-Ruimte voor Rivieren, WIN, VNK etc.), in welke een zekere bias evenmin ontbreekt.

## **I.4 Bestendig voor welke toekomst?**

Het nadenken over adaptatie aan klimaatverandering is een lastige zaak, omdat de toekomst per definitie ongewis is. Over het feit dat het klimaat verandert, bestaat inmiddels brede consensus, maar over de snelheid en mate kunnen slechts meer of minder zekere verwachtingen worden uitgesproken: reden om met scenario's te werken. Het geldt ook voor demografische en socio-economische ontwikkelingen. Die gaan ook snel – wellicht wel sneller –, en zijn nog moeilijker te voorspellen. Ook op dat vlak wordt in toenemende mate met scenario's gewerkt, zij het dat de tijdshorizon over het algemeen wat dichterbij wordt gelegd dan voor klimaatveranderingen.

### **I.4.1 Verwachte klimaatverandering**

In 2006 zijn door het KNMI klimaatscenario's voor Nederland gepubliceerd voor het jaar 2050, die zijn gebaseerd op de simulaties van globale klimaatmodellen (GCM's) voor het '4<sup>th</sup> Assessment Report' van de IPCC. Op basis van de IPCC-resultaten zijn regio-specifieke scenario's gemaakt voor de zeespiegelstijging in het oostelijke deel van de Atlantische Oceaan en voor de windsnelheden in het Noordzeegebied. Met de gemiddelde wereldwijde luchttemperatuur en de westelijke luchtcirculatie als belangrijke invoervariabelen zijn 4 verschillende klimaatscenario's voor Nederland gegenereerd. Deze scenario's leveren verwachtingen ten aanzien van neerslag, temperatuur en potentiële verdamping. Meer specifiek gaat het om:

- gemiddelde seizoenstemperatuur en –neerslag,
- koudste daggemiddelde temperatuur in de winter en
- hoogste daggemiddelde temperatuur in de zomer,
- aantal regendagen,
- gemiddelde neerslag op een regendag,
- dagneerslag in de zomer met een herhalingsstijd van 10 jaar en
- 10-daagse neerslagsom in de winter met een herhalingsstijd van 10 jaar.

De procentuele veranderingen (zie Tabel 1-1) zijn weergegeven ten opzichte van het peiljaar 1990. Het klimaat in dit peiljaar is afgeleid uit de weersgegevens van 1976 tot 2005. De extreme temperatuur- en neerslagwaardes zijn gereconstrueerd op basis van een reeks (ensemble)experimenten met een regionaal klimaatmodel gecombineerd met statistische schaling.

Tabel 1-1. Klimaatscenario's voor 2050 voor Nederland ten opzichte van 1990 (KNMI, 2006).

		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging		+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
Verandering in luchtstromingspatronen		nee	ja	nee	ja
Winter <sup>3</sup>	gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,1°C	+1,8°C	+2,3°C
	koudste winterdag per jaar	+1,0°C	+1,5°C	+2,1°C	+2,9°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+4%	+7%	+7%	+14%
	aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	0%	+1%	0%	+2%
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
Zomer <sup>3</sup>	hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	0%	+2%	-1%	+4%
	gemiddelde temperatuur	+0,9°C	+1,4°C	+1,7°C	+2,8°C
	warmste zomerdag per jaar	+1,0°C	+1,9°C	+2,1°C	+3,8°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+3%	-10%	+6%	-19%
	aantal natte dagen (≥ 0,1 mm)	-2%	-10%	-3%	-19%
	dagsom van de neerslag die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+13%	+5%	+27%	+10%
	potentiële verdamping	+3%	+8%	+7%	+15%
Zeespiegel	absolute stijging	15-25 cm	15-25 cm	20-35 cm	20-35 cm

### Wat betekent deze klimaatverandering?

Om een indruk te krijgen van wat de verandering van het klimaat voor Nederland kan betekenen, vergelijken we het verwachte toekomstige klimaat voor Nederland met plaatsen in Europa waar dit klimaat al heerst. Tegen dergelijke vergelijkingen zijn altijd bezwaren aan te voeren. Zo is er geen geografische referentie die net zo laag ligt ten opzichte van de zeespiegel. Om de geo-ecologische context zoveel mogelijk vergelijkbaar te houden is gezocht is naar gebieden die laaggelegen zijn, dicht bij zee en bij voorkeur in een delta of riviervlakte.

*Op grond van de gemiddelde seizoensveranderingen gaat het toekomstige Nederlandse klimaat in de zomer lijken op het klimaat dat nu heerst aan de westkust van Frankrijk rond Bordeaux. De huidige winters in Bordeaux zijn wat warmer dan de verwachte winters in Nederland. Het toekomstige winterklimaat in Nederland gaat meer lijken op dat van de Powlakte in Noord- Italië (Milaan-Venetië) met een continentale invloed.*

Niettegenstaande de mogelijke bezwaren tegen dit gebruik van geografische analogieën, menen we dat deze vergelijking de gedachtevorming over de belangrijkheid van klimaatverandering voor verschillende sectoren kan vergemakkelijken: is het denkbaar om in de komende 40 jaar een sector zo aan te passen dat deze ook in zo'n gebied goed kan functioneren?



## I.4.2 Socio-economische scenario's

Behalve qua klimaat zal Nederland ook op andere gebieden veranderen. Om dergelijke veranderingen mee te nemen in de beschouwing kunnen we gebruik maken van sociaal-economische scenario's.

In dit verband zullen we veelvuldig refereren we aan de recente scenario's studie Welvaart en Leefomgeving (WLO), die het CPB heeft uitgevoerd met onder andere het Milieu- en Natuurplanbureau en het Ruimtelijk Planbureau. De uitkomsten van deze studie worden in definitieve vorm verwacht in juni 2006. Hier worden de grote lijnen uit een conceptversie (WLO, 2006) samengevat. De gebruikte scenario's komen vrijwel overeen met de vier lange-termijnsenario's voor de periode tot 2040 die eerder door het Centraal Planbureau zijn gebruikt in *Vier Vergezichten op Nederland* (Huizinga en Smid, 2004) en die eveneens door het RIVM en de UNEP geregeld worden gebruikt. En deze berusten op hun beurt weer op de internationale SRES scenario's (IPCC, 1992), die nader zijn gespecificeerd voor Nederland.

De WLO-studie bespreekt de knelpunten en trade-offs die zich bij de vier scenario's in de fysieke omgeving voordoen rond wonen, werken, mobiliteit, landbouw, energie, milieu, natuur en recreatie. Voor deze nulmeting is het met name relevant om te beoordelen wat de ontwikkelingen zijn rond deze socio-economische thema's – het heeft immers weinig zin om het *toekomstig* klimaat te relateren aan de *huidige* samenleving. Verder is het niet ondenkbaar dat de effecten van klimaatverandering relatief onbelangrijk zijn ten opzichte van andere geïdentificeerde ontwikkelingen, zoals vergrijzing of globalisering.

De vier socio-economische scenario's zijn geordend langs twee hoofdassen: de mate waarin landen in staat zijn internationaal samen te werken; en de mate van hervorming van de collectieve sector (Figuur 1-1).



Figuur 1-1 De vier scenario's langs de twee hoofdassen (sleutelonzekerheden) (WLO, 2006, blz.21).

Het scenario *Global economy* kenmerkt zich door internationale samenwerking en een grondige herziening van de collectieve sector. De EU breidt verder uit, WTO-onderhandelingen zijn succesvol, maar politieke integratie en internationale samenwerking op andere gebieden dan handel mislukken. De overheid benadrukt de eigen verantwoordelijkheid van de burgers.

In het scenario *Strong Europe* is veel aandacht voor internationale samenwerking, in Europa geven de landen een deel van hun soevereiniteit op. Ook de VS tekent het Kyoto-protocol door de sterke positie van Europa. Solidariteit en gelijkmatige inkomensverdeling zijn sleutelbegrippen in het socio-economisch beleid.

In *Transatlantic market* lossen de Europese landen problemen liever nationaal op. Wel vindt er vérgaande handelsliberalisatie plaats tussen de VS en Europa. Grensoverschrijdende milieuvraagstukken worden niet opgepakt. De overheid benadrukt de eigen verantwoordelijkheid van de burgers.

Ook in *Regional communities* hechten de Europese landen sterk aan hun soevereiniteit. Internationale handelsliberalisatie komt niet van de grond, waardoor er handelsblokken vormen. Grensoverschrijdende milieuvraagstukken worden niet opgepakt. Er zijn nauwelijks hervormingen in de collectieve sector.

De WLO-studie verkent knelpunten en beleidsopgaven die zich op termijn zullen voordoen bij *trendgewijze voortzetting van huidig beleid* in alle scenario's; de verschillen komen vooral door exogene – autonome – ontwikkelingen, zoals internationale samenwerking, maar de mate van hervorming van de collectieve sector verschilt wel in de diverse scenario's. In de WLO-studie is alleen trendgewijze voortzetting van het huidige beleid meegenomen; adaptatiebeleid dat zich nog in onderzoek bevindt speelt geen rol, zoals bijvoorbeeld rekeningrijden. De studie wil immers laten zien welke knelpunten optreden als het beleid *niet* wezenlijk verandert.

De kerngegevens van de vier scenario's voor Nederland zijn samengevat in Tabel 1-2.

Tabel 1-2 Kerngegevens Nederland 1971-2040 (Bron: WLO, 2006). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities.

	1971- 2001	GE 2040	SE 2040	TM 2040	RC 2040
Bevolking (miljoen personen)	16.0*	19.7	18.9	17.1	15.8
Werkzoekenden zonder baan (%)	3.3	4.3	5.5	4.7	7.7
BBP per hoofd (2001=100)	100*	221	156	195	133
BBP per hoofd groei per jaar (%) 2002-2040	1.9	2.1	1.5	1.7	1.2
Aandeel 65+ (%)	14*	23	23	25	25
Aantal huishoudens (miljoen)	7.0*	9.8	8.3	8.5	6.9
Claims op ruimte wonen en werken (2002=100)	100 <sup>#</sup>	139	75	76	13
Claims op ruimte recreatie en natuur (2002=100)	100 <sup>#</sup>	156	163	112	128
Mobiliteit: personenkilometers (2001=100)	100*	168	147	141	114
Mobiliteit: wegtransport tonkm (2001=100)	100*	249	166	177	108

\* 2001; <sup>#</sup> 2002

Huizinga & Smid (2004) vatten de kerngegevens als volgt samen: ‘*De scenario’s tonen [...] voor Nederland een forse bandbreedte in economische groei. In Global Economy is het BBP per hoofd van de bevolking in 2040 ruim twee keer zo hoog als in 2001. In Regional Communities is de groei veel minder, maar ook hier stijgt het BBP per hoofd van de bevolking over de scenarioperiode nog met ruim 30%. De groei van de Nederlandse economie komt in elk scenario sterk overeen met die in de EU-15. Zowel werkgelegenheid als arbeidsproductiviteit groeien in de scenario’s voor Nederland ongeveer evenveel als in die voor Europa. [...] De vergrijzing heeft een negatief effect op de groei van het arbeidsaanbod en op de verhouding tussen arbeidsaanbod en bevolking. Sociaal-economische trends en sterkere prikkels om te werken kunnen dit effect tot op zekere hoogte neutraliseren door een verhoging van de participatie. Daarbij gaat het vooral om de arbeidsparticipatie van ouderen en vrouwen. Een stijging van de participatie verbreedt de grondslag voor belastingen en premies en is daarmee een middel om de collectieve kosten van de vergrijzing te betalen. Een hogere participatie is echter niet per definitie welvaartsverhogend. Een verhoging van de participatie gaat ten koste van vrije tijd.*’

Wat de betekenis is van deze scenario’s voor de onderwerpen die in dit rapport worden besproken zal aan de orde komen in hoofdstuk 3 van dit rapport. Per onderwerp zal daar – waar relevant – in een tekstkader worden aangegeven welke denkbare toekomst relevant zijn voor de beoordeling van de belangrijkheid van klimaatverandering.

## 1.5 Waaronder klimaatbestendiger maken?

Door herkenbaar in te spelen op klimaatverandering en zeespiegelstijging kan Nederland voordeel behalen ten opzichte van andere deltagebieden. Slimme adaptatie kan door klimaatadaptatie onderdeel te maken van risicobeheersingsstrategieën. Dit maakt bedrijven, maar ook Nederland als geheel, aantrekkelijker voor lange-termijninvesteerders. Een vergrote betrouwbaarheid en leveringszekerheid zijn vaak een *pre*. De kosten voor adaptatie kunnen laag zijn als ze slechts kleine aanpassingen behoeven in de dagelijkse praktijk, terwijl de baten – in termen van vermeden schade door klimaatsgebeurtenissen – hoog kunnen zijn.

## 1.6 Opzet van dit rapport

Het rapport is qua opzet geïnspireerd op het rapport van het MNP: ‘*Effecten van klimaatverandering in Nederland*’ (RIVM, 2005). Na deze – deels wat essayistische – inleiding volgt eerst een intermezzo over wat er elders in Europa gebeurt.

In hoofdstuk 2 wordt vervolgens een korte beschouwing gewijd aan termen en concepten – uitgaande van klimaatbestendigheid, robuustheid en flexibiliteit – en worden werkdefinities geformuleerd. Ook wordt ingegaan op de meetbaarheid van deze concepten.

In hoofdstuk 3 worden de gevolgen van klimaatverandering voor een aantal beleidsterreinen en maatschappelijke sectoren verkend, waarbij de kernvraag steeds is: ***is klimaatverandering relevant*** voor het beleidsterrein gegeven de dynamiek van (de grotere sociaal-economische context) van dat beleidsterrein/die sector in *an sich*?

In hoofdstuk 4 wordt ingegaan op de vraag of het ‘systeem’ waar het beleidsterrein/ de sector over gaat robuust is – gegeven de natuurlijke klimaatvariabiliteit – en/of er al erkenning van de noodzaak tot adaptatie is, c.q. een adaptatiestrategie is ontwikkeld. De **feitelijke nulmeting**. Deze nulmeting is – noodgedwongen – vaak kwalitatief van karakter, maar we doen hier ook suggesties voor indicatoren voor een meer kwantitatieve meting.

In hoofdstuk 5 wordt tenslotte een beeld geschetst van de klimaatbestendigheid in de toekomst op grond van de bevindingen in de eerdere hoofdstukken. Hierbij gaan we uit van de reeds geschetste klimaatscenario’s en socio-economische scenario’s. In de eerste plaats richten we ons op 2050 met een doorkijk naar 2100.

Hoofdstuk 6 en 7 bevatten de conclusies en een samenvatting.

## Intermezzo: Klimaatadaptatie elders in Europa

### Europees beleid

Een in 2005 gepubliceerd rapport van de European Environment Agency (EEA) beschrijft de stand van zaken op het gebied van kwetsbaarheid van Europa voor klimaatverandering en zeespiegelstijging. Ook beschrijft het rapport het reeds ingezette adaptatiebeleid voor een veranderend klimaat in verschillende landen.

De EEA noemt de volgende sectoren/onderwerpen als meest kwetsbaar voor klimaatverandering:

- Bio-diversiteit en ecologie (bedoeld is: natuur; of: soorten en ecosystemen)
- Watervoorziening en veiligheid tegen overstromingen
- Bosbouw
- Landbouw en Visserij
- Volksgezondheid
- Energie
- Toerisme

Geografisch worden als meest kwetsbare gebieden beschouwd: het gebied rond de Middellandse zee en centraal Europa (droogte), de sub-arctische (ecologie) en berggebieden (ecologie, aardverschuivingen, wintertoerisme) en de laaggelegen kustgebieden (veiligheid tegen overstromen, verlies aan wetlands).

Adaptatiebeleid maakt (nog) geen deel uit van Europese richtlijnen met betrekking tot natuur (Habitatrichtlijn, Biodiversiteitstrategie), of waterbeheer (Kaderrichtlijn Water).<sup>1</sup>

Nationale strategieën zijn in voorbereiding in het Verenigd Koninkrijk, Finland en België. Voor specifieke sectoren is ook in verschillende andere landen adaptatiebeleid geformuleerd. Zo is er in Noorwegen en Finland beleid geformuleerd voor bosbouw, infrastructuur en gebouwen; in Zwitserland en Oostenrijk voor toerisme en energieproductie met waterkracht; en in Nederland en het Verenigd Koninkrijk voor veiligheid tegen overstromen. De snelheid waarmee momenteel adaptatiebeleid wordt geformuleerd lijkt groot. Het verdient aanbeveling deze ontwikkelingen regelmatig te monitoren

---

<sup>1</sup> Met het voorstel voor een nieuwe Europese richtlijn voor overstromingsbeheer worden gevolgen van klimaatverandering impliciet wel meegenomen indien deze leiden tot een veranderd overstromingsrisico.

## Verenigd Koninkrijk

In het Verenigd Koninkrijk wordt klimaatverandering beschouwd als een extern risico additioneel aan de bestaande risico's. Er wordt met name rekening gehouden met de volgende gevolgen van klimaatverandering:

Ongewenste gevolgen	Positieve gevolgen	Kansen
Toename van het risico op overstromingen en kusterosie	Langer groeiseizoen	Diversificatie van landbouwproductie
Toename van het risico op falen van rioleringsystemen	Minder verkeershinder in de winter door het weer	Verbetering van het klimaat voor toerisme
Toename van de schade door winterstormen	Minder koudegerelateerde gezondheidsproblemen	Meer <i>outdoor lifestyle</i>
Habitatverlies en afname van het aantal soorten		
Toename van watertekorten gedurende de zomer		
Versterkte bodemdaling in sommige gebieden		
Noodzaak tot koeling in huizen gedurende de zomer		
Gezondheidsproblemen in de zomer		

Om de aanpassing aan klimaatverandering vorm te geven is een Adaptation Policy Framework opgesteld. In 2003 is over dit raamwerk gerapporteerd. Het raamwerk voorziet in:

- Aanwijzingen voor beleidsmakers om een eerste snelle karakterisering van de risico's te maken, alvorens gedetailleerde studies worden gemaakt.
- Hulp bij de specificatie van het probleem en de doelstellingen van adaptatiemaatregelen voordat een beslissing wordt genomen.
- Hulp bij de review van de gemaakte keuzes om hun effectiviteit te monitoren.

De aanpak is in 2005 geëvalueerd en succesvol bevonden. Er bleek echter extra inspanning vereist met name op het gebied van:

- Vergroting van kennis over gevolgen van klimaatverandering bij belanghebbenden
- Hulp aan belanghebbenden om betere beslissingen te nemen voor aanpassing aan klimaatverandering.

## Denemarken

Tussen 1988 en 2004 zijn er herhaaldelijk evaluaties gedaan van de mogelijke gevolgen van klimaatverandering in Denemarken. In de laatste evaluatie, *'Denmark's Fourth National Communication on Climate Change'* is de conclusie dat de directe gevolgen voor Denemarken beperkt zijn en dat het land in staat is zich aan te passen. In het algemeen wordt lange-termijnplanning als een goed middel gezien, waarbij er een ruime veiligheidsmarge moet zijn. De eerste analyse behelst welke beslissingen op korte termijn genomen zouden moeten worden en welke uitgesteld kunnen worden tot meer kennis is verkregen over klimaatverandering en zijn gevolgen.

Er is niet systematisch aandacht besteed aan secundaire gevolgen van klimaatverandering, zoals verandering van recreatiepatronen, vluchtelingenstromen uit eventuele bedreigde gebieden, prijsontwikkeling van agrarische producten etc. Opgemerkt wordt wel dat deze gevolgen de directe gevolgen gemakkelijk in ernst zouden kunnen overstijgen. De adaptatiestrategieën voor water, landbouw, energie en gezondheidszorg verkeren in het stadium van studies. Er is geen beleid in uitvoering. Alleen op het gebied van bosbouw zijn adaptatiemaatregelen geformuleerd om bossen robuuster te maken tegen veranderende klimaatomstandigheden. Dit wordt nodig geacht omdat de levenscyclus van bomen lang is ten opzichte van de verwachte snelheid van klimaatverandering. Het adaptatiebeleid beoogt de soortendiversiteit te vergroten en het bosareaal te vergroten.

Ongewenste gevolgen	Positieve gevolgen	Kansen
Vergroting kusterosie	Verbeteringen voor de landbouwproductie	
Gezondheidsproblemen in de zomer (hitte)	Vermindering van energieverbruik voor verwarming	
Toename Vectorgebonden ziekten		
Zoutindringing in het grondwater		

## Finland

Nadat het Finse parlement in 2001 had aangegeven dat adaptatiebeleid nodig was, is Finland sinds 2003 bezig een strategisch adaptatiebeleid te formuleren. De trekker is het ministerie van landbouw en bosbouw. De verwachting is dat voor deze sectoren de positieve effecten van klimaatveranderingen groter zullen zijn dan de negatieve. Adaptatiebeleid wordt in Finland nodig geacht voor lange-termijninvesteringen. Nadrukkelijk wordt ook gekeken naar kansen die klimaatveranderingen kunnen bieden.

In 2005 is het adaptatiebeleid gepresenteerd in het document *'Finland's National Adaptation Strategy'*. Het algemene doel komt overeen met dat van Nederland: Finland robuuster te maken tegen mogelijke gevolgen van klimaatverandering. Het rapport geeft een overzicht van de belangrijkste directe gevolgen voor verschillende sectoren. Indirecte gevolgen worden niet expliciet genoemd. De nadruk ligt op maatregelen die in de komende 5 tot 10 jaar genomen moeten worden.

Men heeft de volgende prioriteitsgebieden geïdentificeerd:

1. Inbrengen van gevolgen van klimaatverandering en adaptatie in regulier sectoraal beleid.
2. Klimaatverandering betrekken bij beslissingen over lange-termijninvesteringen.
3. Omgaan met extreme weersituaties.
4. Verbetering van monitoringsystemen.
5. Versterking van de onderzoeks- en ontwikkelingssector.
6. Verbetering van de internationale samenwerking.

Voor de volgende sectoren zijn richtlijnen geformuleerd uitgaande van deze prioriteitsgebieden: landbouw en voedselproductie, bosbouw, visserij, rendierhouderij, water, biodiversiteit, industrie, energie, transport en communicatie, landgebruik, gemeenschappen, en gebouwen en constructies, gezondheid, toerisme en verzekeringen.

### **Buiten Europa**

In de Verenigde Staten wordt adaptatie aan een veranderend klimaat onafwendbaar beschouwd (US Climate Action Report (U.S. Department of State, May 2002). Gericht adaptatiebeleid is tot op heden niet geformuleerd, wel worden de meest kwetsbare gebieden, sectoren en onderwerpen geïdentificeerd. De gedachteontwikkeling hoe adaptatie plaats zou moeten vinden bevindt zich voornamelijk in de onderzoeksarena. De vraag is niet zozeer of er geadapteerd wordt, maar meer hoe goed. Hierbij wordt opgemerkt dat binnen de Verenigde Staten leven en werk mogelijk blijkt onder zeer uiteenlopende klimaatsomstandigheden. De afgelopen 200 jaar heeft men zich in de VS succesvol aangepast aan verschillende klimaatomstandigheden. Zo is weliswaar de economische schade als gevolg van hurricanes toegenomen maar het overlijdensrisico als gevolg van extreme weersgebeurtenissen in de laatste 100 jaar sterk afgenomen. Wel verwacht men dat de uitdaging in de komende eeuw groter zal zijn. Ook in de VS wordt herkend dat gevolgen van klimaatveranderingen elders in de wereld grote gevolgen zouden kunnen hebben voor de VS zelf. Als voorwaarde voor aanpassing wordt de economische groei van de VS gezien die de economische en financiële randvoorwaarden kan bieden om aanpassing mogelijk te maken.

De Australische overheid is doende een nationaal adaptatieprogramma op te zetten. Zeer recent (2006) heeft dit geresulteerd in de formulering van een raamwerk hoe overheden en bedrijven kunnen bepalen in hoeverre adaptief beleid op het gebied van klimaatverandering noodzakelijk is. De aanpak van klimaatadaptatie is gebaseerd op een risicoanalyse (Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage (2006).





Figuur 1-2. Stappen in een risicoanalyse (Australian Greenhouse Office, Department of the Environment and Heritage (2006))

In de voorgestelde aanpak wordt een scenario gekozen en uitgaande van dat scenario het belang van de mogelijke gevolgen voor een sector vastgesteld. Hierbij wordt een schaal gehanteerd van onbelangrijk tot catastrofaal. Vervolgens wordt de mate van waarschijnlijkheid van het optreden van een dergelijke gebeurtenis eerst vastgesteld op een schaal van zeldzaam tot zeer waarschijnlijk. Op grond van deze combinatie wordt nagegaan hoe urgent beleid is.

Likelihood	Consequences				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Almost certain	Medium	Medium	High	Extreme	Extreme
Likely	Low	Medium	High	High	Extreme
Possible	Low	Medium	Medium	High	High
Unlikely	Low	Low	Medium	Medium	Medium
Rare	Low	Low	Low	Low	Medium

Figuur 1-3. Mate van urgentie voor adaptief beleid als functie van waarschijnlijkheid versus gevolgen

### Reflectie: enkele opmerkelijkheden

Zowel de adaptatiestrategie van het Verenigd Koninkrijk als die van Denemarken onderkent de relevantie van zowel directe als indirecte risico's.

*Directe* fysische risico's zijn er voor sectoren die direct onder invloed staan van klimaat en weersomstandigheden, zoals landbouw, toerisme, (levens)verzekeringen, en waterbeheer.

*Indirecte* risico's zijn veeleer risico's die lopen via andere sectoren of andere gebieden in de wereld, zoals:

- marktrisico's van concurrenten die beter op de veranderde omstandigheden inspringen,
- operationele risico's: bijv. transport
- reputatierisico's: indien klanten bedrijven als kwetsbaar gaan beschouwen door het veranderende klimaat.

In het algemeen zullen bedrijven kwetsbaar zijn als ze (1) onder de huidige omstandigheden kwetsbaar zijn voor weersomstandigheden, (2) lange-termijninvesteringen doen, en (3) afhankelijk zijn van de wereldmarkt en wereldwijde leveranciers.

Gevolgen van klimaatverandering elders in de wereld zouden mogelijk veel grotere gevolgen voor een land kunnen hebben dan klimaatverandering in het land zelf. Dit geldt met name voor landen zoals Nederland met een open economie die sterk afhankelijk is van de wereldmarkt. Een analyse van dergelijke ontwikkelingen is in het voorliggende rapport niet meegenomen omdat systematische studies op dit gebied ontbreken. Deze worden wel aanbevolen.

Hoe tegen klimaatverandering wordt aangekeken verschilt van land tot land. Een tweede aanbeveling is om een vergelijkende studie uit te voeren naar de visie op klimaatverandering en de aanpak om kansen te benutten en de meest ongewenste gevolgen tegen te gaan.

## 2 Klimaatbestendigheid

### 2.1 Werkdefinitie

De term klimaatbestendigheid is een nieuwe term in een reeks termen die alle een aanduiding geven van het potentieel om de negatieve sociaal-economische en/of ecologische gevolgen van klimaatverandering en zeespiegelstijging het hoofd te bieden, zoals kwetsbaarheid, robuustheid, adaptatie, e.d. In de literatuur worden deze begrippen verschillend gedefinieerd. Voor een overzicht wordt de geïnteresseerde lezer verwezen naar Downing, and Patwardhan 2005. Wij volgen de aanbeveling van deze auteurs om te omschrijven wat we met de gehanteerde begrippen bedoelen.

In het werkplan voor het project routeplanner wordt *klimaatbestendigheid* omschreven als de inrichting van de ruimte in Nederland zodanig dat de effecten van klimaatverandering “aanvaardbaar” zijn.

In dit rapport geven we aan deze ruime definitie een nadere invulling. Hierbij kent het begrip klimaatbestendigheid twee kanten:

- *bestendigheid* gegeven de *variabiliteit* van relevante klimaatsfactoren in het huidige klimaat, en
- *bestendigheid* tegen (een trendmatige) *verandering* van het klimaat over een langere periode.

Dit onderscheid wordt hier gemaakt omdat het aansluiting vergemakkelijkt bij in de wetenschap en het beleid gebruikte begrippen, namelijk *robuustheid* en *flexibiliteit* (verg. Silva et al., 2000; Klijn & Marchand, 2000; FLOODsite (Gouldby et al.), 2005, De Bruijn, 2005), en omdat dat weer helpt bij het zoeken naar indicatoren.

We definiëren klimaatbestendigheid dan ook als *een functie van robuustheid (t.a.v. de variabiliteit van het huidige klimaat) en flexibiliteit (t.a.v. klimaatverandering)*.

#### 2.1.1 Systeemgrenzen, ruimteschaal en sector

Robuustheid en flexibiliteit zijn eigenschappen van het systeem, respectievelijk het beleid/ de veranderingsstrategie. Dat betekent dat moet worden vastgesteld van welk systeem, respectievelijk welke (beleids)sector.

*Systeemgrenzen* moeten aansluiten bij het onderwerp dat wordt beschouwd. Dat betekent in ons geval een sector of een geografisch gebied. In verband met de belangstelling van – in ons geval – de nationale overheid wordt dat bijv.:

- in ieder geval geheel Nederland
- een kwetsbare regio (afhankelijk van het onderwerp evt. een waterschap)
- kwetsbare gemeenten

Bij **sectoren** moet worden besloten of wordt gekeken naar de hele sector ('de landbouw'), naar onderdelen ('de glastuinbouw'), of zelfs naar individuele teelten ('de tomatenteelt'). Dat bepaalt de uitkomst. En zo is ook bepalend of wordt gekeken naar productievolumina (kunnen dalen) of naar een economische indicator, zoals gemiddeld inkomen (kan gelijk blijven door marktmechanismen), of naar gelijkheidsaspecten (inkomensverdeling binnen een sector kan scheef trekken).

## 2.2 Robuustheid

**Robuustheid** is het *vermogen (van een systeem) om goed te blijven functioneren onder externe druk/ stress*, bijvoorbeeld bij droogte, extreme neerslag, storm, e.d. Het gaat hier om stressoren die horen bij het vigerende klimaat, dus natuurlijke variabiliteit. En robuustheid is daarmee een maat voor de 'range' waarbinnen het betreffende systeem (geo-ecosysteem, sociaal-economisch systeem, technisch systeem of een combinatie hiervan: mens-milieusysteem) 'normaal' blijft functioneren.

De betekenis van robuustheid vertoont aldus een grote gelijkenis met wat in de vroegere systeemtheoretische en ecologische literatuur werd aangeduid met de term *stabiliteit*, een term die later is vervangen door de term *persistentie*. Robuustheid kan worden beschouwd als de evolutionaire – en betere – opvolger van deze begrippen.

Robuustheid is aldus een *eigenschap van een systeem*, onafhankelijk van tijd. En robuustheid kan worden beschouwd als de resultante van twee andere, meer specifieke systeemeigenschappen, namelijk **weerstand** en **veerkracht**, waaraan recentelijk veel aandacht is besteed. En waarbij weerstand het vermogen is om een externe druk/ stress te weerstaan zonder te reageren, en veerkracht het vermogen is om mee te geven maar weer snel te herstellen na het wegvallen van de druk/ stress.

Tenslotte kan robuustheid worden opgevat als de inverse van **kwetsbaarheid (vulnerability)**; een term die eveneens veel gebruikt wordt in relatie tot milieustress – waaronder klimaatverandering – en die ook weer een wereld van onderzoek en denken opent (bijv. Van Ierland, 2001; of EEA, 2005).

Samengevat:

$$\text{robuustheid} = f(\text{weerstand \& veerkracht}) = 1/\text{kwetsbaarheid}$$

## 2.3 Flexibiliteit

**Flexibiliteit** is het *vermogen (de eigenschappen van) een systeem aan te passen aan veranderende omstandigheden*. Daarbij gaat het erom de ontwikkelingen enerzijds te kunnen bijhouden (voldoende snel kunnen aanpassen), en anderzijds geen spijt te krijgen van een overmatige – maar achteraf bezien misschien onnodige – aanpassing of – het tegendeel! – juist laksheid en een gebrek aan vooruitzien. In buzzwords: **adaptatie**, doch **no-regret**. Flexibiliteit komt daarmee als term het dichtst bij adaptatie, want het is de eigenschap die adaptatie mogelijk maakt. In het Engels zou *adaptability* een goed equivalent zijn.

Flexibiliteit is aldus geen systeemeigenschap op een bepaald tijdstip, maar veeleer een *eigenschap van een (beleids)sector*, dat wil zeggen de (veranderings)strategie van (een deel van) de maatschappij, een bedrijf(stak), etc.

Bij flexibiliteit gaat het er dus om dat systeemeigenschappen kunnen worden *aangepast* aan veranderingen in externe druk/ stress, bijvoorbeeld aan toenemende droogte (intensiteit en/of duur), aan frequentere of intensere extreme neerslag/ afvoer, aan frequentere of zwaardere stormen, etc. Maar het gaat er ook om dat *geen spijt* ontstaat van enorme investeringen in aanpassingen die veel geld en inspanning vragen, terwijl dat later misschien onnodig blijkt te zijn. Men kan geld en energie immers maar eenmalig besteden en het is dus denkbaar dat kansen (op economische groei, meer ruimtelijke kwaliteit of ...) worden gemist als onevenredig veel geld en energie wordt gependend aan aanpassingen die achteraf niet nodig blijken. Maar het gaat daarbij ook om spijt over onomkeerbare schade aan natuur- en cultuurwaarden (ethisch aspect), om spijt over een groot exclusief ruimtebeslag (geen medegebruik), of om het beperken van de keuzevrijheid van toekomstige generaties. Het gaat dus om een juiste hoeveelheid aandacht en inspanning: op tijd (= niet te laat), maar ook niet overmatig. Dat vergt in veel gevallen besluitvorming in onzekerheid – als we aannemen dat veel in de toekomst onzeker is.

## 2.4 Verband tussen robuustheid en flexibiliteit

Een systeem dat zeer robuust is en bij een zeer brede range aan omstandigheden ‘normaal’ blijft functioneren, zal minder snel aangepast hoeven te worden. Bij voorbeeld: een systeem dat robuust is onder klimaatomstandigheden van mediterraan tot boreaal, zoals extensieve veeteelt, zal in onze gematigde streken niet snel aangepast hoeven te worden. Een systeem daarentegen dat is aangepast/ geoptimaliseerd voor een relatief smalle range aan omstandigheden, zal vaak en snel aanpassing behoeven als het klimaat werkelijk verandert: bijvoorbeeld de riolering in veel Nederlandse gemeenten die geen ‘mediterrane’ torrentiële regenbuien kan verwerken.

Dat wil zeggen dat de interpretatie van indicatoren voor robuustheid en flexibiliteit niet los van elkaar kan geschieden.

## 2.5 Het meten van robuustheid en flexibiliteit

### 2.5.1 Robuustheid

*Robuustheid* kan worden gemeten door te kwantificeren – of kwalificeren – *hoe vaak een systeem faalt, en hoe ernstig het dan faalt* (als maat voor herstelvermogen), gegeven de variabiliteit van het huidige en/of toekomstige klimaat.

Een dergelijke maat is bijvoorbeeld gebruikt voor het beoordelen van de betrouwbaarheid (robuustheid) van watervoorziening uit stuwmeren in de VS. En ook is er op een zodanige wijze naar overstromingsrisico's gekeken door De Bruijn 2005. Het maakt immers nogal wat uit of er – bij voorbeeld – eenmaal per 3 jaar een aantal dorpen enkele uren zonder stroom komen te zitten of dat het gehele Rijnmondgebied meer dan 3 dagen zonder stroom komt te zitten. Robuustheid hangt in die zin nauw samen met het begrip *faalrisico*, waarbij

de praktische moeilijkheden van het meetbaar maken liggen in de vaststelling *welk systeem* nu eigenlijk wordt beschouwd (dijkvak, dijkkring, hele maatschappelijk systeem in de polder, of datzelfde maar zelfs inclus de omgeving).

Door robuustheid zo te meten kan bijvoorbeeld onderscheid worden gemaakt tussen veiligheid tegen overstromen in het rivierengebied zónder versus mét noodoverloopgebieden: nu is er ca 1/500 kans op overstroming van de Betuwe (met miljarden schade), maar met noodoverloop is er ca. 1/500 kans op inundatie van het Rijnstrangengebied, maar een sterk verkleinde kans (<1/2000?) dat de Betuwe onderloopt.

**Als indicator(en) voor het meten/vaststellen van robuustheid wordt voorgesteld:**  
**kans op falen (door huidige klimaatvariabiliteit)**  
**consequenties van dat falen (jaargemiddelden, range, worst-case, ...?)**

Het is ook mogelijk robuustheid meer kwalitatief te beschrijven als resultante van weerstand (niet reageren op een externe stressor) en veerkracht (wel reageren, maar weer snel herstellen). Dat betekent dat er ook een verband is met het begrip draagkracht (carrying capacity): het vermogen onder externe stress te blijven voortbestaan/persisteren.

### 2.5.2 Flexibiliteit

Flexibiliteit kan worden gemeten door na te gaan of klimaatverandering door een bepaald beleidsterrein of een bepaalde sector expliciet als relevante factor is *herkend, erkend en of er adaptatiebeleid voor is geformuleerd, c.q. budget voor is begroot*.

Na herkenning moet een analyse volgen van *de relatieve belangrijkheid*. Het resultaat kan zijn dat klimaatverandering wel als onderwerp is geïdentificeerd, maar dat is vastgesteld dat het voor het betreffende beleidsterrein/ de sector geen significante inspanning vergt.

In de bepaling van *de relatieve belangrijkheid* is zijn de belangrijke aspecten

- de kwetsbaarheid van het systeem voor huidige extreme klimaatomstandigheden,
- de snelheid waarmee de klimaatverandering zich onttrekt en
- de tijd die nodig is om het systeem aan te passen.

In het algemeen zijn is de relatieve belangrijkheid groot voor die systemen die nu al kwetsbaar zijn voor extreme klimaatomstandigheden en waarvoor aanpassing investeringen met een lange afschrijvingsduur vergen.

Het tweede element van flexibiliteit, nl. geen-spijt, wordt hier niet verder uitgewerkt<sup>2</sup>. Daarbij moet de aandacht vooral uitgaan naar een teveel aan gemaakte kosten of een te sterk ingrijpen in het landschap met veel irreversibele gevolgen.

*Als (kwalitatieve) indicatoren voor het vaststellen van flexibiliteit wordt voorgesteld:*  
*herkenning van klimaat als issue? (- of +)*  
*Analyse van de relatieve belangrijkheid (-/+)*  
*zo ja: formulering van beleid? (zo nee: 0, zo ja: +)*  
*zo ja: extra budgetten? (zo nee: 0, zo ja: +)*

---

<sup>2</sup> Dit aspect van flexibiliteit is gekwantificeerd voor inrichtingsstrategieën Rijntakken door Termes et al. (1999).

## 2.6 Hoe adapteren in de praktijk?

Adaptatie komt in de praktijk neer op in de eerste plaats onderzoeken in hoeverre de ontwikkelingen van belang zijn voor de het functioneren van het systeem, *de relatieve belangrijkheid* ten opzichte van andere ontwikkelingen. Indien de ontwikkelingen belangrijk zijn moet (de robuustheid van) een systeem worden aangepast aan de (geleidelijk) veranderende omstandigheden. Dat kan op verschillende manieren:

- door *technische* aanpassingen (bijv. meer zuiveringscapaciteit (drinkwater), grotere gemalen (peilbeheer), steviger dijken (overstromingsveiligheid)); of
- door *ruimtelijke* maatregelen (bijv. Ecologische hoofdstructuur, spaarbekkens (drinkwater), noodberging (peilbeheer), noodoverloopgebieden of compartimentering (overstromingsveiligheid)).

Deze beide typen maatregelen zijn *fysieke* maatregelen, waarnaast nog niet-fysieke beleidsinstrumenten kunnen – en meestal moeten – worden ingezet, zoals wet- en regelgeving (incl. normstelling), financiële instrumenten, institutionele aanpassingen en communicatieve instrumenten (o.a. voorlichting). Ook kunnen in de loop van de tijd sociaal-culturele aanpassingen optreden, bijvoorbeeld ander gedrag, andere waarden en normen. Daar gaan we in dit stuk niet op in, behalve wanneer de fysieke maatregelen er onlosmakelijk mee samenhangen (hogere beschermingsniveaus tegen overstromen bijv.).

In hoeverre maatregelen *nodig* en/of effectief zijn is afhankelijk van de belangrijkheid van klimaatverandering voor het betreffende onderwerp, en dat dan weer in relatie tot de noodzaak dergelijke maatregelen toch al te nemen vanwege andere ontwikkelingen – bijv. bevolkingsgroei, economische groei, Europees landbouwbeleid, etc., etc. Dat betekent dat we proberen in deze tekst allereerst vast te stellen wat de *relatieve belangrijkheid van klimaatverandering* is (ten opzichte van andere ontwikkelingen), en vervolgens *welke adaptatiemaatregelen* al zijn geïdentificeerd en/of voorgenomen, *met de nadruk op de ruimtevraag die daaruit voortkomt*. De ruimtevraag proberen we te kwantificeren, als daar getallen over worden aangetroffen.

## 2.7 De gevolgde aanpak (de meetmethode)

De aanpak die voor de rest van dit rapport is gevolgd is een stapsgewijze:

1. Vooraf: Bepaling van de meest relevante sectoren/onderwerpen (gekozen op grond van publicaties in binnen- en buitenland over kwetsbaarheid voor klimaatverandering).

En voor deze sectoren/onderwerpen vervolgens:

2. Bepaling van waarschijnlijkheid, snelheid en omvang van de verandering van de relevante klimaatfactoren (op grond van de klimaatscenario's);
3. Bepaling van de belangrijkste directe gevolgen; waar mogelijk wordt een maat voor hun waarschijnlijkheid gegeven.
4. Bepaling van de bestendigheid: hoe kwetsbaar/afhankelijk is de sector tegen/van huidige (extreme) weerscondities
5. Bepaling van het aanpassingsvermogen van sectoren aan trendmatige veranderingen (vooral op grond van de snelheid en gemak waarmee een sector op veranderingen kan

reageren als functie van bijvoorbeeld afschrijvingsduur van investeringen, flexibiliteit in aanvoerlijnen en productieproces).

Uit stappen 1-5 volgt de relatieve belangrijkheid van klimaatverandering/zeespiegelstijging voor de sector. Dit is beschreven in hoofdstuk 3. Hierna volgt in hoofdstuk 4 de feitelijke meting, waarbij voor de genoemde sectoren de volgende zaken aan de orde komen:

1. In hoeverre is de sector robuust voor klimaatvariabiliteit
2. In hoeverre is adaptatiebeleid in ontwikkeling om trendmatige verandering voor te zijn (anticiperen)?
3. Welke indicatoren zou men kunnen gebruiken om de effecten van het beleid te meten

De systemen die we beschouwen zijn sectoren (zoals de transport sector) of geografische gebieden (zoals Laag-Nederland).

Er wordt nogmaals opgemerkt dat de beoordeling van de klimaatbestendigheid voor het grootste deel betrekking heeft op de directe gevolgen van klimaatverandering (of de gerelateerde verandering van de natuurlijke randvoorwaarden). Indirecte gevolgen zijn niet of nauwelijks meegenomen, omdat beschouwingen over indirecte effecten, zoals veranderingen van internationale markten als gevolg van klimaatverandering, het op gang komen van volksverhuizingen over de wereld etc., nagenoeg ontbreken.

De consequenties voor het ruimtelijke beleid of het bestuur zijn het resultaat van expert judgement omdat deze nog nauwelijks in de bestaande studies zijn meegenomen. De voornaamste complicaties op deze gebieden worden in hoofdstuk 0 aangeduid.



## 3 Gevolgen van klimaatverandering

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk bespreken we de belangrijkste maatschappelijke waardegebieden die – potentieel – door klimaatverandering worden beïnvloed. Per onderwerp/sector noemen we de relevante klimaatfactoren (oorzaken) en bespreken we de mogelijke gevolgen voor Nederland. Hierbij geven we een maat voor de (on)zekerheid van de verwachte ontwikkelingen van zowel oorzaken als gevolgen.

In hoofdstuk 4 geven we een indicatie van de robuustheid voor klimaatvariabiliteit, en beschrijven we in hoeverre er al rekening wordt gehouden met klimaatverandering.

Voor de mate van (on)zekerheid van de verwachte ontwikkelingen en gevolgen hanteren we de volgende aanduidingen:

- *Zeer waarschijnlijk* (meer dan 90% waarschijnlijk)
- *Waarschijnlijk* (66-90% waarschijnlijk)
- *Fifty-Fifty* (33-66% waarschijnlijk)
- *Onwaarschijnlijk* (10-33% waarschijnlijk)
- *Zeer onwaarschijnlijk* (minder dan 10% waarschijnlijk)

Deze aanduidingen worden ook gebruikt in het rapport ‘*Effecten van klimaatverandering in Nederland*’ (NMP, 2005) en door het Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). De percentages zijn schattingen op basis van *expert judgement*, rekening houdend met de meest recente stand van zaken in het onderzoek naar klimaatveranderingen en hun gevolgen. De zichttijd die we aanhouden is 2050.

De schatting van de mate van waarschijnlijkheid van de klimaattrends is overgenomen uit het genoemde NMP-rapport. De schatting van mate van de waarschijnlijkheid van de gevolgen berusten op modelsimulaties met hydrologische en hydraulische modellen, die invoer krijgen uit de klimaatscenario's. De schatting van de mate van waarschijnlijkheid van de gevolgen voor economische sectoren is op basis van *expert judgement*.

Met *directe gevolgen* bedoelen we gevolgen die direct door het veranderen van klimaatfactoren worden veroorzaakt. Een voorbeeld hiervan is het heviger worden van buien wat leidt tot wateroverlast in stedelijk gebied. Een voorbeeld van een *indirect gevolg* is dat een adaptatiestrategie van de ene sector invloed kan hebben op een andere sector. Dit speelt een belangrijke rol omdat veel adaptatiestrategieën ruimte kosten die beperkt bruikbaar is voor andere doeleinden.

## 3.2 Veiligheid tegen overstromen

### 3.2.1 Klimaatfactoren

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Stijging van de zeespiegel (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de neerslag in het winterhalfjaar (waarschijnlijk)
- Toenemen van windsnelheid gedurende stormen (Fifty-Fifty)

### 3.2.2 Gevolgen

- Een toename van de waterstanden op zee en daarmee een toename van de kans op versterkte kustafslag en overstroming vanuit zee (zeer waarschijnlijk).
- Een toename van de hoge afvoeren van de grote rivieren in de winter en daarmee een toename van de kans op overstromen (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de waterstanden in het IJsselmeergebied en de grote binnenwateren van Zuid-Holland en Zeeland en daarmee een toename van de kans op overstromen (zeer waarschijnlijk)

In de afgelopen eeuw is de zeespiegel ongeveer 20 cm gestegen ten opzichte van NAP. De stijgende zeespiegel leidt tot zandverliezen langs de kust en een verminderd veiligheidsniveau voor lokaties direct langs de kust. Klimaatscenario's laten een ook toename van de windsnelheden zien. De toename is echter klein en valt ver binnen de huidige variatie in windsnelheden van jaar tot jaar.

De verwachte toename van de neerslag in de winter zal in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas leiden tot grotere afvoeren in de winter. De afgelopen jaren is er een trend zichtbaar naar hogere winterafvoeren. In de Rijn zal dit effect versterkt worden door de stijging van de temperatuur met als gevolg dat in het Alpengebied gedurende de winter meer regen en minder sneeuw zal vallen. Dit betekent dat de winterafvoer uit de Alpen sterk zal toenemen. Door het gecombineerde effect is het nagenoeg zeker dat de winterafvoeren in de Rijn zullen toenemen. Omdat de Maas niet beïnvloed wordt door sneeuwsmelt is de toename van de winterafvoer van de Maas afhankelijk van de toename van de winterneerslag en speelt de temperatuurstijging geen rol van betekenis.

Met de toename van de winterafvoeren van de Rijn en Maas zullen de waterstanden in de periode waarin de hoogste waterstanden voorkomen verder stijgen. De kans op overstromingen vanuit de rivieren neemt hiermee toe. Een extra toename is te verwachten in de benedenrivieren in Zuid-Holland, stroomafwaarts van pakweg Zaltbommel en Vianen. Hier zijn de waterstanden in de rivieren niet alleen afhankelijk van de rivierafvoeren maar ook van de – hogere – waterstand op zee.

Samenhangend met de grotere afvoer van de Rijn zal er in de winter ook meer water via de IJssel naar het IJsselmeer stromen. De afwatering uit het IJsselmeer zal minder gemakkelijk worden omdat ook de waterstanden in de Waddenzee zullen stijgen. Het resultaat is dat de maatgevende waterstanden in het IJsselmeer ook hoger zullen worden.

### Socio-economische scenario's (WLO, 2006)

De WLO-studie houdt rekening met een toenemende rivierafvoer en neerslaghoeveelheid door klimaatverandering. Bij de uitwerking van de veiligheidsmaatregelen spelen twee beginselen een rol: economische rationaliteit en gelijke bescherming tegen overstroming. Bij de scenario's Global economy en Transatlantic markets is er vooral aandacht voor de economische rationaliteit en bij Strong Europe en Regional communities voor gelijkheid. In het eerste geval ligt een verhoging van het veiligheidsniveau voor de hand, maar niet voor alle gebieden. Met voortzetting van het huidige beleid is er in alle scenario's maar een beperkte ruimte voor de rivieren: tussen de 3000 en 5000 ha, plus nog zo'n 1000 ha voor de zee (zie ook Tabel 3-1).

Tabel 3-1 Kentallen voor overstromingen (Bron: WLO, 2006). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities.

	GE	SE	TM	RC
Investerings voor veiligheid rivieren (mld €)	4.5	4.0	6.0	2.0
Waterbergingsgebieden (ha)	4700	4800	3150	3000

### 3.2.3 Relatieve belangrijkheid

De relatieve belangrijkheid van klimaatveranderingen en zeespiegelstijging voor de veiligheid tegen overstromen in Nederland is groot. Zonder aanpassingsbeleid leiden klimaatveranderingen en de stijging van de zeespiegel tot substantiële verhoging van de kans op overstromen. Technische maatregelen om de kans op overstromen te beperken betekenen grote investeringen met een lange afschrijvingstijd. Ruimtelijke maatregelen hebben grote gevolgen voor de inrichting van Nederland en daarmee voor het functioneren van andere sectoren. Onvoldoende bescherming tegen overstromen zou grote gevolgen kunnen hebben voor het investeringsklimaat in Nederland.

Uit onderzoek naar de historische ontwikkeling van overstromingsrisico's – als product van kans op een overstroming en gevolg van een overstroming – is gebleken dat **de toename van het schadepotentieel veel belangrijker is dan de toename van de overstromingskans** (Van der Klis et al., 2005). Bovendien is er in Nederland al zo'n 1000 jaar sprake van adaptatie aan overstromingsrisico's, tegenwoordig verankerd in Wet op de Waterkering en de 5-jaarlijkse toetsting van de waterkeringen. De bevolkingsgroei van de laatste 60 jaar is weliswaar volledig gecompenseerd door de inmiddels ook steviger waterkeringen, maar het schadepotentieel (als Bruto Regionaal Product) is sedert 1950 met circa een factor 13 toegenomen (Van der Klis et al., 2005). Verkenningen van de toekomst wijzen eveneens uit dat het schadepotentieel sneller groeit dan het gevaar door klimaatverandering, namelijk iedere 30 jaar met een factor 2 bij een economische groei van slechts 2 %, dat is met een factor 8 in een eeuw (verg. Klijn et al., 2004). Mede daarom vindt momenteel een discussie plaats over een eventuele herziening van de normen voor de waterkeringen in Nederland – die immers nog van de Delta-commissie stammen (ca 1960).

**Samengevat: klimaatverandering is in het beleid inzake overstromingsveiligheid herkend en als probleem erkend . Onderzoek laat zien dat in termen van risico de belangrijkheid geringer is dan die van een toenemende kwetsbaarheid door economische groei en de (soms ondoordachte) ruimtelijke ontwikkeling.**

### 3.3 Volksgezondheid

#### 3.3.1 Klimaatfactoren

Directe klimaatveranderingen die effect hebben op de volksgezondheid in Nederland zijn:

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Afname van het aantal koudeperiodes (fifty-fifty)
- Toename van windsnelheid gedurende stormen (fifty-fifty)

Indirecte effecten zijn:

- Een toename van de hoge afvoeren van de grote rivieren in de winter en daarmee een toename van de kans op overstromen (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de wateroverlast in winterperiodes in het landelijke gebied in Laag Nederland (zeer waarschijnlijk)
- Het vaker voorkomen van wateroverlast in stedelijke gebieden (waarschijnlijk)
- Een afname van de luchtkwaliteit tijdens hittegolven (zeer waarschijnlijk)

#### 3.3.2 Gevolgen

Directe gevolgen van klimaatverandering op gezondheid zijn:

- Een toename van sterfte in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Een afname van sterfte in de winter (fifty-fifty)
- Een toename van sterfte door overstromingen en wateroverlast (onwaarschijnlijk)
- Een toename van stress door frequentere overstromingen en wateroverlast (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van sterfte door stormen (fifty-fifty)

Indirecte gevolgen zijn:

- Vectorgebonden ziekten (door organismen overgebracht)
  - toename malaria (onwaarschijnlijk)
  - toename ziekte van Lyme (fifty-fifty)
- Luchtkwaliteit-gerelateerde ziekten
  - toename zomersmog [ozon en fijn stof] (waarschijnlijk)
  - afname wintersmog [fijn stof] (fifty-fifty)
- Allergieën
  - toename pollenallergie (waarschijnlijk)
  - toename huisstofallergie (onbekend)
- Toename watergerelateerde ziekten (fifty-fifty)
- Toename voedselgerelateerde ziekten (onwaarschijnlijk)
- Toename blootstelling UV-straling gerelateerde aandoeningen (fifty-fifty)

De directe gevolgen van klimaatverandering zijn een toename van de kans op sterfte door hittestress, en een afname op de kans op sterfte door extreme koude. Overstromingen en wateroverlast gaan ook gepaard met stress, maar daarop is hierboven al ingegaan.

Hittestress zorgt tijdens hittegolven voor een toename van de sterfte met circa 15%. Het betreft hier onder andere ouderen die vervroegd overlijden. Een ander deel overlijdt waarschijnlijk aan de slechtere luchtkwaliteit die gewoonlijk gepaard gaat met hittegolven. Ook tijdens extreme-koudeperioden neemt de sterfte toe; de verwachting is dat het aantal koudeperioden afneemt (fifty-fifty). Ook de luchtverontreiniging (fijn stof) die veelal optreedt tijdens extreme-koudeperioden zal daardoor afnemen.

Veel indirecte gevolgen hebben te maken met gedragsverandering: de verwachting is dat mensen vaker en langer buiten zullen verblijven doordat het gemiddeld warmer wordt en dat zij ook vaker buiten zullen recreëren. Daardoor neemt de blootstelling toe aan UV, luchtverontreiniging en pollen, watergedragen ziekten (cyanobacteriën, amoeben) en de ziekte van Lyme.

Klimaatverandering zorgt in Nederland voor een vergroting van de kans op overdracht van de ziekte van Lyme (fifty-fifty), en een toename van het vóórkomen van cyanobacteriën in oppervlaktewater (waarschijnlijk). Huisstofallergie kan toenemen omdat de winters waarschijnlijk natter gaan worden en daardoor ook het binnenmilieu.

In Nederland herstelt de ozonlaag waarschijnlijk sneller door klimaatverandering waardoor de UV-belasting afneemt. Voedsel bederft weliswaar sneller bij hogere temperaturen, maar dit wordt niet gezien als een risico door de hoge standaarden in Nederland wat betreft voedselveiligheid.

#### Socio-economische scenario's (WLO, 2006)

In alle vier scenario's heeft de zorgsector een veel belangrijker aandeel in de economie dan nu het geval is. De oorzaken daarvoor zijn onder andere de vergrijzing, de voortschrijdende medische technologie en sociaal-culturele factoren zoals verwachtingspatronen van de - relatief rijkere - patiënten (Huizinga en Smid, 2004). De geringe stijging van de arbeidsproductiviteit leidt ertoe dat het werkgelegenheidsaandeel in de zorg nog sneller groeit dan het volumeaandeel (Tabel 3-2). De lage arbeidsproductiviteitsgroei leidt tevens tot forse prijsstijgingen.

Tabel 3-2 Aandeel van de zorgsector in 2040 (Bron: Huizinga en Smid, 2004). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities.

	1980-2001	GE 2040	SE 2040	TM 2040	RC 2040
Consumptie zorgdiensten (% BBP)	8.7	14.6	13.3	14.3	13.4
Werkgelegenheid zorg (% totaal)	10.8	18.5	17.7	18.3	16.4

De WLO-studie laat zien dat in alle vier scenario's de emissies van fijn stof, NOx en vluchtige koolwaterstoffen tot 2020 zullen dalen. Daarna kunnen ze licht toenemen door stijging van de achtergrondniveaus op het noordelijk halfrond en verkeeremissies. Dit heeft tot gevolg dat de gezondheidsrisico's door deze stoffen dalen tot 2020. Daarna nemen ze toe, waarbij het effect van vergrijzing groter is dan de toename van de emissies (het aandeel kwetsbaren voor gezondheidsschade neemt toe).

### 3.3.3 Relatieve belangrijkheid

*Hoewel klimaatverandering van invloed is op ziekten – en dus de gezondheid van mensen – hebben andere factoren een veel grotere invloed op de volksgezondheid.* Te denken valt bijvoorbeeld aan het vele reizen over lange afstanden waardoor ziektes zich veel gemakkelijker verspreiden, infectieziekten, binnenmilieukwaliteit, leef- en eetgedrag van mensen (obesitas en hart- en vaatziekten). Technische aanpassingen kunnen gemakkelijk de gevolgen van de hittestress reduceren.

## 3.4 Algemene (nuts)voorzieningen

### 3.4.1 Energievoorziening

#### 3.4.1.1 Klimaatfactoren

Directe klimaatverandering die effect hebben op de energiesector in Nederland zijn:

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Toename van windsnelheid gedurende stormen (fifty-fifty)

Een indirect effect is:

- Toename van de temperatuur van oppervlaktewater (zeer waarschijnlijk)

#### 3.4.1.2 Gevolgen

De gevolgen van klimaatverandering voor de energiesector zijn:

- Afname van het aardgasverbruik in de winter (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het elektriciteitsverbruik in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de frequentie van koelwaterbeperkingen (zeer waarschijnlijk)

Het is zeer waarschijnlijk dat het aardgasverbruik in de winter afneemt omdat er minder nodig is voor ruimteverwarming in huishoudens, diensten en de glastuinbouw. De CO<sub>2</sub>-emissiebesparing wordt echter voor een groot deel teniet gedaan door de toename van het elektriciteitsgebruik voor ruimtekoeling in de zomer.

Een belangrijk probleem voor elektriciteitscentrales is de hogere oppervlaktewater-temperatuur, omdat zij dit gebruiken als koelwater. Gedurende droge jaren wordt in de huidige situatie een aanzienlijk tekort aan koelwatercapaciteit geconstateerd, waardoor de energiecentrales in Bergum, in Diemen, langs het Amsterdam-Rijnkanaal en langs het Noordzeekanaal niet altijd op volle capaciteit kunnen werken. Als de watertemperatuur hoger is dan 23°C, komt de productie van elektriciteit in gevaar, omdat de maximale lozingstemperatuur 30°C is. De gemiddelde Rijnwatertemperatuur is inmiddels 3°C warmer dan in 1910 doordat het in Duitsland wordt gebruikt als koelwater (ca. 2°C) en door de opwarming van de aarde (ca. 1°C). Een verdere opwarming van het water zal ertoe leiden dat de frequentie van koelwaterbeperkingen toeneemt waardoor de elektriciteitsproductie afneemt.

In hoeverre elektriciteitscentrales kunnen blijven leveren onder extreme omstandigheden wordt mede bepaald door de aanwezige overcapaciteit. Deze overcapaciteit is de laatste jaren afgenomen, omdat met de privatisering van de energiesector efficiëntie een belangrijkere rol gaat spelen. Overcapaciteit die weinig wordt gebruikt leidt tot een grotere betrouwbaarheid maar kost ook veel geld; reden om er vanuit bedrijfseconomische overwegingen van af te zien..

De mogelijke toename van de windsnelheid gedurende stormen kan leiden tot een afname van het rendement van windmolens, omdat deze dan moeten worden stopgezet. Het effect op de totale elektriciteitsproductie zal evenwel gering zijn door de kleine bijdrage van windenergie.

#### Socio-economische scenario's (WLO, 2006)

De energievraag loopt sterk uiteen tussen de vier scenario's en fossiele brandstoffen blijven belangrijk in alle scenario's. Alleen in het Strong Europe-scenario dalen de CO<sub>2</sub>-emissies significant. Alle scenario's gaan uit van een toename van de elektriciteitsvraag.

Tabel 3-3 Kenmerken energie in de vier scenario's (Bron: WLO, 2006). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities

	2002	GE 2040	SE 2040	TM 2040	RC 2040
Energiegebruik/hoofd	100	130	100	135	100
Gebruik kolen	100	300	140	260	135
Gebruik olie	100	190	135	165	110
Gebruik aardgas	100	115	85	85	70
CO <sub>2</sub> -emissie*	100	170	85	135	95
Vermogen kernenergie	100	0	0	1333	0
Reële olieprijs (\$/vat)	28	28	21	28	25
Aandeel duurzame elektriciteit (%)	3	1	34	2	24

\*CO<sub>2</sub>-emissies bij hogere olieprijsen (40 \$/vat) zijn nauwelijks lager, het olie- en gasgebruik gaat omlaag, maar het kolengebruik neemt toe en het aandeel warmte-krachtkoppeling (efficiënt!) neemt af.

### 3.4.1.3 Relatieve belangrijkheid

De investeringen in de energiesector zijn groot en hebben een lange afschrijvingstijd. De verhoging van de watertemperatuur is een herkend en erkend probleem in de sector. Omdat centrales forse investeringen moeten doen om de temperatuur van het geloosde koelwater te verlagen zijn ze erg kwetsbaar voor klimaatverandering.

***Bij de bouw van nieuwe centrales zou derhalve het effect van klimaatverandering moeten worden meegenomen in het ontwerp.*** Technische maatregelen, die zorgdragen voor meer overcapaciteit – om de betrouwbaarheid van de energieproductie op peil te houden – zijn echter zeker uitvoerbaar binnen de snelheid waarmee de opwarming van het oppervlakte-water zich voltrekt.

## 3.4.2 Drinkwatervoorziening

### 3.4.2.1 Klimaatfactoren

Directe klimaatveranderingen die effect hebben op de drinkwatersector in Nederland zijn:

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)

Indirecte effecten zijn:

- Toename van de temperatuur van oppervlaktewater (zeer waarschijnlijk)
- Afname van afvoeren in de zomerperioden in de Rijn (zeer waarschijnlijk) en de Maas (fifty-fifty) en daardoor een toename op de kans op langdurige periodes met lage afvoeren (zeer waarschijnlijk)
- Het vaker en langduriger voorkomen van watertekorten in de bodem gedurende de zomerperiode (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de kans op stijging van de zoutgrens onder zoetwaterbellen in de duinen (onbekend)

### 3.4.2.2 Gevolgen

De gevolgen van klimaatverandering voor de drinkwatersector zijn:

- Toename van het drinkwatergebruik door huishoudens in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Toename zoutindringing in oppervlaktewater (zeer waarschijnlijk)
- Verzilting van grondwaterbronnen (onbekend)
- Verdroging van grondwaterbronnen (onbekend)

Het is zeer waarschijnlijk dat de gemiddelde vraag naar drinkwater met enkele procenten zal stijgen door de toename van de temperatuur. Door de toename van de frequentie van hittegolven zal de vraag naar drinkwater ook meer pieken vertonen. Deze vraagtoename wordt veroorzaakt door huishoudens, vooral voor het besproeien van de tuin. De toevoer van zoet water via de grote rivieren zal afnemen gedurende de zomer, wanneer de vraag naar drinkwater het grootst is.

Op sommige inlaatpunten voor oppervlaktewater (bijvoorbeeld bij Ridderkerk) zal het water vaker te zout zijn voor drinkwaterbereiding. De inname moet dan tijdelijk worden stilgelegd. Dit zal vooral voorkomen gedurende de zomerperiode indien de vraag naar drinkwater het grootst is.

Tijdelijke lage afvoeren in de grote rivieren bemoeilijken de inname van drinkwater vanuit het oppervlaktewater. De problemen zijn het gevolg van verminderde waterkwaliteit bij lage afvoeren. Deze kwaliteit is echter meer afhankelijk van diffuse en puntlozingen in het bovenstroomse gebied dan van de klimaatverandering zelf. Maatregelen in de rivieren, waardoor gedurende langere tijd stilstaand water zou ontstaan waarin blauwalgen zich kunnen ontwikkelen geeft een risico voor de waterkwaliteit.



### 3.4.2.3 Relatieve belangrijkheid

Aanpassen van het drinkwaternet vereist grote investeringen met een lange afschrijvingstijd, maar in het licht van klimaatverandering lijkt dit volstrekt niet nodig. Lage afvoeren bemoedigen de inname van ruwwater voor de drinkwaterbereiding. Maar technisch is het zeer wel mogelijk om drinkwater te bereiden uit water met een slechtere kwaliteit of zelfs uit brak grondwater (bijvoorbeeld via omgekeerde osmose). Dit kost echter geld en kan leiden tot een verhoging van de drinkwaterprijs.

*De relatieve belangrijkheid van klimaatveranderingen voor de ruwwaterkwaliteit is dusdanig dat hier rekening mee zou moeten worden gehouden bij beslissingen over grote investeringen in de drinkwatersector (bijvoorbeeld nieuwe inlaatpunten voor oppervlaktewater).*

### 3.4.3 (Overige) infrastructuur en bebouwde omgeving

#### 3.4.3.1 Klimaatfactoren

Klimaatfactoren die direct effect hebben op de *niet-waterkerende infrastructuur*<sup>3</sup> en de bebouwde omgeving in Nederland zijn:

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de neerslag in de winter (waarschijnlijk)
- Toename van intensiteit van zomerbuien (waarschijnlijk)
- Vermindering van sneeuwval in de winter (zeer waarschijnlijk)
- Afname van het aantal dagen met vorst (zeer waarschijnlijk)
- Toename van windsnelheid gedurende stormen (fifty-fifty)

Indirecte effecten

- Een toename van wateroverlast in de winter (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van extreem weer in de zomer (waarschijnlijk)
- Afname van de rivierafvoeren in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de rivierafvoeren in de winter (zeer waarschijnlijk)

#### 3.4.3.2 Gevolgen

- Toename corrosie door toename neerslag en hogere temperaturen (waarschijnlijk)
- Toename schade aan olieplatforms, hoogspanningsleidingen, wegen, bruggen, gebouwen en voertuigen door extreme stormen (fifty-fifty)
- Toename vóórkomen van smeltend wegoppervlak door hitte (zeer waarschijnlijk)
- Afname van het aantal keer dat moet worden gestrooid met pek (zeer waarschijnlijk)
- Afname schade aan (spoor-)wegen door vorst en pek, minder inspecties nodig (zeer waarschijnlijk)
- Afname ijsafzettingen op windturbines (zeer waarschijnlijk)
- Toename schade gebouwen door wateroverlast (zeer waarschijnlijk)

---

<sup>3</sup> Waterkerende infrastructuur valt onder veiligheid overstroom

- Afname van de bevaarbaarheid van de riviertakken gedurende de zomer
- Frequentere stremmingen van scheepvaart tijdens hoogwater in de winter

Indien het weer in Nederland extremer wordt liggen frequentere verkeersbelemmeringen gedurende de zomerperiode voor de hand (extreme buien). Gedurende de winter periode nemen de stremmingen door extreem weer af (sneeuw).

Extreme stormen kunnen direct schade veroorzaken aan gebouwen en infrastructuur of indirect door bijvoorbeeld omvallende bomen. Met name hoogspanningsleidingen en bovenleidingen zijn kwetsbaar en sommige bruggen en dijken moeten worden afgesloten ten tijde van hevige stormen.

Meer neerslag in combinatie met hogere temperaturen leidt tot meer corrosie van viaducten, bruggen en andere infrastructuur. Daardoor zijn er frequentere inspecties en onderhoudswerkzaamheden nodig.

Frequentere hittegolven leiden tot schade aan wegen doordat het asfalt kan smelten. In de winter zal minder schade optreden door vorst en pekel, omdat er minder vaak gestrooid hoeft te worden. Ijsafzettingen aan windturbines zullen afnemen.

Afname van de afvoeren in de grote rivieren gedurende de zomerperiode leidt tot een verlaging van de waterdieptes. Hierdoor neemt de bevaarbaarheid van de riviertakken af. Dit leidt tot verminderde aflaaddieptes van schepen gedurende de droge periodes. Toename van de afvoeren in de winter leidt tot frequentere stremmingen omdat de doorvaarthoogtes onder bruggen beperkt zijn

Schade aan gebouwen kan toenemen door extreme stormen en wateroverlast. Hittestress leidt tot een toenemende vraag naar 'intelligente' gebouwen die door hun bouw koeler blijven in de zomer.

### **Relatieve belangrijkheid**

Investeringen in de infrastructuur zijn groot en kunnen een lange afschrijving hebben. Eenmaal aanwezige infrastructuur heeft bovendien een zeer grote persistentie. Weersomstandigheden zijn van belang voor de bruikbaarheid van droge infrastructuur (weg en spoor) en het noodzakelijke periodieke onderhoud.

Ten opzichte van de veranderingen in belasting (toename verkeer, zwaardere voertuigen) is de directe bijdrage van klimaatverandering aan extra slijtage gering. Het tempo van klimaatverandering is laag in vergelijking met de frequentie van periodiek onderhoud van de droge infrastructuur. Gezien deze hoge onderhoudsfrequentie is klimaatverandering relatief weinig belangrijk voor de droge infrastructuur.

Bestaande bebouwing heeft een afschrijving van 40 tot 50 jaar. Tussentijdse aanpassing aan bestaande bebouwing is duur. Gezien de snelheid waarmee klimaatverandering zich voltrekt, zijn veranderende eisen die aan bebouwing worden gesteld vanuit het gebruik (zoals meer comfort) van meer invloed dan de eisen die een veranderend klimaat aan de bebouwing stelt.

*Andere factoren die van invloed zijn op de afschrijvingstermijn van bebouwing en infrastructuur zijn van groter belang dan klimaatverandering. Het relatieve belang van het directe effect van klimaatverandering is daarmee klein.*

Beperkingen van de scheepvaart gedurende lage en hoge waterstanden zijn erkende factoren en leiden tot het op diepte houden van vaargeulen en het vergroten van doorvaarthoogtes. Ook grootschalige aanpassingen van de vaarwegen betekenen grote investeringen met een lange afschrijving. Aanpassingen zijn mogelijk.

Groter dan de directe gevolgen kunnen de indirecte gevolgen zijn. De belangrijkheid van klimaatverandering kan namelijk wel groot worden als gevolg van keuzes voor een adaptatiebeleid in andere sectoren, zoals veiligheid tegen overstromen en natuur. *Indien namelijk gekozen wordt voor adaptatie aan veranderend klimaat via ruimtelijke maatregelen kan dit randvoorwaarden opleggen hoe deze ruimte ook door andere (infrastructuur, bebouwing) gebruikt kan worden. Dit zou grote gevolgen kunnen hebben voor de locatie en wijze van aanleggen van infrastructuur en bebouwde omgeving.*

## 3.5 Natuur

### 3.5.1 Klimaatfactoren

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Vergroting van de verdamping (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de neerslag in het winterhalfjaar (waarschijnlijk)
- Afname van de neerslag in de zomer (waarschijnlijk)
- Stijging van de zeespiegel (zeer waarschijnlijk)

Indirecte factoren

- Een toename van de oppervlaktewaterstanden in de winter (zeer waarschijnlijk)
- Een afname van de oppervlakte en grondwaterstanden in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Nattere omstandigheden in de winter (zeer waarschijnlijk)
- Drogere omstandigheden in de zomer (zeer waarschijnlijk)

### 3.5.2 Gevolgen

#### ...voor soorten

Er vestigen zich in Nederland momenteel allerlei planten- en diersoorten uit warmere, zuidelijke streken. De planten- en diersoorten die zich de afgelopen eeuw in Nederland gevestigd hebben, zijn voor een groot deel van zuidelijke herkomst, terwijl er maar weinig soorten van noordelijke herkomst zijn verschenen.

Er zijn inmiddels vele voorbeelden van toename van zuidelijke soorten voorhanden bij allerlei soortgroepen, zoals de Wespenspin, de Eikenprocessierups, het Plooiwaaier (een paddenstoel) en diverse soorten korstmossen. Ook in het zoute water zijn soorten van

zuidelijke herkomst in opkomst, zoals de Kleine heremietkreeft en de Druipzakpijp, en de vissoorten Schurftvis en Kleine pieterman. Enkele soorten met noordelijke verspreiding zijn uit Nederland aan het verdwijnen, zoals vlindersoorten van hoogveengebieden.

De nieuwe bewoners blijken het vermogen te hebben goed over grote afstanden te kunnen koloniseren. Soorten met een beperkt verspreidingsvermogen worden door de versnippering van natuurgebieden met gelijksoortige ecosystemen geblokkeerd of afgeremd. Hierdoor kunnen zich structurele verschuivingen in de biodiversiteit gaan voordoen, die gevolgen hebben voor het vermogen van ecosystemen om zich aan te passen aan klimaatverandering.

Behalve dat het verspreidingsgebied van soorten verandert, verschuift ook het tijdstip waarop planten gaan groeien en bloeien en waarop vogels gaan broeden. Daardoor worden voedselketens verstoord. De gevolgen daarvan zijn nog niet goed bekend, maar hebben in ieder geval gevolgen voor de aantallen en de verspreiding van broedvogels die in Afrika overwinteren, waaronder de Bonte vliegenvanger.

### ... voor ecosystemen

**Bossen:** Door het vaker optreden van extreem droge zomers zullen vooral bossen op zandgronden last krijgen van droogte-stress. De vitaliteit, die toch al verminderd is als gevolg van vooral de verzuring van het milieu, zal nog verder achteruitgaan bij een klimaatverandering. In de droge zomers van 1976, 1983 en 1989 is er bijvoorbeeld een versterkte sterfte onder vooral jonge beuken, eiken en berken waargenomen. Verandering in de soortensamenstelling van bossen zal aanvankelijk alleen in de ondergroei waarneembaar zijn, waarbij zich waarschijnlijk meer zuidelijke, warmteminnende soorten zullen vestigen. Wat de boomsoorten betreft zullen loofboomsoorten waarschijnlijk een belangrijkere rol gaan spelen, terwijl de Noord-Europese naaldboomsoorten in vitaliteit achteruit zullen gaan. Iedere soort zal in eigen tempo reageren, mede afhankelijk van de genetische diversiteit en ecofysiologische plasticiteit van het individu. Door het verschil in respons van de bomen en de soorten uit de ondergroei kunnen op lange termijn grote veranderingen gaan optreden.

**Graslanden en akkers:** Door verandering in de concurrentieverhoudingen tussen reeds aanwezige soorten en binnendringende nieuwe soorten zal mogelijk een geleidelijke verandering in de soortensamenstelling van graslanden optreden, zowel ten gevolge van CO<sub>2</sub>-toename als van klimaatveranderingen. Gras- en kruidensoorten die thans adventief of vooral in ruderaal milieus voorkomen, kunnen zich in graslanden gaan vestigen. Vooral C4-soorten, zoals Handjesgras (*Cynodon dactylon*) of Knolcypergras (*Cyperus rotundus* en *C. esculentus*) vormen een reële bedreiging. Ook in akkers is een uitbreiding van onkruiden te verwachten, zowel C4- als C3- soorten. Hierdoor zal het voortbestaan van karakteristieke akkeronkruidvegetaties nog verder onder druk komen te staan.

**Kustecosystemen (duinen, kwelders, e.d.):** Behalve een stijging van de zeespiegel speelt ook de verwachte toename van de stormfrequentie een belangrijke rol. De bedreigingen voor natuurlijke kustecosystemen betreffen o.a. overstroming, zoutwaterindringing en toename van 'saltspray' landinwaarts, kustafslag, verstuiwing achter de zeereep, en verandering in grondwaterstanden in duinvalleien, waarbij de effecten sterk afhangen van de lokale situatie. Dijken, cultuurgrond, bebouwing, wegen, enz. vlak achter de duinen zullen verhinderen dat kust-ecosystemen zoals wadden, duinen en stranden landinwaarts

‘migreren’, waardoor een afname van de oppervlakte aan duinecosystemen zal optreden. Dit zal weer gevolgen hebben voor de planten- en diersoorten die van deze gebieden afhankelijk zijn, zoals bijvoorbeeld trekvogels en vissen (in het waddengebied) en vlinders (in de duinen). Een teruggang in de vegetatie- en landschapontwikkeling is niet ondenkbaar, daar thans meer stabiele delen weer in de verstuivingszone komen te liggen, waardoor meer kalkrijk zand over reeds uitgeloogde delen komt te liggen.

Voor kwelders en schorren zal zeespiegelrijzing vele veranderingen teweeg kunnen brengen, zoals bijv. het terugdringen van de zonatie van zoutvegetaties.

**Uiterwaarden:** Een verandering in overstromingsfrequentie kan van invloed zijn op de ontwikkeling van meer natuurlijke uiterwaard-ecosystemen (grienden, moerassen). Nieuwe (sub)continentale soorten zouden zich via de dalen van de grote rivieren (die vaak een eigen klimaat hebben), in Nederland kunnen vestigen, met name via het Rijndal.

**Veengebieden:** Venen zijn zeer kwetsbare systemen door hun afhankelijkheid van de waterhuishouding. Deze zal onder warmere klimaatomstandigheden drastisch gewijzigd worden met als gevolgen uitdroging (door extra verdamping), versnelde mineralisatie (en daardoor vergrassing), en verandering in soortensamenstelling.

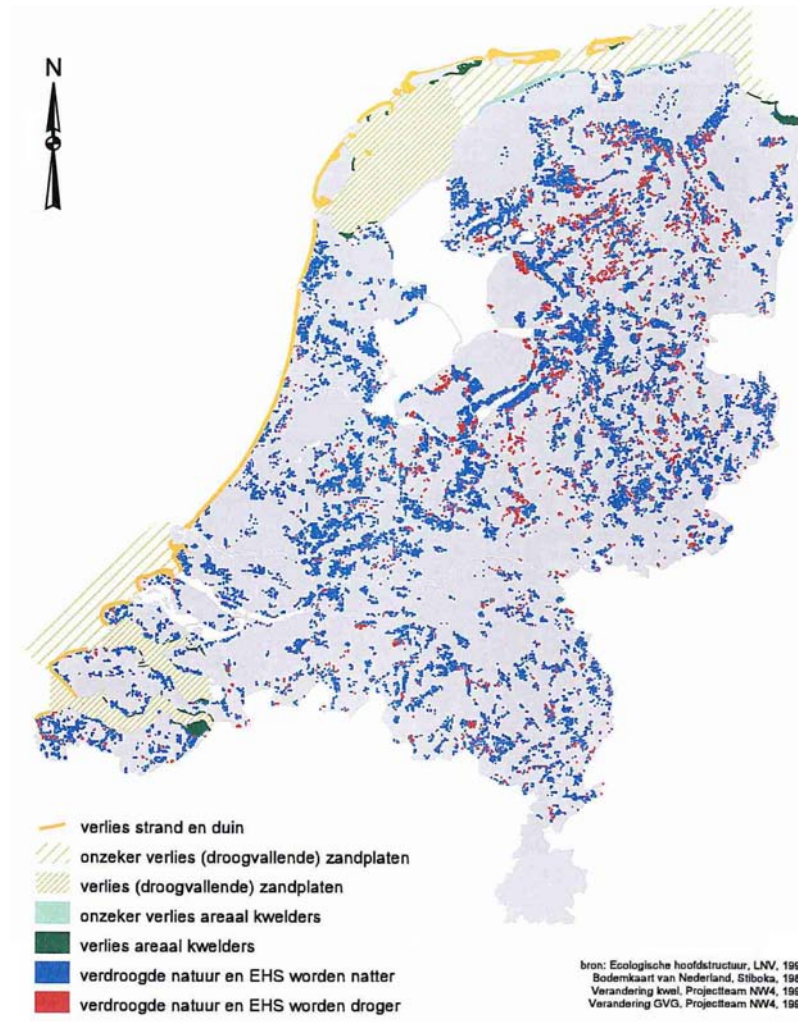
Kwakernaak et al. (1998) hebben de gevolgen van *klimaatverandering en bodemdaling* voor een aantal ecosystemen *via de waterhuishouding en kustprocessen* in beeld gebracht, in opdracht van VROM-RPD. Het betrof een eerste verkenning van de aandachtsgebieden (ruimtelijk) met gebruikmaking van beschikbare GIS-bestanden (De kaart is daarmee niet volledig en heeft vooral een signaleringsfunctie (Figuur 3.1).

## .. voor natuurwaarden van natte en vochtige standplaatsen

Het projectteam klimaatverandering (1997) concludeerde dat de verhoging van de grondwaterstand kan leiden tot een toename van de natte natuurwaarden. Anderen wijzen er echter op dat drogere zomers, een hogere regenintensiteit en hogere winterpiekafvoeren in beken juist tot een afname van de natuurwaarden kunnen leiden. ([www.dow.wau.nl/-msa/nopimpact/natuur/factsheet\\_water\\_definitief.doc](http://www.dow.wau.nl/-msa/nopimpact/natuur/factsheet_water_definitief.doc))

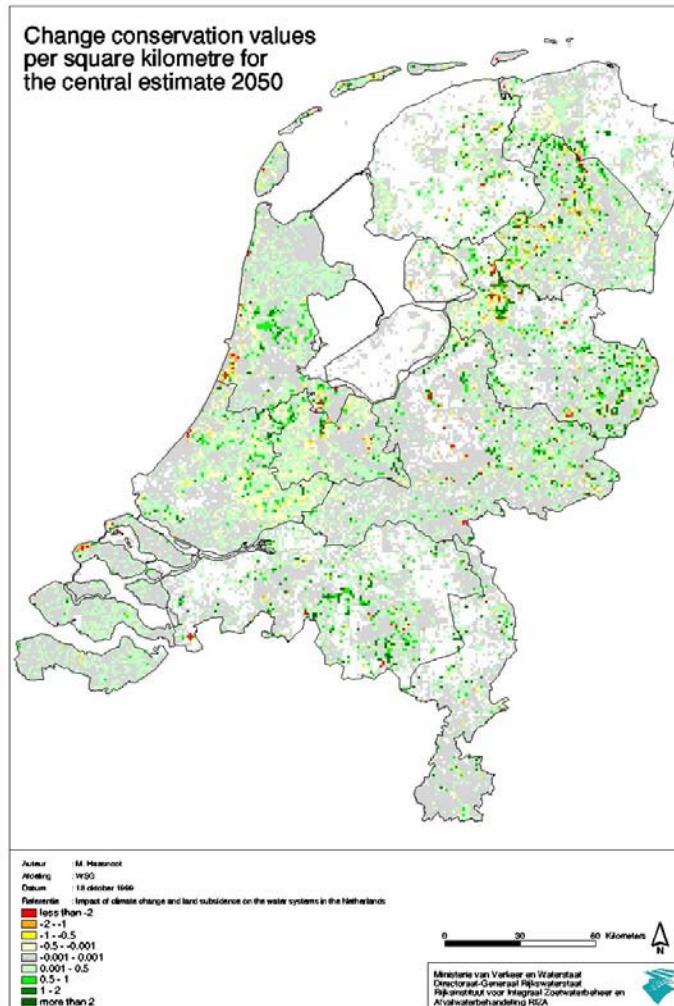
Droge jaren zijn normale natuurlijke verschijnselen die de natuurwaarden normaal gesproken niet aantasten. Als gevolg van het waterbeleid van de afgelopen decennia zijn grondwaterstanden echter sterk verlaagd en zijn veel waardevolle natuurgebieden verdroogd. Omdat de natuur door die verdroging al in slechte conditie is, kan in extreem droge jaren onomkeerbare schade optreden. Kortom, droogtesituaties zijn een probleem voor de natuur vanwege tekortkomingen in het waterbeheer.

Een veranderend neerslagpatroon, stijgende temperaturen in combinatie met bodemdaling en zeespiegelstijging, hebben aanzienlijke effecten voor de regionale waterhuishouding van Nederland. De grootste effecten worden veroorzaakt door de toename in de netto neerslag. Men vermoedt dat in Hoog-Nederland de toename in de afvoeren ruwweg evenredig is met de toename in neerslag. In Laag-Nederland zal de gebiedsafvoer waarschijnlijk meer dan evenredig toenemen door een bijdrage vanuit kwel.



Figuur 3-1 Ruimtelijk beeld van de mogelijke effecten op de natuur door veranderingen in de waterhuishouding door klimaatverandering en bodemdaling zoals gegenereerd in een verkennende probleemanalyse door Kwakernaak et al. (1998)

Ook RWS-RIZA heeft de gevolgen van klimaatverandering en bodemdaling voor de natuur in beeld gebracht, maar dan alleen die *via de grondwaterhuishouding*, in het kader van een studie naar de gevolgen van klimaatverandering voor Nederland. Basis voor de analyse zijn de klimaatscenario's zoals die zijn gebruikt in WaterBeheer 21<sup>e</sup> eeuw (WB21).



Figuur 3-2 Ruimtelijk beeld van de mogelijke effecten op de natuur door veranderingen in de waterhuishouding door klimaatverandering (RWS-RIZA, 1999). Rood: afname van de natuurwaarde; groen: toename van de natuurwaarde.

De droogtestudie (RWS-RIZA 2004,) concludeert het volgende:

*‘Voor de watervoorziening van de terrestrische natuur kan de klimaatverandering<sup>4</sup> kansen bieden op herstel. 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 (gemodelleerde) 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 op de waterhuishouding nog niet meegenomen.’*

<sup>4</sup> Dit is op grond van de voorgaande klimaatscenario's. De toenemende droogte in de zomer zou deze conclusie kunnen veranderen

*‘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.’*

### 3.5.3 De relatieve belangrijkheid

#### Socio-economische scenario's (WLO, 2006)

De belangrijkste conclusies uit het WLO-rapport over de natuur zijn:

- Het areaal recreatiegebied per hoofd van de bevolking blijft achter in de Randstad, ondanks een behoorlijke groei van het areaal groene gebieden.
- Door beëindiging van landbouwbedrijven wordt de Ecologische Hoofdstructuur versterkt.
- Het ecologisch resultaat van agrarisch natuurbeheer is gering door de korte looptijd van de contracten (6 jaar).
- Verdroging blijft een groot knelpunt voor de natuur in alle scenario's.
- De biodiversiteit neemt af, met name in het Global economy scenario.
- De waternatuur verbetert door een verbetering van de waterkwaliteit, met name in de scenario's Strong Europe en Regional communities.

Klimaat is een allesoverheersende factor voor de natuur. Er bestaat grote onzekerheid over het vermogen van de natuur zich aan te passen aan temperatuurverhoging en een toename van weersextremen. De aanpassingsnelheid van veel systemen is laag ten opzichte van de verwachte verandering, denk aan bossen. De reacties van soorten op de klimaatverandering zijn complex. Sommige soorten lijken te profiteren, nieuwe soorten verschijnen en andere verdwijnen. Verschillende reacties kunnen leiden tot verstoorde relaties in de voedselketen. De sterke versnippering van natuurgebieden beperkt het aanpassingsvermogen en vertraagt de snelheid van aanpassen. De combinatie van versnippering en klimaatverandering is vooral nadelig voor soorten die kieskeurig zijn in hun leefgebiedkeuze of slechts kleine afstanden af kunnen leggen tussen leefgebieden. Dit zijn bijvoorbeeld bestuivers van planten, en veel vlinders, sprinkhanen, amfibieën en reptielen.

Vooraf onze natte ecosystemen zijn gevoelig voor weersextremen, zoals beek- en riviersystemen, moerassen, natte heide en hoogveen. De zeespiegelrijzing beïnvloedt onze kustecosystemen door kustafslag in de duinen en het onder water verdwijnen van kwelders.

Klimaatverandering is op geologische tijdschaal een natuurlijk proces en de natuur heeft zich daaraan aangepast, echter op tijdschalen die ons bevattingsvermogen te boven gaan, en in een tijd waarin de mens nog geen dominante rol speelde in het ruimtegebruik. De huidige versnippering van ecosystemen in combinatie met op elkaar gestapelde stressfactoren als verstoring, verdroging en vermessing maken ecosystemen extra kwetsbaar voor klimaatverandering. De ecosystemen die van die mix te lijden hebben, zijn juist de typen ecosystemen die in het Nederlandse natuurbeleid hoge prioriteit krijgen, en waarin veel is geïnvesteerd.



*Voor natuur is klimaat een allesoverheersende randvoorwaarde. Klimaatverandering versterkt de effecten van versnippering en verdroging. Het is niet te verwachten dat ecosystemen zich voldoende snel aanpassen als het klimaat verandert, zeker niet bij sterke versnippering. Klimaatverandering heeft grote gevolgen voor de biotische diversiteit en voor het kunnen realiseren van de natuurbeleidsdoelen.*

## **3.6 Overige (publieke) effecten van wateroverlast en droogte**

### **3.6.1 Klimaatfactoren (wateroverlast)**

- Stijging van de zeespiegel (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de neerslag in de winter (waarschijnlijk)
- Toename van intensiteit van zomerbuien (waarschijnlijk)

In Nederland neemt de jaargemiddelde neerslag toe en er is een tendens in de richting van meer regendagen en ook vaker extreme neerslag. Klimaatscenario's wijzen op een verdere toename.

Hogere waterstanden op zee betekenen een spuibelemmering voor het lozen onder vrij verval vanuit het IJsselmeer, terwijl hogere rivierafvoeren dat extra noodzakelijk maken. Hogere meerpeilen bemoeilijken de afwatering van het omliggende gebied.

Tenslotte wijzen de meest recente scenario's uit dat de zomers weliswaar droger worden maar dat tegelijkertijd de intensiteit van regenbuien in de zomer toe zal nemen: het karakter wordt mogelijk meer torrentieel (zoals in mediterrane streken).

### **3.6.2 Gevolgen (wateroverlast)**

- Een toename van de hoge afvoeren van de grote rivieren in de winter (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de kans op hoge waterstanden op IJsselmeer en andere grote binnenwateren (zeer waarschijnlijk).
- Een toename van de wateroverlast in winterperiodes in het landelijke gebied (zeer waarschijnlijk).
- Het vaker voorkomen van wateroverlast in stedelijke gebieden (waarschijnlijk)

Hogere meerpeilen in het IJsselmeer betekent dat de wateroverlast in de poldergebieden die afwateren op het IJsselmeer verder toe zal nemen.

Een toename van de winterneerslag zal in de poldergebieden vaker leiden tot wateroverlast in de winterperiodes. Dat betekent dat land vaker of langduriger onder water zal komen te staan. De consequenties voor de landbouw worden besproken in paragraaf 3.7.3.

Intensere zomerbuien betekenen dat de wateroverlast in stedelijke gebieden toe zal nemen omdat de *rioleringen* ontworpen zijn op minder hevige buien.

### 3.6.3 Relatieve belangrijkheid (wateroverlast)

De erkenning van het wateroverlastprobleem voor alle gebruiksfuncties in landelijk en stedelijk gebied te samen heeft geleid tot een *ruimteclaim* voor regionale waterberging door de Commissie WB21, van *circa 50.000 ha* tot 2050 en een *financiële claim* voor een extra investering in het regionale watersysteem van *5,5 miljard €* tot 2050 (ruim 100 miljoen € per jaar) (Commissie WB21, 2000). Deze claim berust voor een belangrijk deel op de erkenning van klimaatverandering als relevant proces.

### 3.6.4 Klimaatfactoren (droogte)

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de verdamping in de zomer (zeer waarschijnlijk)
- Stijging van de zeespiegel (zeer waarschijnlijk)
- Afname van de neerslag in de zomer (waarschijnlijk)

In Nederland leidt de toename van de verdamping in combinatie met een geringere hoeveelheid neerslag tot een groter watertekort in de zomer. Watertekorten kunnen ook het gevolg zijn van te weinig aanvoer van water via de rivieren. Lokaal kan ook een watertekort optreden als een wateraanvoersysteem tekort schiet.

In de zomer is onder gemiddelde omstandigheden 70% van het water in de Rijn afkomstig uit Zwitserland. Naast de regenval in de Alpen is smeltende wintersneeuw een belangrijke bron van de afvoer. De verhoging van de verdamping in de zomer gecombineerd met minder sneeuwval in de winter in de Alpen, zal de zomerafvoer van de Rijn verminderen. Hierdoor neemt de kans op lage afvoeren in de rivier toe.

Voor de Maas is de situatie gecompliceerder. De zomerafvoer is niet alleen afhankelijk van het neerslagoverschot in de zomer maar ook van het grondwater dat in de winter aangevuld wordt. Het neerslagoverschot in de zomer neemt af, als gevolg van een toename van de verdamping, wat leidt tot een vermindering van de afvoer. De grondwateraanvulling in de winter neemt toe, als gevolg van de neerslagtoename in de winter, dit kan leiden tot een toename in de afvoer zelfs in de zomer. Welk effect overheerst is vooralsnog onduidelijk.

### 3.6.5 Gevolgen (droogte)

- Een afname van de afvoeren in de zomerperiode in de Rijn (zeer waarschijnlijk) en Maas (fifty-fifty) en daarmee een toename van de kans op langdurige periodes met lage afvoeren en waterstanden (zeer waarschijnlijk).
- Het vaker en langduriger voorkomen van watertekorten in de bodem gedurende de zomerperiode (zeer waarschijnlijk).
- Een toename van de kans op zoute kwel.

Mogelijk ernstiger en/of langduriger droogte door klimaatverandering is het onderwerp geweest van de droogtestudie (Min V&W, RIZA, 2005). De bevindingen van deze studie vormen de voornaamste bron voor de onderstaande beschrijvingen.

Er zijn flinke regionale verschillen in de waterbehoefte om peilen te handhaven, en ook in de mogelijkheden water aan te voeren. Dat verklaart dat er in de 80-er jaren (na de droge zomer van 1976) veel studies zijn verricht naar droogte (o.a. PAWN-studie), er veel plannen zijn gemaakt voor wateraanvoer naar de hogere zandgronden (vrijwel geheel Brabant, Drente, etc.), gevolgd door studies naar de nadelige gevolgen van de aanvoer van ‘gebiedsvreemd water’.

Veel maatschappelijke sectoren hebben last van watertekorten in droge periodes, maar ook van daar soms uit voortvloeiende verzilting en/of de aanvoer van ‘gebiedsvreemd water’. Deels is dit in meer detail besproken in de paragrafen over energievoorziening, drinkwatervoorziening en infrastructuur (scheepvaart), deels komt het aan de orde bij landbouw. Enisgzins los van deze sectoren bestaat er de wens het waterpeil in boezems, vaarten en polders te handhaven, teneinde schade aan **collectieve goederen** te voorkomen; daarbij gaat het om extra klink van slappe grond (klei, maar meer nog veen) en oxydatie van veen, en bijgevolg verzakkende wegen, verzakkende oevers, bezwijkende veendijken, verzakkende civieltechnische werken (bruggen, sluizen, etc.), paalrot van houten palen die boven water komen (scheurende cultuurhistorische gebouwen), etc. **Deze veelheid aan (overige) gevolgen vatten we hier samen onder de term ‘peilbeheer’.**

De zoetwatervraag in de zomer wordt in grote delen van Nederland naar verwachting groter. Recente studies (WIN, 2000) voorspellen bij gelijkblijvend grondgebruik in extreem droge jaren tussen nu en 2050 een autonome (los van klimaatverandering) toename van de zoetwatervraag met 40%. (zie ook [www.dow.wau.nl/msa/nopimpact/natuur/factsheet\\_water\\_definitief.doc](http://www.dow.wau.nl/msa/nopimpact/natuur/factsheet_water_definitief.doc)). De precieze toename zal onder meer afhangen van de ontwikkelingen in de landbouw (meer beregening of juist gesloten glastuinbouw?) en de bodemdaling, die extra verzilting door brakke en zoute kwel veroorzaakt

Onder de heersende omstandigheden is er ‘s zomers al een watertekort in de bodem. Daardoor is er te weinig water beschikbaar voor de gewassen, die daardoor minder goed groeien of afsterven. In Tabel 3-4 zijn de tekorten in bodem en oppervlaktewater opgenomen, als millimeter waterschijf over heel Nederland. De tabel laat zien dat het watertekort in het oppervlaktewater niet spectaculair toeneemt, zelfs niet onder extreme omstandigheden. In de bodem daarentegen ontstaan extreme tekorten aan water beschikbaar voor gewassen en natuurlijke vegetatie. Het tekort in de bodem wordt uitgedrukt als verdampingsreductie. Dat is de hoeveelheid water die de plant onder optimale omstandigheden gebruikt zou hebben, maar die onder de droge omstandigheden niet beschikbaar is.

<b>Droogtejaar</b>	<b>bodem</b>	<b>oppervlaktewater</b>
gemiddeld	21	6
droog	75	8
zeer droog	123	10
extreem droog	143	12

Tabel 3-4. Watertekort in bodem en oppervlaktewater, in mm (Droogtestudie, Ministerie V&W, 2005).



In 2003 bleek dat droogte kan leiden tot het bezwijken van veenkaden. Het woord klimaatverandering wordt in stukken van de STOWA over veendijken niet aangetroffen, maar er is inmiddels wel veel onderzoek gaande naar veenkaden op zich (zie o.a. Van Hemert & Wentholt, 2004).

Er zijn aanwijzingen dat de droogte van 2003 tot een versterkte bodemdaling heeft geleid in sommige gebieden.

In het grootste deel van West-Nederland is het diepere grondwater brak tot zout. Op de kuststrook na gaat het om zeewater dat in de ondergrond is achtergebleven toen de zee zich uit dit deel van ons land terugtrok. Van oorsprong was dit mariene grondwater vrijwel immobiel, maar onder de invloed van droogmakerijen en inpolderingen is het langzaam grootschalig in beweging gekomen. Uit onderzoek van o.a. Oude Essink, 1996 is duidelijk geworden dat dit proces, hoewel het al eeuwen geleden op gang kwam, nog lang niet is uitgewerkt. In tegendeel: de grootste verzilting ten gevolge van de ontginning van west-Nederland staat ons nog te wachten. Het mechanisme laat zich als volgt begrijpen: in relatief hoog gelegen gebieden dringt regenwater de ondergrond in. Hier treedt dus verzoeting op. Het zoete regenwater verdringt het ter plaatse aanwezige zoute grondwater, dat zich zijdelings in de richting van relatief lager gelegen gebieden verplaatst. Het zoute water dat daar al aanwezig is komt daardoor noodgedwongen omhoog. Op sommige plaatsen kan het de wortelzone bereiken en schade toebrengen aan gewassen. Belangrijker is echter dat het uitstroomt naar het oppervlaktewater, waardoor dit ongeschikt wordt voor landbouwkundig gebruik, tenzij het met (veel) zoet rivierwater wordt verdund. Klimaatverandering, zeespiegelstijging en bodemdaling kunnen de verzilting verergeren, maar hun bijdrage is sluipend, en het is gemakkelijk te beredeneren dat deze processen op afzienbare termijn niet tot nare verrassingen zullen leiden (Droogtestudie, Ministerie V&W, 2005).

### **3.6.6 Relatieve belangrijkheid (droogte)**

De resultaten van de droogtestudie zijn ambivalent over de vraag of droogte een probleem is. Het optreden van droogte is grotendeels het gevolg van een bewuste keuze om verdrassingsschade te voorkomen. Investerings om de schades te voorkomen zijn te duur in vergelijking met de optredende schades. Indien de zomers warmer en droger worden zal waterbeheer om droogteschade te voorkomen extra aandacht vragen.

## **3.7 (Private) economische sectoren**

### **3.7.1 Bepaling van de relatieve belangrijkheid voor economische sectoren**

De belangrijkheid van klimaatverandering voor economische sectoren kan worden nagegaan door een aantal belangrijke aspecten van de bedrijfsvoering te evalueren in het licht van klimaatverandering en zeespiegelstijging (zie onderstaande tabel). De daartoe gestelde vragen zijn typisch voor een risicobepaling van de bedrijfsvoering. Een dergelijke benadering maakt klimaatverandering en zeespiegelstijging onderdeel van de reguliere risicoanalyse van bedrijven en bedrijfstakken. Dit in navolging van wat in het Verenigd Koninkrijk gebeurt.

Logistiek	Worden mijn aan- en afvoerlijnen beïnvloed als het klimaat verandert en kan ik makkelijk switchen van de ene naar de andere aanvoerlijn (bv scheepvaart vs wegtransport)?
Financieel	Worden mijn verzekeringskosten hoger, zijn er investeringen die minder lang meegaan of zijn er gevolgen voor mijn reputatie (betrouwbaar op langere termijn, merknaam)?
Markt	Verwacht ik dat mijn markt beïnvloed wordt door klimaatverandering?
Proces	Heeft klimaatverandering invloed op mijn productieproces of op mijn leveranciers?
Medewerkers/klanten	Zijn er gevolgen voor medewerkers, klanten, bijvoorbeeld in de vorm van een verandering van lifestyle?
Gebouwen	Zijn er gevolgen voor nieuwbouw van bedrijven, onderhoud en faciliteiten?
Management	Indien de bovenstaande onderwerpen inderdaad substantieel beïnvloed kunnen worden door klimaatverandering, wat kan ik er dan aan doen (Kan ik dit zelf oplossen of moet er ondersteuning komen van de overheid)?

Naar ons bekend zijn tot op heden de gevolgen van klimaatverandering niet op een dergelijke wijze door economische sectoren geëvalueerd. In dit rapport hebben wij enkele sectoren op een dergelijke wijze beschouwd, maar ontbrak het helaas aan de tijd om het oordeel met vertegenwoordigers van deze sectoren te bespreken. Voordat definitief kan worden vastgesteld in hoeverre klimaatverandering belangrijk is voor deze sectoren moet een dergelijke analyse door de sectoren zelf worden uitgevoerd.

#### Socio-economische scenario's per bedrijfstak (WLO, 2006)

*Vier vergezichten op Nederland* (Huizinga en Smid, 2004: Memorandum 'Werkgelegenheid en toegevoegde waarde per bedrijfstak, 2001-2020 en 2021-2040') geeft overzichten van de toegevoegde waarde per bedrijfstak. Hieronder een samenvatting van die tabellen voor de bedrijfstakken die in dit Nulmetingrapport aan de orde komen. Tabel 3-5 geeft de groei weer van het volume van de toegevoegde waarde en Tabel 3-6 de groei van de werkgelegenheid per bedrijfstak.

Tabel 3-5 Toegevoegde waarde per bedrijfstak in de periodes 1980-2001, 2002-2020 en 2021-2040; mutaties per jaar in % (Bron: Huizinga en Smid, 2004). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities

Bedrijfstak	1980-	GE		SE		TM		RC	
	2001	02-20	21-40	02-20	21-40	02-20	21-40	02-20	21-40
Landbouw en visserij	3.0	1.5	1.8	0.2	0.3	0.6	0.7	-0.1	0.3
Openbare nutsbedrijven	0.5	2.2	2.0	1.3	1.7	1.6	1.5	0.1	0.3
Transport- en opslag	3.6	5.4	4.9	2.7	1.9	4.3	2.6	2.5	1.3
Bank- en verzekering	1.7	3.3	1.9	2.2	1.5	2.9	1.8	1.3	0.6
Gezondheid en welzijn	1.8	3.1	2.7	2.2	1.9	2.2	1.9	1.4	1.0
Overheid	1.5	1.6	1.4	1.7	1.2	1.2	0.7	1.4	0.2

Tabel 3-6 Werkgelegenheid per bedrijfstak in de periodes 1980-2001, 2002-2020 en 2021-2040; mutaties per jaar in % (Bron: Huizinga en Smid, 2004). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities

Bedrijfstak	2001 x dzd	GE		SE		TM		RC	
		02-20	21-40	02-20	21-40	02-20	21-40	02-20	21-40
Landbouw en visserij	228	-2.4	-1.9	-2.9	-2.1	-2.5	-2.3	-2.9	-2.1
Openbare nutsbedrijven	34	0.9	0.8	0.3	0.2	0.4	-0.2	0.1	-0.4
Transport- en opslag	300	1.1	0.8	0.3	-0.4	0.6	-1.1	0.1	-0.9
Bank- en verzekering	271	1.2	-0.2	0.6	-0.2	0.5	-0.4	-0.2	-0.5
Gezondheid en welzijn	704	1.9	1.7	1.5	1.2	1.5	1.2	0.7	0.5
Overheid	751	0.1	0.0	0.7	0.2	0.0	-1.4	0.6	-0.2

‘Openbare nutsbedrijven’ omvatten *elektriciteitsbedrijven*, gasdistributie en *waterwinning*. De productie van deze bedrijfstak is vooral afhankelijk van het energieverbruik. Dit verbruik hangt af van de bevolkingsomvang, het BBP en van de energie-intensiteit. In alle scenario’s is verondersteld dat de energieintensiteit van het BBP-volume met jaarlijks 1% afneemt. De groei van de toegevoegde waarde is daardoor lager dan het gemiddelde van de economie (Huizinga en Smid, 2004).

Voor de bedrijfstak *transport* zijn voortgaande handelsliberalisatie en snelle technologische groei van belang. In alle scenario’s doen deze zich in meerdere of mindere mate voor. Als gevolg van de toepassing van technologische vernieuwingen is transport al gedurende lange tijd relatief steeds goedkoper geworden: de sector kan op arbeid besparen en de werkgelegenheid neemt dan ook niet toe. Vooral door de hoge uitvoergroei neemt de groei van de toegevoegde waarde van de transport in alle scenario’s fors toe (Huizinga en Smid, 2004).

Het *bank- en verzekeringswezen* groeit door de toename van de welvaart, en met name het verzekeringswezen profiteert van de toenemende vraag naar zorg. In deze sector neemt de arbeidsproductiviteit toe door toepassing van ICT, waardoor de werkgelegenheid bepaald niet evenredig groeit (Huizinga en Smid, 2004).

### 3.7.2 Klimaatfactoren

Directe klimaatverandering die effect hebben op economische sectoren in Nederland zijn:

- Toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk)
- Toename van het aantal hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Toename van de neerslag in de winter (waarschijnlijk)
- Toename van intensiteit van zomerbuien (waarschijnlijk)
- Toename van de frequentie van hagelbuien (fifty-fifty)
- Toename van windsnelheid gedurende stormen (fifty-fifty)
- Stijging van de zeespiegel (zeer waarschijnlijk)
- Afname van het aantal dagen met vorst (zeer waarschijnlijk)

Indirecte effecten zijn:

- Een afname van de afvoeren in de zomerperiode in de Rijn (zeer waarschijnlijk) en Maas (fifty-fifty) en daarmee een toename van de kans op langdurige periodes met lage afvoeren en waterstanden (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de wateroverlast in winterperiodes in het landelijke gebied in Laag Nederland (zeer waarschijnlijk)
- Een toename van de hoge afvoeren van de grote rivieren in de winter en daarmee een toename van de kans op overstromen (zeer waarschijnlijk)

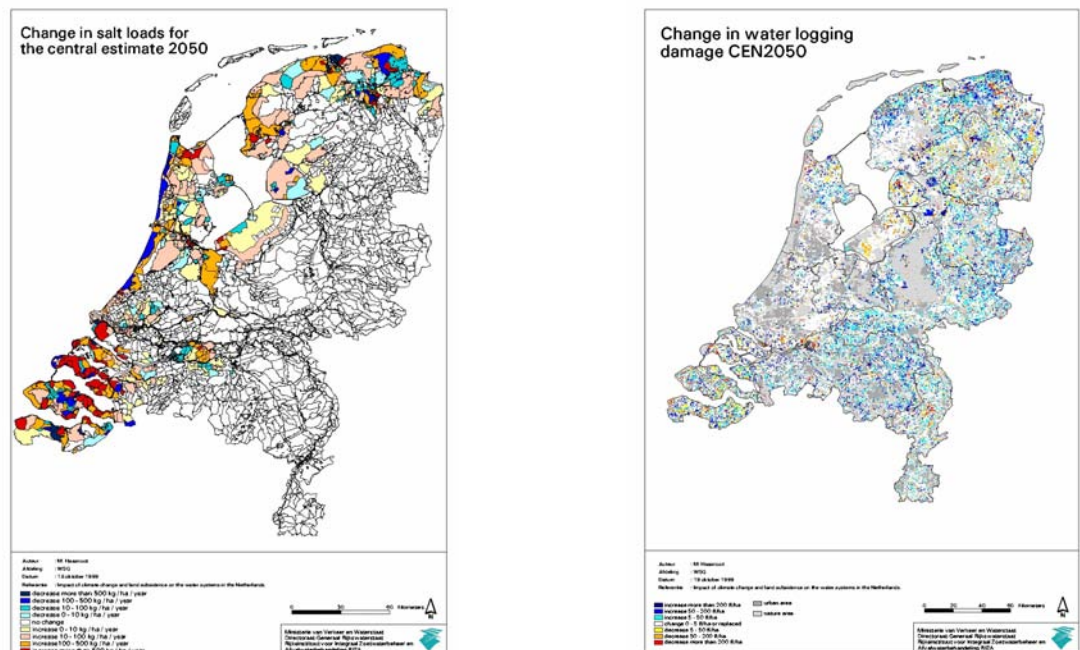
- Een toename van de waterstanden op zee en daarmee een toename van de kans op versterkte kustafslag (zeer waarschijnlijk)
- Het vaker voorkomen van wateroverlast in stedelijke gebieden (waarschijnlijk)
- Een afname van de luchtkwaliteit tijdens hittegolven (zeer waarschijnlijk)
- Verlenging van het groeiseizoen (zeer waarschijnlijk)

Door watertekorten lopen economische sectoren – met name landbouw en scheepvaart - productie van gewassen, diensten en goederen mis. Daardoor wordt er ten opzichte van de potentiële productie - die bij voldoende waterbeschikbaarheid mogelijk zou zijn – een economische schade geleden.

### 3.7.3 Gevolgen voor de landbouwsector

Middelkoop et al. (1999) hebben de gevolgen van klimaatverandering en bodemdaling voor de landbouw *via de waterhuishouding* in beeld gebracht, als onderdeel van een studie naar de gevolgen van klimaatverandering op de Nederlandse waterhuishouding. Het betrof een eerste verkenning van aandachtsgebieden (ruimtelijk) met gebruikmaking van beschikbare GIS-bestanden en modellen (Figuur 3.3). De kaarten geven dus niet alle gevolgen van klimaatverandering voor de landbouw weer, maar slechts die via de waterhuishouding, en hebben vooral een signaleringsfunctie.

Een eerste algemeen gevoel is dat verandering van het klimaat naar condities die rond Bordeaux heersen zou moeten leiden tot betere gemiddelde klimaatcondities voor de landbouw. Hogere temperaturen leiden tot een verlenging van het groeiseizoen, waardoor de gewasopbrengst toe kan nemen. Energiekosten voor de verwarming van kassen nemen door de hogere wintertemperaturen af.



Figuur 3-3 Ruimtelijk beeld van de mogelijke effecten op de landbouw door veranderingen in de waterhuishouding door klimaatverandering en bodemdaling zoals gegenereerd in een verkennende probleemanalyse door Middelkoop et al. (1999).



Voor graslandgebieden is wateroverlast in het winterhalfjaar niet ernstig, maar het kan wel betekenen dat de bewerkbaarheid (in het bijzonder de berijdbaarheid) van de gronden in het **voorjaar** afneemt. Incidenteel komt dan het groeiseizoen later op gang en kan vee pas later naar buiten (zo dit al naar buiten mag), e.d. In de akkerbouw kan vroege najaarsregen oogsten vernielen, als niet (tijdig) kan worden geoogst.

In de landbouwsector wordt de droogteschade in een gemiddeld jaar geschat op € 200 miljoen. Die schade loopt in een extreem droog jaar op naar zo'n € 1.800 miljoen. Omgerekend naar een jaarlijkse verwachtingswaarde bedraagt de geschatte schade voor de landbouwsector zo'n € 400 miljoen per jaar. Deze geschatte schade is berekend zonder rekening te houden met de schade door te zout water. Hierbij wordt wel aangetekend dat deze schade is berekend ten opzichte van de maximale potentiële opbrengst: de gewasproductie die gehaald zou kunnen worden bij optimale vochtvoorziening. In de praktijk wordt deze potentiële opbrengst nergens behaald.

De totale schade van watertekort is vaak groter dan de schade door wateroverlast, omdat de laatste vaak beperkt blijft tot delen van het land en/of specifieke teelten. Zo was de schade door de aanhoudende droogte in 1976 aanzienlijk groter dan de schade door wateroverlast in 1998 (zie RIVM rapport 500023002).

#### Socio-economische scenario's (WLO, 2006)

De vier scenario's schetsen heel verschillende beelden voor de landbouw: de sector is gevoelig voor internationale samenwerking en marktliberalisatie. De expansiemogelijkheden van de landbouw worden onder andere beperkt door het milieubeleid, zoals de Kaderrichtlijn Water en de Nitraatrichtlijn, en dierenwelzijnbeleid. Ook treden verzadigingsverschijnselen op op de finale afzetmarkten van voedingsmiddelen en krimpt het landbouwareaal in Nederland. Marktliberalisatie zorgt voor een groei van de melkveehouderij, maar voor een afname van de akkerbouw en de intensieve veehouderij.

Gecombineerd met een bovengemiddelde groei van de arbeidsproductiviteit leidt dit tot een gestage netto uitstoot van arbeid uit deze bedrijfstak (zie ook Tabel 3-7).

Tabel 3-7 Kenmerken landbouw in de vier scenario's (Bron: WLO, 2006). GE=Gobal economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities

	2002	GE 2040	SE 2040	TM 2040	RC 2040
Areaal landbouw (2002=100)	100	90	85	85	90
Areaal glastuinbouw (1000 ha)	10.3	22.0	11.5	14.5	7.5
Aantal koeien (2002=100)	100	95	85	80	75
Aantal varkens (2002=100)	100	95	45	95	45
Volume toegevoegde waarde (2002=100)	100	190	110	70	95
Ammoniakemissie (2002=100)	100	115	70	95	70

## Relatieve belangrijkheid

De landbouw is maar zeer ten dele klimaatgebonden in Nederland en kan flexibel reageren op veranderende klimaatomstandigheden. Geringere opbrengsten door droge periodes worden vaak gecompenseerd door hogere prijzen; dat betekent dat extreem weer een beperkt effect heeft op het economische succes van de sector.

*Gemiddeld lijken de veranderingen gunstig voor de landbouw zolang de waterproblematiek beperkt blijft. Aanpassingen in de landbouw kunnen snel plaatsvinden en daarmee is de kwetsbaarheid van de landbouwsector voor klimaatverandering gering.*

### 3.7.4 Gevolgen voor de transportsector

- Toename van hinder door hevige regenval (zeer waarschijnlijk)
- Afname van hinder door extreme wintercondities (zeer waarschijnlijk)
- Toename schade aan voertuigen door extreme stormen (fifty-fifty)
- Toename corrosie van voertuigen (waarschijnlijk)
- Toename beperkingen transport door luchtverontreiniging (onbekend)
- Afname ongelukken door afname vorstdagen (onbekend)
- Afname uitstel ritten door sneeuwval (zeer waarschijnlijk)
- Afname vervoerscapaciteit en beladingcapaciteit van schepen op rivieren door te hoge en door te lage waterstanden (zeer waarschijnlijk)
- Afname kans op beperking vervoerscapaciteit van schepen door ijsgang (waarschijnlijk)

Extreme regenbuien in de zomer en meer regen in de winter leiden tot meer verkeershinder voor het wegverkeer. Aan de andere kant zal extreem winterweer (sneeuw en gladheid) minder vaak tot hinder leiden. Een toename van extreme buien kan leiden tot tijdelijke beperking van het vliegverkeer. Ook kunnen voertuigen (auto's, vliegtuigen) beschadigd raken door extreme stormen, vaak indirect door bijvoorbeeld vallende bomen en dakpannen (fifty-fifty). Corrosie wordt verergerd door vocht en hogere temperaturen en noopt waarschijnlijk tot een snellere afschrijving van voertuigen.

Door hittegolven treedt congestie op doordat veel recreanten de weg op gaan richting kust. Hittestress maakt mensen minder alert, waardoor meer ongelukken kunnen voorkomen. Hittegolven gaan ook vaak gepaard met een sterke toename van de luchtverontreiniging. Het is nog onduidelijk in welke mate het verkeer te maken krijgt met maatregelen tegen luchtverontreiniging.

Het is zeer waarschijnlijk dat in de zomer vaker perioden voorkomen met lage waterstanden en in de winter perioden met hoge waterstanden. Beide zorgen ervoor dat er minder schepen kunnen varen en/of de beladingcapaciteit niet maximaal kan worden benut. Beperkingen door ijsgang zullen echter waarschijnlijk minder vaak optreden.

## Relatieve belangrijkheid

Extreem weer heeft incidenteel gevolgen voor de transport sector. Ervan uitgaande dat de weerscondities in Nederland gaan lijken op die in Zuidwest-Frankrijk en de Povlakte, liggen grote invloeden op het wegtransport niet voor de hand. Dit geldt ook voor het railtransport. Bovendien kan de wegtransportsector door de relatief korte afschrijving van investeringen zeer flexibel reageren op klimaatveranderingen. Bij transport over rails en water vergen investeringen meer tijd en is de vervangingsperiode van materieel veel langer: deze zijn daardoor kwetsbaarder. Voor transport over water kunnen met name de gevolgen van lage afvoeren belangrijk zijn.

*Voor de bedrijfsvoering in de transportsector zijn andere ontwikkelingen, zoals de economische groei, demografie, energieprijzen en beschikbare infrastructuur, vele malen belangrijker* (Van Ierland *et al.*, 2000).

### 3.7.5 Gevolgen voor de recreatiesector

- Toename afslag duinen en stranden (zeer waarschijnlijk)
- Toename watersportmogelijkheden in waterbergingsgebieden (onbekend)
- Beperkingen waterrecreatie, zoals bevaarbaarheid en meer oponthoud bij bruggen en sluizen (waarschijnlijk)
- Afname zwemwaterkwaliteit (fifty/fifty)
- Toename aantal dagtochten (onbekend)
- Toename aantal buitenlandse toeristen (onbekend)

Door zeespiegelstijging en heviger stormen zal afslag van stranden en duinen toenemen. Zandsuppletie op grote schaal is nodig om de breedte van de stranden op peil te houden. Het kusttoerisme is derhalve afhankelijk van de uitvoering en het succes van de zandsuppleties. Sommige waterbergingsgebieden die dienen om wateroverlast in de winter te voorkomen zouden geschikt kunnen zijn voor watersport en recreatie.

De watersportsector krijgt als gevolg van de afname in de rivierafvoeren in de zomer waarschijnlijk te maken met een afname van de waterkwaliteit, de bevaarbaarheid, de kwaliteit van de visstand, en meer oponthoud bij bruggen en sluizen. De zwemwaterkwaliteit heeft de grootste invloed op recreatie, maar het positieve effect van mooi weer zou weleens veel groter kunnen zijn dan de nadelige effecten van lage zwemwaterkwaliteit. Netto stijgen de bestedingen in de recreatiesector tussen de 1 en de 6%, afhankelijk van het gehanteerde klimaatscenario. Hier is echter geen rekening gehouden met een wijziging in het gedrag van recreanten.

Europese studies laten zien dat in de maanden juni, juli en augustus de temperatuur in de klassieke vakantiegebieden aan de Middellandse Zee te hoog wordt voor veel toeristen. In de meer gematigde gebieden worden omstandigheden daarentegen gunstiger. Dit kan resulteren in een toename van het aantal buitenlandse toeristen in Nederland en een toename van het aantal Nederlanders dat kiest voor vakanties in eigen land.

De recreatiesector is niet kwetsbaar voor klimaatverandering, in tegendeel: er zijn veel kansen voor ontwikkeling.

## Relatieve belangrijkheid

Weer en klimaat zijn van groot belang voor de recreatiesector. De vergelijking dat het weer in Nederland in de zomer zal gaan lijken op de huidige omstandigheden die rond Bordeaux heersen laat zien dat er voor deze sector winst te halen is.

### 3.7.6 Gevolgen voor het verzekeringswezen

- Toename vraag naar verzekeringen die schade door wateroverlast ten gevolge van regenval dekken (zeer waarschijnlijk)
- Toename vraag naar verzekeringen die schade door stormen dekken (zeer waarschijnlijk)
- Toename vraag naar verzekeringen die schade door overstromingen dekken (onbekend)
- Toename vraag naar verzekeringen die hagelschade dekken (onbekend)

De schade door regenval is in Nederland verzekeraar voor huishoudens en de landbouwsector. Schade die ontstaat door regenval elders of door de verandering van het grondwaterpeil is echter niet verzekeraar. Schade die ontstaat door het bezwijken van waterkeringen is ook niet verzekeraar sinds de Watersnoodramp van 1953. Mogelijk wordt in de toekomst schade die niet is afgedekt door het verzekeringswezen opgevangen door publiek-private constructies.

## Relatieve belangrijkheid

Veranderingen in frequenties van extreme weerscondities zijn van belang voor de verzekeringssector. Dit is zeker het geval voor het optreden van gecorreleerde risico's, bijvoorbeeld het samenvallen van schades door storm en wateroverlast. De verzekeringssector is echter niet kwetsbaar voor klimaatverandering, mits deze erin slaagt om de risico's van klimaatverandering adequaat te schatten.

### 3.7.7 Gevolgen voor overige diensten en industrie

In de literatuur over effecten van klimaatverandering wordt weinig tot niets vermeld over de kwetsbaarheid van overige diensten en de industrie. Dat komt deels omdat die kwetsbaarheid onbekend is en deels omdat zij heel specifiek is (bijvoorbeeld productafhankelijk, denk aan laarzen, paraplu's of schaatsen). Voor veel diensten en industrieën zijn eigenschappen die niet direct te maken hebben met hun voornaamste dienst of product klimaatgevoeliger dan hun 'core business'. Het gaat dan bijvoorbeeld over hun ligging – die de kans op wateroverlast of overstroming bepaalt, maar ook de kans op problemen door congestie – en de klimaatbestendigheid van de kantoren die ze gebruiken.

Veel studies gaan ervan uit dat mensen zich, ondanks klimaatverandering, min of meer hetzelfde gedragen. Zo verwacht men dat Nederlanders massaal naar het strand gaan bij een hittegolf. Er zijn echter talloze redenen denkbaar waarom mensen zich heel anders gaan gedragen, bijvoorbeeld omdat ze het er te heet of te druk vinden, of omdat strandweer 'gewoon' is geworden. Ook kunnen Nederlanders zich een meer mediterrane levensstijl aanmeten die effect zal hebben op veel sectoren. Dit soort veranderingen in gedrag of levensstijl als gevolg van klimaatverandering is nauwelijks onderzocht, maar levert waarschijnlijk veel kansen en bedreigingen op voor het bedrijfsleven.

## 4 Nulmeting klimaatbestendigheid

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk beschrijven we de klimaatbestendigheid van de sectoren die besproken zijn in hoofdstuk 3, uitgaande van de werkdefinities uit hoofdstuk 2. Dat wil zeggen dat we dus twee bestendigheden onderscheiden:

- bestendigheid gegeven de variabiliteit van relevante klimaatsfactoren in het huidige klimaat (**robuustheid**), en
- bestendigheid tegen (een trendmatige) verandering van het klimaat over een langere periode (**flexibiliteit/ adaptatievermogen**).

Ter toelichting van het waarom kan het volgende worden gesteld:

1. Als een systeem/sector op dit moment al erg **robuust** is kan dit/deze vermoedelijk ook functioneren onder afwijkende klimaatsomstandigheden (bijv. in Zuid-Frankrijk of Noord-Italië). Dan hoeft er verder niets te worden gedaan.
2. Is dit niet het geval, dan komt de vraag aan de orde of het systeem/de sector zo **flexibel** is dat dit/deze gemakkelijk en in korte tijd kan worden aangepast. Als dat het geval is kan men relatief zorgeloos achterover zitten om te kijken hoe de omstandigheden zich ontwikkelen.
3. Als geen van beide het geval is, is er alle reden om zich te bezinnen en te anticiperen: óf het systeem/de sector robuuster maken, óf klaarstaan om op te schuiven met het veranderende klimaat. In deze gevallen is sprake van (de noodzaak tot) verdere **adaptatie**.

Dit betekent dat we in de eerste plaats de **robuustheid** van de verschillende systemen/sectoren bespreken. Hierbij geven we kort aan waar het beleid op is gericht en hoe het wordt uitgevoerd. Vervolgens geven we de kans op falen aan van het systeem onder de huidige omstandigheden en een indicatie van de gevolgen. In sommige gevallen, zoals bij veiligheid tegen overstroming is dit in kwantitatieve termen te geven, voor andere thema's is niet anders dan een semi-kwantitatieve maat of slechts een kwalificatie te geven.

In de tweede plaats geven we aan hoe **flexibel** een systeem/sector is, zodat deze gemakkelijk kan worden aangepast. In veel gevallen is de mate van flexibiliteit reeds duidelijk geworden in het vorige hoofdstuk, namelijk bij het vaststellen van de belangrijkheid van klimaatverandering ten opzichte van de dynamiek van het systeem/de sector *an sich*. Daar wordt in dit hoofdstuk dus niet al te diep meer op ingegaan. Maar wel wordt expliciet gemaakt – binnen de beperkingen van dit verkennende onderzoek – in hoeverre klimaatverandering en zeespiegelstijging een plaats hebben gevonden in het beleid rond deze sectoren. De maat hiervoor is of deze factoren **herkend en erkend zijn, en of er adaptatiebeleid voor is geformuleerd, c.q. budget voor is begroot**. Indien dergelijk beleid is geformuleerd, geven we ook een korte beschrijving van het voorgenomen beleid.

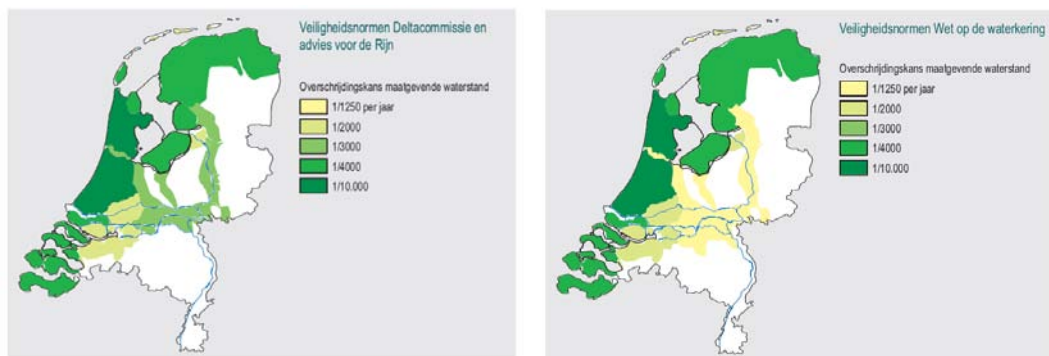
We beschrijven deze beide – flexibiliteit en ingezet adaptatiebeleid – onder de overkoepelende kop **adaptatie(vermogen)**.

Tenslotte doen we een voorstel voor een of meer indicatoren die het mogelijk maken de robuustheid vast te stellen op dit moment (nulmeting), alsook op momenten in de toekomst – of deze nu een voorspelde toekomst is, dan wel een gerealiseerde toekomst. Aldus kan men het succes van adaptatiebeleid meten.

## 4.2 Veiligheid tegen overstromen

### 4.2.1 Robuustheid

Het beleid met betrekking tot de veiligheid van Nederland tegen overstromen is gericht op het beperken van de kansen op een overstroming, door het handhaven van veiligheidsnormen voor waterkeringen. De waterkeringen worden op grond van de Wet op de Waterkering (1996) elke 5 jaar getoetst aan de dan geldende normen voor maatgevende omstandigheden, die op hun beurt eveneens iedere 5 jaar worden herzien. De toetsing gaat uit van de gemeten afvoeren sinds het begin van de 20<sup>e</sup> eeuw, elke 5 jaar wordt de serie derhalve 5 jaar langer. Omdat de afvoeren van jaar tot jaar sterk verschillen is een eventuele trend in de afvoeren moeilijk waar te nemen. Dit betekent dat het mogelijk is dat een aanwezige klimaat trend pas laat wordt opgemerkt. *Met andere woorden in de huidige aanpak is het gevaar groot is dat men altijd achter de feiten aan blijft lopen* (RIVM, 2005).



Figuur 4-1 Veiligheidsnormen van de Deltacommissie (1960) aangevuld met (op verzoek van de provincie Gelderland) geadviseerde normen voor de bovenrivieren (linker figuur). Rechts: De door de commissie Becht (1977) aangepaste veiligheidsnormen, die ongewijzigd zijn gelaten door de commissie Boertien (1993) (uit: RIVM, 2005).

Recentelijk zijn er twee ontwikkelingen die kunnen gaan leiden tot een aanpassing van het beleid. Ten eerste is dit het besef dat de economische onderbouwing waarop de normen zijn vastgesteld, in 1960 door de deltacommissie, aanmerkelijk is veranderd. Sinds die tijd is de economische waarde van het te beschermen gebied sterk toegenomen. Bovendien is de waarde van de gebieden niet overal even sterk toegenomen. De gevolgen van een eventuele overstroming in de verschillende gebieden, dijkringingen, zijn dan ook verschillend.

Daarom wordt veelvuldig gepleit voor een risicobenadering, in plaats van de waterkeringsbenadering. Bij de risicobenadering staat niet de kans op overstromen centraal, maar worden ook de gevolgen meegenomen. Het risico is daarbij gedefinieerd als de kans op overstromen maal het gevolg van de overstroming. Consequentie van deze risicobenadering is dat duidelijk zal worden of de veiligheidsnormen op grond waarvan de waterkeringen zijn ontworpen nog steeds actueel zijn. Zie verder RIVM 2005. Mogelijk heeft deze ontwikkeling consequenties voor de herziening van de Wet op de Waterkering, die naar verwachting in 2008 in werking zal treden.

Ten tweede laat de studie 'Veiligheid van Nederland in Kaart' (DWW, 2005) zien dat de kans op overstroming niet alleen bepaald wordt door de kans dat water over de dijk loopt, maar dat er ook een kans is op het falen van keringen bij lagere dan maatgevende waterstanden. Als dit aspect wordt meegenomen in de berekeningen dan leidt dit tot een aanmerkelijk grotere kans op overstroming en daarmee tot een groter overstromingsrisico. De VNK studie wordt nog voortgezet om een landsdekkend beeld te verkrijgen.

Vooruitlopend daarop geeft Tabel 4-1 de geschatte kans op overstromen (1/herhalingsstijd) en het globale risico (Euro/jaar) per dijkkringgebied, gebaseerd op RIVM 2005, aangevuld met de meest recente inzichten.

#### 4.2.2 Adaptatie(vermogen)

**In het veiligheidsbeleid tegen overstromen zijn klimaatverandering en zeespiegelstijging herkende en erkende factoren waar rekening mee wordt gehouden.** Dit komt tot uitdrukking in (1) de geregelde (5-jaarlijkse) herziening van de maatgevende omstandigheden (rivierafvoeren, golfhoogten, zeespiegel), waarin de laatste metingen worden verdisconteerd; en (2) in het anticiperen op voorziene ontwikkelingen. In ontwerpen voor de kustverdediging en ook in de PKB ruimte voor de rivier wordt budget gereserveerd om extra inspanning (adaptatiebeleid) uit te voeren met betrekking tot de gevolgen van klimaatverandering en de zeespiegelstijging.

Het *kustverdedigingsbeleid* neemt de verwachte zeer langdurige trend van zeespiegelstijging mee in het beleid. Het beleid is er op gericht om de kustlijn te handhaven. Hierin wordt rekening gehouden met een zeespiegelstijging over de komende 200 jaar. In de ontwerpen gaat men uit van drie zeespiegelstijgingsscenario's, een laag (20cm), midden (60cm) en hoog (85cm). Onzekerheden worden niet expliciet meegenomen. Voor het kortetermijnbeleid wordt rekening gehouden met een zeespiegelstijging tot 20cm. Hierbij bestaat de aanpak uit zandsuppleties om de zandverliezen langs de kust te compenseren. Voor het middellange-termijnbeleid, zoals de aanleg van (dure) harde waterkeringen, wordt bij ontwerp en uitvoering rekening gehouden met zeespiegelstijgingen tot rond de 60cm. Voor de lange termijn wordt rekening gehouden met zeespiegelstijgingen tot 85cm. Voor deze lange termijn wordt voorzien dat versterking van de kustverdediging extra ruimte aan de landzijde van de zeewering gaat kosten. Daarom is in de 3<sup>e</sup> Kustnota een claim van 1000 ha ruimte achter de huidige zeewering gelegd.

**Samengevat: er is een bestaande strategie voor kustverdediging die voldoet, er wordt gewerkt aan de zwakke schakels en er ligt een ruimteclaim voor toekomstige versterkingen binnendijks.**

no	Naam Dijkkring	herhalings tijd	Verwachte schade per jaar (M-Euro)	no	Naam Dijkkring	herhalings tijd	Verwachte schade per jaar (M-Euro)
1	Schiermonnikoog	2000	0.018	25	Goeree-Overflakkee	4000	0.21
2	Ameland	2000	0.06	26	Schouwen Duivenland	4000	0.25
3	Terschelling	2000	0.04	27	Tholen en St. Philipsland	4000	0.13
4	Vlieland	2000	0.004	28	Noord Beveland	4000	0.04
5	Texel	4000	0.23	29	Walcheren	4000	0.8
6	Friesland en Groningen	4000	4.17	30	Zuid Beveland west	4000	0.53
7	Noordoostpolder	4000	1.03	32	Zeeuwsch Vlaanderen	4000	0.09
8	Flevoland	4000	1.4	34	West-Brabant	2000	1.12
9	Vollenhove	1250	2.65	34a	Geertruidenberg	2000	0.04
10	Mastenbroek	2000	0.75	35	Donge	2000	0.7
11	IJsseldelta	2000	0.6	36	Land van Heusden/de Maaskant*	1250	14.3
12	Wieringen	4000	0.31	37	Nederhemert	1250	0.003
13	Noord-Holland*	10000	2.18	38	Bommelerwaard	1250	0.56
14	Zuid-Holland	10000	0.178	39	Alem	1250	0.03
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	2000	5.1	40	Heerewaarden	500	0.08
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	2000	42.6	41	Land van Maas en Waal	1250	10.4
17	IJsselmonde	4000	0.404	42	Ooij en Millingen	1250	0.2
18	Pernis	10000	0.025	43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden*	1250	27.6
19	Rozenburg	10000	0.07	44	Kromme Rijn	1250	0.14
20	Voorne-Putten	4000	17.9	45	Gelderse Vallei	1250	0.045
21	Hoeksche Waard	2000	0.1575	46	Eempolder	1250	0.05
22	Eiland van Dordrecht	2000	4.5	47	Arnhemse- en Velpsebroek	1250	0.014
23	Biesbosch	2000	0.3	48	Rijn en IJssel*	1250	0.48
24	Land van Altena	2000	2.4	49	IJsselland	1250	0.8
				50	Zutphen	1250	1.8
				51	Gorssel	1250	0.6
				52	Oost Veluwe*	1250	0.85
				53	Salland	1250	3.8

Tabel 4-1 Geschatte overstromingskansen (uitgedrukt als gemiddelde herhalings-tijd) en overstromingsrisico's (uitgedrukt als gemiddelde jaarlijkse schade) per dijkkring.



Voor adaptatie aan hogere *rivierafvoeren* wordt gestreefd naar meer ruimte voor rivieren – en dat wil zeggen meer dan strikt nodig gezien de huidige maatgevende omstandigheden. Dit wordt geprobeerd in het kader van de PKB- Ruimte voor de rivier. In de PKB wordt expliciet gerefereerd aan een eventuele stijging van de afvoeren. En ruimtelijke maatregelen krijgen soms de voorkeur van de initiatiefnemer boven civiel-technische om alvast ruimte te maken voor een eventuele stijging van de rivierafvoeren. Aldus tracht men een deel van de grote oppervlakken verloren ruimte voor waterafvoer en -berging langs de grote rivieren (zie Klijn et al., 2002) terug te winnen. Maar de voorliggende ruimteclaim is – in de ogen van vele deskundigen – nog erg beperkt, en stuit desalniettemin op forse maatschappelijke weerstand, vooral waar de ruimte nog niet nodig is voor de huidige maatgevende afvoer, maar al preludeert op een mogelijk toenemende maatgevende afvoer.

De poging noodoverloopgebieden aan te wijzen voor boven-maatgevende omstandigheden – een maatregel die expliciet bedoeld was om de robuustheid van het hoogwaterbeschermingssysteem langs de grote rivieren te vergroten – is in de Tweede Kamer gestrand op vooralsnog onoverkomelijke weerstand. Inmiddels wordt ‘binnenskamers’ bij Verkeer & Waterstaat verder gestudeerd, bijvoorbeeld in de studie RBSO (Rampenbeheersingsstrategieën Overstromingen).

**Samengevat: op papier is een adaptatiestrategie duidelijk herkenbaar, maar in de praktijk komt er nog slechts weinig tot stand.** (“als egeltjes o zo voorzichtig”). **Het beleid is niet ontwikkeld als adaptatiebeleid voor klimaatverandering maar vergroot wel de klimaatbestendigheid.**

Voor het *IJsselmeergebied* is nagegaan of het bieden van veiligheid, het beperken van de wateroverlast en het zeker stellen van de regionale watervoorziening kunnen worden gecombineerd in het licht van een veranderend klimaat (WIN, 2000). Daartoe zijn 3 essentieel verschillende aanpassingsstrategieën geformuleerd en geëvalueerd:

1. Water direct afvoeren: water uit het Natte Hart zo snel mogelijk afvoeren naar zee en de huidige peilen in de meren en kanalen handhaven.
2. Water verticaal bergen: geleidelijk stijgende meerpeilen met als consequentie dat de waterkeringen moeten worden versterkt; ruimte voor een natuurlijker peilbeheer en het vergroten van de zoetwatervoorraad. Voor de regionale waterafvoer is extra gemaalcapaciteit nodig, maar de huidige kanaalpeilen blijven gelijk.
3. Water horizontaal bergen: landelijk gebied rondom de meren inzetten voor berging van overtollig water; mogelijkheden voor een natuurlijker peilverloop en vergroting van de zoetwatervoorraad, maar ook in dit geval moeten de waterkeringen worden versterkt.

Naar aanleiding van de studie is besloten tot een combinatie, die 'meegroeiën met de zee' wordt genoemd (naar de gelijknamige strategie van het WereldNatuurfonds (WNF, 1996) ([www.dow.wau.nl/msa/nopimpact/natuur/factsheet\\_water\\_definitief.doc](http://www.dow.wau.nl/msa/nopimpact/natuur/factsheet_water_definitief.doc))).

**Samengevat: er is een adaptatiestrategie geformuleerd die gebruik maakt van bewezen techniek (extra spuicapaciteit Afsluitdijk en een groot gemaal bij IJmuiden), waarmee tot 2050 de problemen beheersbaar lijken.**

### 4.2.3 Indicatoren

De **verandering van het risico op overstroming** (bijv. in termen van gemiddelde jaarlijkse overstromingsschade: EAD; De Bruijn, 2005) kan als indicator van robuustheid dienen om het beleid te toetsen. Deze indicator neemt zowel de autonome ontwikkeling mee als de veranderingen in de randvoorwaarden door klimaatverandering en zeespiegelstijging.

Een bijkomend voordeel van het gebruik van deze indicator is dat deze goed aansluit bij het voorstel voor een EU-richtlijn inzake overstromingsrisico's.

## 4.3 Volksgezondheid

### 4.3.1 Robuustheid

Zoals beschreven in paragraaf 3.3 zijn de toename van hittestress en problemen door luchtverontreiniging tijdens hittegolven de belangrijkste gevolgen van klimaatverandering op de gezondheid van Nederlanders. De meeste mensen passen zich aan aan extreme- weersomstandigheden door fysieke inspanningen te vermijden en koele plekken in te richten of op te zoeken. Na afloop van de hittegolf herstellen ze snel en kunnen verder met hun gewone bezigheden.

Dit geldt echter niet voor kwetsbare groepen, zoals bewoners van verzorgingshuizen en ziekenhuispatiënten; zij zijn niet in staat hun gedrag aan te passen en zijn volledig afhankelijk van ruimtekoelingsfaciliteiten van het verzorgings- of ziekenhuis. Met name in oudere gebouwen ontbreken deze vaak nog. Omdat ouderen en mensen met luchtwegaandoeningen of hart- en vaataandoeningen een verhoogde kans op overlijden hebben tijdens hittegolven is bij hen van individuele veerkracht geen sprake.

### 4.3.2 Adaptatie(vermogen)

In 2003 was de GGD actief bij voorlichting tijdens de hittegolf die dat jaar optrad, maar '*de GGD anticipeert niet nu al op het broeikas-effect*'. Het Rode Kruis wijst op een voorlichtende en waarschuwende taak van de overheid voor hittegolven, maar er zijn praktische problemen over definiëring van hittegolf, de aard van de adviezen en welke overheden verantwoordelijk zouden moeten zijn (De Pater, 2005: p. 28).

Hittestress komt met name voor onder ouderen, personen met luchtwegaandoeningen en personen met hart- en vaatziekten. Daarom wordt bij de nieuwbouw en/of renovatie van verzorgingstehuizen, ziekenhuizen en woningen voor ouderen in toenemende mate aandacht besteed aan:

- Ruimtekoelinginstallaties; en
- 'intelligente', hittebestendige gebouwen.

En verder zijn er al:

- Vroegtijdige waarschuwing voor hittegolven, overstromingen, stormen, slechte zwemwaterkwaliteit en smog;
- Bewustwordingscampagnes (hittestress, UV-belasting, ziekte van Lyme);
- Maatregelen tegen luchtverontreiniging (fijn stof, NO<sub>x</sub>);
- Maatregelen tegen oppervlaktewaterverontreiniging (fosfaat).

Dit zijn allemaal maatregelen die niet expliciet zijn bedoeld als adaptatie aan klimaatverandering; ze zijn meer in het algemeen gericht op het voorkomen van gezondheidsproblemen onder de Nederlanders.

Zo geeft het KNMI sinds 2000 een weeralarm af als er extreem weer wordt verwacht, maar het ontbreekt nog aan heldere en eenduidige criteria voor hittegolven (KNMI, 2006). 's Zomers geeft het KNMI in zijn weerberichtgeving ook aan wat de 'zonkracht' is, een maat voor de UV-belasting. Het RIVM geeft smogwaarschuwingen, onder andere via Teletekst. En de GGD geeft voorlichting over de ziekte van Lyme, onder andere via hun website [www.ggd.net](http://www.ggd.net).

Op Teletekst en op de websites van de provincies staat waar tijdens het badseizoen zwemverboden zijn of waar waarschuwingen voor bijvoorbeeld blauwalgen gelden (VROM, 2006b). Deze berusten op 14-daagse controles tijdens het badseizoen (van mei tot oktober) door de waterbeheerder – meestal het waterschap of zuiveringschap, maar in de kustwateren en de grote rivieren is dit het Rijk.

### **4.3.3 Indicatoren**

- **Aantal verloren levensjaren door hittestress**
- **Beschikbaarheid van adequate (recente?) rampenbestrijdingsplannen en test resultaten rampenbestrijdingsoefeningen**

## **4.4 Algemene (nuts)voorzieningen**

### **4.4.1 Energievoorziening**

#### **4.4.1.1 Robuustheid**

Het energievoorzieningssysteem in Nederland vertoont voldoende overcapaciteit, en het is daarom robuust ten aanzien van klimaatvariabiliteit; dit geldt vooral voor de gaslevering. De electriciteitslevering is deels afhankelijk van de situatie in omliggende landen, waar vandaan electriciteit wordt ingevoerd. Zoals beschreven in paragraaf 3.4.1 is het systeem wel kwetsbaar ten aanzien van de temperatuur van koelwater voor elektriciteitsopwekking voor gas- en kolencentrales.

#### 4.4.1.2 Adaptatie(vermogen)

Adaptatiemaatregelen betreffen vooral de vermindering van de afhankelijkheid van koelwater:

- Een verhoging van de maximale lozingstemperatuur;
- Gestratificeerde lozing van koelwater;
- Energiebesparing, met name tijdens hittegolven (geen ruimtekoeling);
- Technische maatregelen in de elektriciteitscentrales die leiden tot:
  - Rendementsverbetering;
  - Efficiënter gebruik van koelwater.

Een verhoging van de maximale lozingstemperatuur heeft ecologisch effect op de rivieren, omdat warm water minder zuurstof kan bevatten. Ook kan de bereiding van drinkwater gecompliceerder worden (Nilessen & Van Ierland, 2006). KEMA onderzoekt momenteel of ‘gestratificeerde lozing’ de koelwaterproblematiek kan verminderen. Normaal gesproken wordt het koelwater met veel kracht de rivier ingestort: het warme lozingswater vermengt zich daar met koud rivierwater. Bij gestratificeerde lozing wordt echter met beperkte snelheid een relatief dunne warme laag op het koudere rivierwater gelegd, die daar blijft drijven. Deze warme bovenlaag staat meer warmte af aan de lucht dan aan het rivierwater (KEMA, 2006).

Energiebesparing tijdens hittegolven lijkt niet waarschijnlijk: de trend is juist dat het elektriciteitsgebruik toeneemt door het gebruik van ruimtekoelinginstallaties. De technische maatregelen in de elektriciteitscentrales zijn kostbaar en waarschijnlijk in veel gevallen alleen te implementeren bij grootschalige renovatie of nieuwbouw van centrales.

#### 4.4.1.3 Indicatoren

- **Verandering in de frequentie en duur van koelwaterlozingsbeperkingen**

### 4.4.2 Drinkwatervoorziening

#### 4.4.2.1 Robuustheid

Zo'n 40% van de drinkwatervoorziening in Nederland komt uit oppervlaktewater (Geudens, 2005, p.10). De overige 60% van het Nederlandse drinkwater wordt bereid uit grondwater. In het algemeen is grondwater schoner dan oppervlaktewater en drinkwaterbereiding uit grondwater is daarom goedkoper.

De drinkwaterbekkens die in de Biesbosch zijn aangelegd om periodes met slechte rivierwaterkwaliteit – bijvoorbeeld door zoutlozingen of verontreinigingen – of lage rivierafvoeren te overbruggen zijn groot, evenals de strategische watervoorraad die aanwezig is in het Markermeer en IJsselmeer. De voorraad grondwater in Nederland, met z'n ondergrond van ongeconsolideerde sedimenten, is eveneens zeer groot. Een landelijk tekort aan ruwwater voor drinkwaterbereiding is daardoor *zeer onwaarschijnlijk*. Wel kan het overschakelen op andere bronnen lange tijd vergen, zodat de waterleverantie in theorie in gevaar kan komen. Door de spreiding van waterwinning over verschillende

bronnen(grond- en oppervlaktewater, verschillende gebieden) en het koppelen van waterleidingnetten kan toch van een robuust systeem worden gesproken.

#### 4.4.2.2 Adaptatie(vermogen)

*De drinkwaterproductiesector herkent en erkent klimaatverandering als een relevant probleem* (mondel. mededeling KIWA). Ze investeert ook in onderzoek naar innovatieve technieken van zuivering, teneinde ruwwater van slechtere kwaliteit te kunnen gebruiken om drinkwater te bereiden. Sommige grondwaterwinbedrijven zijn al bezig om installaties te bouwen die brak grondwater kunnen omzetten in drinkwater (omgekeerde osmose).

#### 4.4.2.3 Indicatoren

- **Verandering van het risico dat de reguliere drinkwatervoorziening in Nederland niet aan vraag kan voldoen.**

### 4.4.3 Infrastructuur en bebouwde omgeving

#### 4.4.3.1 Robuustheid

In het algemeen is de droge en natte transportinfrastructuur bestand tegen klimaatvariabiliteit, want de in paragraaf 3.4.3 genoemde gevolgen zijn ook in het huidige klimaat niet uitzonderlijk. Desalniettemin is de **scheepvaartinfrastructuur** kwetsbaar voor de verwachte veranderingen in de rivierafvoeren, de **weginfrastructuur** voor congestie door extreem weer en de **railinfrastructuur** voor hitte, blaadjes op de rails e.d.

De infrastructuur toont ook veerkracht: na afloop van de stormen, hittegolven en perioden met hevige regenval functioneert het systeem na korte tijd weer normaal: bijvoorbeeld stormschade kan vaak snel worden hersteld.

Bij overstromingen en wateroverlast hangt de robuustheid af van de hoeveelheid water, maar ook van de eigenschappen van de infrastructuur en de gebouwen: bijvoorbeeld als de woonverblijven in een huis zich op de eerste etage bevinden, is de waterschade relatief beperkt als het water niet hoger staat dan twee meter.

#### 4.4.3.2 Adaptatie(vermogen)

Lange-termijnadaptatiestrategieën voor de **weginfrastructuur** zijn niet ontwikkeld maar gezien de frequentie van wegonderhoud *kan vermoedelijk tijdig worden gereageerd op veranderend klimaat*.

De weginfrastructuur wordt conform vigerend beleid beter berijdbaar gemaakt onder extreme weerscondities. Specifiek de drainagecapaciteit van het wegdek is van groot belang, omdat snelle drainage na hevige neerslag schade kan voorkomen. Dit hangt natuurlijk samen met de hemelwaterafvoer via rioleringsstelsels, die in paragraaf 4.6 nog aan de orde komen. In beleidsdocumenten van waterschappen (o.a. Wetterskip Fryslân) wordt ook onderkend dat de drainagecapaciteit moet worden opgevoerd in bepaalde gebieden.

In de **binnenvaart** is er aandacht voor de gevolgen van klimaatverandering en met name voor de gevolgen voor de duur en intensiteit van lage afvoeren. Dergelijke afvoeren hebben gevolgen voor de belaadbaarheid van de schepen. Binnen de sector is er geen beleid geformuleerd. Wel heeft het havenbedrijf Rotterdam een aantal studies uit laten voeren naar de mogelijk gevolgen van dergelijke veranderingen en naar mogelijkheden om de gevolgen te minimaliseren. Mogelijke maatregelen zijn het aanpassen van de infrastructuur, de bouw van andere schepen en het anders organiseren van de binnenvaartmarkt zelf. De invoering van dergelijke maatregelen vergt vermoedelijk tientallen jaren tijd.

Het Ministerie van VROM formuleert adaptatiebeleid voor de **bouw**, voornamelijk gericht op koude-isolatie (VROM, 2006a). De implementatie van de EU-Richtlijn “Energieprestatie van gebouwen” is echter nog niet gereed. Met name het onderdeel ‘overleggen van een energieprestatiecertificaat bij bouw, verkoop en verhuur van gebouwen’ kan een bijdrage leveren aan adaptatie aan klimaatverandering.

Wel is sinds 2004 ook het onderwerp ‘zomercomfort’ opgenomen in de berekening van de energieprestatiecoëfficiënt (EPF) voor woning- en utiliteitsbouw (NEN, 2006). Bij het aanvragen van een bouwvergunning voor een woning of woongebouw moet volgens het Bouwbesluit een energieprestatieberekening worden overlegd. Een ontwerp met een slechte score voor zomercomfort (bijvoorbeeld door grote raamoppervlakken op het zuiden) krijgt een lagere EPF, omdat de kans groot is dat de bewoners een ruimtekoelinginstallatie gaan aanschaffen. Aangezien een bepaalde normscore moet worden gehaald, draagt de wijziging van de berekeningswijze van de EPF bij aan een toename van de klimaatbestendigheid van woningen en utiliteitsbouw.

Normen voor de watervastheid van gebouwen zijn ons niet bekend, wel is er een verplichte mate van drooglegging (hoogte boven polderpeil) voor nieuwe bouwlocaties. Daarop wordt teruggekomen in paragraaf 4.6.

*Aanpassing aan een veranderend klimaat is vooral mogelijk in nieuwbouw. Dat kan ook snel worden verwezenlijkt. De enorme voorraad bestaande bebouwing kan echter slechts deels worden aangepast:* wel betere isolatie, niet zo makkelijk hoger of watervast.

#### 4.4.3.3 Indicatoren

- **Weginfrastructuur:** verandering in het aantal stremmingen gerelateerd aan extreem weer
- **Railinfrastructuur:** verandering in het aantal stremmingen gerelateerd aan extreem weer
- **Waterinfrastructuur:** verandering in het aantal dagen met stremmingen gerelateerd aan hoge of lage afvoeren.
- **Bebouwing :** Score EPF nieuwe gebouwen

## 4.5 Natuur

### 4.5.1 Robuustheid

Op het moment heeft de natuur nog steeds ernstig te lijden van vermessing, versnippering, verzuring, verdroging en verontreiniging (zie de diverse MNP Natuurbalansen), alhoewel op veel punten een verbetering valt te constateren. Klimaatvariabiliteit (droge zomers, koude winters) vormt een extra – natuurlijke – stressor voor ecosystemen en populaties van soorten, waarvan echter wordt aangenomen dat die wel kan leiden tot het uit balans raken van evenwichtsituaties en tot de instorting van populaties kan leiden. Voorbeelden zijn bekend van driehoeksmossel (Markermeer), kokkelbanken, mosselen, e.d. Het Markermeer is zo zelfs in een troebel evenwicht terecht gekomen, waardoor de driehoeksmosselpopulatie zich niet herstelt. Van de Spiering wordt aangenomen dat die door hogere watertemperaturen achteruit is gegaan.

Ook wordt wel aangenomen dat het zichtbaar worden van de effecten van verzuring (bossterfte) en verdroging aan droge jaren te wijten valt; zónder waren deze antropogene stressoren mogelijk niet (tijdig) opgemerkt.

### 4.5.2 Adaptatie(vermogen)

Het natuurbeleid streeft naar een vergroting van de robuustheid tegen allerlei stressoren, waaronder verdroging, vermessing, verzuring, versnippering en vergiftiging. Het belangrijkste middel van het natuurbeleid om de gewenste robuustheid tot stand te brengen is gelegen in (1) het creëren van een robuuste Ecologische Hoofdstructuur (EHS), waaromheen bufferzones, onder meer via het beleid inzake GGOR (Gewenste Grond- en Oppervlaktewater Regime), en (2) door het realiseren van zogenaamde Robuuste Verbindingen (Opdam et al., 2003).

Klimaatverandering krijgt langzamerhand een plaats in het natuurbeleid. Maar klimaatverandering lijkt niet meer dan het zoveelste argument ter onderbouwing van het reeds ingezette beleid, waarbij we benadrukken dat het robuuster maken van **de EHS en het beleid inzake robuuste verbindingen sowieso al een multi-stress benadering inhoudt**. Een adaptatiestrategie voor natuur met het oog op uitsluitend klimaatverandering is niet bekend. Maar het vermogen van de natuur om zich aan te passen aan klimaatverandering kan worden versterkt door de versnippering te verminderen. Door de ontwikkeling van de EHS wordt de ruimtelijke samenhang voor de biodiversiteit sterk verbeterd, zeker als daarbij ook de robuuste verbindingen worden gerealiseerd. De robuuste verbindingen zijn aan de EHS toegevoegd om de ruimtelijke samenhang op een hoger schaalniveau, tussen regio's te vergroten. Robuuste verbindingen zijn bedoeld om de verspreiding van ook de weinig mobiele soorten tussen regio's mogelijk te maken. Robuuste verbindingen zijn daarmee een goede strategie om het verschuiven van soorten als gevolg van klimaatverandering mogelijk te maken.

De EHS en de robuuste verbindingen zijn dus een goede strategie voor het vergroten van het aanpassingsvermogen van de natuur aan klimaatverandering. Onbekend is nog of – en welke – extra maatregelen nodig zijn, en voor welke ecosystemen en soorten. En er moet worden opgemerkt dat dergelijk beleid niet tot Nederland beperkt kan blijven. Zonder een samenhangend systeem over heel Europa, is geen bestendigheid te ontwikkelen.

Het realiseren van de EHS en de robuuste verbindingen verloopt trager dan velen wensen en dan beoogd (zie Natuurverkenningen en Natuurbalansen van MNP). Klimaatverandering maakt ook de noodzaak tot goede bufferzones tegen verdroging urgenter. En ook zijn er mogelijke conflicten om ruimte voor waterberging, waardoor huidige natuurwaarden geschaad kunnen worden. Anderzijds is het mogelijk dat nieuwe natuur gecreëerd wordt met de toenemende ruimte voor waterberging (zie Runhaar et al., 2005; Klijn & Penning, 2002). *Samengevat kan worden gesteld dat het adaptatievermogen van de natuur (het natuurbeleid?) vooral wordt beperkt door de traagheid waarmee de EHS en robuuste verbindingen tot stand komen, ofwel door strijd om de ruimte.*

### 4.5.3 Indicatoren

De volgende (beleids)indicatoren worden voorgesteld:

- Toename van zuidelijke soorten met geringe mobiliteit
- Realisatie EHS
- Realisatie Robuuste Verbindingen
- Frequentie van voorkomen van beleid inzake ‘Adaptatie natuur voor klimaatverandering’ als doel in gemeentelijke gebiedsplannen.

## 4.6 Overig waterbeheer inzake wateroverlast en droogte

### 4.6.1 Robuustheid inzake wateroverlast

Wateroverlast is *hot item*, er wordt veel energie ingestoken en het gaat de komende jaren ook veel kosten. Aandacht voor wateroverlast is een verplichting ingevolge WB21 en Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW), maar ook bij bouwactiviteiten is er toenemende aandacht voor. Het NBW bevat taakstellende afspraken ten aanzien van wateroverlast.

#### Nationaal Bestuursakkoord Water over wateroverlast

De procesafspraken voor het op orde brengen van het watersysteem ten aanzien van de watertekort problematiek, waterkwaliteit en ecologie behelzen:

1. waterschappen toetsen tussen 2003-2005 de regionale watersystemen aan de werknormen en geven op basis daarvan de ruimteclaim op aan gemeenten en provincies;
2. gemeenten maken tussen 2003 en de eerste helft van 2006, onder meer rekening houdend met deze ruimteclaim, stedelijke waterplannen;
3. provincies komen tussen 2003 en de eerste helft van 2006, onder meer rekening houdend met de ruimteclaims van het waterschappen de gemeentelijke visies, met een integrale afweging van de ruimtebehoefte;



4. bij lopende (partiele) herziening van structuur- en bestemmingsplannen, provinciale beleids- en streekplannen anticiperen partijen waar mogelijk op de uitkomsten van bovengenoemde inspanningen, onder ander ten behoeve van uitvoering van het maatregelenpakket 2003-2007;
5. voor het overige leggen provincies en gemeenten de definitieve taakstellende afspraken als resultaat van de besluitvorming vast in provinciale beleids- en streekplannen (uiterlijk in 2007), respectievelijk in structuur- en bestemmingsplannen;
6. uiteindelijk dienen bovengenoemde procesafspraken uit te monden in taakstellende afspraken die uiterlijk in 2009 zijn vastgelegd in de stroomgebiedbeheersplannen.
( <a href="http://www.nederlandleeftmetwater.nl/docuser/Nationaal_Bestuursakkoord_Water">www.nederlandleeftmetwater.nl/docuser/Nationaal_Bestuursakkoord_Water</a> )

Om te bepalen of een watersysteem wel of niet op orde is in relatie tot mogelijke wateroverlast, wordt **ten eerste** gebruik gemaakt van normen, die vooral het karakter hebben van richtlijnen waarop de betrokken **waterbeheerders** zich kunnen of moeten richten. Deze normen hebben betrekking op het ontwateringsstelsel (sloten en vaarten) en/of het afwateringsstelsel (keringen langs boezemwateren) (Neuvel, 2004). In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) is vastgelegd dat deze normen als werknormen zullen worden gebruikt om het watersysteem te toetsen. Ze hebben nog geen juridische basis. De normen voor regionale wateroverlast zijn uitgedrukt als een maximaal toelaatbare kans per jaar op water op het maaiveld in een gebied. De normen zijn specifiek voor verschillende grondgebruikstypen (zie Tabel 4-2) (Neuvel, 2004).

In 2015 moeten alle bestaande situaties zijn getoetst en aan de normen voldoen. **We kunnen uit dit voornemen afleiden dat het systeem op veel plaatsen dus onvoldoende robuust is.** Verschillende waterschappen hebben de afgelopen jaren onderzocht of het watersysteem binnen hun beheersgebied aan de normen voldoet en welke maatregelen getroffen kunnen worden indien dit niet zo is. Het is de auteurs bekend dat in ieder geval waterschappen Rijnland en Hollands Noorderkwartier al ver zijn, maar vermoedelijk geldt dat voor de meeste waterschappen.

Tabel 4-2 Normen (richtlijnen) voor wateroverlast per grondgebruikstype (Nationaal bestuursakkoord water, 2003).

Grondgebruikstype	Maaiveldhoogte criterium	Basisnorm [1/jr.]
Grasland	5%	1/10
Akkerbouw	1%	1/25
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1%	1/50
Glastuinbouw	1%	1/50
Bebouwd gebied (extensief)	1%	1/100
Bebouwd gebied (gemiddeld)	1%	1/500
Bebouwd gebied (intensief)	0%	1/1000

**Ten tweede** zijn er normen (wederom als richtlijnen) voor **gemeenten en ontwikkelaars** ten aanzien van de vereiste ‘drooglegging’ per landgebruiksfunctie. Hierover wordt soms door de waterschappen geadviseerd, zoals kort geleden inzake de voorgenomen bouwactiviteiten in de Zuidplaspolder bij Gouda. Daar zijn extra strenge eisen geformuleerd in verband met de extreem lage ligging van deze polder en de extreme bodemdaling alhier.

### **Voorbeelden van wat op dit moment loopt (NBW koplopers)**

(overgenomen uit <http://projecten.nederlandleeftmetwater.nl/>)

#### **Delfland vindt ruimte voor waterberging bij tuinders**

Het Hoogheemraadschap van Delfland is in samenwerking met de glastuinbouwsector een onderzoek gestart naar de mogelijkheden van waterberging in gietwaterbassins op tuinbouwbedrijven. Op de langere termijn moeten structurele maatregelen genomen worden. Denk aan de vergroting van de capaciteit van de gemalen en de verbreding van de kanalen. Waterberging in gietwaterbassins is een uitstekende tussenoplossing om wateroverlast te beperken (voor de komende vijf jaar). De extra bergingscapaciteit bij tuinders kan al op korte termijn lokaal de wateroverlast beperken. Per bedrijf kan een aanvullende bergingscapaciteit worden gerealiseerd van minimaal 250 m<sup>3</sup> en maximaal 1000 m<sup>3</sup> per hectare glas.

Er is een proefproject in twee polders uitgevoerd, de Oude Lierpolder en 'Nieuwland en Noordland'. Hieruit blijkt dat het systeem goed functioneert en het de bedrijven winst oplevert op het gebied van veiligheid. Uitgangspunt is dat het project geen negatieve gevolgen heeft voor de waterkwaliteit. Het proefproject valt binnen het kader van het meerjarenproject ABCDelfland.

#### **Waterschap Hunze en Aa's spaart natuurwaarden bij waterberging in polders**

De polders Lappenvoort, Glimmermade en Het Oosterland zijn volop in ontwikkeling. Waterschap Hunze en Aa's heeft de polders geschikt gemaakt voor waterberging. Om te voorkomen dat laagliggende delen van omliggende gebieden met water uit het Noord-Willemskanaal overstromen, zijn bestaande kades opgehoogd. Daarnaast zijn op beperkte schaal nieuwe kades aangelegd. Bijzondere aandacht is er voor natuurwaarden (de schrale graslanden) in het westen van de polder Lappenvoort. Om deze natuurwaarden te sparen, is de polder in compartimenten verdeeld. Maar er gebeurt meer. Zo wordt er hard gewerkt aan natuurherstel, de realisatie van recreatieve voorzieningen en het herstel van de verbinding tussen de Drentse Aa en de Oude Aa.

### **4.6.2 Adaptatie(vermogen) inzake wateroverlast**

Het NBW heeft niet alleen tot doel om in 2015 het watersysteem op orde te hebben, maar ook om het daarna op orde te houden, anticiperend op veranderende omstandigheden, zoals onder andere de verwachte klimaatverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en toename van verhard oppervlak.

Verschillende waterschappen hebben de afgelopen jaren onderzocht welke maatregelen getroffen kunnen worden indien het watersysteem binnen hun beheersgebied niet aan de huidige normen voldoet. Ingevolge het uitgangspunt niet alleen te reageren, maar ook te anticiperen wordt rekening gehouden met de toekomstige situatie, waarbij veelal wordt uitgegaan van scenario's, meestal het middenscenario, en voor een zichttijd in het jaar 2050.

Om het watersysteem ook in de toekomst op orde te houden hebben het Rijk, de provincies, het samenwerkingsverband Interprovinciaal Overleg (IPO), de Vereniging Nederlandse Gemeenten (VNG) en de Unie van Waterschappen (UvW) in het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW) afspraken gemaakt om de wateropgave als gevolg van klimaatsverandering, zeespiegelstijging, bodemdaling en verstedelijking aan te pakken en het watersysteem op orde te krijgen, ook voor de toekomst (Nationaal Bestuursakkoord Water, 2003).

Het probleem wordt inmiddels aangepakt door individuele waterschappen en gemeenten, die plannen maken voor investeringen in waterberging en vergroting van de afvoercapaciteit (bijv. Hoogheemraadschap Delfland: ABC-project) danwel capaciteitsvergroting van de riolering bij vervanging (bijv. gemeente Dordrecht).

***Samengevat kunnen we concluderen dat de gevolgen van klimaatverandering voor de wateroverlast zijn herkend, erkend en dat er adaptatiebeleid wordt geformuleerd.*** Deels is sprake van achterstallig onderhoud (waar niet aan huidige normen wordt voldaan), maar er wordt ook geanticipeerd. In hoeverre de implementatie even voortvarend zal zijn als de formulering van intenties moet de toekomst uitwijzen.

#### **4.6.2.1 Indicatoren**

- **Verandering van het risico van wateroverlast**

#### **4.6.3 Robuustheid inzake droogte**

Uit de Droogtestudie (RIZA, 2005) en de Studie Zuidwest-Nederland bleek dat er in kwantitatieve zin genoeg water is, maar dat de kwaliteit – met name het zoutgehalte, maar ook algenbloei – voor veel gebruiksfuncties wel beperkend kan worden. Het betreft vooral een verdelingsvraagstuk, met de bijbehorende dilemma's van prioriteitsstelling en economische afwegingen. Deze dilemma's zijn in principe al eeuwenoud, maar worden prangerder onder druk van klimaatverandering – maar meer nog onder de druk van een toenemende vraag en hogere eisen vanuit de verschillende watervragers.

Naar aanleiding van de nationale en regionale studies heeft men gesteld dat elk waterschap de eventuele problemen binnen het eigen gebied kan en moet oplossen.

#### **4.6.4 Adaptatie(vermogen) inzake droogte**

Aan watertekorten ('droogte') wordt door de waterschappen in verhouding wat minder aandacht besteed dan aan wateroverlast, alhoewel ook dit verplicht is ingevolge het Nationaal Bestuurakkoord Water (NBW). Het NBW bevat immers eveneens taakstellende procesafspraken ten aanzien van watertekorten, verdroging en verzilting. De urgentie en belangrijkheid van het probleem wordt echter als minder groot beoordeeld (zie ook paragraaf 3.6.6).

De *de facto* aandacht van verschillende waterschappen voor de droogteproblemen verschilt nogal, afhankelijk van de regionale *setting*, en heeft sterk te maken met de beschikbaarheid van water (ter illustratie: Voor Rijnland kan de Hollandsche IJssel zo nu en dan te zout worden, maar Hollands Noorderkwartier heeft het IJsselmeer als 'schier onbeperkte' zoetwatervoorraad beschikbaar; Zeeland heeft van oudsher weinig zoet water beschikbaar, *et cetera*).

Er is sprake van voortdurende waakzaamheid bij rijk en waterschappen, maar men ziet op grond van de Droogtestudie nog geen aanleiding tot (forse) adaptatiemaatregelen. Daarbij speelt een rol dat de kosten van maatregelen (te) hoog lijken in verhouding tot de (voorziene) baten. Het droger worden in de zomer in combinatie met een vergroting van de

kans op extreme buien in dezelfde periode kan leiden tot dilemma's in de adaptatiestrategieën. Vergroting van de verdamping zal relatief hoge waterstanden vragen om de verdroging en daarmee de bodemdaling te beperken. Tegelijkertijd eist de opvang van water tijdens extreme buien ruimte voor de berging van extra water. Dit zou eerder leiden tot lagere peilen om ruimte voor deze berging te creëren.

*Samengevat kunnen we concluderen dat droogteproblemen door klimaatverandering zowel op nationaal als regionaal niveau zijn herkend en erkend, en dat er wordt nagedacht over nut, noodzaak en urgentie van adaptatiemaatregelen.*

#### 4.6.5 Indicatoren

- Verandering in zomergrondwaterstanden
- Verandering in snelheid van bodemdaling
- Verandering in de schade door droogte

### 4.7 Economische sectoren

#### 4.7.1 Indicatoren voor alle economische sectoren

In paragraaf 3.7.1 zijn onderwerpen ('items') genoemd waarmee de belangrijkheid van klimaatverandering kan worden bepaald voor economische sectoren en bedrijven. Deze kunnen ook gebruikt worden als indicatoren voor de robuustheid van een sector of om te bepalen of het adaptatiebeleid van een sector succesvol is. We geven in Tabel 4-3 dezelfde lijst van items weer, maar nu met een specificatie die meer de vorm heeft van een indicator.

Tabel 4-3 Items die als indicatoren kunnen dienen om de robuustheid en/of het succes van adaptatie van economische sectoren te bepalen.

<b>Logistiek</b>	Is mijn aan-en afvoer beïnvloed door extreme weerscondities?
<b>Financieel</b>	Heb ik schade geleden wegens onderverzekering van schade gerelateerd aan extreme weersomstandigheden? Zijn er inveringen die ik sneller moet afschrijven als gevolg van klimaatverandering geleden? Heb ik reputatieverlies geleden als gevolg van klimaatgerelateerde gebeurtenissen?
<b>Markt</b>	Is de markt veranderd als gevolg van klimaatverandering, heb ik kansen gemist?
<b>Proces</b>	Is het productieproces gehinderd door klimaatverandering? Hebben mijn leveranciers slechter geleverd door weersomstandigheden?
<b>Medewerkers/klanten</b>	Zijn mijn medewerkers/klanten zich anders gaan gedragen door weersomstandigheden?
<b>Gebouwen</b>	Heb ik afwendbare schade geleden aan mijn gebouwen door klimaatcondities?
<b>Management</b>	Indien de bovenstaande onderwerpen inderdaad substantieel beïnvloed kunnen worden, wat kan ik er dan aan doen?

## 4.7.2 Landbouwsector

### 4.7.2.1 Robuustheid

De nu voorziene klimaatverandering pakt slecht uit als deze geprojecteerd wordt op de huidige landbouw en de huidige wijze van waterbeheer (zie WB 21; en RIZA, 2005):

- De schade in de landbouw wordt vooral veroorzaakt doordat wateraanbod en watervraag over het jaar een tegengesteld verloop vertonen. Als er veel water is, is de vraag klein (winterhalfjaar), terwijl als de watervraag groot is, er weinig water beschikbaar is. Onder invloed van klimaatverandering wordt deze discrepantie versterkt.
- De droogteschade neemt aanzienlijk toe, doordat de watervraag stijgt en de waterbeschikbaarheid daalt.
- Een verminderde aanvoer van zoet water door de rivieren in de zomer, de toename van zoute kwel en het verder landinwaarts opschuiven van zouttongen in de kustzone leiden tot een verminderde beschikbaarheid van zoet water in de zomer, terwijl de watervraag toeneemt. Hierdoor komt de garantie van voldoende zoet water voor de landbouw in vooral West-Nederland onder druk te staan (RIZA, 2005).
- De verdrassingsschade neemt toe doordat de neerslag toeneemt.

Voor WB21 gebruikte grondgebruikssenario's laten echter een vermindering van het landbouwareaal zien. Daardoor neemt de droogte-, verdrassings- en zoutschade in absolute zin eveneens af. Hierdoor zijn de negatieve effecten van klimaatverandering voor de landbouwsector minder groot dan bij handhaving van het huidige areaal. Ook volgens de droogtestudie (RIZA, 2005) zorgt de autonome ontwikkeling in de landbouw (verkleining van het areaal) ervoor dat de negatieve effecten relatief minder groot zijn dan bij handhaving van het huidige areaal.

### 4.7.2.2 Adaptatie(vermogen)

Behalve in aanpassing van het waterbeheer, zodat de totale hoeveelheid water op het juiste moment beschikbaar is, kan een oplossing van de genoemde problemen gevonden worden in een aanpassing van de landbouw, bijvoorbeeld door bij de gewaskeuze (weer) meer rekening te houden met de 'natuurlijke' hydrologische situatie. Daarop wordt wel veel gestudeerd, maar er is nog geen beleid ontwikkeld.

In dat verband moet men zich realiseren dat:

- de gewaskeuze een beslissing is van individuele landbouwers;
- er een tendens bestaat waarbij de landbouw zich ontwikkelt in een richting die steeds minder grondgebonden is en ook steeds minder afhankelijk van natuurlijke omstandigheden (o.a. glastuinbouw); en
- er economische terugkoppelingsmechanismen zijn die leiden tot compensatie van absolute opbrengstverliezen door hogere prijzen.

### 4.7.3 Recreatie en toerisme

#### 4.7.3.1 Robuustheid

Zowel het MNP 2005 als Van Ierland *et al.* (2001) geven aan dat de recreatiesector niet kwetsbaar is voor klimaatverandering. Er zijn juist kansen op het gebied van watersport, dagrecreatie en kusttoerisme als gevolg van klimaatverandering.

Een mogelijk nadelig effect op de zwemwaterkwaliteit is veel kleiner dan de overige positieve effecten.

#### 4.7.3.2 Adaptatie(vermogen)

*De recreatiesector heeft klimaatverandering expliciet herkend en erkend als kans.*

### 4.7.4 Transportsector

#### 4.7.4.1 Robuustheid

De sector is op het niveau van de gehele sector in zoverre robuust dat er op het moment een overcapaciteit lijkt te bestaan aan verladings; de concurrentie is groot.

Op het niveau van individuele bedrijven lijkt de sector wel enigermate kwetsbaar, namelijk voor de toename van rentabiliteitsverlies door extreme weersomstandigheden. Het is de vraag hoe groot het effect van extreem weer is ten opzichte van dat door – bijvoorbeeld – filevorming en een toch al beperkte capaciteit van het wegennet.

#### 4.7.4.2 Adaptatie(vermogen)

Transport- en Logistiek Nederland, de belangenvereniging van de wegtransportsector, meldt op haar website dat ze met *'een delegatie van leden van de Tweede Kamer heeft [...] gesproken over het beleid om klimaatverandering tegen te gaan'*. Over adaptatie meldt de website echter niets.

Volgens Van Ierland *et al.* (2001) is de transportsector minder kwetsbaar voor klimaatverandering dan andere economische sectoren, omdat het meeste materieel een korte tot middellange levensduur heeft. Mede daardoor is er voldoende tijd en technologische capaciteit voor adaptatie.

Een adaptatiestrategie kan (1) vooral op de infrastructuur gericht zijn: bescherming van de wegen en havens tegen wateroverlast, en aangepast waterbeheer op de rivieren om de bevaarbaarheid te garanderen. Ook moet in dat verband de railinfrastructuur worden versterkt (Van Ierland *et al.*, 2001). Die vorm van adaptatie is reeds besproken in paragraaf 4.4.3, omdat het hier geen adaptatie door de sector betreft, maar de infrastructuur.

Een (2) tweede vorm van adaptatie door de sector zelf kan bestaan uit aanpassing van tarieven en/of verzekering van verliezen door extreem weer.

## 4.7.5 Verzekeringen

### 4.7.5.1 Robuustheid

De verzekeringssector kan worden beschouwd als niet kwetsbaar voor klimaatverandering zolang grote rampen uitblijven en/of herverzekering mogelijk is; integendeel: klimaatverandering kan dan worden gezien als een kans om de markt uit te breiden in Nederland, omdat verzekeringen een geschikte adaptatieoptie zouden zijn voor gevolgen van klimaatverandering die particulieren en bedrijven treffen, zoals wateroverlast en toename van stormen (Van Ierland *et al.*, 2001). Door de toenemende vraag kan de sector ook een grotere buffer opbouwen en dus grotere risico's aan in de toekomst.

### 4.7.5.2 Adaptatie(vermogen)

*De sector heeft klimaatverandering herkend en erkend als kans om haar activiteiten uit te breiden.*

## 4.8 Samenvatting nulmeting

De onderstaande tabellen vatten de overwegingen in hoofdstuk 3 en 4 samen op een semi-kwantitatieve manier. De scores moeten als volgt worden gelezen:

- Relatieve belangrijkheid, schaal 1-5 waarbij (1) betekent niet belangrijk, (5) betekent erg belangrijk.
- Robuustheid en flexibiliteit, schaal 1-5 waarbij (1) betekent weinig robuust/flexibel, (5) betekent zeer robuust/flexibel.
- Beleid klimaatbestendig:
  - (1) beleid klimaatverandering is alleen een onderwerp bij studies door universiteiten en onderzoeksinstituten;
  - (2) Klimaatverandering wordt genoemd als onderwerp in beleidsstukken;
  - (3) Met klimaatscenario's wordt rekening gehouden in verkennende langetermijnstudies;
  - (4) Huidige beleid leidt tot extra klimaatbestendigheid *en/of* in het huidige beleid worden maatregelen voorgesteld om tot een grotere bestendigheid te komen;
  - (5) Maatregelen specifiek om de klimaatbestendigheid te vergroten zijn genomen.

Tabel 4-4 Relatieve belangrijkheid klimaatverandering per onderwerp/ sector, robuustheid en flexibiliteit van de sector, en de mate waarin de sector zelf adaptatie aan klimaatverandering erkent.

Sector		Relatieve belangrijkheid					Robuustheid					Flexibiliteit					Mate van beleidsontwikkeling				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
	veiligheid tegen overstromen					x					x	x									x
	Volksgezondheid	x									x					x	x				
Algemene nutsvoorzieningen	Energie		x				x							x			x				
	Drinkwater		x							x				x				x			
	Overige infrastructuur en bebouwde omgeving	x									x				x		x				
	Natuur					x				x		x								x	
Overig waterbeheer inzake wateroverlast en droogte	wateroverlast					x				x					x					x	
	Droogte				x					x					x						x
Economische sectoren	Landbouw		x							x					x		x				
	Transport-weg	x									x				x		x				
	Transport-rail	x									x				x						
	Transport-water			x						x					x						x
	Recreatie		x								x					x					x
	Verzekeringssector				x						x					x					?



Tabel 4-5 Bij de formulering van adaptatiebeleid voor klimaatverandering betrokken partijen, per onderwerp/sector.

Sector		Betrokken partijen bij beleidsvorming
veiligheid tegen overstromen		Universiteiten, onderzoekscentra, nationale overheid, waterschappen en regionale overheden
Volksgezondheid		Universiteiten en onderzoekscentra
Algemene nutsvoorzieningen	Energie	Universiteiten en onderzoekscentra
	Drinkwater	Universiteiten en onderzoekscentra, drinkwaterwaterbedrijven
	Overige infra-structuur en bebouwde omgeving	Universiteiten en onderzoekscentra
Natuur		overheid
Overig waterbeheer inzake wateroverlast en droogte	wateroverlast	Universiteiten, onderzoekscentra, nationale overheid en waterschappen
	Droogte	Universiteiten, onderzoekscentra, nationale overheid en waterschappen
Economische sectoren	Landbouw	Universiteiten en onderzoekscentra, nationale overheid
	Transport-weg	Universiteiten en onderzoekscentra
	Transport-rail	Universiteiten en onderzoekscentra
	Transport-water	Universiteiten en onderzoekscentra, belangenorganisaties, havenbedrijf
	Recreatie	Universiteiten en onderzoekscentra
	Verzekeringsector	(Her)verzekeringsmaatschappijen

Tabel 4-6 Overzicht van de indicatoren per onderwerp/sector

Sector	Sub-sector	Indicator
Veiligheid tegen overstromen		• verandering in het risico van overstromen
Volksgezondheid		• Aantal verloren levensjaren door hittestress • Beschikbaarheid van adequate (recente?) rampenbestrijdingsplannen en testresultaten rampenbestrijdingsoefeningen • Aantal overschrijdingen van de NEC-richtlijn.
Algemene nutsvoorzieningen	Energie	• Verandering in de frequentie van koelwaterbeperkingen
	Drinkwater	• Verandering van het risico dat de reguliere drinkwatervoorziening in Nederland niet aan vraag kan voldoen.
	Overige infra-structuur en bebouwde omgeving	• <u>Weginfrastructuur</u> : verandering in het aantal stremmingen gerelateerd aan extreem weer • <u>Railinfrastructuur</u> : verandering in het aantal stremmingen gerelateerd aan extreem weer • <u>Waterinfrastructuur</u> : verandering in het aantal dagen met stremmingen gerelateerd aan hoge of lage afvoeren. • <u>Bebouwde omgeving Score EPF nieuwe gebouwen</u>
Natuur		• Toename van zuidelijke soorten met geringe mobiliteit • Realisatie robuuste verbindingen • Frequentie Adaptatie natuur voor klimaatverandering als doel in gemeentelijke gebiedsplannen.
Overig waterbeheer inzake wateroverlast en droogte	Wateroverlast	• Verandering van het risico van wateroverlast
	Droogte	• Verandering in snelheid van bodemdaling • Verandering in zomergrondwaterstanden • Verandering in droogteschade
Economische sectoren		• Logistiek
		• Financieel
		• Markt
		• Proces
		• Medewerkers/klanten
		• Gebouwen
		• Management

## 5 Klimaatrobustheid in de toekomst

### 5.1 Klimaatrobustheid tot 2050

Om een indruk te krijgen van de klimaatrobustheid van Nederland tot 2050 gebruiken we de resultaten van de nulmeting in relatie tot de scenario's zoals die geschetst zijn in sectie 1.4.1 en 1.4.2. Volgens de klimaatscenario's verandert het klimaat in Nederland in de komende 40 jaar naar het klimaat zoals dat momenteel heerst in Zuidwest-Frankrijk. Voor de grote rivieren zullen de winterafvoeren groter worden en de zomerafvoeren lager. De zeespiegel zal tussen de 15 en 35 cm stijgen.

Voor de situatie tot 2050 zijn de veranderingen voor de indicatoren in Tabel 5-1 aangegeven. Hierbij is gevraagd of het mogelijk lijkt de eventueel noodzakelijke aanpassingen door te voeren binnen een periode van 40 jaar. Belangrijk daarbij is het gegeven dat volgens alle sociaal-economische scenario's er economische groei plaatsvindt. Met andere woorden: er is meer geld beschikbaar en dat kan worden gebruikt om additionele maatregelen te financieren.

Bij de tabel wordt allereerst aangetekend dat deze *zeer indicatief* is. De methode zoals die is uiteengezet in hoofdstuk 4 biedt houvast handvat om een meer systematische analyse te doen van de klimaatbestendigheid van Nederland. De methode moet echter verder worden getest door terzakekundigen uit de sectoren zelf ('*stakeholders*'). Binnen het huidige project was daar helaas geen ruimte voor.

Op grond van deze eerste analyse lijken tot 2050 de klimaatveranderingen niet zodanig dat de verschillende sectoren hierop niet zouden kunnen anticiperen. Dit geldt met name voor die sectoren waar de afschrijvingstermijn van investeringen kort is in verhouding tot de snelheid waarmee het klimaat verandert.

Het lijkt er ook op dat de belangrijkste ontwikkelingen betrekking hebben op veiligheid tegen overstromen. Zonder maatregelen zou de kans op overstromingen zeer sterk toenemen. En alhoewel het huidige beleid al voorziet in 5-jaarlijkse toetsing en aanpassingen, loopt het achter de feiten aan (RIVM, 2005). De kans dat de maatgevende omstandigheden naar boven worden bijgesteld op basis van (veld)metingen van afvoeren en waterstanden is klein en loopt altijd achter op de snelheid van veranderingen door klimaatverandering. Nu valt al uit te rekenen dat de kans op overstromingen vanuit de rivieren met een factor 3 toeneemt. En de kwetsbaarheid van het achterland verdrievoudigt in die ruim 40 jaar met gemak ook nog eens bij een gemiddelde economische groei van ca. 2% per jaar. Een belangrijk punt van aandacht lijkt ons dan ook de kwetsbaarheid van Nederland met betrekking tot veiligheid tegen overstromingen.

Een zichtbaar beleid op dit gebied kan er voor zorgen dat er bij investeerders geen twijfel gaat ontstaan over Nederland als land om te investeren. Een dergelijke beeldvorming – terecht of niet terecht – zal grotere gevolgen kunnen hebben voor Nederland dan de directe effecten van klimaatverandering.

Tabel 5-1 Klimaatrobustheid van de verschillende sectoren: een schatting als voorzet voor discussie.

Sector		Ontwikkeling tot 2050 bij huidig beleid	Ontwikkeling tot 2050 met adaptief beleid
	veiligheid tegen overstromen	--	0
	Volksgezondheid	-	-
	Algemene nutsvoorzieningen		
	Energie	-	+
	Drinkwater	0	+
	Overige infra-structuur en bebouwde omgeving	-	-
	Natuur	?	?
	Overig waterbeheer inzake wateroverlast en droogte		
	wateroverlast	-	0
	Droogte	-	0
	Economische sectoren		
	Landbouw	-	-
	Transport-weg	0	0
	Transport-rail	0	0
	Transport-water	-	0
	Recreatie	+	++
	Verzekeringssector	-	+

## 5.2 Een doorkijk naar de klimaatrobustheid van Nederland tot 2100

Voor de tijdshorizon tot 2100 zijn er geen sociaal-economische scenario's beschikbaar. Wel zijn er projecties voor de uitstoot van broeikasgassen, uitgaande van voortzetting van een trend. Dit is niet verwonderlijk als men beseft wat de mogelijkheden waren voor een onderzoeksgroep die leefde in 1906 om een realistisch scenario te ontwikkelen voor 2000. Het lineair doortrekken van de projecties voor 2040 is voor socio-economie dan ook weinig zinvol. Om desondanks een indruk te verkrijgen van de mogelijke klimaatbestendigheid van Nederland na 2040 gaan we uit van de situatie in Nederland zoals die geschetst is in de sociaal-economische scenario's voor 2040 (paragraaf 1.4.2).

In alle scenario's is de verwachting dat het ruimtebeslag voor wonen en werken substantieel groter is dan nu. Verder suggereren alle scenario's ook dat er een economische groei plaats heeft gevonden. Dit betekent dat de consequenties van extreem weer of extreem hoge waterstanden potentieel groter worden. Daarmee neemt het risico toe. Eenmaal voor wonen en werken bestemde ruimte zal slechts tegen zeer hoge kosten en met grote moeite voor andere doeleinden kunnen worden gebruikt. Aan de andere kant zullen ook de economische mogelijkheden om Nederland verder robuust te maken tegen klimaatverandering groter zijn dan nu. Tenslotte suggereren de scenario's dat er ruimte vrijkomt die momenteel een landbouwfunctie heeft.

De verwachte klimaatveranderingen voor het jaar 2100 kunnen worden geschat door de waardes zoals die gepresenteerd zijn in de KNMI scenario's voor 2050 te verdubbelen. Dit betekent dat de zeespiegel verder zal stijgen met iets tussen 30 en 70cm. De kans op wateroverlast en de risico's op overstromen in de winter zullen verder toenemen. De droogte in de zomer wordt intenser. Dit geldt ook voor de incidentele hevige buien in het zomer.

### Zet de zeespiegelstijging wel door?

Volgens IPCC (2001) zal de zeespiegel op de lange termijn (honderden jaren) door blijven stijgen, ook als de uitstoot van broeikasgassen beperkt blijft. Modelsimulaties suggereren een maximumstijging van 2m indien de broeikasgasconcentratie beperkt zal worden tot 2x de pre-industriële waarde en van 4m indien de atmosferische concentratie oploopt tot 4x de pre-industriële waarde. Het maximum van de zeespiegelstijging wordt bereikt na zo'n 2000 jaar, waarbij in de eerste 500 jaar al de helft van dit maximum wordt bereikt (1-2m).

Deze schattingen hebben betrekking op alleen het gevolg van uitzetting van de oceaan door de temperatuurstijging (IPCC, 2001). Indien de temperatuur op aarde blijft stijgen, zal het smelten van de ijskap van Groenland substantieel gaan bijdragen aan de zeespiegelstijging (met verscheidene meters).

Deze ontwikkelingen op de lange termijn leiden tot een dilemma. Voor de eerstkomende decennia lijkt het mogelijk om de meeste ongewenste gevolgen te beperken door adaptatiebeleid zoals dat momenteel wordt vormgegeven. Dit houdt in dat klimaatverandering als een onderwerp gezien gaat worden waarmee rekening gehouden wordt bij lange-termijninvesteringen. De keuze van strategieën om de meest ongewenste gevolgen af te wenden, of om te profiteren van de kansen, wordt gemaakt in het licht van de afschrijvingsduur van investeringen. *'Wat daarna gebeurt, zien we dan wel weer'.*

De verwachting en het gedrag van mensen worden echter beïnvloed door de beleidskeuzes. Als voorbeeld twee beleidsopties:

1. Het is heel wel denkbaar dat met het oog op de betrouwbaarheid van Nederland als investeringsland gekozen zal worden om het veiligheidsniveau tegen overstroming veel hoger te maken. Indien de veiligheid wordt vergroot, betekent dit tegelijkertijd dat er weinig reden zal zijn om rekening te houden met overstromingen bij het gebruik van de ruimte (behalve waar die doelbewust onder water kan worden gezet). Daarmee worden overstromingen zo zeldzaam dat niet tegelijkertijd verwacht kan worden dat er een hoog risicobewustzijn is bij de inwoners. Later zal het steeds moeilijker worden dit beleid aan te passen naar een beleid dat meer ruimte vraagt om ongewenste gevolgen af te wenden, simpelweg omdat deze ruimte economisch van grote waarde is en er geen draagvlak zal zijn omdat overstromingen niet voorkomen. Op de lange termijn leidt een dergelijk beleid tot minder robuustheid (een keuze die past bij een beleid dat uitgaat van een groot vertrouwen in technische ontwikkelingen en in economische groei als oplossing voor problemen).
2. Aan de andere kant kan ook gekozen worden voor een beleid dat gericht is op leven met water. Hierbij kunnen gebieden zo worden aangepast dat ze regelmatig overstromen. Dit zal leiden tot een groter bewustzijn bij mensen van de overstromingsrisico's. Op de lange termijn leidt een dergelijk beleid tot een groter adaptief vermogen: additionele technische maatregelen zijn dan immers nog altijd een optie. Een dergelijk beleid heeft echter ook nadelen. Als regelmatig delen van Nederland onder water staan, kan ook het beeld ontstaan dat het met de veiligheid van Nederland tegen overstromingen maar matig is gesteld. Een dergelijk beeld kan weer nadelig zijn voor het investeringsklimaat in Nederland (een keuze die past bij een beleid dat risicomijdend is en veronderstelt dat ecosystemen kwetsbaar zijn).

Voor dergelijke beschouwingen op de zeer lange termijn is het interessant om de grenzen te verkennen van het aanpassingsvermogen van Nederland aan zeespiegelstijging en klimaatverandering volgens verschillende adaptatiestrategieën. Een dergelijke verkenning ontbreekt tot op heden, omdat het uitgangspunt van studies tot nu toe steeds de veranderende omgevingscondities zijn geweest en niet de robuustheid (de '*carrying capacity*'), c.q. het maximale aanpassingsvermogen van Nederland. De uitvoering van dergelijke verkennende studies wordt ten zeerste aanbevolen.

## 6 Klimaatadaptatie als opgave voor integraal ruimtelijk beleid: conclusies en discussie

### 6.1 Terugblikkend ...

In dit rapport is een eerste analyse gemaakt van de klimaatbestendigheid van een aantal belangrijke sectoren/ onderwerpen in/voor Nederland. De daartoe ontwikkelde methode geeft een houvast om zo'n analyse systematisch te doen. Deze methode zou moeten worden getest en uitgevoerd door terzake kundigen uit de sectoren zelf ('*stakeholders*'), maar daarvoor ontbrak in het huidige project de tijd. Daarom is een oordeel gevormd door de auteurs op basis van geschreven bronnen en gesprekken.

De eerste – zeer voorlopige – analyse suggereert dat voor Nederland:

- ***Veiligheid tegen overstromen, wateroverlast en droogte, en natuur*** het minst bestendig zijn tegen een klimaatverandering (relatieve belangrijkheid van klimaatverandering is groot).
- Deze sectoren ***veiligheid tegen overstromen, wateroverlast en droogte, en natuur*** ook het verst ontwikkelde klimaatadaptatiebeleid kennen. Dit betreft vooral beleid om de klimaatbestendigheid tegen bij het huidige klimaat te vergroten. Ook de drinkwatersector is beleid aan het ontwikkelen. In de andere sectoren is het onderwerp nauwelijks herkend, laat staan erkend.

Adaptief beleid van de de genoemde sectoren heeft als doel de flexibiliteit van de sectoren tegen klimaatverandering te vergroten. Twee sectoren vragen in het bijzonder ruimte om zich beter bestendig te maken tegen klimaatverandering en zeespiegelstijging. Dit zijn water (veiligheid tegen overstromen en regionale wateroverlast) en natuur. Om gebruik te kunnen maken van de voordelen die klimaatverandering kan bieden, zouden er ook additionele ruimteclaims kunnen gaan komen vanuit de recreatiesector. Andere sectoren (wonen, werken en mobiliteit) vragen in de toekomst ook meer ruimte, maar de achtergrond van deze vraag is veeleer een toenemende economische ontwikkeling, en niet een klimaatverandering. Tegen deze achtergrond gaan we nader in op enkele punten: ter overdenking en discussie.

### 6.2 Vooral water en natuur vragen om extra ruimte

De achtergrond voor de ruimteclaim van de twee genoemde ruimtevragers verschilt nogal. Vanuit ***veiligheid tegen overstromen*** is het feitelijk de voortzetting van een beleidsrichting die is ingeslagen halverwege de jaren '90 van de vorige eeuw. In die periode werden alternatieven bedacht om uit de vicieuze cirkel te geraken van steeds weer verdergaande dijkverzwaring. Dijkverzwaring werd toen (en wordt) beschouwd als een onvoldoende duurzame strategie, omdat de verschillen tussen de waterstanden buitendijks en de hoogte van de bodem binnendijks steeds meer toenemen, waardoor de waterdiepten bij overstroming en daarmee de consequenties van een overstroming steeds groter dreigen te worden. Bij klimaatverandering is er alle reden om de beleidsrichting waarin meer ruimte

voor water wordt gevraagd te continueren. Op termijn leidt dit tot een grotere bestendigheid tegen klimaatverandering dan technische maatregelen.

Indien besloten zou worden tot het versterken van de robuustheid van de EHS en van landschappen buiten de EHS om de natuur in staat te stellen te reageren op klimaatverandering, kan dat leiden tot forse ruimteclaims. Dat wil niet zeggen dat er meer ‘beschermde natuur’ moet komen. Er zijn immers ook mogelijkheden om deze ruimteclaim te combineren met de ruimtevrage uit andere sectoren. Zo is ruimte voor de rivieren weliswaar primair ingegeven door het waarborgen van de veiligheid bij piekafvoeren, maar deze gebieden kunnen ook bijdragen aan een grotere ruimtelijke samenhang van de EHS (zie bijv. Klijn et al., 2004b). En regionale maatregelen om water vast te houden bieden kansen om de natuurwaarden in het agrarische landschap buiten de EHS te vergroten. Een voorbeeld is het herstel van beeksystemen, waarbij beken weer de ruimte krijgen; dit draagt bij aan de natuur maar beperkt ook de wateroverlast.

Een voorbeeld van een sector-overstijgende aanpassing van de EHS is het aanwijzen en ontwikkelen van een bufferzone rond de EHS met multifunctioneel landgebruik gericht op natuur, landbouw, waterhuishouding en recreatie. Deze bufferzone kan de afscherming van de EHS tegen uitstralingseffecten vanuit monofunctionele landbouwgebieden versterken. Aldus biedt zo’n bufferzone de EHS een grotere robuustheid tegen nu nog onvoorziene risico’s van klimaatverandering. Ook een ‘groenblauwe dooradering’ van het cultuurlandschap kan de robuustheid van de EHS verder versterken, terwijl daarmee tegelijk allerlei andere landschapswaarden worden versterkt, zoals:

- regionale identiteit en cultuurhistorische waarde,
- ruimtelijke kwaliteit voor recreatie en wonen.

### 6.3 Opgave voor de ruimtelijke ordening

Adaptatie aan klimaatverandering kan betekenen dat de claim vanuit het waterbeleid om (tijdelijke) ruimte en de noodzaak tot het versterken van de ruimtelijke samenhang voor natuur weer sterker door moeten gaan klinken in het ruimtelijk beleid. Water (als metafoor voor de niet-levende natuur in z’n totaliteit) en natuur moeten dan (weer) meer bepalend worden voor de ruimtelijke inrichting, omdat zij de uiteindelijke klimaatbestendigheid (*‘carrying capacity’*) van het geo-ecosysteem bepalen. Een dergelijke herwaardering van de belangrijkheid van de fysieke laag – in termen van de lagenbenadering zoals in de ruimtelijke ordening onderkend – en de noodzaak tot verdere integratie van water-, natuur- en ruimtelijke ordeningsbeleid zijn mogelijk ingrijpender dan die voortvloeiend uit de ruimteclaims van individuele sectoren in adaptatie op klimaatverandering.

Wanneer we de adaptatie van de ruimte aan klimaatverandering zien als opgave voor de ruimtelijke ordening, is deze als volgt op te vatten: De beleidsactoren dienen de competentie te verwerven om duurzame integrale strategieën te ontwikkelen en gebiedsspecifiek uit te werken, die onderling zijn afgestemd, zowel horizontaal tussen gebieden, als verticaal tussen schaalniveau’s. Daarbij dienen ze om te kunnen gaan met de grote onzekerheid over ontwikkelingen als gevolg van klimaatverandering, en de risico’s die daarmee verbonden zijn, en beslissingen over korte en lange tijdshorizonten op elkaar te kunnen afstemmen. Ook dienen ze te kunnen schakelen tussen verschillende schaalniveau’s, zowel in ruimtelijke



als bestuurlijke zin, en de sociaal-culturele en ecologische implicaties van klimaatverandering te kunnen verbinden met economische.

Hiertoe moeten ze vrij kunnen beschikken over de meest actuele kennis en inzichten, hetgeen een adequate-- en vooral stabiele -- kennisinfrastructuur vergt die continuïteit van kennis(ontwikkeling) kan waarborgen.

## 6.4 Adequate adaptatie perspectiefrijk? Bestuurlijke aspecten

Adaptatie aan veranderende omstandigheden is dus niet alleen een functie van veranderende omstandigheden, maar ook van het adaptief vermogen van (actoren in) Nederland en in het bijzonder de publieke actoren, in casu de veelheid aan overheden en semi-overheden zoals waterschappen.

Er bestaat een lange traditie van implementatieproblemen in het openbaar bestuur. *'How great expectations in Washington are dashed in Oakland'* is de ondertitel van een wereldberoemde implementatiestudie van Pressman en Wildavsky. Zij geven aan hoe aanpassingen die wenselijk zijn vanuit een specifiek oogpunt, in dit geval klimaatverandering, uiteindelijk niet plaats vinden omdat ze tegen de wensen en ambities van andere actoren ingaan.

Elke strategie die ontwikkeld wordt om Nederland robuust te maken tegen klimaatverandering zal dit gegeven moeten incorporeren. Bestuurlijke en maatschappelijke sociale systemen passen zich niet zomaar eenzijdig aan, maar hebben het vermogen om veranderingen die gewenst worden vanuit een specifieke optiek te negeren, te vertalen in een meer haalbare verandering of vooruit te schuiven. De weerstand tegen verandering neemt over het algemeen toe naarmate de *'sense of urgency'* geringer is en naarmate het onduidelijker is wiens probleem het niet inspelen op de verandering nu eigenlijk is.

Juist bij klimaatverandering is dit het geval:

- Het gaat het om hele lange termijnveranderingen, die niet urgent lijken in de dagelijkse strijd van het openbaar bestuur.
- Ook spelen klimaatveranderingen op diverse schaalniveaus gelijktijdig, waardoor geen van de bestuurlijke schaalniveaus in staat is om zelfstandig een adequate respons te ontwikkelen.
- klimaatveranderingen kunnen effecten hebben die vrijwel onmogelijk onder ogen gezien kunnen worden. Zo is het vanuit een lege landkaart misschien wijs om niet in de Randstad, maar in de gebieden boven de zeespiegel te gaan wonen. Vanwege de reeds geïnvesteerde vermogens lijkt geen enkele overheid (behalve misschien die in China) in staat tot grootschalige landverhuizingen te besluiten.
- Tenslotte zal hier ook de *'tragedy of the commons'* gaan spelen: klimaatverandering is een gewichtig collectief probleem, maar laat mijn buurman het maar oplossen.

In zijn algemeenheid geldt dat de bestuurlijke mogelijkheden om Nederland klimaatbestendig te maken vooral toenemen wanneer bestendige maatregelen ook een sociale of economische uitdaging zijn, zoals dat gold voor de Deltawerken en de droogleggingen. Deze creëerden niet alleen meer veiligheid en wierpen een (tijdelijke) dam op tegen het stijgende water, maar creëerden ook kennis en economische meerwaarde.

Elk voorstel tot een klimaatbestendige strategie zal dus het vermogen in zich moeten dragen om – wat de WRR eerder al noemde – meekoppelende belangen te vinden. Meekoppelende belangen zijn bijvoorbeeld te vinden door het onder water zetten van landbouwgronden voor te stellen en tegelijkertijd een bedrijfsplan voor agrariërs te ontwikkelen die tot nieuwe natte landbouw kunnen komen. Een andere voorbeeld dat voor de hand ligt is te bezien in welke mate van ‘*HOLLAND UNDER SEA LEVEL*’ een toeristisch product is te maken dat investeringen in robuuste waterkeringen juist laat renderen.

Tot nu toe lijkt er bij bestuurders (zie ondermeer de nota Ruimte, Leven met Water en zo verder) in abstracte zin een grote bereidheid te bestaan om met het water mee te bewegen. Het idee spreekt aan.

Tegelijkertijd zien we ook dat als het om concrete maatregelen gaat, zoals de bocht bij Lent, of het differentiëren van veiligheidsniveaus naar gelang het aantal inwoners, of het ontpolderen in Zeeland, wel degelijk weerstand ontstaat. Deze weerstand treedt overigens op bij vrijwel elk ruimtelijk investerings- of veranderingsvoorstel. In dat opzicht is de uitdaging bij het aanpassen van de samenleving op klimaatverandering niet anders dan veel andere ruimtelijk relevante vraagstukken. De uitdaging is echter wel een stukje abstracter. De neiging om besluitvorming uit te stellen is groter.

Als we op dit punt de nulmeting maken dan kunnen we stellen dat de erkenning dat er meer ruimte moet worden gegeven aan water en dat Nederland zich moet voorbereiden op klimaatverandering uitzonderlijk snel is gegaan. Er is in intentionele zin met andere woorden een grote bereidheid tot adaptiviteit. De angst voor overstroming en de strijd tegen (of met) water zit Nederlandse bestuurders bijna in de genen. Het onderwerp staat hoog op de agenda en maakt het ook mogelijk om politiek te scoren.

Dat weerhoudt velen er in de praktijk van alledag evenwel niet van om maatregelen die echt pijn doen nog even uit te stellen. Hier wreken zich de hierboven genoemde kenmerken van het vraagstuk. Het klimaatbestendig maken van Nederland is geen doel op zich, maar een voorwaarde voor economische groei en kwaliteit van leven. Concrete maatregelen die op deze ambities een inbreuk maken kunnen dus rekenen op weerstand. Vandaar ook dat we kunnen stellen dat de huidige mogelijkheden om Nederland klimaatbestendig te maken in termen van aanvangscondities (bewustzijn en hoge plaats op de agenda) gunstig zijn, maar dat voorstellen die echt pijn doen op grote weerstand zullen stuiten.

Als er echt dramatische veranderingen nodig zijn, dan zal er in het bestuurlijke veld wel iets moeten gebeuren om tot adaptatie te kunnen komen. Bestuurders zullen nooit tot besluiten komen die hun achterban grote pijn doen zonder nog grotere opbrengsten. Dit is alleen maar gedurende korte tijd mogelijk, direct na (bijna-)rampen (zie ook Saeijs et al., 2004). Dan zijn achterbannen bereid tot offers.

Er blijven dan twee wegen begaanbaar:

1. de besluitvorming op een hoger schaalniveau tillen en tot harde maatregelen overgaan (laten we dit even het Chinese model noemen). Dat zou inhouden dat de EU bij wet beslist dat er niet meer geïnvesteerd wordt in gebieden beneden de zeespiegel en in overstromingsvlakten langs rivieren.

2. Een tweede – meer aantrekkelijke – weg is die waarbij de vereisten van klimaatbestendigheid zo verwoord en bewerkt worden dat zij integraal onderdeel worden van sociale en economische ontwikkeling. In feiten komen we daarmee bij een hernieuwde uitdaging voor Laag- Nederland om zich sterk te maken voor een economisch, sociaal *en klimatologisch* robuust Nederland. Nederland heeft laten zien – in bijvoorbeeld arrangementen als de Raad van Arbeid en de SER – dat het in staat is economische en sociale doelen te combineren. Vanuit deze traditie is het misschien ook mogelijk om een nieuw evenwicht te vinden tussen sociaal-economische en geoeconomische (klimaats-) vereisten.

Ter afsluiting van deze paragraaf kunnen we stellen dat het adaptief vermogen van Nederland in belangrijke mate zal afhangen van de veranderingsbereidheid bij maatschappij en bestuur. Ook kan gesteld worden dat een vertrouwenwekkende overheidsrespons op klimaatverandering de sociaal-economische schade sterk kan beperken. In dat licht dient de vraag zich aan wat de overheid doet en kan doen om – gelijkopgaand met feitelijke veranderingen in het klimaat – offensieve en vooral ook innovatieve manieren te ontwikkelen om met klimaatverandering om te gaan door de positieve kanten ervan te benadrukken en aldus de robuustheid van Nederland te verhogen.

## 7 Literatuur

- Australian Greenhouse Office, in the Department of the Environment and Heritage (2006) Climate Change Impacts & Risk Management, A Guide for Business and Government.
- De Bruijn, K.M., 2005. Resilience and flood risk management. WL | Delft Hydraulics Select series 6, Delft.
- De Pater, F. (Ed.) 2005. Verslag Nationaal Congres 'Omgaan met klimaatverandering in bestuurlijk Nederland', Klimaat voor Ruimte, [www.klimaatvoorruimte.nl](http://www.klimaatvoorruimte.nl), 72 pp.
- European Environment Agency (EEA), 2005. Vulnerability and adaptation to climate change in Europe
- Downing, T. E. and A. Patwardhan, 2005: Assessing Vulnerability for Climate Adaptation. Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures, B. Lim, E. Spanger-Siegfried, I. Burton, E. Malone, and S. Huq, Eds., Cambridge University Press, Cambridge and New York, 67–90.
- FLOODsite (Gouldby, B. et al.), 2005. Language of Risk. FLOODsite report T32-04-01.
- Gemeente Tiel, 2006. RBP Betuwe Tieler en Culemborgerwaarden, *Intergemeentelijk Rampenbestrijdingsplan Overstroming en Dijkdoorbraak*, Gemeente Tiel.
- Geudens, P.J.J.G. 2005. Waterleidingstatistiek 2004, Vereniging van Waterbedrijven in Nederland (VEWIN), Rapport 2005/51/6259, Rijswijk, 32 pp.
- Huizinga, F. en B. Smid, 2004. Vier vergezichten op Nederland - Productie, arbeid en sectorstructuur in vier scenario's tot 2040, Centraal Planbureau, Rapport No 55, 91 pp.
- IPCC, 1992. Special Report on Emissions Scenario's. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- IPCC, 2001. IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- KEMA, 2006. Zorgen om koelwater, Consulting nieuws, <http://www.kema.com>.
- Klijn, F. & M. Marchand, 2000. Veerkracht: een nieuw doel voor het waterbeheer? *Landschap* 2000/1: 31-44
- Klijn, F & E. Penning, 2002. Waterberging in natuurgebieden: kom maar op? *H2O* 35(2002)/7 (5 april): 52-53
- Klijn, F., M. van Buuren, & S.A.M. van Rooij, 2004. Flood risk management strategies for an uncertain future: living with Rhine River floods in the Netherlands? *Ambio* 33/3: 141-147
- Klijn, F., J.D. Karssemeijer & S.A.M. van Rooij, 2004a. Welke ruimte biedt ruimte voor de rivier aan de natuur? *Landschap* 2004/1: 29-45
- KNMI, 2006. Het weer nader verklaard Dossier Weeralarm, [www.knmi.nl](http://www.knmi.nl).
- Kwakernaak C., K.W. Ypma, J.A. Klijn, P.J.T. van Bakel, J.W.J. van der Gaast "Ruimtelijke gevolgen van klimaatverandering en bodemdaling, effecten van veranderingen in de waterhuishouding op het ruimtegebruik" (SC-DLO, 1998).
- Middelkoop et al., 2000. The impact of climate change on the river Rhine and the implications for water management in the Netherlands. Report of the NRP project 952210.
- Ministerie Verkeer en Waterstaat 2005. Eindrapport Droogtestudie Nederland Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling.
- Ministry of Agriculture and Forestry Finland, 2006. Finland's National Adaptation Strategy
- NEN, 2006. Toelichting bij de Nieuwe Energieprestatienorm Woningbouw 2004, [www.nen.nl](http://www.nen.nl), Nederlands Normalisatie-instituut, 4 pp.
- Neuvel, J.M.M., 2004. Wateroverlast en Watertekort: percepties op risico's en consequenties voor de ruimtelijke ordening. RIVM rapport 500023002, Bilthoven.
- Niessen, E.E.M. & E.C. Van Ierland (Eds.), 2006. Climate adaptation in the Netherlands (draft).
- RIVM-MNP, 2005. Effecten van klimaatverandering voor Nederland
- Silva, W., F. Klijn & J.P.M. Dijkman, 2000. *Ruimte voor Rijntakken; wat het onderzoek ons heeft geleerd*. RIZA nota 2000.026, Arnhem/ WL-rapport R3294, Delft. 162 blz.
- Termes, A.P.P., M. Kok & F. Klijn, 1999. Flexibiliteit en veerkracht van inrichtingsstrategieën Rijntakken. Effecten van klimaatverandering. HKV-rapport PR231, Lelystad.

- UK - Secretary of State for the Environment, Food and Rural Affairs. 2006. Climate Change The UK Programme.
- U.S. Department of State, 2002. US Climate Action Report.
- Van der Klis, H. P. Baan & N. Asselman, 2005. *Historische analyse van de gevolgen van overstromingen in Nederland*. WL-rapport Q4005.11, Delft.
- Van Hemert, H & L.R. Wentholt, 2004. Droogte-onderzoek Veenkaden, middellange termijn. Hoe droog is het? – Hulpmiddel voor bepaling van de vereiste waakzaamheid betreffende veenkaden voor zomer 2004. STOWA-rapport nummer 2004-15.
- Van Ierland, E.C., R.S. de Groot, P.J. Kuikman, P. Martens, B. Amelung, N. Daan, M. Huynen, K. Kramer, J. Szönyi, J.A. Veraart, A. Verhagen, A. van Vliet, P.E.V. van Walsum & E. Westein (2001). Integrated assessment of vulnerability to climate change and adaptation options in the Netherlands, Report no. 952274 (2001), WURC, Wageningen. 262 pp.
- Vierde Nota Waterhuishouding, 2001. Tweede Kamer der Staten-Generaal, vergaderjaar 2000–2001, 26 401, nr. 24, 12 pp.
- WLO, 2006. Welvaart en Leefomgeving – een scenario'studie voor Nederland in 2040, concept 13 april, CPB, MNP en RPB, 135 pp.
- VROM, 2006a. Dossier Energiebewust wonen en bouwen, Vraag en Antwoord 17, [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl).
- VROM, 2006b. Dossier Zwemwater en zwembaden, Vraag en Antwoord 5 en 8, [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl).
- VROM, 2006c. Dossier Smog, Vraag en Antwoord 4, [www.vrom.nl](http://www.vrom.nl).
- WNF, 1996. Meegroeien met de Zee; naar een veerkrachtige kustzone.