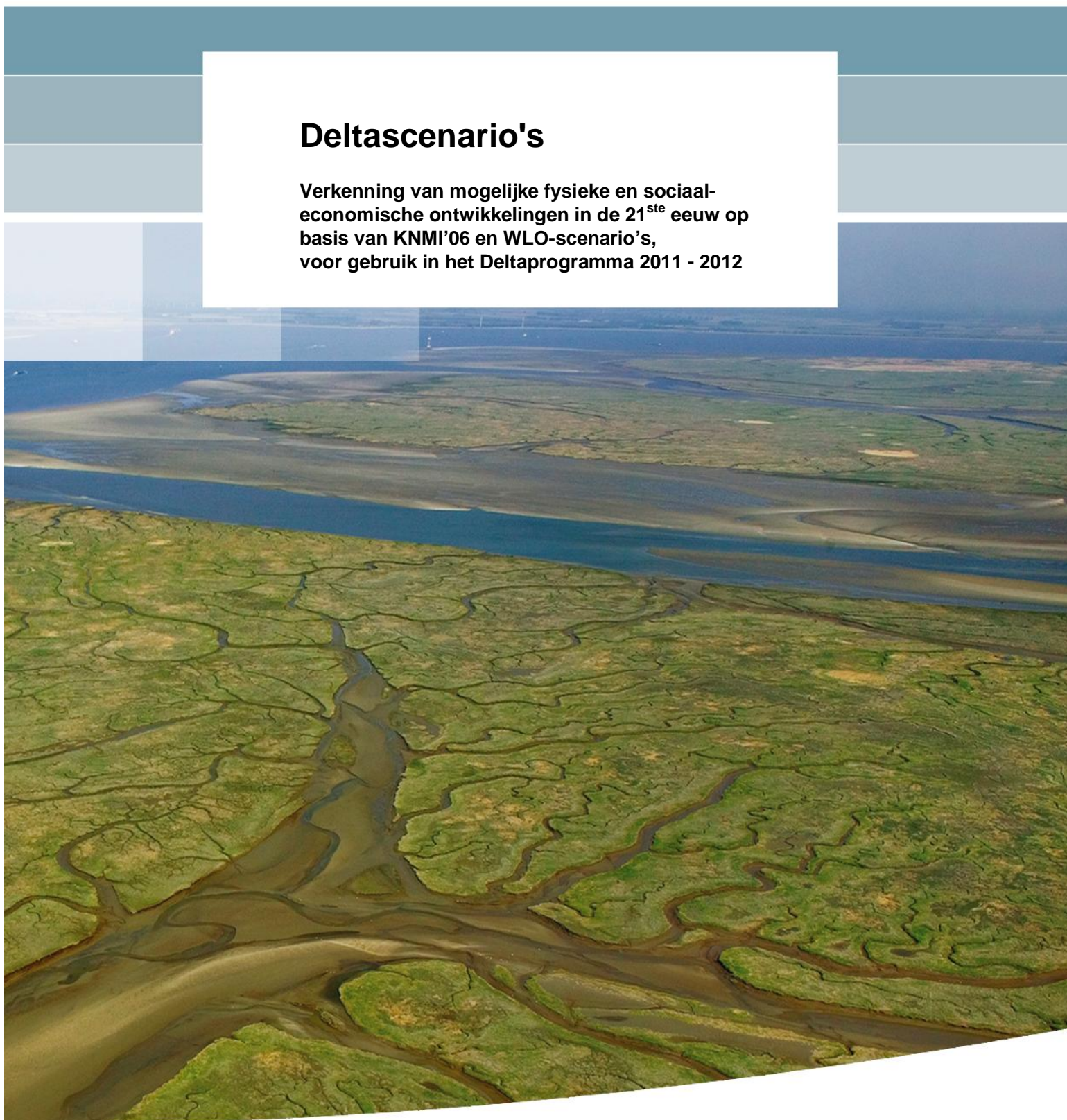


Deltascenario's

**Verkenning van mogelijke fysieke en sociaal-
economische ontwikkelingen in de 21^{ste} eeuw op
basis van KNMI'06 en WLO-scenario's,
voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 - 2012**



Deltascenario's

**Verkenning van mogelijke fysieke en sociaaleconomische ontwikkelingen
in de 21^{ste} eeuw op basis van KNMI'06 en WLO-scenario's,
voor gebruik in het Deltaprogramma 2011 - 2012**

Deltares

Willem Bruggeman

Marjolijn Haasnoot

Saskia Hommes

Aline te Linde

Rutger van der Brugge

Planbureau voor de Leefomgeving

Bart Rijken

Ed Dammers

Gert Jan van den Born

1204151.002

Titel
Deltascenario's

Opdrachtgever	Project	Kenmerk	Pagina's
Rijkswaterstaat, Waterdienst	1204151.002		

Trefwoorden

Korte samenvatting

De Deltascenario's zijn mogelijke toekomstbeelden van de fysieke en sociaaleconomische omgeving die relevant zijn voor het Deltaprogramma. Deze Deltascenario's zijn gebaseerd op de klimaatscenario's van het KNMI en de WLO-scenario's van de samenwerkende planbureaus, beide uit 2006.

De Deltascenario's geven een indicatie van de mogelijke veranderingen in fysieke omgevingsfactoren, zoals rivierafvoeren, de zeespiegel, bodemdaling en verzilting, en voor sociaaleconomische factoren, zoals groei of krimp van de bevolking en de economie en de mogelijke consequenties voor het gebruik van ruimte, land en water in Nederland op een termijn van 50 tot 100 jaar. Voor die zeer lange termijn zijn modelberekeningen op basis van de KNMI'06 scenario's gecombineerd met indicaties (doorkijken) van het ruimtegebruik in de tweede helft van de eeuw op basis van mogelijke sociaaleconomische ontwikkelingen.

De Deltascenario's zijn ontworpen ter ondersteuning van de analyse van knelpunten en kansen en de strategieontwikkeling in het Deltaprogramma. De scenario's bestaan uit kwalitatieve en kwantitatieve informatie over klimaat en water- en ruimtegebruik in relatie tot de toekomstige problematiek rond veiligheid tegen overstroming en zoetwatervoorziening voor Nederland. De kwantitatieve informatie maakt de scenario's geschikt voor gebruik in het landelijk Deltamodel.

Referenties

Versie	Datum	Auteur	Paraaf	Review	Paraaf	Goedkeuring	Paraaf
	30 april 2011	Willem Bruggeman		Jaap Kwadijk			
		Marjolijn Haasnoot					
		Saskia Hommes					
		Aline te Linde					
		Rutger van der Brugge					

Status
definitief

Voorwoord

De Waterdienst van Rijkswaterstaat heeft Deltares opdracht gegeven het project 'Deltamodel' uit te voeren binnen het kader van de subsidiebijdrage voor Toegepast Onderzoek. In de eerste fase van dit project is een werkplan voor de jaren 2010 tot en met 2012 opgesteld. Het Werkplan Deltamodel is 1 juni 2010 opgeleverd, samen met vijf achtergronddocumenten, die in meer detail een beschrijving geven van de bouwstenen Beoordelingskader, Scenario's, Maatregelen, Gebruikersschil (nu Deltaportaal genoemd) en Rekenkern.

In het Werkplan zijn voor 2010 de volgende producten gedefinieerd:

Deelproject Deltamodel	producten eind 2010
Beoordelingskader	
Scorekaart opstellen	1. Memo scorekaart en methode voor samenstellen
Deltascenario's	
Ontwikkelen Deltascenario's	2. Invoerbestanden en (tussenversie) rapport
Maatregelen	
Maatregelen toevoegen	3. Memo modeleisen
Deltaportaal	
Ontwikkeling Deltaportaal	4. Eerste versie Deltaportaal, incl. test-versie database
Rekenkern Deltamodel	
Waterverdelingsnetwerk	5. Model
Versnelling migratietraject Sobek	6. Model HWS 1e versie
Versnelling grondwatermodellen	7. NHI upgrade
Koppeling regionale grondwatermodellen	8. Memo
Effectmodellen waterveiligheid	9. Memo
Oppervlaktewaterkwaliteit	10. Model
Effectmodellen waterverdeling	11. Diverse modellen
Opstellen kwaliteitseisen	12. Memo
Rekenfaciliteit Deltamodel	13. Memo
Overige onderwerpen	
Werkplan Fase 1	14. Werkplan met 5 achtergr. documenten
Onzekerheidsanalyse	15. Rapport
Deelname aan diverse groepen	16. Besprekingsverslagen
Communicatie (web-site)	17. Internet site
projectmanagement	18. Projectrapportage

Het voorliggende rapport betreft product nummer 2. Deltares vertrouwt erop dat hiermee een duidelijke invulling is gegeven aan de door de Waterdienst geformuleerde onderzoeksopdracht, en dat het rapport zal bijdragen aan een gedegen onderbouwing van de initiatieven die in het kader van het Deltaprogramma worden ondernomen.

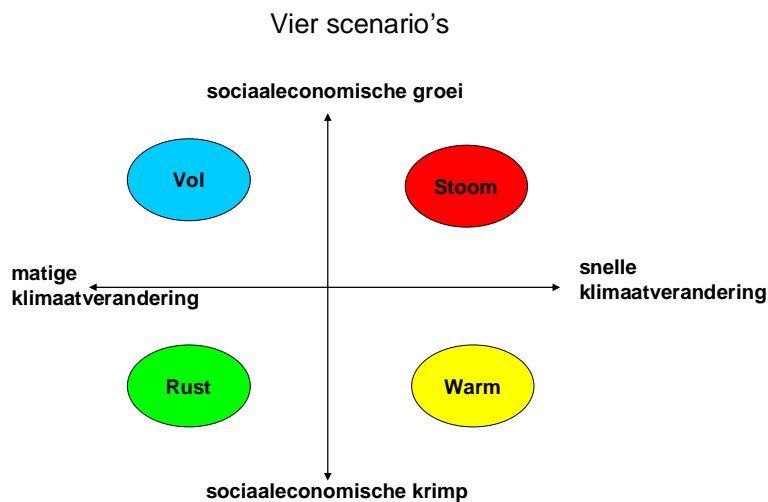
Onze dank gaat uit naar de volgende personen:

- KNMI: Arnout Feijt, Carine Homan, Janette Bessembinder, Jules Beersma
- Waterdienst: Norbert Cremers, Bas de Jong, Geo Arnold, Paul van den Hoek
- Deltares: Otto Levelt, Linda Maring, Gerda Roeleveld, Rob van de Krogt, Rianne van Duinen, Lineke Woelders, Kathryn Roscoe, Gualbert Oude Essink, Ger de Lange
- Adam Hofland (H+N+S Landschapsarchitecten) en Marianne Kuiper (Geodan)

Samenvatting

De Deltascenario's zijn mogelijke toekomstbeelden van de fysieke en sociaaleconomische omgeving voor zover relevant voor het Deltaprogramma. Deze Deltascenario's zijn gebaseerd op de klimaatscenario's van het KNMI en de WLO-scenario's van de samenwerkende planbureaus, beide uit 2006.

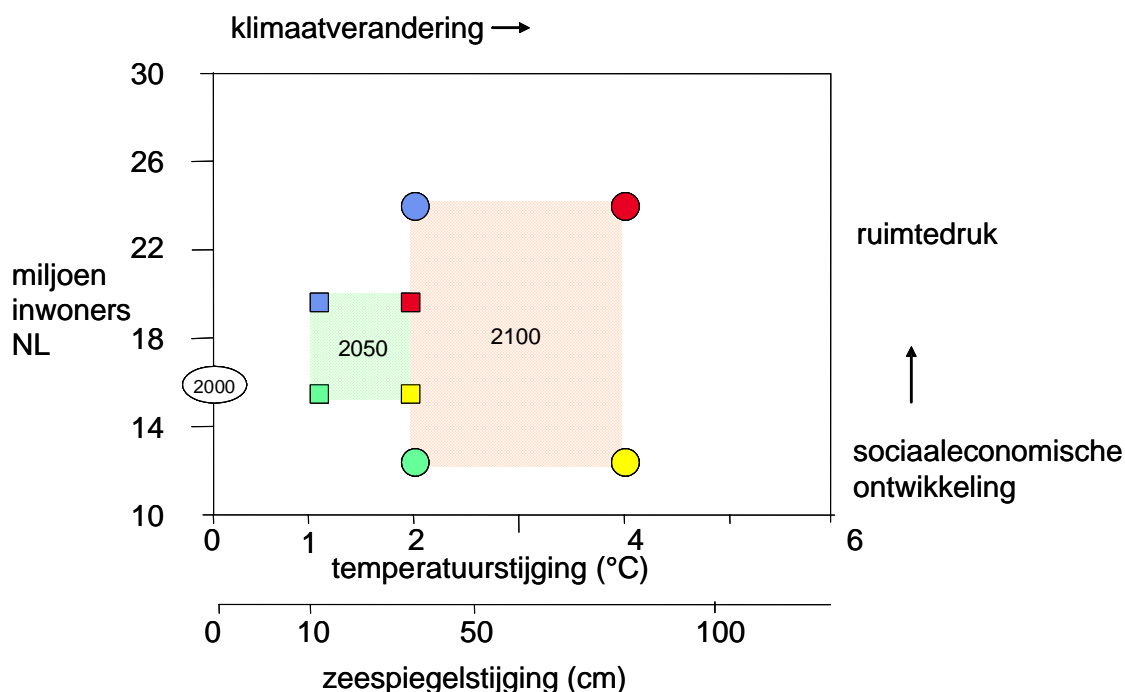
De Deltascenario's geven een indicatie van de mogelijke veranderingen in de fysieke omgeving, zoals rivierafvoeren, zeespiegelstijging, bodemdaling en verzilting, en voor sociaaleconomische factoren, zoals groei of krimp van de bevolking en de economie en de mogelijke consequenties voor het gebruik van ruimte, land en water in Nederland op een termijn van 50 tot 100 jaar. Voor die zeer lange termijn zijn modelberekeningen op basis van de KNMI'06 scenario's gecombineerd met indicaties van het ruimtegebruik in de tweede helft van de eeuw op basis van mogelijke sociaaleconomische ontwikkelingen.



De Deltascenario's zijn ontworpen ter ondersteuning van de analyse naar knelpunten en kansen en de strategieontwikkeling in het Deltaprogramma. De scenario's bestaan uit kwalitatieve en kwantitatieve informatie over klimaat, water- en ruimtegebruik in relatie tot de toekomstige problematiek rond veiligheid tegen overstroming en zoetwatervoorziening voor Nederland. De kwantitatieve informatie maakt de scenario's geschikt voor gebruik in het landelijk Deltamodel. Deze numerieke gegevens zijn beschikbaar via het Deltaportaal in de vorm van tijdreeksen, voor onder meer neerslag en rivierafvoeren, en geografische informatiebestanden voor het ruimtegebruik in Nederland. De kwalitatieve informatie bestaat uit verhaallijnen en landkaarten die de achtergronden en opbouw beschrijven en de samenhang in beeld brengen.

De Deltascenario's kunnen daarmee in de periode 2011-2012 gebruikt worden binnen (onderdelen van) het Deltaprogramma voor analyse van toekomstige knelpunten en kansen, vervolgens ter inspiratie voor het ontwerpen van strategieën (beleidsalternatieven) en innovaties, en tenslotte voor toetsing van voorgestelde strategieën en maatregelpakketten op robuustheid ofwel effectiviteit in verschillende mogelijke toekomst (gevoeligheidsanalyse).

Vier scenario's, twee zichtjaren



De Deltascenario's beschrijven uiteenlopende mogelijke toekomsten. Het zijn met nadruk geen prognoses of streefbeelden. Uitspraken over waarschijnlijkheid of wenselijkheid van het ene dan wel het andere scenario zijn dan ook niet aan de orde. Deze scenario's geven zicht op vier 'hoeken van het toekomstige speelveld', daarbij onderkendend dat het midden niet vaststaat, en dat er ook buiten de lijnen nog mogelijkheden liggen. Anders dan het scenario voor zeespiegelstijging dat de tweede Deltacommissie hanteerde (Veerman, 2008) gaat het hier niet om mogelijke extremen, maar om uiteenlopende plausibele ontwikkelingen in de komende eeuw, voor zover relevant voor het Deltaprogramma.

De Deltascenario's combineren wel bestaande scenariostudies, maar integreren deze niet. Fysieke ontwikkelingen (met name klimaatverandering) en sociaaleconomische ontwikkelingen (economie, demografie) worden impliciet als onafhankelijk van elkaar beschouwd, en het resultaat van de onafhankelijke combinatie wordt geschetst in vier zeer verschillende beelden (de Deltascenario's).

De Deltascenario's kregen de korte en bondige namen: STOOM, WARM, RUST en VOL, die goed te associëren zijn met meer en minder klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling. Een scenario geeft geen eindbeeld, maar laat iets zien van mogelijke ontwikkelingen in samenhang. Omdat er letterlijk gerekend moet worden met deze scenario's worden de getalsmatige karakteristieken gegeven voor twee zichtjaren (2050 en 2100) in vergelijking met een referentiejaar (2000). Geen van die drie jaartallen mag absoluut genomen worden. Het gaat om indicaties van een periode. Daarbij geeft het referentiejaar bijvoorbeeld indicaties voor de sociaaleconomische toestand en het ruimtegebruik rond 2004, het basisjaar voor de WLO. Voor klimaat beschrijft het referentiejaar de goed gedocumenteerde periode 1960-1995. Het jaar 2050 is te lezen als: 'binnen enkele decennia' (WLO: 2040), en 2100 als: 'binnen een eeuw'.

Een compacte beschrijving van de Deltascenario's in tekst, figuren en tabellen is te vinden in hoofdstuk 3 van deel A.

Dit deel A (hoofdstuk 1-4) is voor een brede gebruikersgroep en beschrijft de uitgangspunten, de scenario's en het gebruik ervan. Deel B (hoofdstuk 5, 6 en 7) is voor een gebruikersgroep die geïnteresseerd is in de uitgebreide onderbouwing van de gegevens van de klimaatontwikkelingen en de sociaaleconomische ontwikkelingen in de scenario's.

Deltahaiku's

***Warm wordt het, en vol:
wassend water, welvaart groeit:
Nederland op Stoom***

***Regenrivieren
in het ruime lege land;
het wordt nu wel Warm***

***Leger is het land,
traag verandert het klimaat:
voor iedereen Rust***

***Klimaat verandert?
Meer mensen, steden groeien:
zo raakt het land Vol***

Deltascenario's: overzicht kentallen

Klimaatverandering	Zichtjaar	referentie	STOOM		WARM		RUST		VOL	
		2000	2050	2100	2050	2100	2050	2100	2050	2100
gem. afvoer Rijn in februari	(m ³ /s) ¹	2.900	3.400	4.000	3.400	4.000	3.100	3.200	3.100	3.200
gem. afvoer Rijn in september	(m ³ /s)	1.800	1.300	900	1.300	900	2.000	2.100	2.000	2.100
gem. afvoer Maas in februari	(m ³ /s)	480	530	590	530	590	500	520	500	520
gem. afvoer Maas in september	(m ³ /s)	89	48	30	48	30	92	94	92	94
zeespiegelstijging	(cm)	-	35	85	35	85	15	35	15	35
extreem hoge afvoer Rijn 1 / 100 jaar	(m ³ /s)	12.000	14.000	17.000	14.000	17.000	13.000	14.000	13.000	14.000
extreem hoge afvoer Maas 1 / 100 jaar	(m ³ /s)	2.900	3.200	3.600	3.200	3.600	3.000	3.200	3.000	3.200
extreem lage afvoer Rijn 1 / 10 jaar	(m ³ /s)	630	520	420	520	420	650	670	650	670
extreem lage afvoer Maas 1 / 10 jaar	(m ³ /s)	18	10	6	10	6	18	18	18	18
gemiddelde neerslaghoeveelheid winter			+ 14%	+ 28%	+ 14%	+ 28%	+ 4%	+ 7%	+ 4%	+ 7%
gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer			- 19%	- 38%	- 19%	- 38%	+ 3%	+ 6%	+ 3%	+ 6%

Sociaaleconomische ontwikkeling	Zichtjaar	referentie	STOOM		WARM		RUST		VOL	
		2000	2050	2100	2050	2100	2050	2100	2050	2100
aantal inwoners NL	(miljoen)	16	20	24	15	12	15	12	20	24
economische groei	(% per jaar)		2,6	2,0 - 2,6	0,7	0 – 0,5	0,7	0 – 0,5	2,6	2,0 – 2,6
verstedelijking	(% oppervlak)	16	20	25	17	10	17	10	20	25
landbouwareaal	(% oppervlak)	67	59	70	62	67	62	67	59	70
natuur	(% oppervlak)	17	21	5	21	23	21	23	21	5

veel klimaatverandering (W+)	
matige klimaatverandering (G)	
hoge ruimtedruk (Global Economy, en na 2050 Groei van bevolking en economie)	
lage ruimtedruk (Regional Communities, en na 2050 Krimp van bevolking en economie)	

¹ Alle getallen zijn afgerond op twee significante cijfers. Meer gedetailleerde getallen (bijvoorbeeld als invoer voor modellen) zijn beschikbaar bij Deltares.

Verantwoord gebruik van de Deltascenario's

Het maken van scenario's is een complexe en tijdrovende kwestie. De voorliggende Deltascenario's zijn ontwikkeld om in de verkennende fase van het Deltaprogramma, tot eind 2012, knelpunten, kansen en mogelijke strategieën te kunnen analyseren. Deze Deltascenario's zijn opgebouwd uit combinaties van sociaaleconomische scenario's (de vier zogenaamde WLO-scenario's) en klimaatscenario's (de vier KNMI'06 scenario's), die los van elkaar ontwikkeld zijn. De huidige WLO- en KNMI'06 scenario's zijn hiertoe tot vier mogelijke toekomstbeelden bewerkt. Als basis hiervoor zijn 2 klimaatscenario's en 2 sociaaleconomische scenario's gecombineerd. Dit is uiteraard een vereenvoudiging om redenen van communicatie, die ten koste gaat van de algemene toepasbaarheid. Voor de verkenningfase van het Deltaprogramma (tot eind 2012) is dit echter een acceptabele oplossing, mits er verantwoord mee wordt omgegaan (zie verderop).

Voor de bestuurlijke besluitvorming eind 2014 in NWP2 is meer nauwkeurigheid vereist, en is ook behoefte aan de op dat moment meest recente wetenschappelijke inzichten op het gebied van klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling (inclusief ruimtegebruik). Daarom moeten de huidige Deltascenario's ook gezien worden als eerste pragmatische stap op weg naar de definitieve Deltascenario's eind 2012, begin 2013. Deze zullen worden gebruikt voor de besluitvorming eind 2014. Hierin wordt de volgende generatie klimaatscenario's en sociaaleconomische scenario's die mogelijk relevant zijn voor de besluitvorming geïntegreerd.

Bij het samenstellen van de Deltascenario's is met name uitgegaan van deelproblemen samenhangend met zoetwatervoorziening en waterveiligheid. Daarbij zijn keuzes gemaakt voor gegevens die voor het nationale waterbeheer in Nederland relevant zijn. Wat betreft klimaatverandering zijn dit neerslag, temperatuur, verdamping, wind, rivierafvoer en zeespiegelstijging. Vanuit de WLO-scenario's is vooral het ruimtegebruik doorslaggevend, afhankelijk van bevolkingsomvang en economische groei. Voor waterveiligheid en watervoorziening omspannen de Deltascenario's gezamenlijk de gehele ruimte die voortvloeit uit de combinatie van de vier KNMI-scenario's en de vier WLO-scenario's. Waar dit niet het geval is wordt dit expliciet vermeld. Klimatologische datasets (temperatuur, neerslag en potentiële verdamping) voor de vier KNMI'06 scenario's zijn speciaal voor het Deltamodel gemaakt door het KNMI. De ruimtegebruikskaarten voor 2050 zijn ontwikkeld door het PBL. Het planbureau heeft er voor gekozen slechts twee scenario's ruimtelijk uit te werken, omdat daarmee de voor het Deltaprogramma relevante bandbreedte goed bestreken wordt. De beelden van ruimtelijk-economische ontwikkeling na 2050 ('2100') zijn door Deltares en PBL gezamenlijk ontwikkeld.

Deltares en de Waterdienst hebben met behulp van een gevoeligheidsanalyse uitgezocht welke KNMI-scenario's en ruimtelijk-economische ontwikkelingen 'maatgevend' zijn voor de onderwerpen waterveiligheid, zoetwatervoorziening en regionale wateroverlast. Alle KNMI scenario's en alle WLO-scenario's zijn geanalyseerd. Op basis hiervan is per thema gekeken welke reeksen de minste en meeste verandering geven. Voor klimaat blijken dit voor de thema's veiligheid en zoetwater vaak de KNMI-scenario's G (de minste klimaatverandering) en W+ (de meeste klimaatverandering) te zijn. Voor het ruimtegebruik tot 2050 geven de WLO-scenario's Global Economy en Regional Communities de grootste onderlinge verschillen te zien. Daarom zullen in het Deltaprogramma in ieder geval gegevens uit deze scenario's worden doorgerekend.

In incidentele gevallen kan het nodig zijn om aanvullend gegevens uit andere klimaatscenario's door te rekenen. Voor hevige buien in de zomer bijvoorbeeld (regionale wateroverlast) geeft W de grootste klimaatverandering. Datzelfde geldt ook voor de zogenaamde 'kleine-kans-grote-gevolgen'-gebeurtenissen (bijvoorbeeld extreem hoog water of extreme droogte) die kunnen worden gebruikt voor een extra gevoeligheidsanalyse. Door deze manier van werken, met vier Deltascenario's en extra gevoeligheidsanalyses met aanvullende gegevens waar dat nodig is, is het mogelijk de gehele voor het Deltaprogramma relevante bandbreedte van de KNMI'06 scenario's en de WLO scenario's mee te nemen. In de beschrijving van de Deltascenario's is aangegeven waar de problematiek van extra gevoeligheidsanalyses speelt, en zijn ook de bijbehorende datasets opgenomen. Alle klimatologische datasets zijn consistent met de datasets van de KNMI'06-scenario's.

De gebruikers moeten zich realiseren dat de vier beelden alleen bruikbaar zijn binnen het Deltaprogramma. Voor andere toepassingen moet altijd worden teruggevallen op de onderliggende KNMI'06- en WLO-scenario's. De gebruikers wordt aangeraden de onderstaande personen te raadplegen bij vragen over het gebruik van de Deltascenario's, WLO- en KNMI-scenario's:

- Deltascenario's: willem.bruggeman@deltares.nl / norbert.cremers@rws.nl
- WLO-scenario's: gertjan.vandenborn@pbl.nl
- KNMI-scenario's: klimaatdesk@knmi.nl

Afkortingenlijst

G	Gemiddeld
G+	Gemiddeld plus gewijzigde luchtstromingspatronen
GLG	Gemiddelde laagste grondwaterstand
GE	Global Economy
KKGG	Kleine kans grote gevolgen
KNMI	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
LSW	Local Surface Water units
NWP	Nationaal Waterplan
PBL	Planbureau voor de Leefomgeving
RC	Regional Communities
WLO	Welvaart en Leefomgeving
W	Warm
W+	Warm plus gewijzigde luchtstromingspatronen

Inhoud

Deel A: De Deltascenario's	A-1
1 Inleiding	A-3
1.1 Deltaprogramma en Deltamodel	A-3
1.2 Wat zijn scenario's?	A-4
1.3 Gebruik van de Deltascenario's	A-6
1.4 Totstandkoming van de Deltascenario's	A-7
2 Uitgangspunten Deltascenario's	A-8
2.1 Drijvende krachten: klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen	A-8
2.2 Gebruik van bestaand materiaal	A-9
2.3 Referentiesituatie: omstreeks 2000	A-14
2.4 Variabiliteit: kleine kansen, grote gevolgen (KKGG)	A-14
3 Deltascenario's	A-16
3.1 Assenkruis: klimaatverandering en sociaaleconomische verandering	A-16
3.2 Deltascenario 1 STOOM	A-18
Deltascenario 2: WARM	A-23
Deltascenario 3: RUST	A-28
Deltascenario 4: VOL	A-33
4 Vergelijking Deltascenario's, discussie en aanbevelingen	A-38
4.1 Vergelijking van de Deltascenario's op hoofdlijnen	A-38
4.2 Discussie over uitgangspunten en aannames	A-41
4.3 Aanbevelingen voor gebruik van Deltascenario's	A-42
4.4 Aanbevelingen voor vervolg	A-46
Deel B: Onderbouwing Deltascenario's	A-48
5 Klimaatverandering en andere fysische ontwikkelingen	A-49
5.1 KNMI'06 scenario's, van vier naar twee	A-49
5.2 Neerslag, temperatuur en verdamping	A-49
5.3 Rivierafvoeren	A-54
5.4 Zeespiegelstijging	A-68
5.5 Stormduur en -opzet op zee	A-68
5.6 Bodemdaling	A-69
5.7 Verzilting en verzoeting van het grondwatersysteem	A-75
6 Deltascenario's en socio-economische ontwikkelingen tot 2050	A-81
6.1 Inleiding	A-81
6.2 Ruimtelijke dynamiek in relatie tot waterbeheer	A-82
6.3 WLO-scenario's	A-85
6.4 Hoge groei scenario	A-87
6.5 Lage groei scenario	A-94
7 Deltascenario's en socio-economische doorkijk na 2050 (2100)	A-101
7.1 Ontwikkeling van doorkijken na 2050	A-101
7.2 Drijvende krachten en doorkruisende gebeurtenissen	A-101
7.3 Doorkijk na 2050: sociaaleconomische groei en grote opgaven	A-103

7.4 Doorkijk na 2050: sociaaleconomische krimp en kleine opgaven	A-110
8 Literatuur	A-116
Appendices	
Voorwoord	i
Samenvatting	ii
Afkortingenlijst	iii
Inhoud	iv
A Samenstelling gebruikersgroep	A-120
B Samenstelling wetenschappelijke adviesgroep	B-121
C Tabel drijvende krachten	C-122
D Kaarten en bestanden klimaatscenario's	D-124
E Kaarten en bestanden sociaaleconomische scenario's	E-125
F Twee perioden, twee methodieken	F-1
G Kleine kans, groot gevolg : KKG-gebeurtenissen	G-1

Deel A: De Deltascenario's

1 Inleiding

1.1 Deltaprogramma en Deltamodel

De komende jaren moeten er belangrijke beslissingen worden genomen over het waterbeheer in Nederland. Het Deltaprogramma heeft als doel ons land nu en in de toekomst te beschermen tegen hoog water en de zoetwatervoorziening op orde te houden. Het Deltaprogramma beoogt een periode van 100 jaar te bestrijken. De toekomst is echter onzeker en, zeker op langere termijn, onvoorspelbaar. Voor een periode van honderd jaar zullen we dus met zeer uiteenlopende mogelijke ontwikkelingen rekening moeten houden. Hiervoor worden in het Deltaprogramma scenario's gebruikt, de zogenaamde *Deltascenario's*. In deze scenario's wordt verkend welke klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen er op de lange termijn kunnen optreden om zodoende het waterbeheer in ons land beter op de toekomst voor te bereiden. Dit is belangrijk omdat het waterbeheer met grote fysieke investeringen gepaard gaat, zoals dijkversterkingen en rivierverruiming. Kenmerkend voor dit soort investeringen is enerzijds dat zij vele decennia blijven bestaan en daardoor zeer sturend zijn voor het toekomstige waterbeheer, en anderzijds dat de effectiviteit grotendeels afhangt van nog onzekere ontwikkelingen.

In het Deltaprogramma (Deltaprogramma, 2011) staat de voorbereiding van de beslissingen voor de toekomst van onze Nederlandse delta centraal. Deze richtinggevende 'deltabeslissingen' over de veiligheid en de watervoorziening in deze eeuw worden in 2014 voorgelegd aan het kabinet door de deltacommissaris, zodat deze in het volgende Nationaal Waterplan (2015) verankerd kunnen worden. Het gaat om vijf beslissingen:

1. De actualisering van veiligheidsnormen voor primaire waterkeringen;
2. De zoetwaterstrategie die voor een adequate watervoorziening in Nederland op de lange termijn moet zorgen;
3. Lange termijn peilbeheer van het IJsselmeer gericht op de watervoorziening in Nederland en de veiligheidsopgave in het gebied;
4. De bescherming van de Rijn – Maasdelta;
5. Een nationaal beleidskader voor de (her)ontwikkeling van bebouwd gebied.

De Deltascenario's zijn bedoeld ter ondersteuning van de bovenstaande Deltabeslissingen.

Tevens maken de Deltascenario's onderdeel uit van het Deltamodel. Het Deltamodel is een modelinstrumentarium dat ingezet kan worden bij de waterstaatkundige onderbouwing van beleidskeuzes voor de lange termijn. Beleidsmakers en bestuurders kunnen hiermee de consequenties van beleidsvoorstellen inzichtelijk maken. Voor het gebruik in het Deltamodel moeten de scenario's moeten de scenario's kwantitatief zijn.

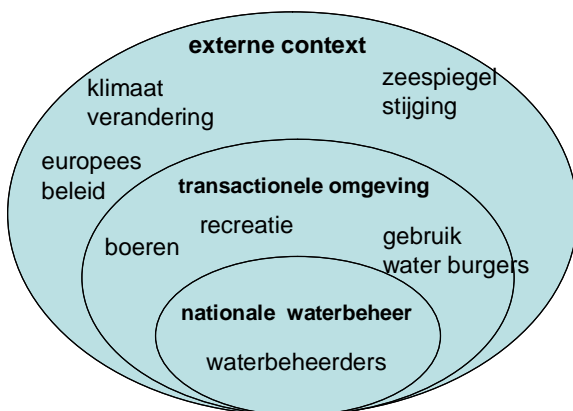
Scenario's die specifiek gemaakt zijn om relevante onzekerheden bij waterbeheerkeuzes mee te nemen ontbraken tot op heden. Deze scenario's worden in dit rapport gepresenteerd. De huidige Deltascenario's hebben een beperkte houdbaarheidsdatum. In de jaren 2011 en 2012 zullen ze gebruikt worden voor de probleemanalyse en verkenningen van mogelijke strategieën in het Deltaprogramma. In 2012 wordt een actualisering voorzien van klimaatscenario's en mogelijk ook van sociaaleconomische scenario's in Nederland. Ook de integratie van deze in de Deltascenario's is dan aan herziening toe.

1.2 Wat zijn scenario's?

Er zijn veel definities van scenario's. In dit rapport wordt uitgegaan van de volgende definitie: *Scenario's zijn consistente beschrijvingen van mogelijke toekomst die als basis kunnen dienen voor strategische beslissingen* (vrij naar Van Notten (2005)). We merken nadrukkelijk op dat de Deltascenario's *mogelijke* ontwikkelingen beschrijven, geen *wenselijke*.

Bij deze scenariostudie is het van belang om onderscheid te maken in drie conceptuele lagen (zie Figuur 1.1):

- **Externe context:** Deze context ontwikkelt zich autonoom. Het waterbeheer heeft hierop maar een beperkte invloed, maar wordt er zelf wel door beïnvloed. De wereldwijde klimaatverandering en zeespiegelstijging zijn voorbeelden van autonome ontwikkelingen in de externe context. Europees beleid is voor een deel beïnvloedbaar, maar slechts in geringe mate, en wordt hier als externe context beschouwd.
- **Transactionele omgeving:** In deze laag bevinden zich ontwikkelingen die indirect kunnen worden beïnvloed door het waterbeheer, maar waarover geen directe controle is.
- **Nationaal waterbeheer:** Deze laag omvat de rijksoverheid en de waterschappen, de watergerelateerde onderdelen van de provincies en gemeenten, dus de instanties die direct invloed hebben op het waterbeheer.



Figuur 1.1 – Conceptuele lagen in deze scenariostudie. De Deltascenario's beschrijven de externe context..

De Deltascenario's beschrijven alleen de externe context. Dat zijn mogelijke toekomst, 50 tot 100 jaar vooruit, die relevant zijn voor het Deltaprogramma en waar het nationale waterbeheer geen directe invloed op kan uitoefenen. Op deze manier wordt onderscheid gemaakt tussen scenario's enerzijds en strategieën als pakketten van maatregelen anderzijds. De Deltascenario's beschrijven mogelijke toekomst, die relevant zijn voor het waterbeheer in Nederland. Op basis van deze scenario's kunnen de randvoorwaarden voor het waterbeheer, zoals watervraag en wateraanbod, ruimedruk, behoefte aan veiligheid tegen overstromingen, worden bepaald.

Bij de opstelling van deze Deltascenario's zijn recente adviezen van de WRR en de Raad voor VenW ter harte genomen (zie onderstaand kader).

Uit het advies '**Witte zwanen, zwarte zwanen**' van de Raad voor Verkeer en Waterstaat (2009):
p. 5, 6
(...)
Bij de beleidsvoorbereiding en besluitvorming slaat de weegschaal meestal door naar het nemen van het zekere voor het onzekere.
Bij de beleidsvoorbereiding uit zich dat in de wijze waarop met prognoses en scenario's wordt omgegaan. Modellen berekenen vanuit de ervaringen uit het verleden de prognoses voor de toekomst tot achter de komma nauwkeurig; scenario's worden vaak zo gebruikt dat één scenario als maatgevend wordt 'gekozen' en dat daarop beleidsmaatregelen worden afgestemd. Geen van beide instrumenten is op deze wijze bruikbaar om langetermijnbeleid voor te bereiden.
Prognoses niet, omdat de effecten van klimaatverandering zo extreem en onzeker zijn, dat we niet kunnen bogen op ervaringen uit het verleden. Enkelvoudige scenario's niet, omdat maatregelen gebaseerd op één scenario geen bescherming bieden tegen extremere klimaatontwikkelingen. Maatregelen die gebaseerd zijn op een extreem scenario kunnen ook leiden tot een overreactie en weggegooid geld, als de ontwikkelingen anders of langzamer lopen dan verwacht. In beide situaties is er sprake van schijnzekerheid. Dat moet volgens de Raad anders.
(...)
Aanbevelingen
1. Bouw in de beleidsvoorbereiding elementen in die proactieve adaptatie ondersteunen door:
a. scenario's en andere hulpmiddelen te gebruiken om onzekerheden en kwetsbaarheden in kaart te brengen;
b. indicatoren te benoemen en een monitoringsysteem te ontwikkelen om wijzigingen te meten in de aannames waarop het beleid gebaseerd is;
c. omslagpunten te bepalen om te markeren wanneer het staande beleid niet meer voldoet;
d. in het proces van verkenning tot uitvoering revisiemomenten in te bouwen voor tussentijdse aanpassingen;
e. op veranderingen te anticiperen door het ontwikkelen van maatregelen die geëffectueerd kunnen worden, wanneer het staande beleid niet voldoet.
(...)
Uit het rapport '**Uit zicht. Toekomstverkennen met beleid**' van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (Van Asselt et al, 2010):
p. 126-127,
8.4 tot slot
Toekomstverkennen houdt zich bezig met de open, maar niet lege toekomst. Er zijn meerdere manieren om de toekomst te verkennen. De cruciale vragen die gesteld moeten worden om te bepalen welke benadering de meest geëigende is, betreffen de veronderstellingen over continuïteit, stabiliteit en normatieve consensus. Die vragen worden te weinig gesteld, onder meer vanwege problematische voorkeuren voor enkelvoudige, 'zekere', politiek correcte of 'normatief neutrale' toekomstbeelden.
Goede toekomstverkenning vraagt om onzekerheidsacceptatie en enthousiasme voor openheid. Daarom is het noodzakelijk de term 'voorspellen' in de ban te doen. Ook vragen wij aandacht voor normatieve toekomstverkenning en onderstrepen wij het gebruik van toekomstverkennen in meervoud als leerproces om onzekerheidsacceptatie en enthousiasme voor openheid te kweken. Tevens is een pleidooi gehouden voor innovatie in het gebruik van wetenschappelijke kennis. Ten slotte bevelen wij het gebruik van een bijsluiter aan, zodat zowel makers als gebruikers gedwongen worden na te denken over verstandig gebruik van toekomstverkenning. In zo'n context kan goede toekomstverkenning een bijdrage leveren aan beter beleid. 'Beter' in de zin van beleid dat flexibel omgaat met veranderingen en dat niet op het verkeerde been staat wanneer de onverwachte, verrassingsvolle toekomst zich aandient.
(...)

1.3 Gebruik van de Deltascenario's

De Deltascenario's leveren kwalitatieve en kwantitatieve gegevens voor het Deltamodel en Deltaprogramma. Hierbij gaat het om informatie over neerslag, afvoer, bodemdaling, economische groei, veranderingen in het landgebruik, etc.

Die informatie krijgt vorm in verhaallijnen, landelijke kaartbeelden en uitgebreide gegevensbestanden, bedoeld als invoer voor de modellen, die beschikbaar zijn voor de gebruikers in het Deltaprogramma

De Deltascenario's zijn opgesteld met als doel te verkennen wat mogelijke toekomstige ontwikkelingen zijn en wat de consequenties daarvan zijn voor het waterbeheer. Vanwege deze doelstelling wordt er in dit rapport op een globaal niveau stilgestaan gestaan bij de te verwachten consequenties voor de waterhuishouding per scenario, zodat de verschillende scenario's betekenis krijgen voor het waterbeheer. Deze analyse is slechts in zeer grove lijnen, de deelprogramma's van het is het Deltaprogramma zullen de consequenties in meer detail analyseren.

Scenario's zijn niet bedoeld om te voorspellen. Ze maken onzekerheden zichtbaar en geven daarmee een beeld van mogelijke ontwikkelingen waarmee in de besluitvorming rekening gehouden moet worden. Het is nadrukkelijk niet de bedoeling dat er een keuze gemaakt wordt voor één scenario. De Deltascenario's vervullen de volgende vier functies:

1. Uitvoeren van een gevoeligheidsanalyse: Verkennen van problemen en knelpunten en de mate waarin huidige doelen van het Deltaprogramma in de toekomst gehaald worden. Dit speelt op twee niveaus. Op het eerste niveau gaat het over de vraag wanneer we de grenzen in ons watersysteem bereiken, wanneer het huidige beleid niet meer toereikend is. Het bepalen van deze omslagpunten op basis van de scenario's is wel lastig, omdat de sociaaleconomische ontwikkelingen zo dynamisch zijn en het onmogelijk om eenduidige indicatoren te vinden. Voor het Deltaprogramma is inzicht hierin echter van groot belang (Deltaprogramma, 2011). Op het tweede niveau gaat het over de vraag voor welke factoren het waterbeheer gevoelig of juist ongevoelig is. Daarbij gaat het eerder om ordegrootten dan het exacte getal, voor bijvoorbeeld zeespiegelstijging.
2. Ondersteuning bij de ontwikkeling van strategieën en maatregelen: De Deltascenario's kunnen gebruikt worden bij het verkennen van mogelijke, kansrijke en voorkeursstrategieën voor het realiseren van de huidige of nieuwe doelen van het Deltaprogramma. De Deltascenario's omvatten een verhaallijn en daarmee corresponderende klimaatcijfers en sociaaleconomische cijfers, die als input kunnen dienen voor het Deltamodel. Met behulp van het Deltamodel kunnen voorgestelde maatregelen doorgerekend worden, om te bepalen in hoeverre problemen worden opgelost.
3. Uitvoeren van een robuustheidsanalyse: Verschillende maatregelen kunnen tegen verschillende toekomsten kan worden getoetst. Maatregelen die in verschillende toekomsten (kosten)effectief blijken kunnen robuuste maatregelen worden genoemd. In dit geval worden de Deltascenario's als 'windtunnel' gebruikt (Van der Heijden 1996).
4. Inspiratie voor innovatie: Scenario's voor de zeer lange termijn laten een andere wereld zien, met andere opgaven en uitdagingen. Dat kan helpen bij het ontwikkelen van streefbeelden en strategische visies en kan richting geven aan innovaties. Hierdoor wordt de effectiviteit van de maatregelpakketten op de langere termijn vergroot.

1.4 Totstandkoming van de Deltascenario's

Aan de totstandkoming van de Deltascenario's hebben vele personen en verschillende instituten bijgedragen. Deltares heeft nauw samengewerkt met het KNMI voor het klimatologische deel van de scenario's. Het sociaaleconomische gedeelte van de scenario's is tot stand gekomen in samenwerking met het Planbureau voor de Leefomgeving, H+N+S Landschapsarchitecten en Geodan.

Om zoveel mogelijk aan de gebruikerswensen kunnen voldoen is er een gebruikersgroep in het leven geroepen. Hierin zijn alle deelprogramma's van het Deltaprogramma, de Unie van Waterschappen en de Stowa vertegenwoordigd. In Bijlage A is de samenstelling van de gebruikersgroep weergegeven. Deze groep is in juni, september en november 2010 en januari en maart 2011 bijeen gekomen. Tijdens deze bijeenkomsten is de aanpak en de voortgang en het gebruik van de Deltascenario's besproken. De resultaten vanuit het gebruikersoverleg zijn teruggekoppeld naar het kennisnetwerk Deltaprogramma en van daar uit naar het overleg van de programmadirecteuren.

Voor de inhoudelijke advisering is er een wetenschappelijke adviesgroep opgericht. De volgende organisaties waren in deze adviesgroep vertegenwoordigd: Deltares, Waterdienst, KNMI, PBL, WUR-Alterra, VU Amsterdam en TU Delft. De groep is in juni en december 2010 bij elkaar gekomen. In Bijlage B is de samenstelling van de wetenschappelijke adviesgroep weergegeven.

Tenslotte heeft de Internationale Adviescommissie voor het Deltamodel in juli 2010 en februari 2011 uitgebreid commentaar en advies gegeven over aanpak, opstelling en gebruik in Deltaprogramma en Deltamodel.

De adviezen en commentaren van deze verschillende groepen hebben een belangrijke bijdrage geleverd aan de totstandkoming van dit rapport. Hiervoor zijn wij alle deelnemers zeer erkentelijk.

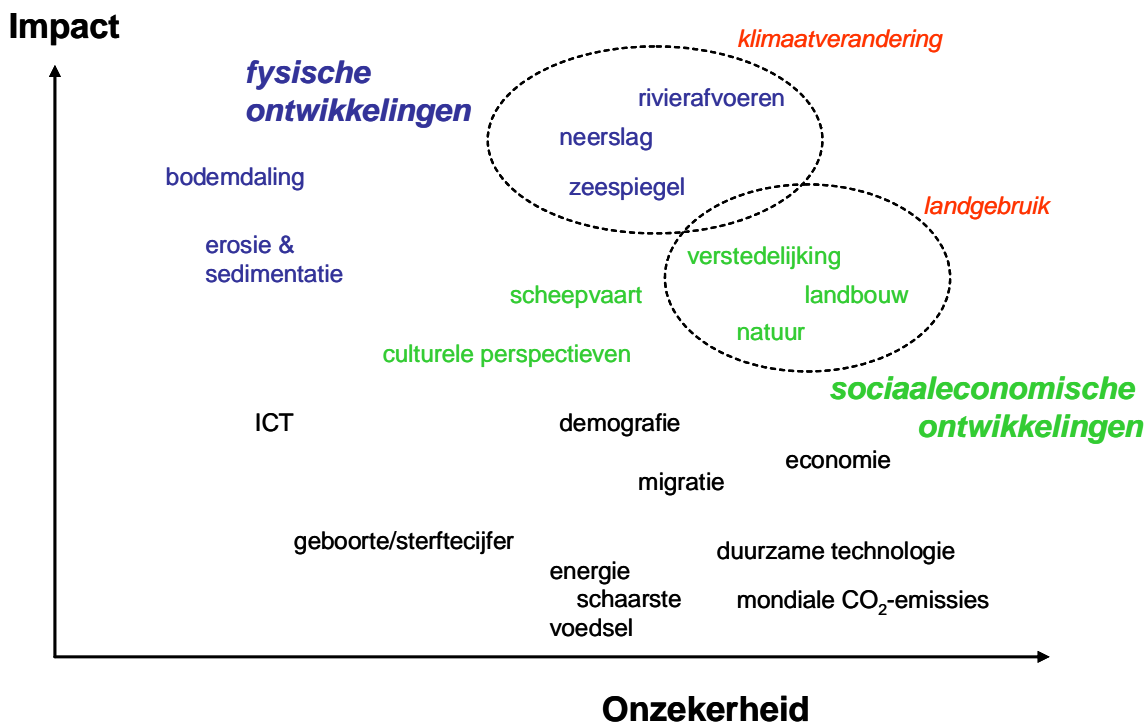
2 Uitgangspunten Deltascenario's

In dit hoofdstuk worden de uitgangspunten die gehanteerd zijn bij het opstellen van de Deltascenario's beschreven. Voor een uitgebreide beschrijving verwijzen we naar Haasnoot et al. (2010).

2.1 Drijvende krachten: klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen

In de Deltascenario's worden twee clusters van drijvende krachten onderscheiden, namelijk fysische (voornamelijk klimatologische) en sociaaleconomische ontwikkelingen. Met drijvende krachten bedoelen we ontwikkelingen die *direct* effect hebben op het waterbeheer. Drijvende krachten kunnen leiden tot een verandering van de opgaven voor het waterbeheer op langere termijn.

De keuze voor deze twee clusters van drijvende krachten komt voort uit een zogenaamde impact-onzekerheid analyse: een beschouwing van zeer uiteenlopende mogelijke ontwikkelingen in de komende decennia met betrekking tot hun belang (impact) voor het waterbeheer enerzijds en van de mate van onzekerheid bij die ontwikkelingen anderzijds. De analyse is schematisch weergegeven in de impact-onzekerheidsmatrix van Figuur 2.1 en is gebaseerd op diverse modelstudies, variërend van de PAWN-studie (omstreeks 1980) tot aan recente rapportages over de klimaatbestendigheid van Nederland in relatie tot overstromings- en droogterisico's (Kwadijk, et al, 2008a,b, Klijn et al, 2010).



Figuur 2.1 Impact-onzekerheidsanalyse van mogelijke ontwikkelingen, relevant voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening

In de figuur vinden we de ontwikkelingen met een grote invloed op het waterbeheer en geringe mate van onzekerheid terug in het kwadrant links boven. Dit zijn bijvoorbeeld bodemdaling, erosie en sedimentatie. Deze ontwikkelingen kunnen ook voor de lange termijn redelijk kwantitatief voorspeld worden, en kunnen zo in elk scenario opgenomen worden.

De ontwikkelingen in het kwadrant rechtsboven hebben eveneens grote impact op het waterbeheer, maar zijn veel onzekerder en daardoor niet of minder goed te voorspellen. Ze kunnen sneller of langzamer verlopen, denk hierbij bijvoorbeeld aan zeespiegelstijging, verandering in neerslagpatroon en rivierafvoer. Soms kunnen deze ontwikkelingen zelfs van richting veranderen. Denk aan economische groei versus krimp, en de daaraan gerelateerde ontwikkelingen in de landbouw of bevolkingsdichtheid. De ontwikkelingen met hoge impact en onzekerheid zijn bepalend voor het onderscheid tussen de alternatieve scenario's. Hierbinnen zijn twee clusters onderscheiden: enerzijds *sociaaleconomische ontwikkelingen*, met name het daaruit voortvloeiende ruimtegebruik, en *klimaatverandering* met gevolgen voor neerslag, rivierafvoeren en zeespiegelstijging.

Deze twee clusters – sociaaleconomische en fysische ontwikkelingen – vormen de drijvende krachten in de Deltascenario's. Loodrecht op elkaar weergegeven vormen de twee clusters van drijvende krachten een assenkruis waarin vier onderscheidende scenario's worden gepositioneerd (zie Figuur 3.1, in het volgende hoofdstuk). De scenario's in de vier kwadranten van het assenkruis worden zo ingevuld dat zij duidelijk onderscheid laten zien in de mogelijke opgaven voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening. In de vier Deltascenario's treffen we vier mogelijke combinaties van drijvende krachten aan. De verschillende zichtjaren, 2050 en 2100, die staan voor de lange en zeer lange termijn, geven de mogelijkheid om de effecten van een in de tijd toenemende bandbreedte te verkennen en extra nuances aan te brengen.

2.2 Gebruik van bestaand materiaal

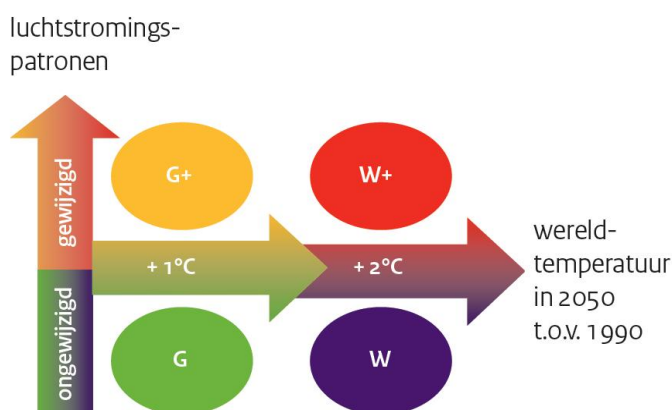
2.2.1 Klimatologische ontwikkelingen: KNMI'06 klimaatscenario's

Het klimaat is het gemiddelde weer, gemeten over een periode van tenminste 30 jaar. Over het feit dat het klimaat verandert, bestaat brede consensus, evenals over de richting. En omdat het klimaat een langzaam reagerend mondiaal systeem is, zijn projecties over relatief lange termijnen mogelijk. De afgelopen 100 jaar is de temperatuur wereldwijd gestegen. Ook is de verwachting dat het wereldwijd in de toekomst warmer wordt. Voor de verhoging van de wereldwijde gemiddelde temperatuur aan het einde van deze eeuw lopen de schattingen uiteen tussen de 1.1 en de 6.4 °C. Hoeveel lokaal het klimaat warmer wordt en met welke snelheid verschilt van plaats tot plaats. Veel terugkoppelingsprocessen in de atmosfeer, oceanen en ijsmassa's zijn namelijk nog onvoldoende bekend en de toename van de drijvende kracht (de concentratie broeikasgassen in de atmosfeer) is onbekend. Daarom wordt vaak gewerkt met verscheidene scenario's in plaats van met één enkele projectie.

Klimaatscenario's zijn tijdreeksen van klimaatgegevens van een mogelijk toekomstig klimaat. Ze geven aan in welke mate temperatuur, neerslag en wind kunnen veranderen, bij een bepaalde mondiale klimaatverandering. Klimaatscenario's zijn geen lange termijn weersverwachtingen: ze doen alleen uitspraken over het gemiddelde weer en de kans op extreem weer in de toekomst. Op het gebied van klimaatverandering wordt in Nederland gebruik gemaakt van de scenario's die door het KNMI ontwikkeld zijn in 2006 (KNMI, 2006).

Deze bestrijken de hele periode die voor de Deltascenario's relevant is, namelijk tot en met 2100 en zijn goed gedocumenteerd. Deze vier scenario's omvatten samen de bandbreedte van de mogelijke ontwikkeling van het klimaat in Nederland. De KNMI'06 klimaatscenario's zijn de meest recente klimaatscenario's voor Nederland en fungeren sindsdien als een standaard voor impact- en adaptatiestudies.

In Figuur 2.2 zijn de KNMI '06 scenario's weergegeven. De vier scenario's variëren voor wat betreft de gemiddelde temperatuurstijging en luchtcirculatiepatronen. De W/W+ scenario's kenmerken zich door een sterke toename van de wereldgemiddelde temperatuur, terwijl die in de G/G+ scenario's gematigd is. Bij de G+W+ scenario's zorgt een verandering in de luchtstroming boven de Atlantische oceaan en West-Europa voor extra warme en natte winters, terwijl de zomers extra warm en droog zijn. Bij de G/W scenario's is de invloed van veranderingen in de luchtstroming klein. Er wordt nadrukkelijk geen schatting gegeven van welk scenario de grootste kans heeft om realiteit te worden, omdat dit inherent onzeker is.



Figuur 2.2 Vier KNMI scenario's voor klimaatverandering. Bron: KNMI, 2006.

Nederland kent regionale verschillen in het klimaat. In de KNMI'06 scenario's wordt echter geen regionaal onderscheid gemaakt in klimaatverandering. Ook wordt er geen onderscheid gemaakt voor lokale stadseffecten. Deze veranderingen kunnen niet goed worden bepaald, of ze waren klein ten opzichte van de spreiding tussen de verschillende scenario's.

Op basis van de klimaatgegevens is het mogelijk, met behulp van bestaande hydrologische modellen, data te genereren die direct van belang zijn voor het waterbeheer. Denk aan neerslagpatronen, rivierafvoerreeksen, zeespiegelstijging, en de consequenties daarvan voor bijvoorbeeld verzilting. De KNMI'06-scenario's beschrijven een zekere plausibele bandbreedte, zowel voor 2050 als voor 2100, maar geven geen hoogst of laagst denkbare klimaatverandering weer. Dit is dus anders dan het zogenaamde Veerman rapport (Deltacommissie, 2008). Het 'Veerman scenario' gaf namelijk een snellere zeespiegelstijging aan dan beschreven is in de KNMI'06 scenario's. Echter, in het Deltaprogramma baseert het kabinet baseert zich, op voorstel van de deltagcommissaris, voor het Deltaprogramma op de KNMI'06 scenario's. Het zogenaamde 'Veerman scenario' dat van belang was in de verkennende studie van de Deltacommissie (2008) wordt daarmee losgelaten (Deltaprogramma, 2011).

In de Deltascenario's wordt de bandbreedte van de vier KNMI-scenario's benut. Alle vier scenario's zijn doorgerekend op hun hydrologische effecten. De resulterende bandbreedte is beschreven in de twee klimaatvarianten van de Deltascenario's: respectievelijk 'snelle' en 'matige' klimaatverandering, in het assenkruis van figuur 3.1. Grofweg komt dit overeen met G en W+, met uitzondering van gemiddelde zomerneerslag (G+ en W) en extreme neerslag (G+ en W).

In hoofdstuk 5 worden de klimatologische ontwikkelingen in de Deltascenario's nader toegelicht en onderbouwd.

2.2.2 Sociaaleconomische ontwikkelingen tot 2050: uitwerking WLO-scenario's

Op hoofdlijnen biedt de WLO-studie van de samenwerkende planbureaus (PBL² en CPB) een consistente basis voor de beschrijving en kwantificering van sociaaleconomische ontwikkelingen en hun effecten op het ruimtegebruik in Nederland (Janssen et al., 2006). De WLO-scenario's geven globale beelden van hoe de fysieke omgeving waarin de Nederlandse bevolking woont en werkt kan veranderen tot 2040. De resultaten van deze studie worden als uitgangspunt gebruikt voor uiteenlopende beleidstrajecten en studies van de ontwikkeling van economische sectoren. Onlangs heeft het Planbureau voor de Leefomgeving een rapport uitgebracht over de actualiteit van de WLO scenario's. Hierin wordt de conclusie getrokken dat Nederland ondanks de recente economische recessie, zich nog steeds bevindt binnen de bandbreedte van de bevolkingsomvang en economische groei die wordt aangegeven door de WLO-studie. Dientengevolge wordt er geconcludeerd dat de WLO-scenario's nog steeds gebruikt kunnen worden als robuustheidstest voor beleid (Hilbers en Snellen, 2010). Dit alles maakt de WLO-scenario's tot een geschikt uitgangspunt voor de socio-economische as van de Deltascenario's.

Binnen de WLO-scenario's wordt de bandbreedte bepaald door het hoge groei scenario Global Economy (GE) en het lage groei scenario Regional Communities (RC). Zo neemt de bevolkingsomvang van Nederland in het GE-scenario toe tot bijna 20 miljoen, en blijft die voor Regional Communities redelijk stabiel rond de 16 miljoen. Ook de bandbreedte in termen van economische groei wordt bepaald door GE met de grootste en RC met de kleinste groei. De verstedelijking neemt het sterkst toe in scenario Global Economy en het minst in Regional Communities. Aangezien de bevolkingsomvang en economische waarde bepalend zijn voor het vereiste beschermingsniveau, wordt met deze twee scenario's ook de bandbreedte voor de waterveiligheidsopgave in beeld gebracht. In alle vier de WLO-scenario's neemt het ruimtegebruik van de grondgebonden landbouw af. De grootste afname vindt plaats in Global Economy, en de kleinste in Regional Communities. De ruimte die wordt gecreëerd voor natuur is in beide scenario's ongeveer gelijk. Al met al vertegenwoordigen de twee scenario's Global Economy en Regional Communities hiermee ook de bandbreedte voor de zoetwatervoorziening.

Op deze plaats dient te worden benadrukt dat de WLO-scenario's in deze studie enkel een vertrekpunt vormen: een raamwerk van consistente en plausibele verhaallijnen die, wanneer ruimtelijk en kwantitatief uitgewerkt, de bandbreedte van opgaven met betrekking tot zoetwatervoorziening en waterveiligheid inzichtelijk maken. Om concrete invulling te kunnen geven aan deze opgaven is dus een ruimtelijke verbijzondering nodig van de verhaallijnen en

² Het Milieu en Natuurplanbureau en Ruimtelijk planbureau zijn samengegaan in het Planbureau voor de Leefomgeving

nationale bandbreedtes die in de WLO-scenario's centraal staan. Dit geldt voor alle relevante sectoren: wonen, werken, natuur, landbouw etc.

Wat betreft wonen en werken is aangesloten op voorlopige resultaten uit de *Ruimtelijke Verkenningen* die op dit moment (april 2011) worden uitgevoerd door het PBL. Ook in deze studie vormen GE en RC de basis voor respectievelijk een hoog en een laag groeiscenario, met als ruimtelijke focus de corop regio's. Het doel is om op dit ruimtelijke detailniveau de *bandbreedtes* te schetsen voor de mogelijke toekomstige ontwikkeling van betreffende functies. Gezien de zeer hoge onzekerheid van ontwikkelingen op hoger detailniveau enerzijds, en de nationale scope van het Planbureau van de Leefomgeving anderzijds, heeft het PBL de pretentie noch de ambitie om uitspraken te doen op hogere detailniveaus. Verbijzonderingen naar het niveau van de lsw-regio's, dijkkringen en zelfs hectaren die in het kader van het Deltaprogramma worden gedaan zijn hiermee puur indicatief. Deelprogramma's en regio's worden aangemoedigd om, binnen de bandbreedtes op regionaal niveau, de indicatieve ontwikkelingen op hoger detailniveau kritisch te bezien, en waar nodig (indien afwijkend van de overkoepelende verhaallijn) deze anders in te vullen. Voor een uitgebreide toelichting verwijzen we naar Rijken (2011).

Naast de stedelijke functies zijn ook de sectoren landbouw en natuur ruimtelijk en kwantitatief uitgewerkt. Waar de uitwerking van de stedelijke functies grotendeels past binnen de originele, nationale bandbreedtes die in de WLO-studie worden aangereikt (bevolkingsgroei, economische ontwikkeling etc.), wordt voor natuur en landbouw hiervan afgeweken. Zo wordt in zowel GE als RC verondersteld dat de Ecologische Hoofdstructuur in 2018 geheel wordt gerealiseerd. De contouren waarbinnen dit gebeurt zijn gelijk. Waar het gaat om de landbouw, en dan vooral de grondgebonden landbouw, zijn de afwijkingen (ten opzichte van de WLO-studie) groter. De reden is dat het Landbouw Economisch Instituut (LEI) de verschuivingen van typen landbouw in de uitwerking van de WLO-scenario's anno 2011 niet meer plausibel acht. Het gaat hier dus *niet* zozeer om de achterliggende, *kwalitatieve* verhaallijnen als wel om de kwantitatieve, regionale en lokale uitwerking hiervan. De achterliggende verhaallijnen (technologische ontwikkeling van de landbouw, afzetmarkten) zijn goeddeels gerespecteerd.

Ondanks dit alles is, net als in het geval van verstedelijking, ook voor landbouw en natuur een eerste suggestie gedaan voor het mogelijke toekomstige ruimtegebruik in 2050. Zoals in hoofdstuk zes wordt toegelicht geldt hierbij de centrale aanname dat in beide scenario's de grondgebonden landbouw als geheel kan worden gezien als een ruimtelijke restpost: het blijft bestaan waar de stad en natuur niet uitbreiden; er vindt geen uitbreiding van het areaal grondgebonden landbouw plaats. Verder is er voorlopig van uitgegaan dat, binnen deze brede klasse van grondgebonden landbouw als geheel, geen of nauwelijks ruimtelijke dynamiek plaatsvindt. Waar deze landbouw geen plaats maakt voor verstedelijking, recreatie, natuur etc., wordt hiermee verondersteld dat in 2050 dezelfde landbouwactiviteiten (akkerbouw, grondgebonden veeteelt) plaatsvinden als in het basisjaar. Vooral de laatste aanname is uiteraard weinig realistisch. In de Deltascenario's-next worden de aannamen per scenario verfijnd en ruimtelijk uitgewerkt. Voor nu worden de regio's aangemoedigd om, uitgaande van de verhaallijnen die in dit rapport voor deze sector worden geschetst, hieraan op basis van eigen (regionale en thematische) expertise zelf verder invulling te geven. Dit geldt voor zowel het specifieke ruimtegebruik binnen de grondgebonden landbouw (akkerbouw versus veeteelt, teeltplan) als de bedrijfsvoering in kwestie (drainage, beregening etc.).

Tot slot is het zo dat de WLO-scenario's en de ruimtelijke uitwerking daarvan niet verder reiken dan 2040. Dit terwijl de Deltascenario's voor wat betreft de middenlange termijn de

periode tot 2050 moeten beslaan. In overleg tussen Deltares en het PBL is er voor gekozen om ook de getallen van de WLO-studie voor 2040 te gebruiken voor beschrijving van de situatie rond 2050, in het bijzonder voor de ruimtelijke uitwerking. Exacter sociaaleconomische gegevens zijn nog niet voorhanden, en een verantwoorde extrapolatie is niet eenvoudig. Tegelijkertijd worden grootschalige veranderingen in ruimtelijke inrichting en landgebruik pas op langere termijn goed zichtbaar. We achten deze benadering acceptabel vanwege het doel van de scenario's, namelijk het schetsen van bandbreedtes. Daarbij staat '2050' meer symbool voor de middellange termijn (net als '2100' symbool staat voor de zeer lange termijn). De grotere bandbreedte die te verwachten is op langere termijn komt goed tot uiting in de beschrijving van de periode na 2050.

2.2.3 Sociaaleconomische ontwikkelingen na 2050: een andere aanpak

Voor de zeer lange termijn na 2050 is een geheel andere benadering gevolgd, dan de modelmatige benadering van de Ruimtescanner. Deze benadering kenmerkt zich door participatieve workshops waarin de deelnemers al schetsend op landkaarten zochten naar de bandbreedte van de wateropgaven (zie bijlage F). In deze benadering stonden twee vragen centraal. Ten eerste: Welke omstandigheden zouden kunnen leiden tot zeer grote, dan wel kleinere opgaven voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening? Ten tweede: Welke mogelijke sociaaleconomische ontwikkelingen zouden in de komende eeuw tot die bijzondere omstandigheden kunnen leiden?

Uiteindelijk zijn twee zeer verschillende karakteristieke toekomstbeelden geschetst. Het ene beeld gaat uit van een sterk verstedelijkte Delta met een hoge behoefte aan agrarische productie voor voedselvoorziening, productiegrondstoffen en energie. Die combinatie creëert zowel een hoge veiligheidsbehoefte als een grote vraag naar zoetwater, binnen een sterk gereguleerde waterhuishouding. Het andere beeld is tegenovergesteld: een minder dicht bevolkte Delta, met een grote mate van zelfvoorziening en een hoge tolerantie voor waterdynamiek, zowel op het gebied van zoet en zout water, hoog en laagwater, vernatting en droogte. Deze combinatie leidt in vergelijking met het andere beeld juist tot een kleinere opgave voor de waterveiligheid en voor de zoetwatervoorziening.

Ook bij deze twee toekomstbeelden voor de zeer lange termijn geldt dat economische ontwikkeling in combinatie met bevolkingsdichtheid de belangrijkste drijvende factoren zijn. Ze passen daarmee in het verlengde van de WLO-beelden voor 2050, ook al leveren ze heel andere omstandigheden en uitdagingen voor het waterbeheer op.

Daarmee is de benadering voor de zeer lange termijn horizon (het Deltaprogramma gebruikt 2100) op enkele punten wezenlijk anders dan de studie Aandacht voor Veiligheid (AVV, 2008). De AVV-studie gebruikt, evenals dit rapport, de WLO-scenario's Global Economy en Regionale Communities als bandbreedte voor 2040. Voor het toekomstbeeld op de zeer lange termijn (2100) worden in de AVV-studie echter de trends en verwachtingen van de WLO doorgetrokken. Continuïteit in de ontwikkelingen is daarbij impliciet tot uitgangspunt genomen. De AVV-studie was zich zeer bewust van de beperkingen daarvan en leverde in een Annex (5) een overzicht van mogelijke aanvullende aannames op om de WLO-scenario's beter geschikt te maken voor waterveiligheidsanalyses tot 2100. De belangrijkste aanvullende aannames zijn ter harte genomen en hebben vorm gekregen in de Deltascenario's. Het gaat daarbij om mogelijke trendbreuken op het gebied van economie en demografie (krimp), veranderingen in preferentie voor woningen en bedrijven (ruimte, locatiekeuze), en zelfvoorziening als tegenhanger van globalisering, onder meer op het terrein van landbouwproductie en energievoorziening.

Hiermee is de beschrijving van de sociaaleconomische beelden voor het zichtjaar 2100 in de Deltascenario's wel gerelateerd aan de 2050-WLO-scenario's (het zijn dezelfde drijvende krachten), maar zijn de beelden ook wezenlijk anders door de trendbreuken. Vanwege de grote onzekerheden wordt er voor gewaarschuwd om het beeld strikt te koppelen aan het jaartal 2100. Het is daarom gewenst om te spreken over 'een doorkijk na 2050'. Er moet ook een heel andere waarde aan deze doorkijk gehecht worden dan aan de WLO-scenario's. Het gaat beslist niet meer om enige vorm van prognose, of ontwikkeling binnen zekere marges, maar om het verkennen van uiteenlopende ontwikkelingen, om de robuustheid van maatregelen op de zeer lange termijn te onderzoeken, en om mogelijke omslagpunten in het beleid te identificeren.

In hoofdstuk 6 en 7 worden de sociaaleconomische ontwikkelingen in de Deltascenario's nader toegelicht en onderbouwd.

2.3 Referentiesituatie: omstreeks 2000

Het Deltaprogramma en het Deltamodel beogen de periode tot het jaar 2100 te verkennen. Voor de Deltascenario's zijn de *zichtjaren 2050 en 2100* gebruikt om de relevante bandbreedte te beschrijven. Een apart geval is de *referentiesituatie*. De referentiesituatie is een startsituatie die gekozen wordt om vergelijking mogelijk te maken.

De referentiesituatie voor het klimaat bestrijkt noodzakelijkerwijze een periode van enkele decennia, aangezien het klimaat het gemiddelde weer, gemeten over een periode van tenminste 30 jaar is. Gekozen is voor de periode 1961–1995 (35 jaar), omdat die goed gedocumenteerd en geanalyseerd is. Voor de sociaaleconomische ontwikkelingen geldt het jaar 2002 omdat de WLO-studie dat jaar als basis hanteert. Voor de waterhuishoudkundige situatie zal in het Deltamodel het jaar 2010 mogelijk als startpunt genomen worden. De definitieve referentiesituatie wordt nog vastgesteld binnen het Deltaprogramma.

De referentiesituatie is dus samengesteld uit diverse jaren omdat er pragmatisch is gekozen voor het gebruik van bestaand materiaal. In de scenario's wordt de referentiesituatie kortweg betiteld als '2000', naar analogie van de eveneens arbitraire zichtjaren 2050 en 2100. Dit benadrukt ook de relativiteit van deze jaren: in de scenario's is de tijdschaal, die samenhangt met de snelheid van de ontwikkelingen, het meest onzeker.

2.4 Variabiliteit: kleine kansen, grote gevolgen (KKG)

De vier Deltascenario's beschrijven in principe trends naar een situatie in verschillende zichtjaren. Voor de hydrologische situatie, die samenhangt met het klimaat, is echter de variabiliteit minstens zo belangrijk. Van belang is bijvoorbeeld niet alleen de gemiddelde rivierafvoer, maar juist ook de kans op extreme situaties zoals hoog of laag water. Voor hoog water zijn zeldzame gebeurtenissen met een kans van 1/1000 per jaar in de rivieren zeer relevant vanuit de veiligheidsoptiek. Voor laag water en droogte gaat het eerder om situaties die eens per tien of honderd jaar kunnen optreden. Wanneer een dergelijke gebeurtenis optreedt is niet te voorspellen. Door het extreme en zeldzame karakter kan ook de frequentie en de ernst niet exact worden bepaald, niet met modellen en niet met de beperkte reeks waarnemingen. Juist deze gebeurtenissen met kleine kansen maar mogelijk grote gevolgen

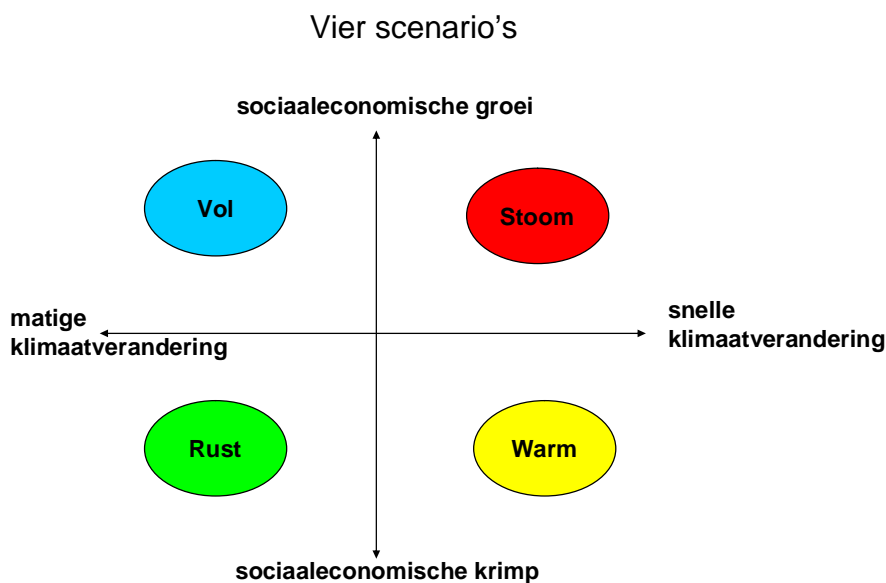
(KKG) zijn van groot belang in verband met schade door droogte, wateroverlast of overstroming en de kosten-batenanalyse voor eventuele beschermingsmaatregelen. Het onvoorspelbare, toevallige optreden van zo'n extreme gebeurtenis of bijna-calamiteit is ook in hoge mate bepalend voor de maatschappelijke druk op het nemen van maatregelen om zo'n situatie te voorkomen of tenminste de effecten te beperken. En ook voor de bereidheid om daarvoor de nodige middelen uit te trekken. Daarom zijn in elk hydrologisch scenario, gekoppeld aan klimaat, tijdreeksen beschikbaar waaruit situaties te selecteren zijn die een indruk geven van die KKG-situaties. Meer informatie over KKG is te vinden in bijlage G.

3 Deltascenario's

3.1 Assenkruis: klimaatverandering en sociaaleconomische verandering

De klimatologische en sociaaleconomische veranderingen worden beschouwd als de belangrijkste drijvende krachten voor de ontwikkeling van zeer uiteenlopende omstandigheden voor het waterbeheer in de komende eeuw. In een assenkruis weergegeven (Figuur 3.1) leidt dit tot vier scenario's met de volgende karakteristieken:

- Scenario STOOM: bij snelle klimaatverandering en sociaaleconomische groei
- Scenario WARM: bij snelle klimaatverandering en sociaaleconomische krimp
- Scenario RUST: bij matige klimaatverandering en sociaaleconomische krimp
- Scenario VOL: bij matige klimaatverandering en sociaaleconomische groei



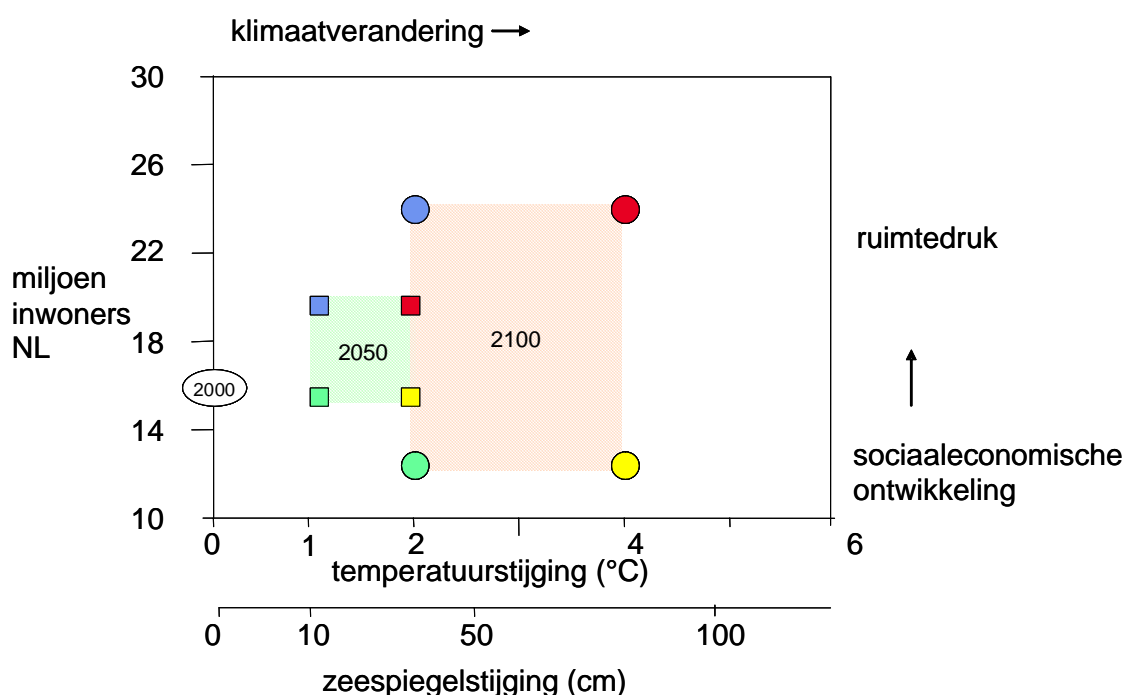
Figuur 3.1 Plaatsing in het assenkruis van drijvende krachten

De vier Deltascenario's pogen de 'hoekpunten van het speelveld' te laten zien, dus zeer uiteenlopende omstandigheden die van direct belang zijn voor het waterbeheer. Weliswaar zijn er geen harde grenzen aan het verloop van de klimatologische en sociaaleconomische ontwikkelingen. Desondanks worden hiermee enkele alternatieve richtingen verkend die zo groot mogelijke of juist zo klein mogelijke opgaven voor het waterbeheer met zich meebrengen. De scenario's beschrijven een bandbreedte van ontwikkelingen die, volgens de huidige stand van kennis, plausibel is en relevant voor het toekomstige waterbeheer. Hierdoor bieden zij inzichten die nodig zijn om de robuustheid en de flexibiliteit van de streefbeelden en strategieën, die binnen het Deltaprogramma worden ontwikkeld, in te schatten. Dit neemt niet weg dat er op de (zeer) lange termijn altijd onvoorziene omstandigheden en gebeurtenissen kunnen optreden, die tot nog extremere opgaven leiden. Dat geldt voor fysische ontwikkelingen, zoals klimaatverandering, maar meer nog voor

sociaaleconomische ontwikkelingen. Denk aan calamiteiten, internationale conflicten of technologische innovaties. Hierdoor is het niet uitgesloten dat het speelveld groter blijkt te zijn dan de scenario's aangeven.

De bandbreedte die de Deltascenario's beschrijven neemt toe naarmate we verder in de toekomst kijken. Daaraan worden voor het gemak steeds de zichtjaren '2050' en '2100' verbonden. Aan deze jaartallen mag echter geen absolute waarde toegekend worden, omdat de grootste onzekerheid juist zit in de snelheid waarmee de ontwikkelingen zich zullen voltrekken. Figuur 3.2 geeft globaal de positie van de vier Deltascenario's voor de verschillende zichtjaren weer op het speelveld, dat bepaald wordt door klimaatverandering en sociaaleconomische verandering. In de figuur zijn de maatstaven langs de zijden van het speelveld, de horizontale en de verticale as, heel basaal weergegeven. Klimaatverandering is weergegeven als mondiale temperatuurstijging en zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust. Het aantal inwoners van Nederland is hier als maatstaf voor de sociaaleconomische veranderingen weergegeven.

Vier scenario's, twee zichtjaren

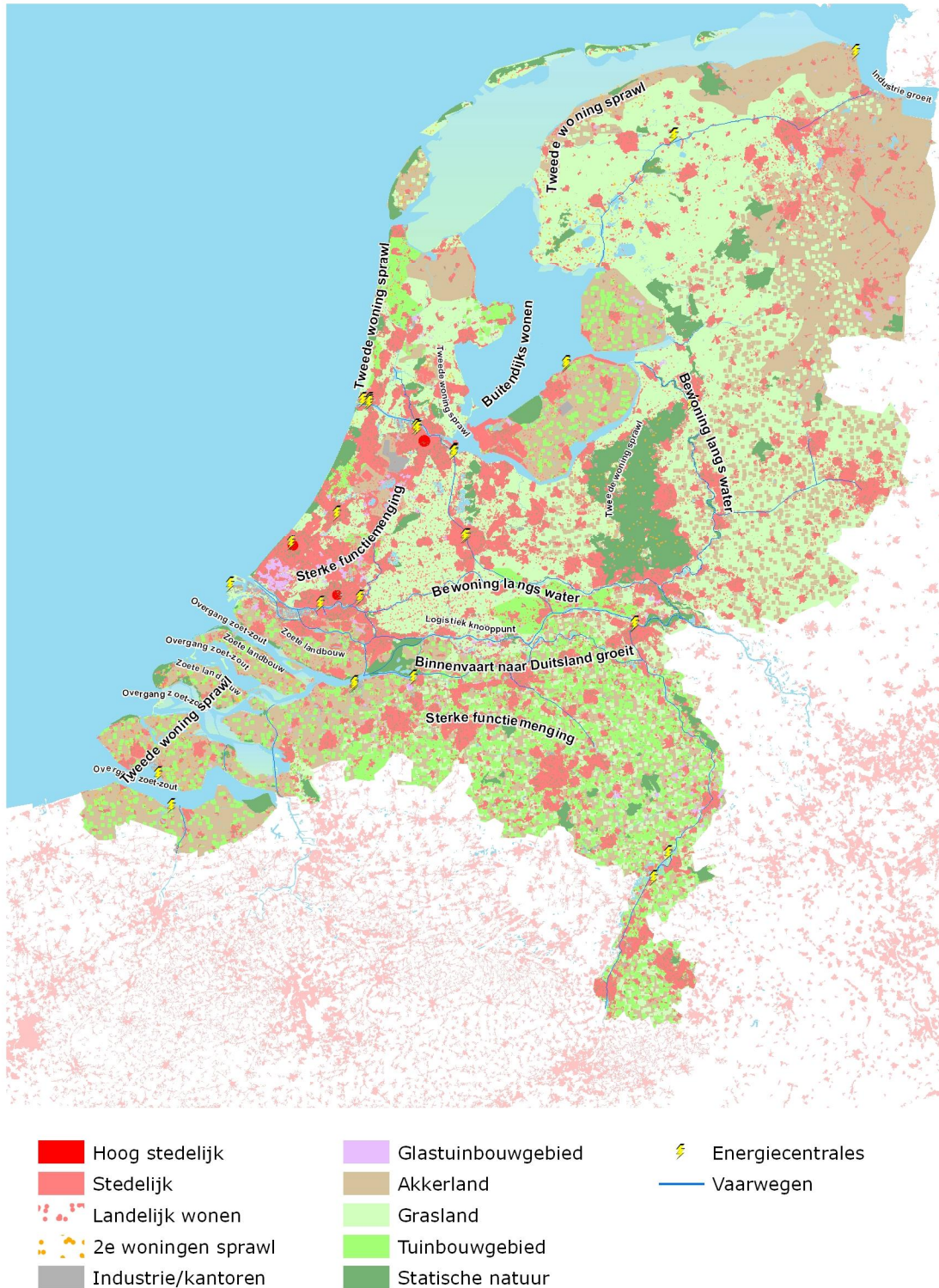


Figuur 3.2 Deltascenario's als hoekpunten van het speelveld

De beschrijving van de vier Deltascenario's op de volgende bladzijden geeft in het kort de voornaamste karakteristieken en onderscheidende elementen weer. In de hoofdstukken 5, 6 en 7 wordt nader ingegaan op de onderbouwing hiervan en worden de fysische en sociaaleconomische cq ruimtelijke aspecten verder uitgewerkt.

3.2 Deltascenario 1 STOOM

In het scenario STOOM gaat de klimaatverandering snel en is er sprake van een sterke sociaaleconomische groei.



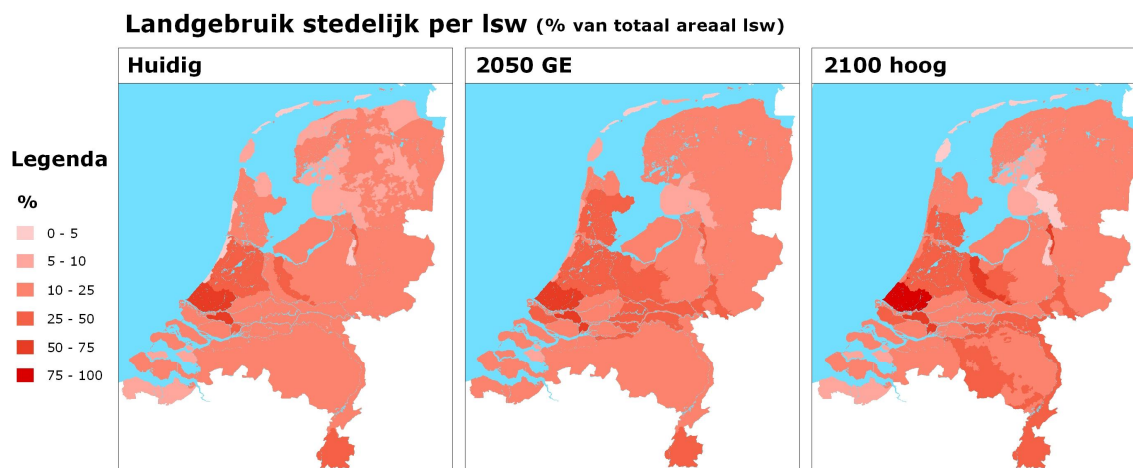
Figuur 3.3 Impressie van ruimtelijke ontwikkelingen in het scenario STOOM na 2050 (is identiek aan Figuur 3.15)

Mondiale context en Nederland

De Europese Unie breidt zich verder naar het oosten uit en er is sprake van sterke wereldwijde economische integratie. Opkomende economische centra als China, India en Brazilië groeien nog verder. West-Europa gaat mee op deze golf en groeit daardoor economisch sterk. Nederland blijft – mede door de strategische ligging aan de Noordzee en grote Europese rivieren – zeer aantrekkelijk als vestigingsplaats voor bedrijven. Wereldwijd ontstaat er schaarste aan energie, grondstoffen, water en voedsel door de toenemende behoefte van de groeiende en meer welvarende bevolking. De snelle klimaatverandering met toenemende droogte en kwetsbaardere Deltagebieden versterkt die schaarste nog meer. Bovendien is er, binnen dit scenario, nauwelijks sprake van internationale overeenkomsten om milieuvraagstukken aan te pakken.

Sociaaleconomische veranderingen in Nederland

De groei van zowel de bevolking als materiële welvaart is in dit scenario hoog. De bevolking neemt toe tot bijna 24 miljoen en de economie blijft groeien met (gemiddeld) 2-3 % per jaar. Vooral economische immigranten vestigen zich hier vanwege de bloeiende economie. Het vestigingsklimaat voor bedrijven in Nederland wordt steeds aantrekkelijker. Hierdoor verstedelijkt het land steeds meer (Figuur 3.4). Vooral de Randstad groeit geleidelijk dicht, hoewel dichtbevolkte steden en verspreide bebouwing ('sprawl') elkaar nog steeds afwisselen. Door de toename in welvaart kunnen ook steeds meer mensen zich een woning of buitenhuis in een landelijke omgeving permitteren, dicht bij water en natuur.

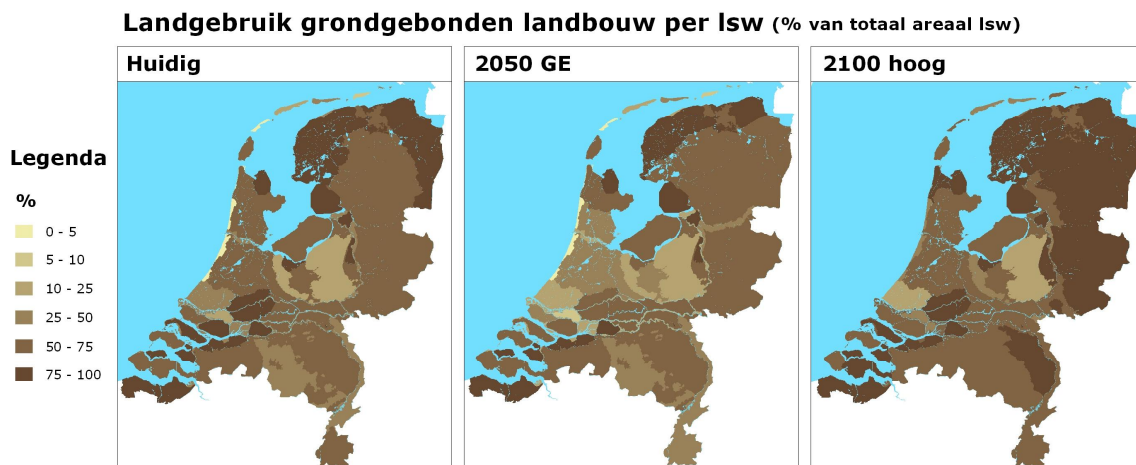


Figuur 3.4 Percentages verstedelijkt areaal (% van totaal areaal lsw³) in het scenario STOOM (identiek aan Figuur 3.16)

Het areaal landbouwgrond neemt tot halverwege de eeuw af vanwege de druk van verstedelijking, stijgende grondprijzen en beperkte rentabiliteit. Alleen hoogrenderende teelten, zoals de glastuinbouw, nemen toe. De productie per hectare stijgt. Na 2050 neemt ook het landbouwareaal juist weer sterk toe (Figuur 3.5) vanwege de omschakeling naar een

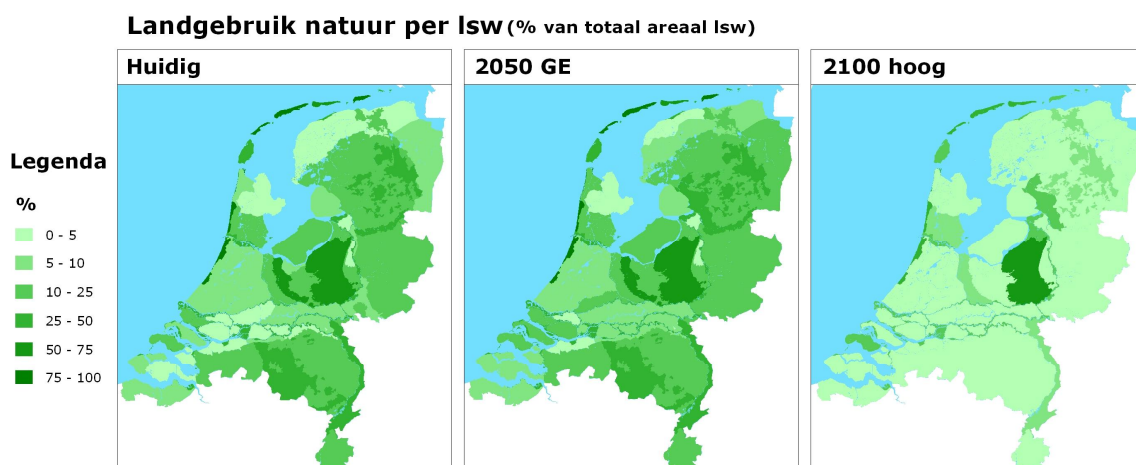
3. LSW staat voor Local Surface Water units. Deze indeling bevat 63 gebieden die redelijk homogeen zijn met betrekking tot water, landgebruik en bodem. De indeling is gemaakt op basis van ervaringen in de Droogtestudie, en in aansluiting op ontwikkelingen rond het rekeninstrumentarium (van PAWN naar NHI: Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, met de bijbehorende effectmodules zoals AGRICOM) en te gebruiken in de studie naar zoetwatervoorziening in het kader van het Deltaprogramma.

'biobased economy'. Biomassa wordt gebruikt voor hoogwaardige grondstoffen en voor de energievoorziening. Door de energieschaarste levert dit per hectare genoeg op. Ook schakelt de landbouw over op de productie van kwalitatief hoogwaardig voedsel, waar behoefte aan is in de nabijgelegen steden en als dat gebruikt wordt als export voor de wereldmarkt.



Figuur 3.5 Percentages landbouwareaal in het scenario STOOM (identiek aan Figuur 3.17)

Het areaal natuur neemt in de eerste helft van de eeuw nog enigszins toe, maar moet in de tweede helft wijken voor de oprukkende verstedelijking en landbouw (Figuur 3.6). De ruimte voor grootschalige natuurgebieden en oude cultuurlandschappen neemt af. De restanten natuur- en cultuurlandschap worden parkachtig en vervullen een belangrijke functie voor recreatie en landelijk wonen. Daarnaast worden enkele bijzondere en kwetsbare natuurgebieden goed beschermd en beheerd.



Figuur 3.6 Percentages natuurareaal in het scenario STOOM (identiek aan Figuur 3.18)

Het internationale transport neemt aanzienlijk toe. De zeehavens breiden verder uit en de binnenvaart wordt steeds grootschaliger en intensiever. Hierdoor worden steeds hogere eisen gesteld aan zekerheid, bevaarbaarheid en transportsnelheid.

Klimatologische veranderingen in Nederland

De klimaatverandering wordt redelijk snel merkbaar, onder meer door hogere gemiddelde temperaturen. Droge zomers, die voorheen extreem geacht werden, komen steeds vaker voor.

De zeespiegel stijgt aanzienlijk, waardoor de kans op hoogwater langs de kust en de benedenrivieren toeneemt. In de lage kustgebieden heeft men meer last van verzilting. Ook de afwatering op zee (bijvoorbeeld via het IJsselmeer) wordt lastiger. In veengebieden blijft de bodemdaling doorgaan, tot meer dan 1 m per eeuw, nog versneld door het warmere klimaat en de periodieke droogte.

Steeds vaker komen perioden met zeer veel neerslag voor in het hele stroomgebied van de rivieren. Door de klimaatverandering moet Nederland al snel meer rekening gaan houden met zowel extreem lage als extreem hoge afvoeren van de Rijn en Maas.

Mogelijke effecten op het waterbeheer

De combinatie van sterke bevolkingsgroei en economische groei aan de ene kant en een snelle klimaatverandering aan de andere kant levert grotere veiligheidsrisico's op. Dit geldt vooral voor de laaggelegen gebieden in West-Nederland, die dicht bevolkt zijn en intensief worden gebruikt en tegelijkertijd worden geconfronteerd met zeespiegelstijging, in combinatie met grotere en onregelmatigere rivierafvoeren .

De behoefte aan zoetwater verandert. Door de druk van verstedelijking en de hogere grondprijzen neemt het landbouwareaal in de eerste helft van de eeuw af, maar in de tweede helft groeit er juist in de verstedelijkte Delta een zeer intensieve landbouw. De permanente beschikbaarheid van voldoende zoetwater van hoge kwaliteit vormt daarbij een belangrijke productie- en concurrentiefactor. De toenemende verwevenheid van stad en land leidt tot hogere en meer uiteenlopende lokale eisen met betrekking tot waterpeil, waardoor het peilbeheer steeds complexer wordt.

Deltascenario STOOM: kentallen

Tabel 3.1 Snelle klimaatverandering (identiek aan tabel 3.3)

Zichtjaar	referentie ('2000')	2050	2100
gem. afvoer Rijn in februari (m ³ /s)	2.900	3.400	4000
gem. afvoer Rijn in september (m ³ /s)	1.800	1.300	900
gem. afvoer Maas in februari (m ³ /s)	480	530	590
gem. afvoer Maas in september (m ³ /s)	89	48	30
zeespiegelstijging (cm)	-	35	85
extreem hoge afvoer Rijn 1 / 100 jaar (m ³ /s) *	12.000	14.000	17.000
extreem hoge afvoer Maas 1 / 100 jaar (m ³ /s)	2.900	3.200	3.600
extreem lage afvoer Rijn 1 / 10 jaar (m ³ /s)	630	520	420
extreem lage afvoer Maas 1 / 10 jaar (m ³ /s)	18	10	6
gemiddelde neerslaghoeveelheid winter		+ 14 %	+ 28 %
gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer		- 19 %	- 38 %

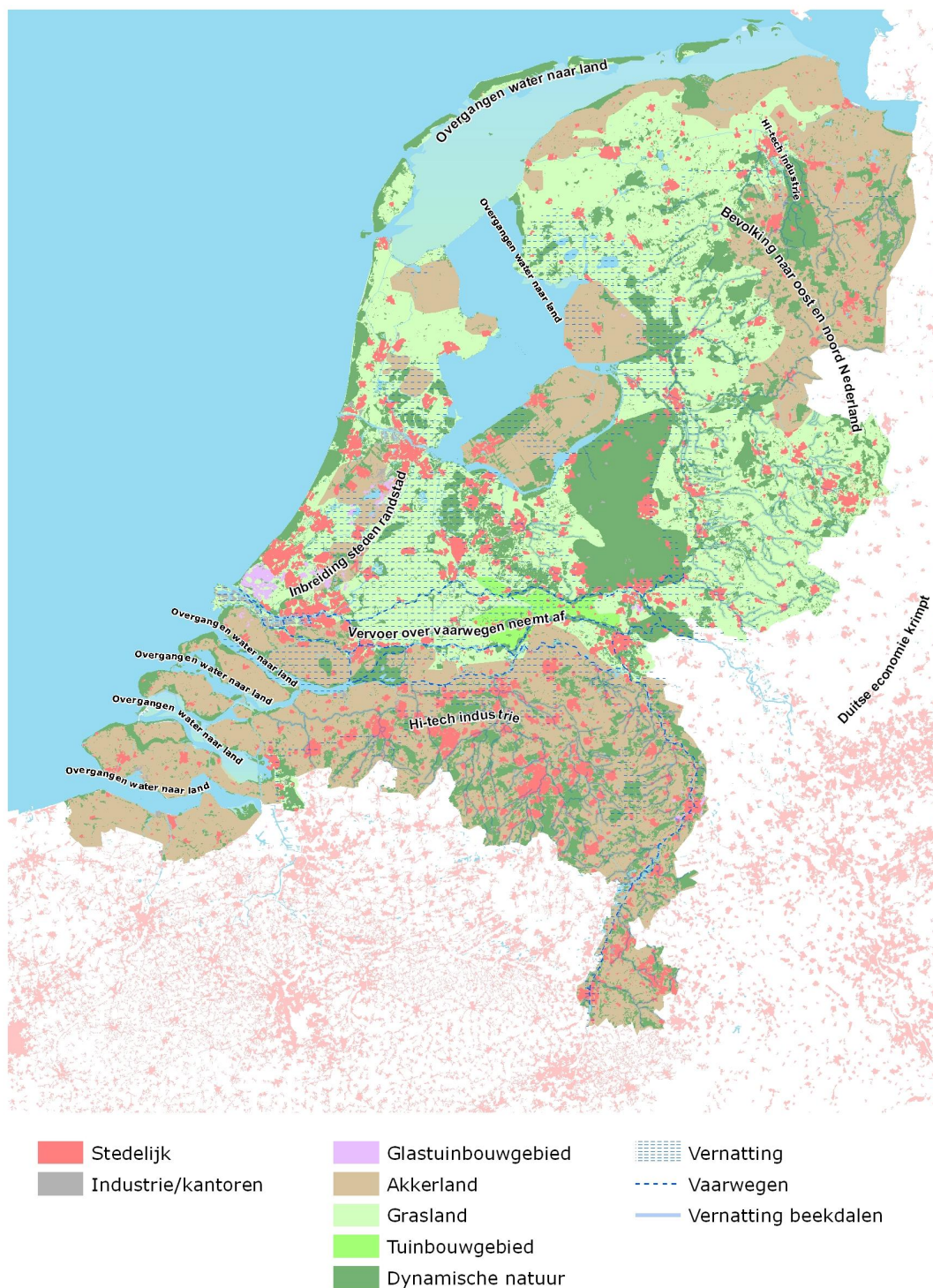
* De extreem hoge afvoeren zijn gesimuleerd zonder aftoppen als gevolg van bovenstreams overstromen. Voor informatie over aftoppen, zie: paragraaf 5.3.5.

Tabel 3.2 Veranderend ruimtegebruik bij groei van economie en bevolking (identiek aan tabel 3.8)

Zichtjaar	referentie ('2000')	2050	2100
aantal inwoners NL (miljoen)	16	20	24
economische groei (% per jaar)		2,6	2,0 – 2,6
verstedelijking (% oppervlak)	16	20	25
landbouwareaal (% oppervlak)	67	59	70
natuur (% oppervlak)	17	21	5

Deltascenario 2: WARM

In het scenario WARM is er sprake van een snelle klimaatverandering en van een sociaaleconomische krimp.



Figuur 3.7 Impressie van ruimtelijke ontwikkelingen in het scenario WARM na 2050 (identiek aan Figuur 3.11)

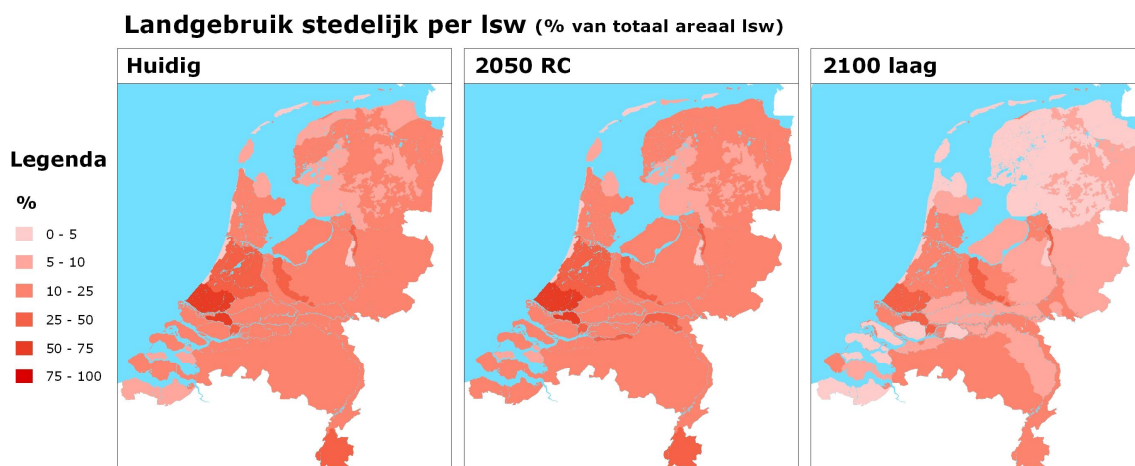
Mondiale context en Nederland

De Europese Unie breidt niet verder uit en de mondiale handelsliberalisatie komt niet goed van de grond, waardoor de wereld uiteenvalt in een aantal handelsblokken. De opkomende economische centra als China, India en Brazilië blijven doorgroeien. West-Europa kan in de hevige mondiale concurrentie minder goed meekomen, waardoor de economie in de tweede helft van de eeuw krimpt. Ook de Nederlandse economie krimpt in deze periode, waardoor het steeds minder aantrekkelijk wordt om in Nederland te wonen en werken. Hierdoor ontstaat economische migratie naar de goed draaiende economieën in het buitenland. De mondiale energievoorziening en voedselproductie staan onder druk. Nederland ontwikkelt zich in de richting van kleinschaligheid en regionale zelfvoorziening.

Sociaaleconomische ontwikkelingen

In de eerste helft van de eeuw stabiliseert de bevolkingsomvang en is er nog een lichte economische groei. In de tweede helft krimpt de bevolkingomvang tot 12 miljoen inwoners. Hoewel het BBP per inwoner nog wel groeit, neemt de omvang van de economie in zijn geheel nauwelijks meer toe door de afname van de bevolking. Veel mensen emigreren naar de nieuwe economische centra in de wereld. Het vestigingsklimaat van Nederland is niet meer zo interessant voor grote bedrijven.

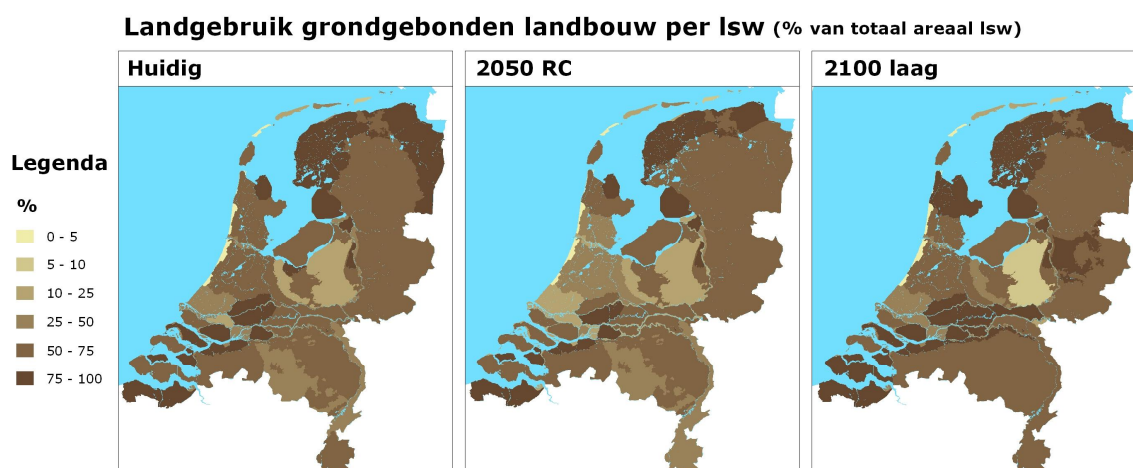
De verstedelijking in Nederland neemt geleidelijk af (Figuur 3.8). Hoewel in absolute zin de meeste mensen in de Randstad blijven wonen, gaat de krimp daar sneller dan in de Oostelijke en Zuidelijke gebieden. Kennisintensieve bedrijven vestigen zich bij voorkeur in high-tech-omgevingen van Noord, Oost en Zuid Nederland. Afnemende werkgelegenheid in de Randstad zorgt er ook voor dat meer mensen richting deze plekken verhuizen. Aan het eind van de eeuw wonen en werken veel minder mensen in een zwaar verstedelijkte omgeving of in verouderde nieuwbouwwijken' in het lage westen van het land. Historische stedelijke kernen en dorpen van voldoende omvang in hogere en drogere delen van het land blijven aantrekkelijker.



Figuur 3.8 Percentages verstedelijkt areaal in het scenario WARM (identiek aan Figuur 3.12)

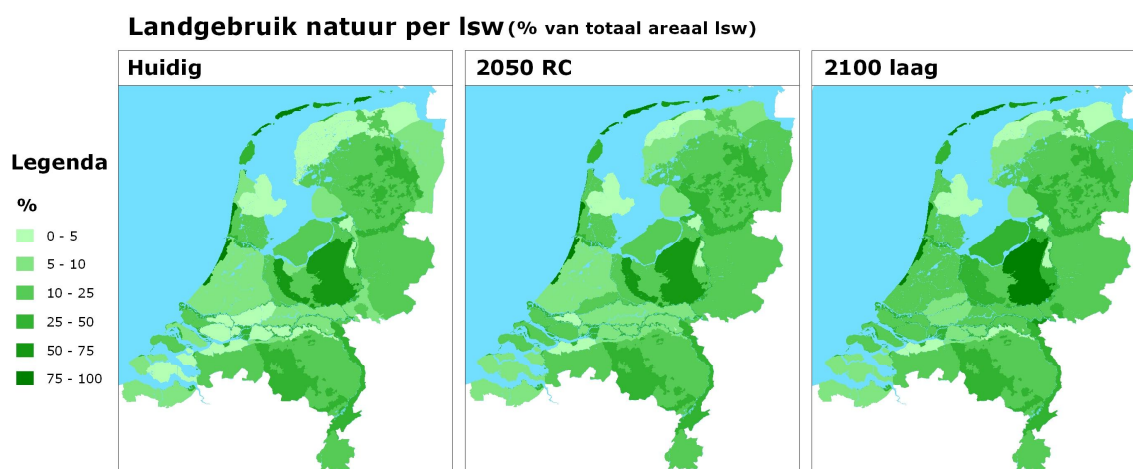
De landbouw neemt tot 2050 nog af, maar omdat in de tweede helft van de eeuw de verstedelijking verder afneemt en de economie krimpt, wordt landbouw verhoudingsgewijs

weer aantrekkelijk (Figuur 3.9). De boeren vestigen zich vooral op de goede landbouwgronden. De landbouw is doorgaans extensief en gericht op de voedselvoorziening in de eigen regio. Geleidelijk aan wordt er een hoog niveau van lokale en regionale zelfvoorziening opgebouwd, op het terrein van voedselvoorziening, energie, grondstoffen en water. Boeren leggen zich vooral toe op robuuste teelten, om niet financieel kwetsbaar te zijn. Een uitzondering is de glastuinbouw, die zeer intensief is maar wel overschakelt op zeer effectievere bewateringssystemen.



Figuur 3.9 Percentages landbouwareaal in het scenario WARM (identiek aan Figuur 3.13)

Het areaal natuur blijft toenemen (Figuur 3.10). Na 2020 is de ecologische hoofdstructuur zo goed als gerealiseerd, maar deze blijft aangroeien. In de tweede helft van de eeuw neemt de ruimtedruk nog verder af en komt er steeds meer grond vrij. Deze gronden worden aan de natuurlijke dynamiek overgelaten, waardoor ze langzaam vernatten en waardoor grootschalige dynamische natuur en nieuwe wetlands ontstaan.



Figuur 3.10 Percentages natuureaal in het scenario WARM (identiek aan Figuur 3.14)

Vanwege de trend naar regionale zelfvoorziening krimpt het internationale transport. Hoewel de scheepvaart eveneens afneemt, blijven de industrieën rond de zeehavens het goed doen. Doordat grotere schepen onvoldoende vracht hebben en door het fluctuerende waterpeil in de rivieren niet altijd kunnen varen, treedt er schaalverkleining op.

Klimatologische veranderingen in Nederland

De klimaatverandering wordt redelijk snel merkbaar, onder meer door hogere gemiddelde temperaturen. Droge zomers die voorheen extreem geacht werden, komen steeds vaker voor.

De zeespiegel stijgt aanzienlijk, waardoor de kans op hoogwater langs de kust en de benedenrivieren toeneemt. In de lage kustgebieden heeft men meer last van verzilting. Ook de afwatering op zee (bijvoorbeeld via het IJsselmeer) wordt lastiger.

Steeds vaker komen ook perioden met zeer veel neerslag voor in het hele stroomgebied van de rivieren. Door de klimaatverandering moet Nederland al snel meer rekening gaan houden met zowel extreem lage als extreem hoge afvoeren van Rijn en Maas.

Effecten op waterbeheer

De problematiek van de waterhuishouding zal vooral in de tweede helft van de eeuw sterk veranderen. De snelle klimaatverandering maakt het lastiger om het hoge veiligheidsniveau te handhaven. Maar tegelijkertijd worden er minder eisen gesteld, omdat de bevolkingsomvang in delen van het land krimpt en de economische waarde daar afneemt. Dit geldt ook voor de investeringen in de gebieden die het meest kwetsbaar zijn voor overstroming, laag West Nederland en het rivierengebied.

De bodemdaling in veengebieden zet door, plaatselijk tot meer dan 1m per eeuw, nog versneld door de klimaatverandering. In de gebieden waar nu een hoger waterpeil wordt toegelaten kan de bodemdaling sterk verminderen.

Ook de problematiek van de zoetwatervoorziening verandert. Door de snelle klimaatverandering veranderen rivierafvoer, neerslag en dergelijke sterker. Daar tegenover staat dat de scheepvaart minder hoge eisen stelt aan het rivierwaterpeil en de landbouw en de natuur minder hoge eisen aan de zoetwatervoorziening. In de scheepvaart treedt immers schaalverkleining op en in het landelijk gebied nemen de extensieve landbouw en de dynamische natuur toe. Extensieve landbouw is vrij robuust voor veranderende watercondities en grote, aaneengesloten natuurgebieden vergen geen gedetailleerde regeling van het waterpeil. Voorraadvorming en berging van water zijn daardoor eenvoudiger.

Deltascenario WARM: kentallen

Tabel 3.3 Snelle klimaatverandering (identiek aan tabel 3.1)

Zichtjaar	referentie ('2000')	2050	2100
gem. afvoer Rijn in februari (m ³ /s)	2.900	3.400	4000
gem. afvoer Rijn in september (m ³ /s)	1.800	1.300	900
gem. afvoer Maas in februari (m ³ /s)	480	530	590
gem. afvoer Maas in september (m ³ /s)	89	48	30
zeespiegelstijging (cm)	-	35	85
extreem hoge afvoer Rijn 1 / 100 jaar (m ³ /s) *	12.000	14.000	17.000
extreem hoge afvoer Maas 1/ 100 jaar (m ³ /s)	2.900	3.200	3.600
extreem lage afvoer Rijn 1 / 10 jaar (m ³ /s)	630	520	420
extreem lage afvoer Maas 1 / 10 jaar (m ³ /s)	18	10	6
gemiddelde neerslaghoeveelheid winter		+ 14 %	+ 28 %
gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer		- 19 %	- 38 %

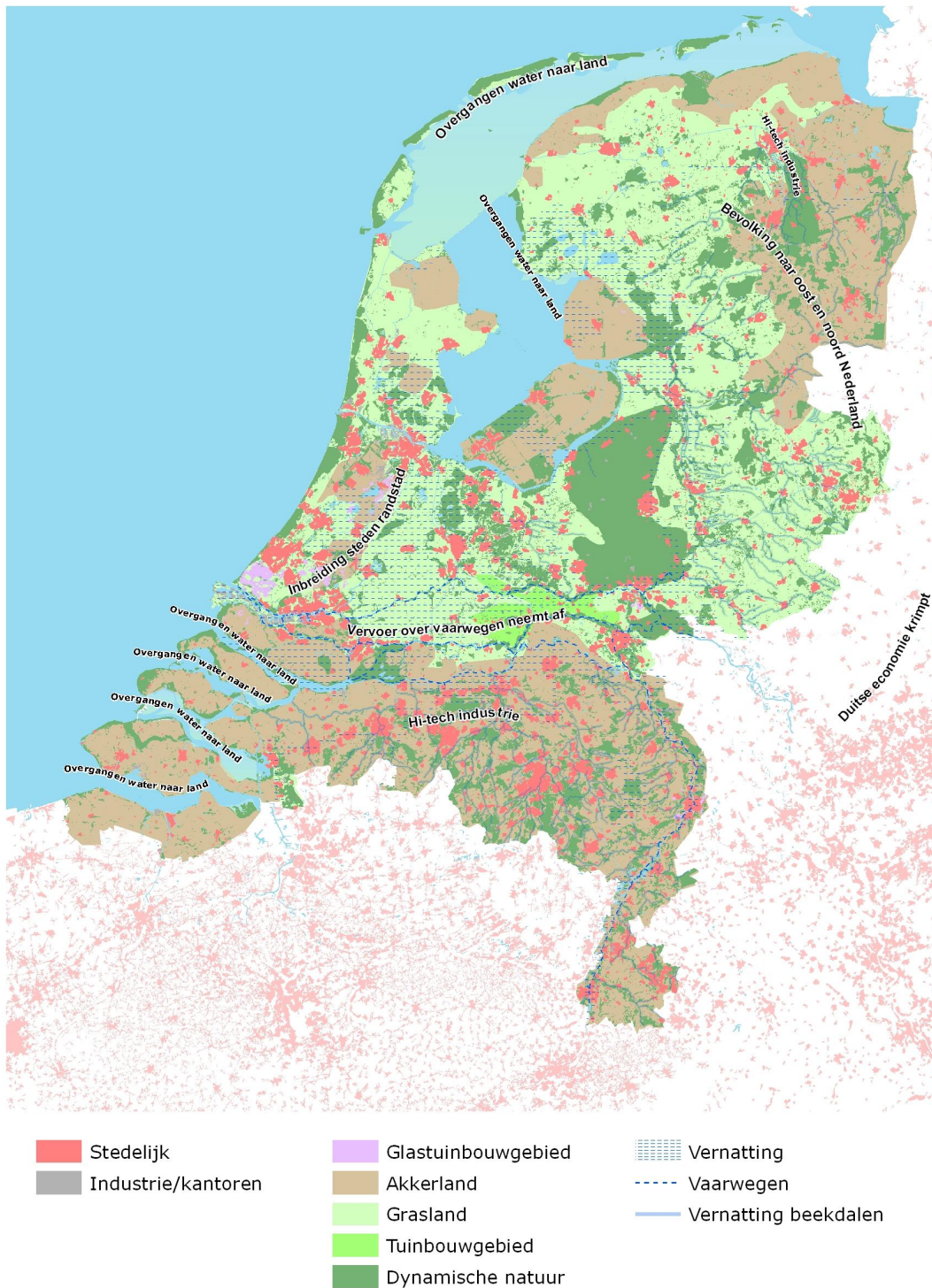
* De extreem hoge afvoeren zijn gesimuleerd zonder aftoppen als gevolg van bovenstreams overstromen. Voor informatie over aftoppen, zie: paragraaf 5.3.5.

Tabel 3.4 Veranderend ruimtegebruik bij krimp van economie en bevolking (identiek aan tabel 3.6)

Zichtjaar	referentie ('2000')	2050	2100
aantal inwoners NL (miljoen)	16	15	12
economische groei (% per jaar)		0,7	0 – 0,5
verstedelijking (% oppervlak)	16	17	10
landbouwareaal (% oppervlak)	67	62	67
natuur (% oppervlak)	17	21	23

Deltascenario 3: RUST

In het scenario RUST is er sprake van een gematigde klimaatverandering en van een sociaaleconomische krimp.



Figuur 3.11 Impressie van ruimtelijke ontwikkelingen in het scenario RUST na 2050 (identiek aan Figuur 3.7)

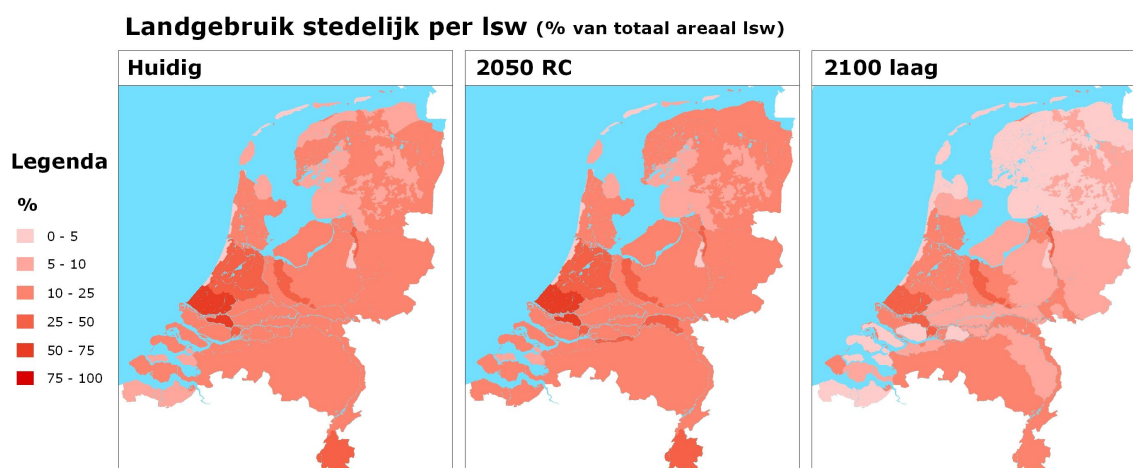
Mondiale context en Nederland

De Europese Unie breidt niet verder uit en de mondiale handelsliberalisatie komt niet goed van de grond, waardoor de wereld uiteenvalt in een aantal handelsblokken. De opkomende economische centra als China, India en Brazilië blijven doorgroeien. West-Europa kan in de hevige mondiale concurrentie minder goed meekomen, waardoor de economie in de tweede helft van de eeuw krimpt. Ook de Nederlandse economie krimpt in deze periode, waardoor het steeds minder aantrekkelijk wordt om in ons land te wonen en werken. Hierdoor ontstaat economische migratie naar de goed draaiende economieën in het buitenland. De mondiale energievoorziening en voedselproductie staan onder druk. Nederland ontwikkelt zich in de richting van kleinschalig en regionaal zelfvoorzienend.

Sociaaleconomische ontwikkelingen

In de eerste helft van de eeuw stabiliseert de bevolkingsomvang en is er nog een lichte economische groei. In de tweede helft krimpt de bevolkingomvang tot 12 miljoen inwoners. Hoewel het BBP per inwoner nog wel groeit, neemt de omvang van de economie in zijn geheel nauwelijks meer toe door de afname van de bevolking. Veel mensen emigreren naar de nieuwe economische centra in de wereld. Het vestigingsklimaat van Nederland is niet meer zo interessant voor grote bedrijven.

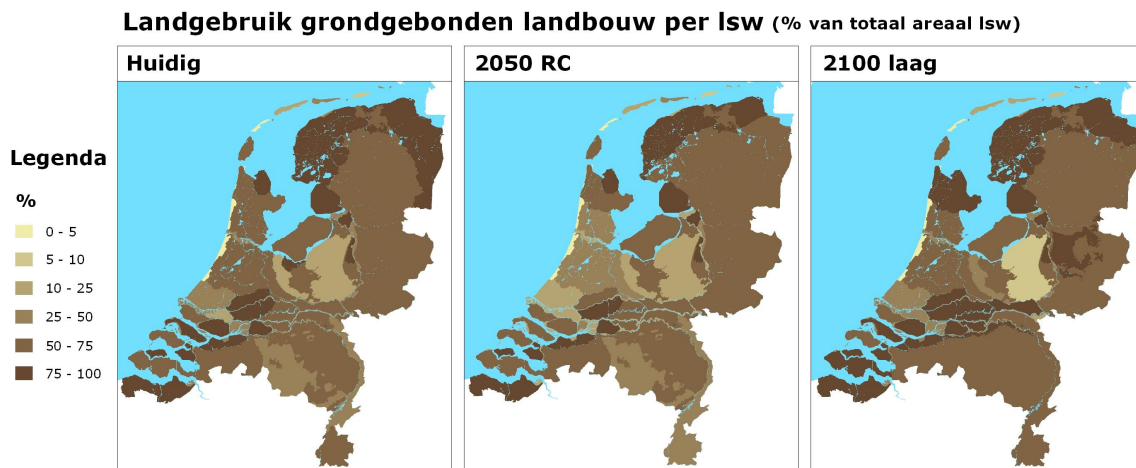
De verstedelijking in Nederland neemt geleidelijk af (Figuur 3.12). Hoewel in absolute zin de meeste mensen in de Randstad blijven wonen, neemt de krimp daar sneller toe dan in de Oostelijke en Zuidelijke gebieden. Kennisintensieve bedrijven vestigen zich bij voorkeur in high-tech-omgevingen van Noord, Oost en Zuid Nederland. Afnemende werkgelegenheid in de Randstad zorgt er ook voor dat meer mensen richting deze plekken verhuizen. Aan het eind van de eeuw wonen en werken veel minder mensen in een zwaar verstedelijkte omgeving of in verouderde nieuwbouwwijken' in het lage westen van het land. Historische stedelijke kernen en dorpen van voldoende omvang in hogere en drogere delen van het land blijken aantrekkelijker.



Figuur 3.12 Percentages verstedelijkt areaal in het scenario RUST (identiek aan Figuur 3.8)

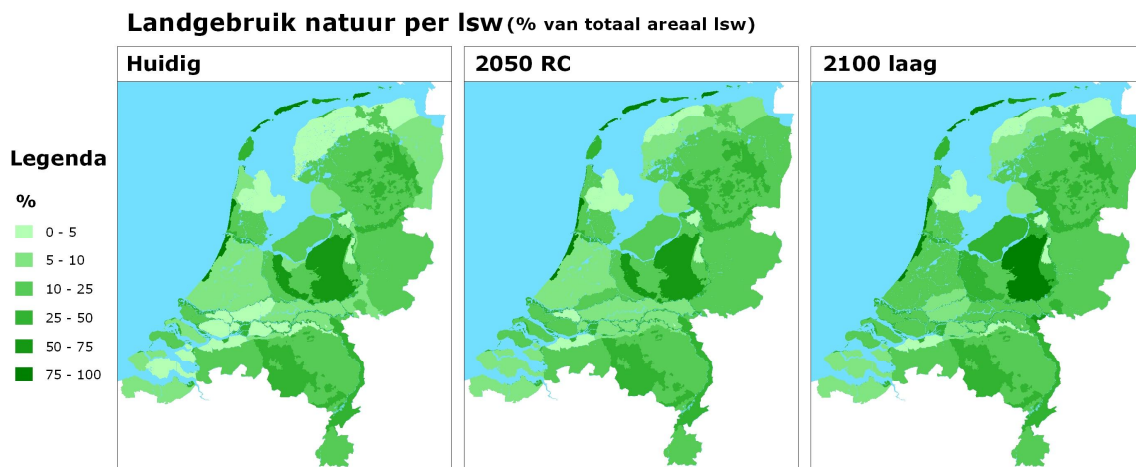
De landbouw neemt tot 2050 nog af, maar omdat in de tweede helft van de eeuw de verstedelijking verder afneemt en de economie krimpt, wordt landbouw weer aantrekkelijk

(Figuur 3.13). Boeren vestigen zich vooral op de goede landbouwgronden. De landbouw is doorgaans extensief en gericht op de voedselvoorziening in de eigen regio. Geleidelijk aan wordt er een hoog niveau van lokale en regionale zelfvoorziening opgebouwd, op het terrein van voedselvoorziening, energie, grondstoffen en water. Boeren leggen zich vooral toe op robuuste teelten, om niet financieel kwetsbaar te zijn. Een uitzondering is de glastuinbouw, die zeer intensief is maar wel overschakelt op zeer effectievere bewateringssystemen.



Figuur 3.13 Percentages landbouwareaal in het scenario RUST (identiek aan Figuur 3.9)

Het areaal natuur blijft toenemen (Figuur 3.14). Na 2020 wordt de ecologische hoofdstructuur gerealiseerd en daarna verder uitgebreid. In de tweede helft van de eeuw neemt de ruimtedruk nog verder af en komt er steeds meer grond vrij. Deze gronden worden aan de natuurlijke dynamiek overgelaten, waardoor ze langzaam vernatten en grootschalige dynamische natuur en nieuwe wetlands ontstaan.



Figuur 3.14 Percentages natuureaal in het scenario RUST (identiek aan Figuur 3.10)

Door de trend naar regionale zelfvoorziening neemt het internationale transport af. Hoewel de scheepvaart krimpt, blijven de industrieën rond de zeehavens het goed doen. Doordat grotere schepen onvoldoende vracht hebben, treedt er schaalverkleining op.

Klimatologische veranderingen in Nederland

Wereldwijd verandert het klimaat maar weinig. Als gevolg hiervan stijgt de zeespiegel licht. Het neerslagpatroon in West-Europa verandert wel, maar desondanks variëren de rivierafvoeren nauwelijks meer dan in het begin van de 21^e eeuw.

Effecten op waterbeheer

Door de gematigde klimaatverandering verandert de waterhuishouding pas in de tweede helft van de eeuw enigszins. Omdat de bevolkingsomvang in delen van het land krimpt en de economie afneemt, worden er minder eisen aan de waterveiligheid gesteld. Dit geldt ook voor de investeringen in gebieden die kwetsbaar zijn voor overstroming, zoals laag West-Nederland en het rivierengebied.

De bodemdaling in veengebieden zet alleen door in de gebieden die nog intensief in gebruik zijn, tot meer dan 1 m per eeuw.

Landbouw en natuur stellen minder hoge eisen aan de zoetwatervoorziening en de scheepvaart minder hoge eisen aan het rivierwaterpeil. In het landelijk gebied nemen de extensieve landbouw en de dynamische natuur toe. Extensieve landbouw is vrij robuust voor de watercondities, die overigens maar weinig veranderen. Grote, aaneengesloten natuurgebieden met weinig functiemenging vergen weinig gedetailleerde peilregulatie. Door de schaalverkleining in de scheepvaart en de beperkte variabiliteit in het rivierwaterpeil stelt de scheepvaart eveneens minder hoge eisen.

Deltascenario RUST: kentallen

Tabel 3.5 Gematigde klimaatverandering (identiek aan tabel 3.7)

Zichtjaar	referentie ('2000')	2050	2100
gem. afvoer Rijn in februari (m3/s)	2.900	3.100	3.200
gem. afvoer Rijn in september (m3/s)	1.800	2.000	2.100
gem. afvoer Maas in februari (m3/s)	490	500	520
gem. afvoer Maas in september (m3/s)	89	93	97
Zeespiegelstijging	-	15	35
extreem hoge afvoer Rijn 1 / 100 jaar (m ³ /s) *	12.000	13.000	14.000
extreem hoge afvoer Maas 1 / 100 jaar (m3/s)	2.900	3.000	3.200
extreem lage afvoer Rijn 1 / 10 (m3/s)	630	650	670
extreem lage afvoer Maas 1 / 10 (m3/s)	18	18	18
gemiddelde neerslaghoeveelheid winter		+ 4 %	+ 7 %
gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer		+ 3 %	+ 6 %

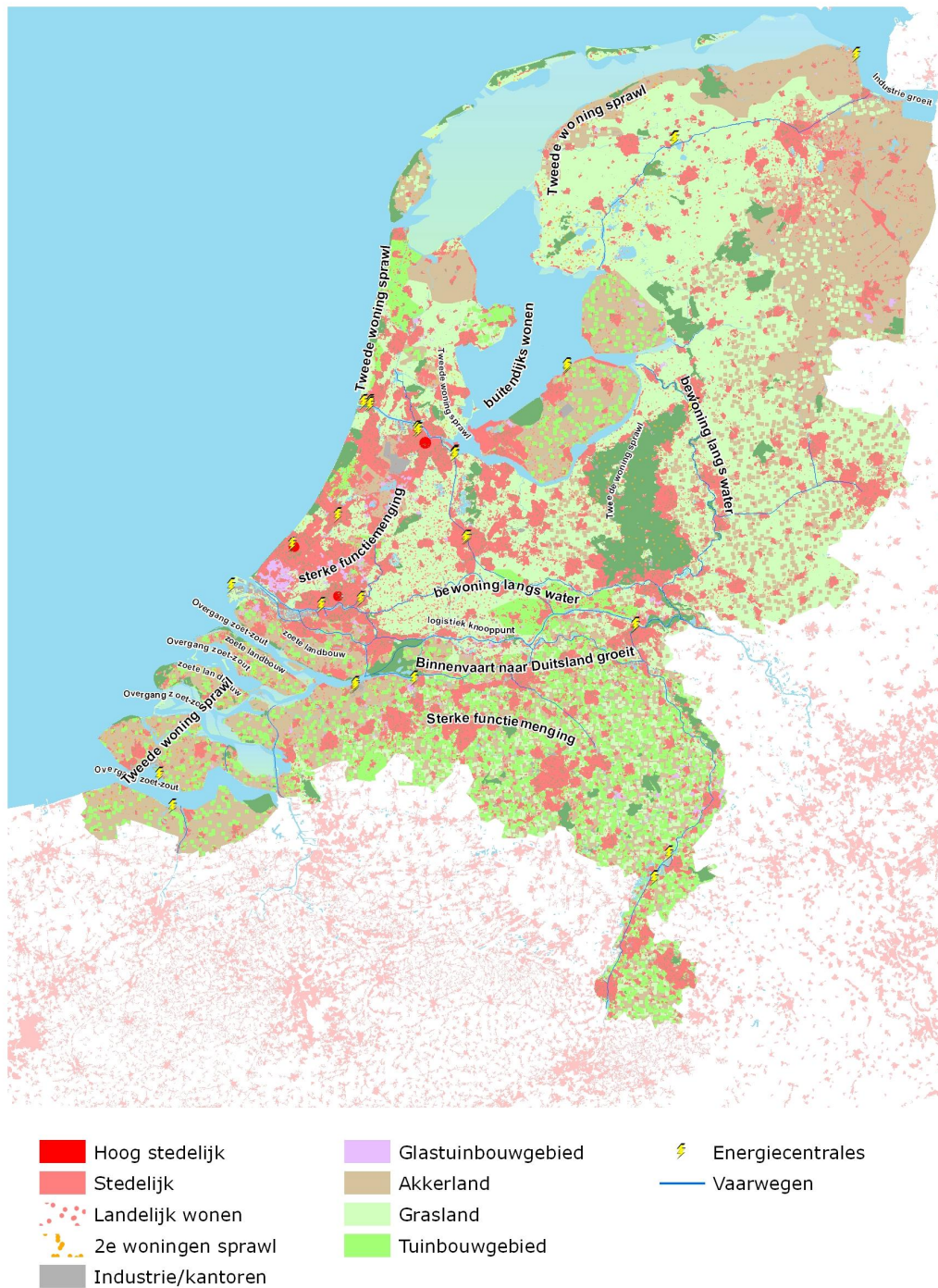
* De extreem hoge afvoeren zijn gesimuleerd zonder aftoppen als gevolg van bovenstreams overstromen. Voor informatie over aftoppen, zie: paragraaf 5.3.5.

Tabel 3.6 Veranderend ruimtegebruik bij krimp van economie en bevolking (identiek aan tabel 3.4)

Zichtjaar	referentie ('2000')	2050	2100
aantal inwoners NL (miljoen)	16	15	12
economische groei (% per jaar)		0,7	0 – 0,5
verstedelijking (% oppervlak)	16	17	10
landbouwareaal (% oppervlak)	67	62	67
natuur (% oppervlak)	17	21	23

Deltascenario 4: VOL

In het scenario VOL is er sprake van een gematigde klimaatverandering en is er sprake van een sterke sociaaleconomische groei.



Figuur 3.15 Impressie van ruimtelijke ontwikkelingen in het scenario VOL na 2050 (identiek aan Figuur 3.3)

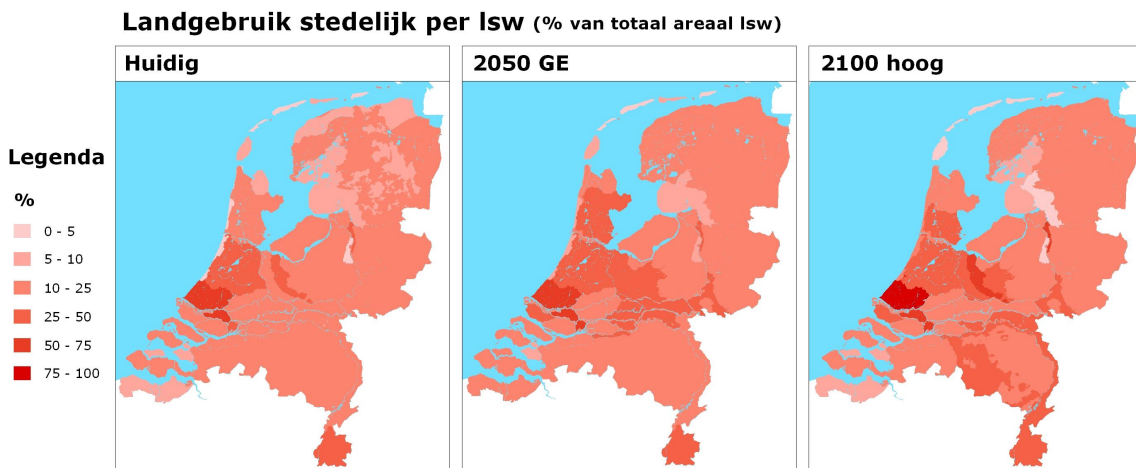
Mondiale context en Nederland

De Europese Unie breidt zich verder naar het oosten uit en er is sprake van sterke wereldwijde economische integratie. Opkomende economische centra als China, India en Brazilië groeien nog verder. West-Europa gaat mee op deze golf, waardoor de economie sterk groeit. Het vestigingsklimaat van Nederland voor bedrijven wordt – mede door de strategische ligging aan de Noordzee en de grote Europese rivieren – aantrekkelijker. Wereldwijd ontstaat er schaarste aan energie, grondstoffen en voedsel door de toenemende vraag in de opkomende economieën. Er is nauwelijks sprake van internationale overeenkomsten om milieuvraagstukken aan te pakken.

Sociaaleconomische veranderingen in Nederland

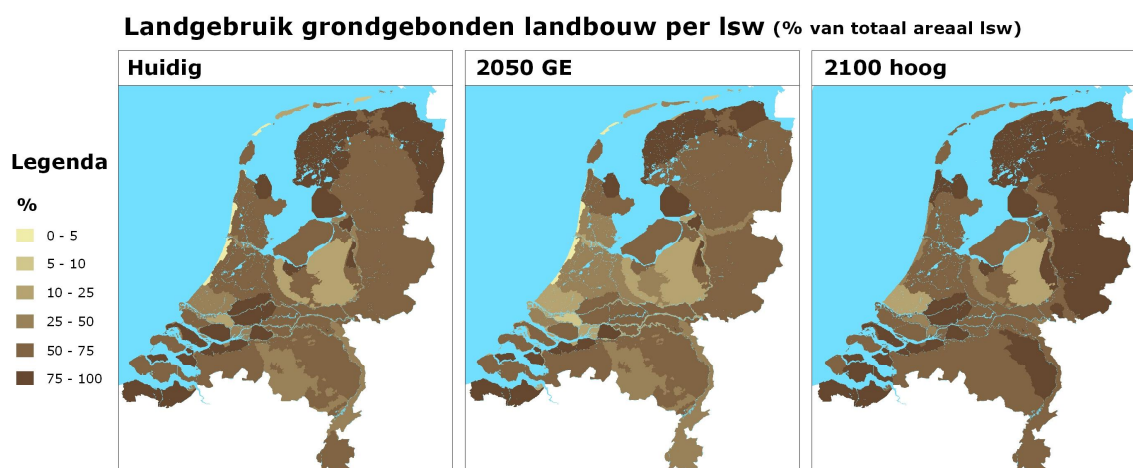
De groei van zowel de bevolking als materiële welvaart is in dit scenario hoog. De bevolking neemt toe tot bijna 24 miljoen en de economie blijft (per inwoner) lineair groeien. Vooral economische immigranten vestigen zich hier vanwege de bloeiende economie. Het vestigingsklimaat voor bedrijven in Nederland wordt steeds aantrekkelijker.

Hierdoor verstedelijkt het land steeds meer (Figuur 1.1). Vooral de Randstad groeit geleidelijk dicht, hoewel nog steeds dichtbevolkte steden en verspreide bebouwing elkaar afwisselen. Door de toename in welvaart kunnen ook steeds meer mensen zich een woning of buitenhuis in een landelijke omgeving permitteren, dicht bij water en natuur.



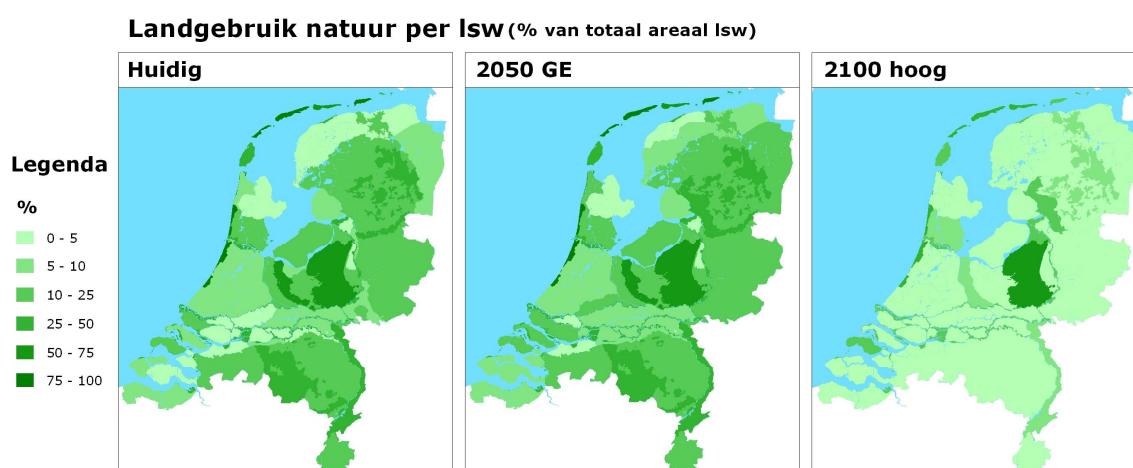
Figuur 3.16 Percentages verstedelijkt areaal in het scenario VOL (identiek aan Figuur 3.4)

Het areaal landbouwgrond neemt tot halverwege de eeuw af vanwege de druk van verstedelijking, stijgende grondprijzen en beperkte rentabiliteit. Alleen hoogrenderende teelten nemen toe, zoals de glastuinbouw. De productie per ha. stijgt. Na 2050 neemt ook het landbouwareaal juist weer sterk toe (Figuur 3.5) vanwege de omschakeling naar een 'biobased economy'. Biomassa wordt gebruikt voor hoogwaardige grondstoffen en voor de energievoorziening. Door de schaarste levert dit per hectare genoeg op. Ook schakelt de landbouw op naar kwalitatief hoogwaardig voedsel waar behoefte aan is in de nabijgelegen steden en als export voor de wereldmarkt.



Figuur 3.17 Percentages landbouwareaal in het scenario VOL (identiek aan Figuur 3.5)

Het areaal natuur neemt in de eerste helft van de eeuw nog enigszins toe, maar moet in de tweede helft toch wijken voor de oprukkende verstedelijking en landbouw (Figuur 3.18). De ruimte voor grootschalige natuurgebieden en oude cultuurlandschappen neemt af. De restanten natuur en cultuurlandschap worden parkachtig en vervullen een belangrijke functie voor recreatie en landelijk wonen. Daarnaast worden enkele waardevolle en kwetsbare natuurgebieden goed beschermd en beheerd.



Figuur 3.18 Percentages natuureaal in het scenario VOL (identiek aan Figuur 3.6)

Het internationale transport neemt toe. De zeehavens breiden verder uit en de binnenvaart wordt intensiever en grootschaliger. Deze ontwikkelingen stellen hogere eisen aan de zekerheid, de bevaarbaarheid en de transportsnelheid.

Klimatologische veranderingen in Nederland

Wereldwijd verandert het klimaat maar weinig in dit scenario. Als gevolg hiervan stijgt de zeespiegel maar licht. In West-Europa verandert het neerslagpatroon weliswaar, maar de rivierafvoeren zullen niet veel meer variëren dan in het begin van de 21^e eeuw.

Effecten op waterbeheer

De gevolgen van de gematigde klimaatverandering zijn beperkt, maar er worden wel hogere eisen gesteld aan de waterveiligheid. Dat komt door de grotere economische belangen en het toenemend aantal inwoners. Vooral in de dichtbevolkte stedelijke gebieden in laag West Nederland, langs de rivieren, de kustregio's en het IJsselmeergebied worden de eisen voor waterveiligheid hoger.

De bodemdaling in intensief gebruikte veengebieden blijft doorgaan, tot meer dan 1 m per eeuw.

Door de verstedelijkingsdruk en de hogere grondprijzen neemt het landbouwareaal in de eerste helft van de eeuw af. Maar in de tweede helft groeit juist in de verstedelijkte Delta een zeer intensieve landbouw. De permanente beschikbaarheid van voldoende zoetwater van hoge kwaliteit vormt een belangrijke productiefactor. De toenemende verwevenheid van stad en land leidt bovendien tot sterk uiteenlopende lokale eisen aan het waterpeil. De verdere schaalvergroting van de scheepvaart stelt hogere eisen aan het rivierwaterpeil.

Deltascenario VOL: kentallen

Tabel 3.7 Gematigde klimaatverandering (identiek aan tabel 3.5)

Zichtjaar	referentie ('2010')	2050	2100
gem. afvoer Rijn in februari (m3/s)	2.900	3.100	3.200
gem. afvoer Rijn in september (m3/s)	1.800	2.000	2.100
gem. afvoer Maas in februari (m3/s)	490	500	520
gem. afvoer Maas in september (m3/s)	89	93	97
Zeespiegelstijging	-	15	35
extreem hoge afvoer Rijn 1 / 100 jaar (m ³ /s) *	12.000	13.000	14.000
extreem hoge afvoer Maas 1 / 100 jaar (m3/s)	2.900	3.000	3.200
extreem lage afvoer Rijn 1 / 10 jaar (m3/s)	630	650	670
extreem lage afvoer Maas 1 / 10 jaar (m3/s)	18	18	18
gemiddelde neerslaghoeveelheid winter		+ 4 %	+ 7 %
gemiddelde neerslaghoeveelheid zomer		+ 3 %	+ 6 %

* De extreem hoge afvoeren zijn gesimuleerd zonder aftoppen als gevolg van bovenstrooms overstromen. Voor informatie over aftoppen, zie: paragraaf 5.3.5.

Tabel 3.8 Veranderend ruimtegebruik bij groei van economie en bevolking (identiek aan tabel 3.2)

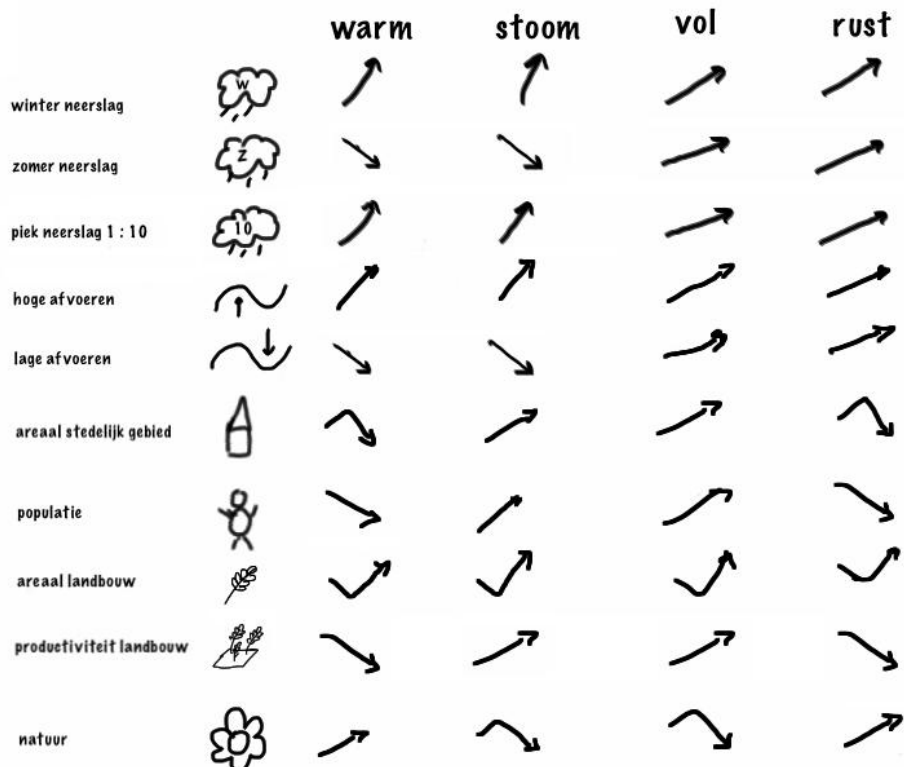
Zichtjaar	referentie ('2010')	2050	2100
aantal inwoners NL (miljoen)	16	20	24
economische groei (% per jaar)		2,6	2,0 – 2,6
verstedelijking (% oppervlak)	16	20	25
landbouwareaal (% oppervlak)	67	59	70
natuur (% oppervlak)	17	21	5

4 Vergelijking Deltascenario's, discussie en aanbevelingen

In het vorige hoofdstuk zijn de vier Deltascenario's – Stoom, Rust, Warm en Vol – gepresenteerd. In dit hoofdstuk worden de Deltascenario's op hoofdlijnen met elkaar vergeleken (paragraaf 4.1). Verder worden de uitgangspunten en aannames, die gehanteerd zijn in de totstandkoming van de Deltascenario's, bediscussieerd in paragraaf 4.2. Tevens wordt besproken hoe de Deltascenario's gebruikt kunnen worden door de deelprogramma's van het Deltaprogramma (paragraaf 4.3) en worden aanbevelingen gedaan over het vervolgproces, namelijk het updaten van de Deltascenario's (paragraaf 4.4).

4.1 Vergelijking van de Deltascenario's op hoofdlijnen

De Deltascenario's geven een indruk van mogelijke externe, autonome ontwikkelingen die relevant zijn voor het Deltaprogramma. De problemen, opgaven en knelpunten kunnen door die ontwikkelingen in onderlinge samenhang groter of kleiner worden. Het is hier niet de bedoeling vooruit te lopen op de omvang, plaats en ernst van de problematiek van waterveiligheid en zoetwatervoorziening. Daarvoor verwijzen we naar het Deltaprogramma en de probleemanalyses van de generieke en regionale deelprogramma's. Wat de Deltascenario's wel doen is het verkennen van zeer verschillende toekomsten, met als basisgedachte dat elk scenario een andere opgave voor het waterbeheer betekent. Daarmee geven zij een eerste kwalitatieve indruk van de richting waarin de onderscheiden ontwikkelingen in samenhang kunnen werken. Hieronder geven we de belangrijkste lijnen weer (Figuur 4.1). In bijlage H is een overzicht te vinden van alle kwantitatieve gegevens, behorende bij de Deltascenario's.



Figuur 4.1 Schematische weergave van belangrijkste kenmerken van de vier Deltascenario's

4.1.1 Verstedelijking

Naar verwachting leiden de twee Deltascenario's die uitgaan van een sterke sociaal economische groei (Stoom en Vol) tot een grotere opgave voor de waterveiligheid. Dit vanwege het grotere schadepotentieel en slachtofferrisico bij een overstroming. De scenario's laten zien dat in de verstedelijking ook buiten de Randstad behoorlijk kan toenemen. De scenario's Warm en Rust laten juist zien dat het ook de andere kant op kan gaan, dat in bepaalde dijkkringen verstedelijking afneemt. Waarmee de opgave voor waterveiligheid kleiner wordt.

Het aspect van bevolkingsverspreiding kan vooral effect hebben op de wateroverlast. In de scenario's Stoom en Vol is er bij toenemende welvaart meer behoefte aan verspreid wonen. Deze verspreide verstedelijking (*urban sprawl*) resulteert in een minder scherpe scheiding tussen stedelijk en landelijk gebied, met als gevolg dat de dichtheid in het landelijke gebied toeneemt en wellicht een hoger veiligheidsniveau verdient. Het effect hiervan is het grootst op locaties waar op dit moment de woondichtheid nu relatief laag is en relatief hoog wordt. Dit geldt ook voor de gebieden waar het aantrekkelijk wonen is, vooral langs de rivieren en natuurgebieden. Bij een forse stijging van het aantal bewoners in deze gebieden komt uiteindelijk de vraag aan de orde of het veiligheidsniveau nog toereikend is.

In de scenario's met een snelle klimaatverandering krijgt dit soort vragen waarschijnlijk een zwaarder lading omdat de mogelijke problemen zich eerder voordoen. Uiteindelijk is het de combinatie van het klimaat en de sociaaleconomische toestand die de opgave bepaalt.

Het scenario Stoom laat naar verwachting de grootste opgave zien voor de waterveiligheid, vanwege én hoge sociaaleconomische groei én snelle klimaatverandering. Daarentegen laat het scenario Rust, dat zowel sociaaleconomische krimp laat zien als gematigde klimaatverandering, op het eerste gezicht van alle vier de scenario's juist de kleinste opgave zien. Dit neemt niet weg dat in elk van de vier scenario's grote lokale problemen kunnen optreden. Bepalend daarvoor is de lokale situatie (ruimtegebruik), gecombineerd met de onvoorspelbare variatie in weersomstandigheden. In elk van de vier scenario's kan bijvoorbeeld extreme neerslag in het stroomgebied optreden, in combinatie met zware noordwesterstorm aan de kust. Alleen de kans (de frequentie van optreden) is per scenario verschillend. Zie hiervoor ook bijlage G: kleine kansen, grote gevolgen.

Ook de toekomstige zoetwatervraag vanuit in stedelijk gebied wordt in de scenario's geadresseerd. In sterk verstedelijkt gebied is er behoefte aan oppervlaktewater, ondermeer doordat verdamping zorgt voor de verkoeling van de stad. Bij onvoldoende water in verstedelijkt gebied kan hittestress ontstaan. Ook zal er een behoefte zijn aan seizoensberging om, bij een toename in verhard oppervlak, in natte perioden in de steden toch droge voeten te houden. De vraag naar (ruimte voor) oppervlaktewater in de steden zal hierdoor sterk kunnen toenemen. Daarnaast is de opgave voor het constant houden van het grondwaterpeil een factor van belang. Bij daling van de grondwaterspiegel kan er meer bodemzetting plaatsvinden waardoor verzakkingen mogelijk zijn. In sommige oude steden (bijvoorbeeld Amsterdam) zijn de huizen op houten palen gebouwd, die gaan rotten zodra ze droog vallen. In het scenario Stoom en Vol vindt een sterke verstedelijking plaats, waar dit type problemen vaker kan gaan optreden. In het scenario Warm en Rust neemt de verstedelijking juist af.

4.1.2 Landbouw

Landbouw is de grootste zoetwatervrager in Nederland. Tot 2050 neemt het totale landbouwareaal in alle vier de scenario's af. Op het eerste gezicht is hiermee te verwachten dat de opgave op nationale schaal minder groot wordt. Dit heeft te maken met een vermindering van de vraag naar aanvoer van zoetwater en een kleiner areaal dat vraagt het constant houden van het waterpeil, zodat de gewassen optimaal groeien. Dit behoeft echter wel enige nuancering. Lokaal kunnen er namelijk wel grote opgaven ontstaan. Hierbij is ook het type gewas dat verbouwd wordt van belang.

In de scenario's Stoom en Vol stijgt niet alleen de productiviteit, maar groeit ook het oppervlak aan landbouwgrond na 2050 en is er dus sprake van een trendbreuk. De reden voor deze trendbreuk is de transitie naar een bio-based economie onder invloed van hoge prijzen en schaarste aan brandstoffen, voedsel en andere grondstoffen. Het loont in deze scenario's om op grote schaal biobrandstoffen en biomassa als grondstof te produceren. Daarvoor wordt massaal landbouwgrond ingezet. Als gevolg hiervan zou de vraag naar zoet water juist weer toe kunnen nemen. Ook hier zijn dezelfde nuanceringen te maken, namelijk dat dit niet lokaal hoeft te gelden en dat wederom het type gewas en vooral de wijze van bewatering van invloed is. In de scenario's Warm en Rust neemt de landbouw juist nog verder af in de periode na 2050. Daarbovenop schakelt de landbouw over op extensiever teelten en weidegrond die beter tegen verschillende waterpeilen kan. In deze scenario's neemt naar verwachting de opgave voor de zoetwatervoorziening op nationale schaal af.

4.1.3 Natuur

Ook de ontwikkeling van natuur is van belang voor de opgave van zoetwatervoorziening. In de scenario's maken we onderscheid tussen grootschalige dynamische natuur en natuurtypen die zeer specifieke eisen stellen aan de waterhuishouding (zoet of zout, droog of nat, hoog of laag peil). De eerste verdraagt veranderende watercondities beter dan de laatste en heeft weinig baat bij intensief beheer. Zeer specifieke kwetsbare natuurgebieden vergen daarentegen preciezer gereguleerde watercondities, zoals peil en watersamenstelling. Er worden nog geen uitspraken gedaan over welke natuur dat zou kunnen zijn, omdat dat buiten de scope van deze studie valt, maar dat zou in een vervolg wel mogelijk zijn. In alle vier de scenario's neemt het totale areaal aan natuur toe in de aanloop naar 2050. Na 2050 neemt het oppervlak natuur weer af in de scenario's Stoom en Vol (trendbreuk). In de scenario's Warm en Rust komt er veel meer ruimte voor grootschalige dynamische natuur. In beide gevallen neemt de zoetwateropgave voor natuur af, maar om verschillende redenen.

4.1.4 Verweven van functies

Van groot belang voor de uiteindelijke opgaven voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening is de mate van verweven van functies, zoals wonen, landbouw en natuur. Dat kan namelijk leiden tot de behoefte aan (eis voor) een ander waterpeil voor elke locatie. In de scenario's Stoom en Vol ontstaat inderdaad het patroon dat door verregaande verweving van functies, veel kleinere gebiedjes om hun eigen waterpeil vragen. In de scenario's Warm en Rust, daarentegen ontstaat juist een patroon van clustering van ruimtelijke functies, dat wil zeggen dat er over het algemeen sprake is van grote aangesloten gebieden met een zelfde functie, zoals stedelijk wonen en werken, landbouw of natuur.

4.1.5 Drinkwater, koelwater, scheepvaart

In de Deltascenario's tot 2050 wordt ook aandacht gegeven aan drinkwater, koelwater en scheepvaart. Deze komen echter in mindere mate terug in de verhaallijnen en de getalsmatige gegevens ontbreken in het geheel. Dit heeft te maken met de beperkte beschikbaarheid van de gegevens en het korte tijdsbestek waarin de scenario's tot stand zijn gekomen. Dit zijn echter wel ontwikkelingen die relevant zijn en die in een vervolg zouden moeten worden meegenomen.

4.2 Discussie over uitgangspunten en aannames

4.2.1 Interactie tussen klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling

In de Deltascenario's wordt er van uitgegaan dat de twee assen – klimaatverandering en sociaaleconomische ontwikkeling – grotendeels onafhankelijk zijn. Dat houdt in dat, in deze fase, geen rekening is gehouden met interacties tussen deze parameters. Dit zal in een volgende fase geadresseerd moeten worden, met name de effecten van klimaatadaptatie op het landgebruik.

4.2.2 Kwantificeren van sociaaleconomische ontwikkelingen

Het toekennen van getallen aan sociaaleconomische ontwikkelingen in de zichtjaren 2050 en 2100 is niet onomstreden. Hoe langer men vooruit gaat kijken hoe onzekerder uitspraken over de toekomst worden. Het risico van getallen toekennen is dat dit schijnzekerheid met zich mee kan brengen. De reden dat het in deze scenario's wel gedaan wordt, is omdat voor de inschatting van effecten van (combinaties van) maatregelen om berekeningen te kunnen maken met het Deltamodel.

Met nadruk moeten we hier stellen dat de sociaaleconomische ontwikkelingen als geschetst in de uiteenlopende scenario's niet bedoeld zijn als waarschijnlijkheden of wensbeelden. Het gaat uitsluitend om een verkenning van mogelijke ontwikkelingen met grote relevantie voor het Deltaprogramma en het waterbeheer in bredere zin. Bij getallen voor 2050 is zoveel mogelijk de WLO studie (Janssen, Okker et al. 2006) als uitgangspunt gebruikt en een recente ruimtelijke update daarvan van het PBL in januari 2011. Ook hebben het KWR Water Cycle Institute, KEMA en RWS-DVS de WLO-scenario's doorvertaald naar de drinkwater sector, koelwater en scheepvaart. Ook deze gegevens gaan slechts tot 2040, maar ook hier hebben we dezelfde getallen gebruikt voor 2050.

Een andere mogelijkheid was geweest om de trends lineair door te trekken, maar gezien de onzekerheden en de te korte tijd om deze instituten daar voldoende bij te betrekken hebben is er voor de praktische oplossing gekozen die ook bij het landgebruik is toegepast. We accepteren daarmee een zekere foutenmarge. De sociaaleconomische ontwikkelingen tot 2100 zijn vanzelfsprekend nog onzekerder. De gepresenteerde getallen zijn dan ook primair bedoeld voor een gevoeligheidsanalyse van het watersysteem en ter inspiratie voor het bedenken van strategieën.

4.2.3 Scenario's en waarschijnlijkheid

Vanuit wetenschappelijk oogpunt is het ontwikkelen en gebruiken van scenario's primair een manier om om te gaan met onzekerheden, en daardoor staat het verkennen van de bandbreedte centraal. Voor het maken van beleid en het nemen van beslissingen, kan het een complexe opgave zijn om met mogelijke toekomst te werken. De neiging kan dan

ontstaan om een keuze maken voor “het meest waarschijnlijke” scenario. Dit is echter in strijd met de wetenschappelijke opvattingen over scenario's, namelijk dat scenario's de volle bandbreedte van mogelijke toekomst dienen te beschrijven (zie ook: WRR, v. Asselt 2010, en Raad voor VenW, 2009). Het is dan ook niet verantwoord om een uitspraak te doen over de waarschijnlijkheid van scenario's. Daarom moeten de Deltascenario's ook te allen tijde alle vier gebruikt worden en is het niet mogelijk om alleen te focussen op één bepaald scenario (zie het kader bij par. 1.2) .

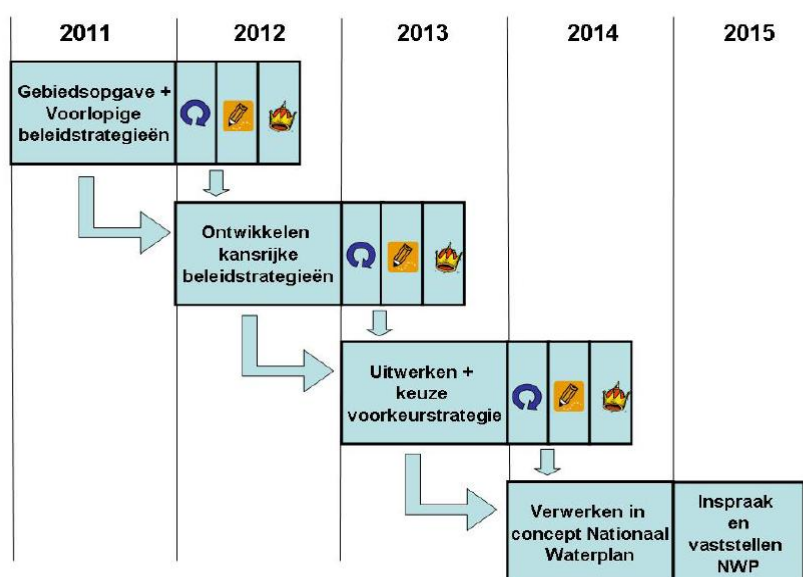
4.2.4 Beleidsarme omgevingsscenario's

Beleidsarm wil zeggen dat alleen bestaand beleid wordt meegenomen, maar geen nieuw beleid in de scenario's wordt verondersteld. De scenario's zijn invoer voor het Deltamodel, waarmee uiteindelijk waterproblemen kunnen worden verkend en maatregelen worden doorberekend. Hieruit volgt de eis dat de scenario's zelf geen beleid of maatregelen in zich dragen, want dat zou een niet-eenduidig beeld opleveren. Daarnaast gaat het hier om omgevingsscenario's voor het waterbeheer. Dat betekent niet dat de omgeving geheel beleidsarm hoeft te zijn, maar beleidsarm met betrekking tot het waterbeheer. Dus watermaatregelen door waterbeheerders zitten er niet in. Er is een grijs gebied, bijvoorbeeld boeren die zelf maatregelen nemen om zich aan te passen aan klimaatverandering. Ook deze individuele maatregelen hebben we in dit stadium zoveel mogelijk buiten beschouwing gelaten.

4.3 Aanbevelingen voor gebruik van Deltascenario's

4.3.1 Beleidsproces Deltaprogramma: samenhang, omslagpunten

Voor het Deltaprogramma ziet het beleidsproces van 2010 – 2015 eruit als weergegeven in figuur 4.2. In verschillende stappen wordt gefaseerd naar een voorkeursstrategie toegewerkt wordt. In de eerste fase (2011-2012) worden gebiedsopgaven en voorlopige beleidsstrategieën door de verschillende deelprogramma's opgesteld. Deze strategieën worden afgewogen, waarna in de volgende fase verder gegaan wordt met kansrijke beleidsstrategieën.



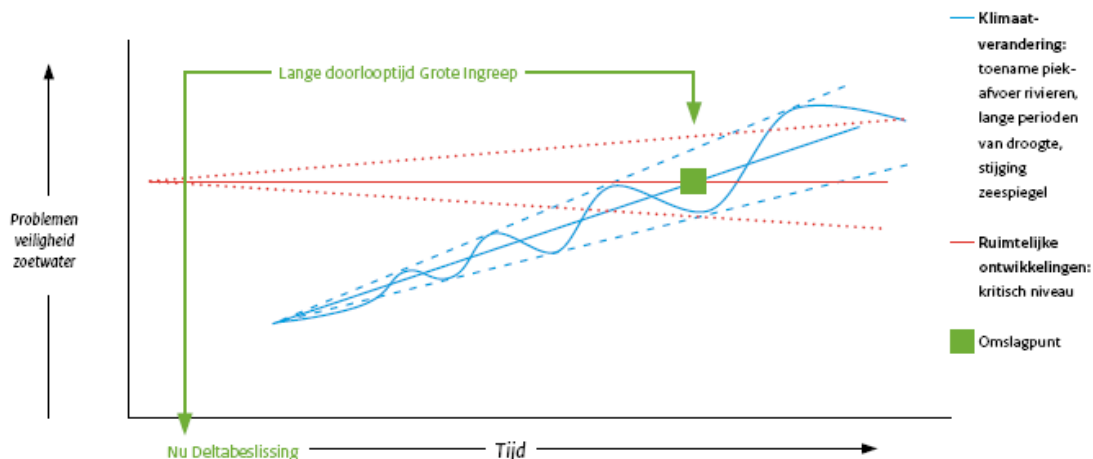
Figuur 4.2 Beleidsproces Deltaprogramma op hoofdlijnen (presentatie Arcadis, kennisnetwerk Deltaprogramma, 15 december 2010)

In het maken van de afweging tussen verschillende strategieën spelen de Deltascenario's een rol. De Deltascenario's zijn behulpzaam bij ontwikkelen van maatregelen, om inzicht te krijgen in de *robuustheid* en de *flexibiliteit* van de strategieën, voor gevoeligheidsanalyses en ter inspiratie als oriëntatie op de toekomst. Speciale aandacht verdient het inzicht verkrijgen in mogelijke omslagpunten, zie kader.

Werken met omslagpunten (Deltaprogramma 2011)

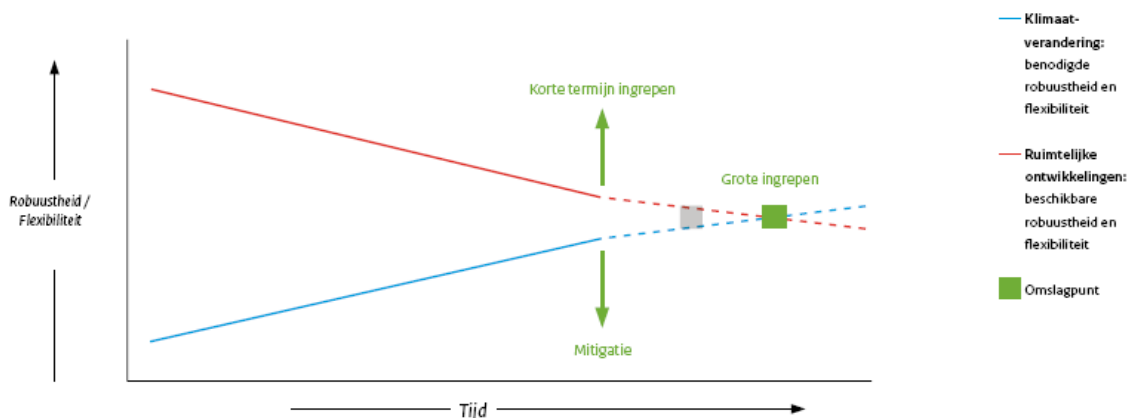
Doordat we niet weten met welke snelheid het klimaat verandert, is er een bandbreedte in het moment waarop de omslagpunten optreden. Die bandbreedte wordt verder vergroot doordat ook het kritische niveau niet constant is, zie de grafiek hieronder. De horizontale lijn suggereert een onveranderende ruimtelijke inrichting. Maar bijvoorbeeld een steeds verder dichtgroeïende stedelijke metropool zal ook bij gelijkblijvend klimaat steeds vaker problemen krijgen. Daarnaast nemen de eisen toe die we aan het watersysteem stellen; wat maatschappelijk als acceptabel wordt gezien, varieert ook in de tijd.

Invalshoek: klimaatverandering / ruimtelijke ontwikkelingen



In de toekomst is meer flexibiliteit en robuustheid nodig, en als ruimtelijke ontwikkelingen onveranderd doorgaan, als de lange termijn wateropgaven niet in die ruimtelijke ontwikkelingen geïntegreerd worden, neemt de beschikbare flexibiliteit juist af. Het Deltaprogramma zal zich daarom ook richten op maatregelen op de korte termijn die passen bij de lange termijn. Bijvoorbeeld door de robuustheid en flexibiliteit van watersystemen of de ruimtelijke inrichting te behouden of te versterken waardoor ze voldoen bij verschillende scenario's. Robuust wil zeggen dat het systeem bestand is tegen extreme gebeurtenissen en voldoet bij verschillende toekomstige ontwikkelingen. Flexibel houdt in dat het systeem zich aanpast of eenvoudig is aan te passen aan wijzigende omstandigheden. De rivieren weer meer ruimte geven is een goed voorbeeld van het vergroten van robuustheid, zandsuppletie als kustversterking is een goed voorbeeld van behouden van flexibiliteit. De volgende grafiek laat zien dat op termijn problemen ontstaan als door onveranderde ruimtelijke ontwikkelingen de afname van de beschikbare flexibiliteit onverminderd door gaat (rode / dalende lijn), terwijl klimaatverandering juist vraagt om meer flexibiliteit en robuustheid (blauwe / stijgende lijn). De grafiek laat ook zien hoe uitgesteld kan worden dat deze lijnen elkaar gaan kruisen. Door het uiteinde van de stijgende lijn naar onder bij te buigen – bijvoorbeeld door mitigatiemaatregelen.

Systeembenadering



Om de effecten van bepaalde strategieën te bepalen, kan gebruik gemaakt worden van het Deltamodel. De doelstelling van het Deltamodel is het leveren van de betrouwbare en geaccepteerde waterstaatkundige basis voor de voorbereiding en uitvoering van het

Deltaprogramma, waarbij in het bijzonder aandacht is voor de samenhang tussen de deelprogramma's. Het Deltamodel is dus de "gereedschapskist" voor gefundeerde besluiten bij de voorbereiding en uitvoering van het Deltaprogramma. Het Deltamodel is gericht op het hoofdwatersysteem en wordt ontwikkeld voor de aspecten "veiligheid" en "zoetwatervoorziening". Het regionale watersysteem wordt meegenomen voor zover dit nodig is voor het bepalen van de landelijke waterverdeling. Het Deltamodel zal vanaf de geplande oplevering eind 2012 dienen als het nieuwe model voor beleidsvoorbereiding en aanleg voor het hoofdwatersysteem. Figuur 4.3 geeft de samenhang tussen de waterstaatkundige vraagstukken van het Deltaprogramma schematisch weer.



Figuur 4.3 Samenhang tussen de waterstaatkundige vraagstukken van het Deltaprogramma (Brochure Deltamodel 2010)

4.3.2 Eerste ervaringen in Deelprogramma's

Uit de eerste kennismakingen met het gebruik van de Deltascenario's in de generieke en regionale deelprogramma's van het Deltaprogramma in de periode december 2010 tot maart 2011 vloeien de volgende punten van aanbeveling voort:

1. De Deltascenario's bieden ruimte voor het geven van een specifieke regionale invulling en uitwerking, met name op het gebied van ruimtegebruik. De in dit rapport met bijbehorende

bestanden gegeven landelijke invulling geeft wel het kader en landelijke kaartbeelden, maar mag niet opgevat worden als gedetailleerde regionale invulling. De gedetailleerde cijferreeksen en GIS-bestanden zijn bedoeld voor gebruik in de landelijke modellering (Deltamodel). Voor regionale studies kunnen aangepaste kaarten en bestanden nodig zijn. Het is dan wel van belang om binnen context en kader van het betreffende scenario te blijven (de geest en de samenhang), en de bandbreedte van alle vier scenario's te blijven zoeken. Enige terughoudendheid bij het veronderstellen van calamiteiten of technologische wonderen is gewenst.

2. Landelijke samenhang blijft na de regionale invulling een punt van zorg. Het landelijk beeld moet wel overeenkomen met de som der delen. Denk aan de verdeling van krimp- en groeiregio's, en de landelijke spreiding van inwoners, stedelijk gebied, landbouw en natuur. Het is daarom aan te bevelen om een bepaalde instantie in te schakelen om de landelijke samenhang te bewaken.
3. Het is belangrijk om alle vier de scenario's in volle omvang te gebruiken. Dat wil zeggen: zowel de sociaaleconomische als de fysische componenten (m.n. ruimtegebruik en klimaatverandering), niet alleen de middellange termijn (2050), maar ook de zeer lange termijn (2100), en niet alleen de scenario's waaruit naar verwachting de grootste of juist de kleinste opgave voortvloeit. In de praktijk blijkt juist van de samenhang en de wat verder weg liggende toekomst de meeste inspiratie uit te gaan, voor verkenning van opgaven, ambities, streefbeelden, omslagpunten en oplossingsrichtingen. De samenhang en de lange termijn scenario's bieden ook de meeste aanknopingspunten voor een gevoeligheidsanalyse en robuustheidstoets.
4. Uit een scenario vloeit niet automatisch een bijpassende of voor de hand liggende strategie voort. Voor het genereren van alternatieve oplossingsrichtingen of strategieën zijn andere methoden beschikbaar. Zie hiervoor bijvoorbeeld de perspectievenmethode, gebruikt in de verkenningen voor het Nationaal Waterplan (De Groen et al, 2008).

4.4 Aanbevelingen voor vervolg

4.4.1 Ondersteuning deelprogramma's

De eerste aanbeveling is om een vorm te zoeken waarin de deelprogramma's ondersteuning kunnen krijgen bij het gebruik van de Deltascenario's. De Deltascenario's zijn in principe gericht op nationale schaal. Bij gebruik op regionale schaal vraagt dit in veel gevallen om ondersteuning met betrekking tot de betekenis, volledigheid of doorvertaling naar de regio.

De verhaallijnen kunnen worden gebruikt voor communicatie met stakeholders in een gezamenlijke zoektocht van knelpunten, strategieën, streefbeelden e.d. Door het toepassen van Deltascenario's is er een nadere vraagarticulatie vanuit de gebruikers te verwachten. Deze dialoog is cruciaal in het gebruik en de doorontwikkeling van de Deltascenario's en voor een breed begrip van de uiteindelijke strategieën.

Om te kunnen evalueren hoe het werken met de Deltascenario's in de praktijk verloopt, wordt de gebruikersgroep in stand gehouden. Deze groep zal een aantal keer per jaar bijeenkomen om te overleggen en ervaringen uit te wisselen.

4.4.2 Feedback klimaat en sociaaleconomische ontwikkelingen

We bevelen aan om de scenario's door te ontwikkelen met betrekking tot de interacties tussen klimaat en sociaaleconomische ontwikkelingen. Deze interactie is een lastige horde, die samen met verschillende instituten en sectoren onderzocht dient te worden.

Maatschappelijke sectoren en functies (landbouw, natuur etc.) die een sterke relatie hebben met het watersysteem zullen zich op eigen wijze aanpassen aan samenhangende veranderingen in klimaat, economie, waterbeleid en ruimtelijke ordening. Daardoor verandert het landgebruik en de behoefte aan water en veiligheid.

Inbouw van deze effecten in de scenario's is nodig om te voldoen aan de eisen van consistentie en geloofwaardigheid. Het verdient daarom aanbeveling om richting de Deltascenario's 'next' in 2012 samen met de andere Planbureaus (CPB, PBL) en met het KNMI een begin te maken met plannen hoe dit op te zetten en vooral het organisatorisch aspect op tijd op de rit te krijgen.

4.4.3 Bovenstroomse ontwikkelingen

Verder bevelen we aan om de het effect van bovenstrooms overstromen verder te onderzoeken en mee te nemen in het actualiseren van de Deltascenario's. Het effect van bovenstrooms ontwikkelingen kan grote invloed hebben op zowel de veiligheidsopgave als het zoetwater aanbod. Wat betreft de rivierafvoeren is dat in de huidige scenario's slechts gebaseerd op enkele 2D berekeningen uit 2004. Veranderingen in het bovenstrooms ruimtegebruik en de daarmee samenhangende zoetwater onttrekking is een belangrijke factor waar nu nog nauwelijks aandacht aan is besteed.

4.4.4 Actualisatie van de Deltascenario's

We bevelen aan de scenario's regelmatig te actualiseren, niet alleen voor het Deltaprogramma. Ook voor dit vervolg is een intensieve samenwerking tussen Deltares, PBL, KNMI en Waterdienst gewenst en noodzakelijk, zo mogelijk uitgebreid met gespecialiseerde instellingen op het gebied van economie, landbouw en natuur. Het is van belang dat de Nederlandse waterbeheerders zoveel mogelijk uitgaan van dezelfde landelijke (of zelfs internationale) scenario's. Al was het alleen maar om te voorkomen dat elk waterschap of ingenieursbureau zich genoodzaakt ziet een eigen doorvertaling te maken van KNMI of WLO-scenario's, waardoor grote verschillen kunnen ontstaan in effecten bij hetzelfde basisscenario.

De deltagoedkoop commissaris signaleert dat het van belang is dat bij het uitkomen van de nieuwe scenario's (in 2012 – 2013) de uitgangspunten die ten grondslag liggen aan de klimaatscenario's (KNMI, Deltares) consistent zijn met de scenario's die gemaakt zijn voor de sociaaleconomische ontwikkeling (CPB, PBL) (Deltaprogramma 2011, p. 35). De betrokken instituten zullen voortbouwen op de huidige samenwerking waaruit deze Deltascenario's zijn voortgekomen, in de voorbereiding van de update van de Deltascenario's in 2013.

In ruimere zin is het verstandig een nieuwe generatie Deltascenario's zoveel mogelijk gelijk op te laten lopen met internationale scenariostudies, zoals van de Wereldbank of IPCC.

Deel B: Onderbouwing Deltascenario's

5 Klimaatverandering en andere fysische ontwikkelingen

Dit hoofdstuk beschrijft wat scenario's voor klimaatverandering betekenen in termen van neerslag, temperatuur en verdamping, afvoeren van de grote rivieren, zeespiegelstijging, stormduur en –opzet in zee, bodemdaling en interne verzilting. Een overzicht van de beschikbare gegevens voor de gebruiker van de Deltascenario's is weergegeven in Appendix D. De gegevens zijn beschikbaar via het Deltaportaal op internet: www.deltamodel.nl.

5.1 KNMI'06 scenario's, van vier naar twee

Een combinatie van vier maal vier scenario's is niet werkbaar in het Deltamodel. Daarom adviseren we om twee scenario's te gebruiken. Maar, er wordt nadrukkelijk geen schatting gegeven door het KNMI van welk scenario de grootste kans heeft om realiteit te worden, omdat die kennis is niet beschikbaar is. Dat komt doordat niet bekend is welke van de onderliggende emissiescenario's waarschijnlijker is dan andere emissiescenario's en welke onderliggende klimaatmodellen beter zijn dan andere modellen (KNMI, 2009). In overleg met het KNMI geven we de bandbreedte weer in de Deltascenario's door telkens het scenario te gebruiken met de laagste (matige), en die met de hoogste (snelle) klimaatverandering volgens de KNMI'06 scenario's.

Voor de meeste situaties die voor de landelijke studies in het Deltaprogramma voor waterveiligheid en waterbeschikbaarheid van belang zijn, zijn de uiterste scenario's **G (gematigd)** en **W+ (snel)**. **G** is gebruikt in de scenario's **Rust** en **Vol** en **W+** in de scenario's **Stoom** en **Warm**. In tabel 3.1, 3.3 worden daarom getallen voor W+ samengevat en in tabel 3.5 en 3.7 getallen voor G.

G en W+ zijn net niet voor alle indicatoren het laagste en hoogste scenario. Als we kijken naar tabel 5.3, zien we bijvoorbeeld dat voor de 10-daagse neerslag som in de winter die eens in de 10 jaar wordt overschreden het G scenario de kleinste verandering geeft (+ 4%), en het W+ scenario de grootste verandering (+ 12%). Maar kijken we naar de dagsom in de zomer die eens in de 10 jaar wordt overschreden, dan geeft het G+ scenario de kleinste verandering (+ 5%) en het W scenario de grootste verandering (+ 27%).

Afhankelijk van het probleem en de schaal, zoals waterveiligheid landelijk, lokale wateroverlast, en waterbeschikbaarheid kunnen uit het beschikbare palet van vier KNMI'06 scenario's voor neerslag, temperatuur, verdamping en afvoeren, de scenario's met de kleinste en grootste verandering gekozen worden. Hierdoor wordt de bandbreedte van de scenario's voor verschillende situaties beschreven.

We adviseren om in het Deltaprogramma met G en W+ te werken, maar om wel te controleren of deze scenario's wel echt de volledige bandbreedte omspannen. Met name in het geval van lokale of regionale wateroverlast als gevolg van intensieve neerslag in de zomer, dekken G en W+ niet de hele bandbreedte af en kan het doorrekenen van een extra klimaatscenario nodig zijn (W).

5.2 Neerslag, temperatuur en verdamping

In Tabel 5.1 staat voor welke periode, scenario en locatie meteorologische tijdreeksen beschikbaar zijn. Paragraaf 5.2.1 laat de kentallen zien van de vier KNMI'06 scenario's en paragraaf 5.2.3 beschrijft vervolgens de tijdreeksen.

Tabel 5.1 Samenvatting beschikbare gegevens neerslag, temperatuur en verdamping.

Periode	Scenario	Locatie
Referentieperiode: 1961 – 1995 (35 jaar). Zichtjaren: 2050 en 2100.	G	Grid gegevens voor Nederland, 1x1 km.
	G+	Stationsdata voor Nederland.
	W	Deelstroomgebieden van de Rijn en de Maas bovenstrooms van Nederland ⁴ .
	W+.	

Er is voor de referentieperiode van 1961 – 1995 gekozen, omdat voor het bovenstroomse gebied van de Rijn en de Maas geen recentere gegevens beschikbaar zijn. Voor Nederland is er wel een recentere referentieperiode beschikbaar (1976 – 2005). Voor de stroomgebieden van de Rijn en de Maas is de verwachting dat een recentere meteorologische referentiereeks in de loop van 2011 beschikbaar komt. We zijn voor deze gegevens afhankelijk van Duitse, Franse en Belgische instituten.

De KNMI'06 scenario's zijn feitelijk ontwikkeld voor Nederland en omgeving, en in hoeverre ze geldig zijn voor het hele stroomgebied van de Rijn (bijvoorbeeld het Alpegebied) en de Maas is niet goed bekend.

Het KNMI heeft een vergelijking uitgevoerd tussen de referentieperioden voor neerslag, temperatuur en verdamping (Homan et al., 2011a). Dat leidt tot het inzicht dat het gebruik van de periode 1961 – 1995 in plaats van de periode 1976 – 2005 waarvoor de KNMI'06 klimaatscenario's standaard zijn gemaakt de volgende verschillen oplevert:

- De gemiddelde temperaturen zijn in de periode 1961 – 1995 iets lager dan in de periode 1976 – 2005. Dit impliceert dat de temperaturen in de toekomst scenario's wellicht iets onderschat worden.
- Voor potentiële verdamping zijn er nauwelijks verschillen.
- Voor neerslag varieert het effect per maand: voor sommige maanden is er enige overschatting, voor andere enige onderschatting, en voor weer andere maanden is er nauwelijks verschil. De variatie is echter kleiner dan de natuurlijke jaar-op-jaar variabiliteit.

5.2.1 Kentallen

De kentallen volgens de vier scenario's voor neerslag, temperatuur en verdamping zijn per seizoen weergegeven in tabel 5.2 en tabel 5.3 voor 2050 en 2100 ten opzichte van 1990.

4. De KNMI'06 scenario's zijn feitelijk ontwikkeld voor Nederland en omgeving, en in hoeverre ze geldig zijn voor het hele stroomgebied van de Rijn (bijvoorbeeld het Alpegebied) en de Maas is niet goed bekend.

Tabel 5.2 Kentallen van de vier scenario's rond 2050 voor neerslag, temperatuur en verdamping ten opzichte van het klimaat rond 1990 (uit: KNMI, 2006). Onder "winter" wordt hier verstaan december, januari en februari, "zomer" staat gelijk aan juni, juli en augustus.

		G	G+	W	W+
Wereldwijde temperatuurstijging		+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
Verandering in luchtstromingspatronen in West Europa		nee	ja	nee	ja
Winter	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 ($\geq 0,1$ mm)	0%	+1%	0%	+2%
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+4%	+6%	+8%	+12%
	hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	0%	+2%	-1%	+4%
Zomer	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 ($\geq 0,1$ 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%

Tabel 5.3 Kentallen van de vier scenario's rond 2100 voor neerslag, temperatuur en verdamping ten opzichte van het klimaat rond 1990 (uit: KNMI, 2006). Onder "winter" wordt hier verstaan december, januari en februari, "zomer" staat gelijk aan juni, juli en augustus.

2100		G	G+	W	W+
	Wereldwijde temperatuurstijging in 2050	+1°C	+1°C	+2°C	+2°C
	Wereldwijde temperatuurstijging in 2100	+2°C	+2°C	+4°C	+4°C
	Verandering in luchtstromingspatronen in West Europa	nee	ja	nee	ja
Winter	gemiddelde temperatuur	+1,8°C	+2,3°C	+3,6°C	+4,6°C
	koudste winterdag per jaar	+2,1°C	+2,9°C	+4,2°C	+5,8°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+7%	+14%	+14%	+28%
	aantal natte dagen (≥0,1 mm)	0%	+2%	0%	+4%
	10-daagse neerslagsom die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+8%	+12%	+16%	+24%
	hoogste daggemiddelde windsnelheid per jaar	-1%	+4%	-2%	+8%
Zomer	gemiddelde temperatuur	+1,7°C	+2,8°C	+3,4°C	+5,6°C
	warmste zomerdag per jaar	+2,1°C	+3,8°C	+4,2°C	+7,6°C
	gemiddelde neerslaghoeveelheid	+6%	-19%	+12%	-38%
	aantal natte dagen (≥0,1 mm)	-3%	-19%	-6%	-38%
	dagsom van de neerslag die eens in de 10 jaar wordt overschreden	+27%	+10%	+54%	+20%
	potentiële verdamping	+7%	+15%	+14%	+30%
Zeespiegel	absolute stijging	35-60 cm	35-60 cm	40-85 cm	40-85 cm

5.2.2 Neerslagextremen

Bij een hogere temperatuur kan de lucht meer waterdamp bevatten. Wanneer de relatieve vochtigheid van de atmosfeer niet substantieel verandert, zal de hoeveelheid waterdamp in de atmosfeer toenemen met ongeveer 7% per graad Celsius temperatuurstijging. Alle KNMI'06 scenario's laten hierdoor voor de zomer een toename zien van de extreme dagelijkse hoeveelheden van de neerslag (KNMI, 2009).

De neerslagintensiteit per uur tijdens extreme buien in de zomer zal waarschijnlijk sterker toenemen dan de extremen van de neerslaghoeveelheid per dag. Als uitbreiding op de KNMI'06 scenario's is in tabel 5.4 de jaarstatistiek voor neerslagperioden van één uur tot en met 10 dagen bij verschillende herhalingstijden weergegeven (KNMI, 2009). Niet alleen de neerslagintensiteit kan sterk toenemen bij hogere temperaturen. Ook aan buien gerelateerde fenomenen, zoals hagel, onweer, windstoten en windhozen, zullen waarschijnlijk toenemen in intensiteit en/of vaker optreden.

Langs de kust lijken vaker (extreme) buien voor te komen in de zomer en het najaar, als gevolg van de hogere zeewatertemperaturen in de Noordzee (KNMI, 2009). De gebruikte klimaatmodellen voor de KNMI'06 scenario's bevatten echter geen realistische beschrijving van de lokale temperatuur van het Noordzee water. Ook is de ruimtelijke resolutie van de klimaatmodellen onvoldoende om kustneerslag te kunnen onderscheiden van de neerslag in het binnenland. Daarom zijn er geen regionale verschillen in neerslag tussen de kust en het binnenland beschikbaar in de KNMI'06 scenario's.

Tabel 5.4 Jaarstatistiek voor de neerslagextremen (mm) in het huidige klimaat gebaseerd op de meetreeks van De Bilt (1906 – 2003) en het toekomstige klimaat rond 2050 (gegenereerd met behulp van het transformatieprogramma (uit: KNMI, 2009).

neerslagperiode	1 uur				1 dag				10 dagen						
	huidig	G	G+	W	W+	huidig	G	G+	W	W+	huidig	G	G+	W	W+
herhalingstijd															
1 jaar	14	15	-	17	-	33	36	35	39	36	80	85	81	89	82
10 jaar	27	30	-	33	-	54	60	57	66	60	114	122	116	130	119
100 jaar	43	48	-	53	-	79	88	84	98	88	143	154	146	164	150

5.2.3 Methode om tijdreeksen te maken

Bij de KNMI'06 scenario's zijn geen tijdreeksen geleverd voor het klimaat rond 2050 en 2100, passend bij de vier scenario's. De scenario's beschrijven alleen de veranderingen ten opzichte van het klimaat rond 1990. In het Deltamodel is het echter wenselijk om te werken met tijdreeksen van de temperatuur, de neerslaghoeveelheid en de verdamping op achtereenvolgende dagen.

Het KNMI heeft daarom tijdreeksen van temperatuur, neerslag en verdamping gegenereerd. De stappen die doorlopen zijn om scenario's voor klimaatverandering te genereren zijn in detail beschreven in Homan et al., (2011a). Hieronder volgt een samenvatting.

De KNMI'06 scenario's zijn gemaakt door combinatie van resultaten uit verschillende klimaatmodellen. Er bestaat daarom geen klimaatmodel waarvan de resultaten precies overeenkomen met één van de KNMI'06 klimaatscenario's. Vergelijking met waarnemingen laat ook zien dat klimaatmodellen vaak dusdanig systematische fouten bevatten, dat de met

die modellen gegenereerde tijdreeksen uit die modellen niet rechtstreeks gebruikt kunnen worden als invoer voor effectstudies (KNMI, 2009).

In plaats daarvan kunnen tijdreeksen voor de toekomst worden geconstrueerd door meetreeksen uit het verleden aan te passen voor een gekozen klimaatscenario. Er bestaan verschillende methoden voor het genereren van tijdreeksen voor de toekomst, elk met zijn eigen voor- en nadelen (Homan et al., 2011a; Te Linde et al., 2010a). Een door het KNMI ontwikkeld transformatieprogramma is gebaseerd op de zogenaamde deltamethode. Dat is een snelle methode om tijdreeksen voor de toekomst te genereren passend bij de KNMI'06 scenario's. Tevens geeft het gebruik van het transformatieprogramma consistentie in de manier van transformeren tussen de meetstations (en de deelstroomgebieden).

Het transformatieprogramma bepaalt op basis van de opgegeven informatie over de KNMI'06 klimaatscenario's de verandering in gemiddelde en extreme dagwaarden voor een bepaalde tijdshorizon ten opzichte van een referentie (standaard 1976 – 2005). Dit verschil wordt gebruikt om de referentiereeks te veranderen, zodanig dat de gegenereerde tijdreeks past bij het gekozen klimaatscenario en de gekozen tijdshorizon. In de tijdreeksen worden niet alleen de seizoensgemiddelde waarden in overeenstemming gebracht met de scenario's, maar ook de (gematigde) extremen. Meer informatie over het transformatieprogramma is te vinden op http://climexp.knmi.nl/Scenarios_monthly/ en in Homan et al. (2011a).

De 35 jaar reeksen zijn te kort om alle natuurlijke variabiliteit en de kans op extreme situaties te beschrijven. Met behulp van een neerslaggenerator (Beersma 2002) kunnen synthetische reeksen van 10.000 jaar weer geproduceerd worden waarmee kans op extreme gebeurtenissen (meerdaagse) met een kleine kans van voorkomen voldoende gerepresenteerd wordt. De simulatie van lange tijdreeksen is gebaseerd op *nearest-neighbour sampling* en deze techniek wordt beschreven in Wójcik et al., (2000). De statistische eigenschappen, zoals het gemiddelde en de standaardafwijking, van de reeks blijven gelijk. Homan et al. (2011b) beschrijven de 10.000 jaar meteorologisch tijdreeksen voor Nederland en de stroomgebieden van de Rijn en de Maas die gegenereerd zijn voor de Deltascenario's.

5.3 Rivierafvoeren

In Tabel 5.15 staat voor welke periode, scenario en locatie tijdreeksen van rivierafvoeren beschikbaar zijn. Paragraaf 5.2.1 laat de kentallen zien van de afvoeren voor de vier KNMI'06 scenario's en paragraaf 5.2.3 beschrijft vervolgens de tijdreeksen van de afvoeren.

Tabel 5.5 Samenvatting beschikbare gegevens rivierafvoeren.

Periode	Scenario	Locatie
Referentieperiode: 1961 – 1995 (35 jaar). Zichtjaren: 2050 en 2100. 35 jaar dagwaarden 10.000 jaar dagwaarden en jaarmaxima	G G+ W W+.	Afvoer Rijn bij Lobith Afvoer Maas bij Monsin (ongedeelde afvoer)

5.3.1 Kentallen

De kentallen volgens de vier afvoerscenario's zijn weergegeven in tabel 5.6 en 5.7 voor 2050 en 2100 ten opzichte van 1990. De gemiddelde afvoeren in februari en maart zijn gebaseerd op de tijdreeksen met 35 jaar dagwaarden (1961 – 1995) en de extreem hoge en lage afvoeren zijn gebaseerd op de tijdreeksen met 10.000 jaar jaarmaxima.

Gegevens voor extreme afvoeren met andere frequenties van voorkomen zijn voor elk van de scenario's beschikbaar of kunnen berekend worden. Met nadruk moet gesteld dat deze getallen niet in de plaats komen of verward mogen worden met huidige maatgevende afvoeren (bijvoorbeeld 1/1250 jaar). Daarvoor verschillen de afleidingsmethoden en de bijbehorende onzekerheidsmarges te veel.

Tabel 5.6 Kentallen afvoer scenario's 2050 (m^3/s). De afvoeren zijn afgerond op 2 significante cijfers.

		Referentie	G	G+	W	W+
Rijn	Gem. afvoer Februari	2900	3100	3100	3300	3400
	Gem. afvoer september	1800	1900	1500	1900	1300
	Extreem hoge afvoer 1/100 per jaar ⁴	12.000	13.000	13.000	14.000	14.000
	Extreem hoge afvoer 1/1250 per jaar ⁵	16.000 ⁶	17.000	17.000	18.000	18.000
	Extreem lage afvoer 1/10 per jaar	630	650	580	670	520
	Extreem lage afvoer 1/100 per jaar	400	440	390	460	360
Maas	Gem. afvoer Februari	480	500	500	520	530
	Gem. afvoer september	90	92	65	93	48
	Extreem hoge afvoer 1/100 per jaar ⁴	2900	3000	3000	3200	3200
	Extreem hoge afvoer 1/1250 per jaar ⁴	3700 ⁷	3900	3900	4000	4100
	Extreem lage afvoer 1/10 per jaar	18	18	14	18	10
	Extreem lage afvoer 1/100 per jaar	8.0	7.8	6.1	7.7	4.9

5. Zonder aftoppen als gevolg van bovenstrooms overstromen. Voor informatie over aftoppen, zie: paragraaf 5.3.5.

6. Huidige maatgevende afvoer bij Lobith is $16.000 m^3/s$ (V&W, 2007)

7. Huidige maatgevende afvoer bij Borgharen is $3800 m^3/s$ (V&W, 2007)

Tabel 5.7 Kentallen afvoer scenario's 2100 (m³/s). De afvoeren zijn afgerond op 2 significante cijfers.

		Referentie	G	G+	W	W+
Rijn	Gem. afvoer Februari	2900	3200	3400	3600	3900
	Gem. afvoer september	1800	1900	1300	2100	900
	Extreem hoge afvoer 1/100 per jaar ⁸	12.000	14.000	14.000	16.000	16.000
	Extreem hoge afvoer 1/1250 per jaar ⁷	16.000	18.000	18.000	21.000	20.000
	Extreem lage afvoer 1/10 per jaar	630	670	520	690	420
	Extreem lage afvoer 1/100 per jaar	400	470	370	470	300
Maas	Gem. afvoer Februari	480	520	530	560	590
	Gem. afvoer september	89	94	48	97	30
	Extreem hoge afvoer 1/100 per jaar ⁷	2900	3200	3200	3500	3600
	Extreem hoge afvoer 1/1250 per jaar ⁷	3700	4000	4100	4400	4600
	Extreem lage afvoer 1/10 per jaar	18	18	10	17	5.9
	Extreem lage afvoer 1/100 per jaar	8.0	7.7	4.5	7.3	2.5

5.3.2 Methode om tijdreeksen te maken

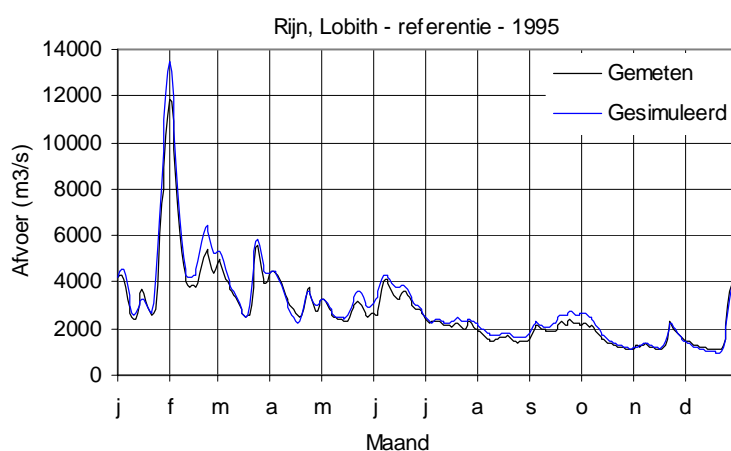
De tijdreeksen met afvoergegevens, die zijn samengevat in Tabel 5.6 en 5.7, zijn gegenereerd door Deltares. De tijdreeksen voor neerslag en temperatuur (zowel 35 jaar, als 10.000 jaar) zijn gebruikt als invoer voor het hydrologische model HBV (Bergström, 1976) in de meest recente versie van FEWS-GRADE (Kramer et al., 2008). De verdamping wordt uitgerekend op basis van de temperatuur, en is geen aparte invoer voor HBV. HBV kan niet het effect van bovenstroomse overstromingen uitrekenen. Dit impliceert dat het model van een situatie uitgaat met oneindig hoge dijken. Extreem hoge afvoeren in de gesimuleerde reeksen beschrijven alleen het hydrologische signaal op langdurige neerslagperioden. Voor informatie over aftoppen door bovenstrooms overstromen, zie paragraaf 5.3.5. De lange reeksen met afvoergegevens (10.000 jaarmaxima) zijn gebruikt om extreme afvoeren te schatten (1/200 en 1/1250 per jaar).

De gemeten en gemodelleerde afvoer zijn voor enkele relevante voorbeeld jaren uit de referentieperiode visueel vergeleken, zoals het extreme hoogwater in januari 1995 (figuur 5.1), en de droge zomer en najaar in 1976 (figuur 5.2). De conclusie is dat het hydrologisch

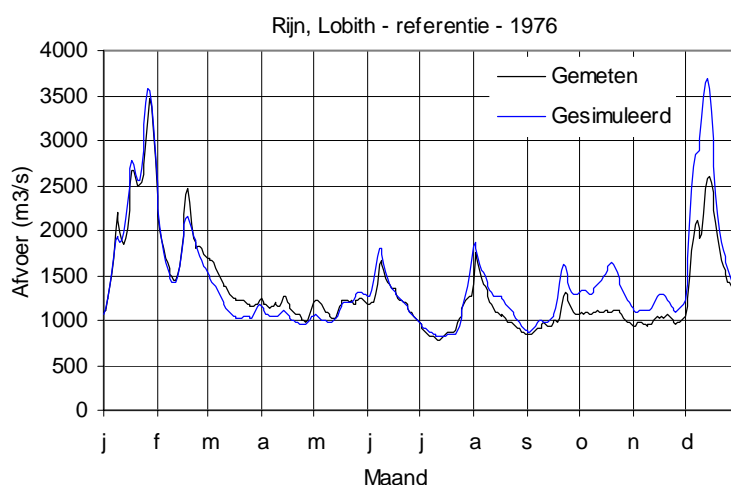
8. Zonder aftoppen als gevolg van bovenstrooms overstromen. Voor informatie over aftoppen, zie: paragraaf 5.3.5.

model over het algemeen goed presteert, zowel voor de hoge afvoeren als voor de droge perioden.

Echter, de te hoog gesimuleerde afvoer in de maand oktober van 1976 valt op in figuur 5.2. Voor de laagwater problematiek en verzilting van het oppervlakte water, is juist deze periode kritiek. In overleg met het Deelprogramma Zoetwater is daarom besloten te corrigeren voor deze afwijking. Om dat consistent te doen, zijn de complete referentie reeksen voor de Rijn en de Maas per dag gecorrigeerd, en dezelfde correctie is toegepast op de scenario reeksen. De gecorrigeerde reeksen zijn beschikbaar gesteld op het Deltaportaal. De correctie wordt toegelicht in Te Linde (2011).



Figuur 5.1 Gemodelleerde en gemeten afvoer bij Lobith in het jaar 1995.



Figuur 5.2 Gemodelleerde en gemeten afvoer bij Lobith in het jaar 1976.

Meer informatie over de stappen die doorlopen zijn om afvoerscenario's bij klimaatverandering te berekenen is beschikbaar in Woelders en Te Linde (2010a, b). Tevens worden hier de resultaten en de hydrologische *model performance* in meer detail besproken.

5.3.3 Maandelijks gemiddelde afvoer

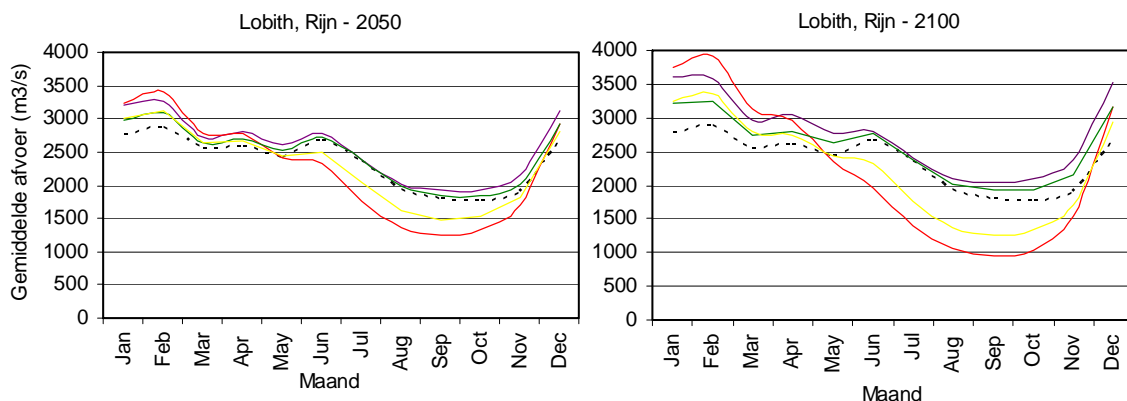
De absolute verandering van de maandelijks gemiddelde afvoer is weergegeven in figuur 5.3 en 5.4. De relatieve verandering van de maandelijks gemiddelde afvoer is weergegeven in figuur 5.5 en 5.6.

Op basis van de modelresultaten kunnen we verwachten dat de zomers in de plus-scenario's droger worden, met lagere afvoeren, en de winters in alle scenario's natter wat zal leiden tot hogere afvoeren. De relatieve verandering onder het W + scenario in september bij Lobith is -30% in 2050 en -47% in 2100. Voor Monsin geldt voor het W plus scenario: -47% in 2050 en -67% in 2100. In januari geeft bij Lobith het W+ scenario de hoogste gemiddelde stijging, van +18% in 2050 en +36% in 2100. Bij Monsin ligt het W+ scenario in 2050 op +10% in 2050 en op +22% in 2100.

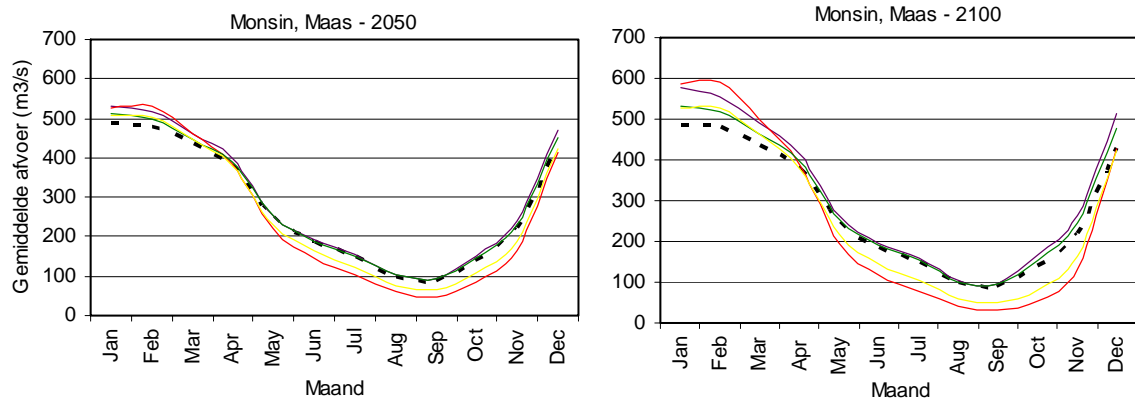
Voor de droge perioden is de relatieve daling van de afvoer in de Maas hoger dan in de Rijn en dat heeft twee oorzaken. Ten eerste bevat de afvoer van Maas geen smeltwater in de zomer, in tegenstelling tot de Rijn. Ten tweede is de absolute afvoer van de Maas veel lager dan van de Rijn, waardoor een kleine absolute verandering relatief heel groot kan zijn.

De legende voor onderstaande figuren is:

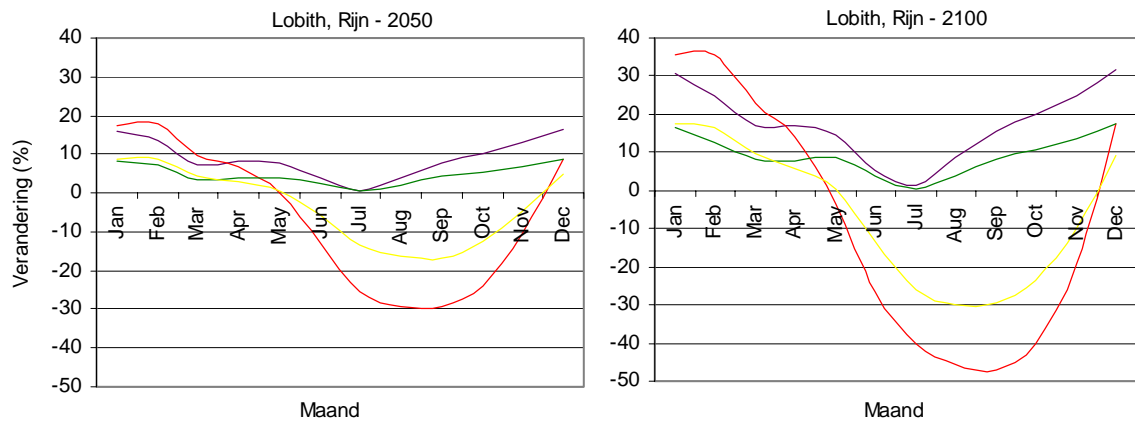
- Referentie
- W
- W plus
- G
- G plus



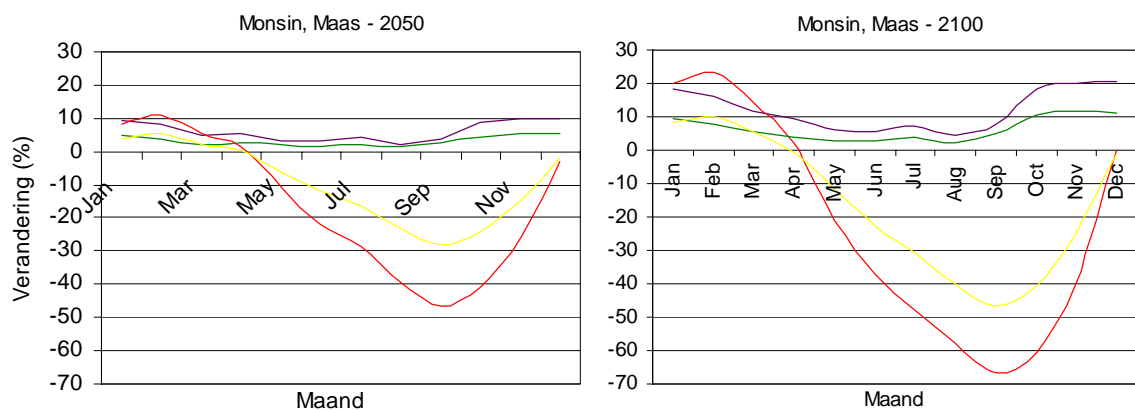
Figuur 5.3 Absolute verandering van de gemiddelde afvoer per maand voor de Rijn.



Figuur 5.4 Absolute verandering van de gemiddelde afvoer per maand voor de Maas.



Figuur 5.5 Relatieve verandering van de gemiddelde afvoer per maand voor de Rijn.

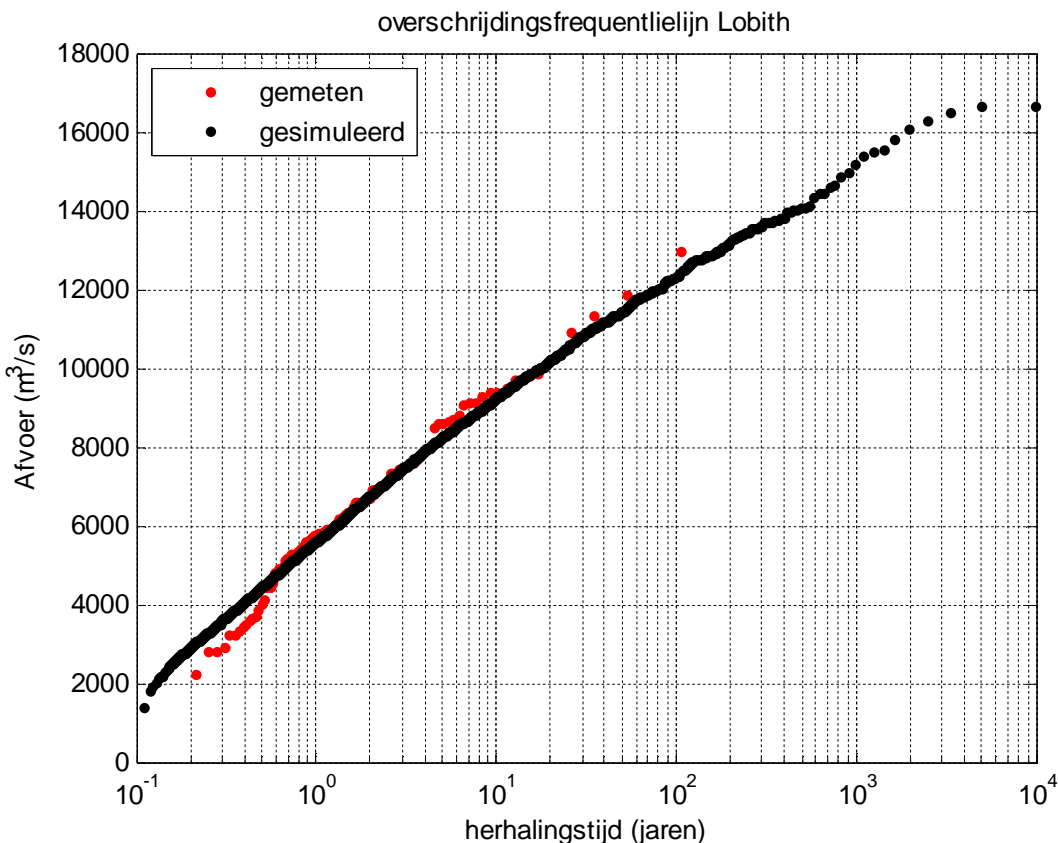


Figuur 5.6 Relatieve verandering van de gemiddelde afvoer per maand voor de Maas.

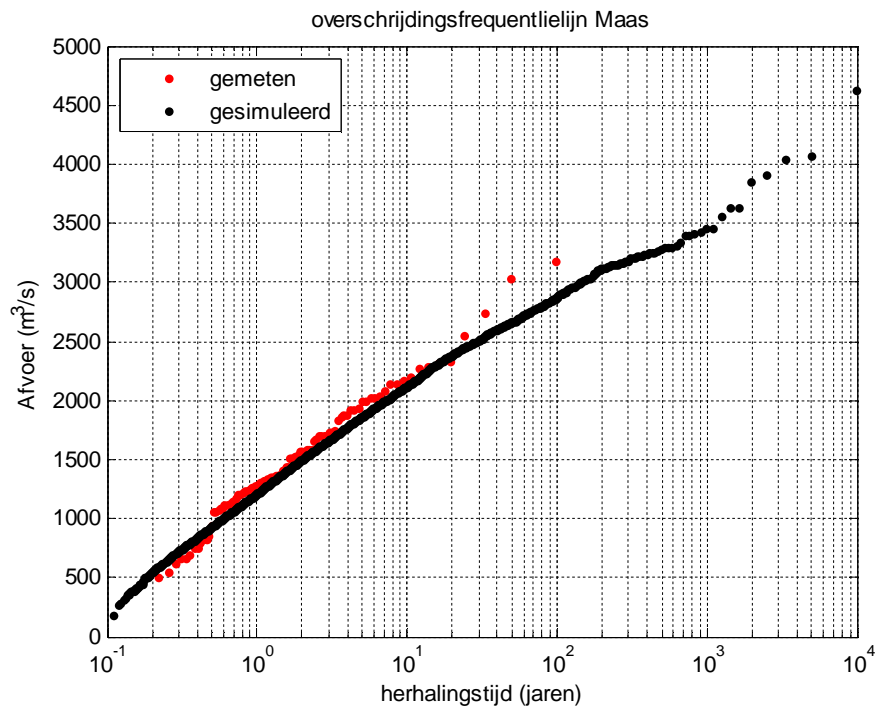
5.3.4 Extreme waardenverdelingen van de jaarmaxima

De 10.000 jaar maxima voor de referentie periode en de vier scenario's zijn gepresenteerd in zogenaamde extreme waarden plots, in dit geval met een Gumbel schaal op de x-as (figuur 5.7 tot en met 5.12). In deze figuren zijn de jaarmaxima afgezet tegen de herhalingstijd. De gepresenteerde afvoeren zijn zonder het effect van aftoppen als gevolg van bovenstrooms overstromen. Door de lange tijdreeksen zijn er afvoerwaarden beschikbaar rond de herhalingstijd van 1250 jaar. Zowel de gemeten jaarmaxima (110 punten) als de gesimuleerde jaarmaxima (10.000 punten) weergegeven voor de Rijn en voor de Maas, respectievelijk in figuur 5.7 en 5.8. Bij de Rijn vallen de gesimuleerde jaarmaxima netjes over de gemeten afvoeren. Bij de Maas lijkt dat het erop dat de extreme afvoeren worden onderschat door het model, al moeten we voorzichtig zijn met deze conclusie die gebaseerd is op slechts drie gemeten extreem hoge afvoeren.

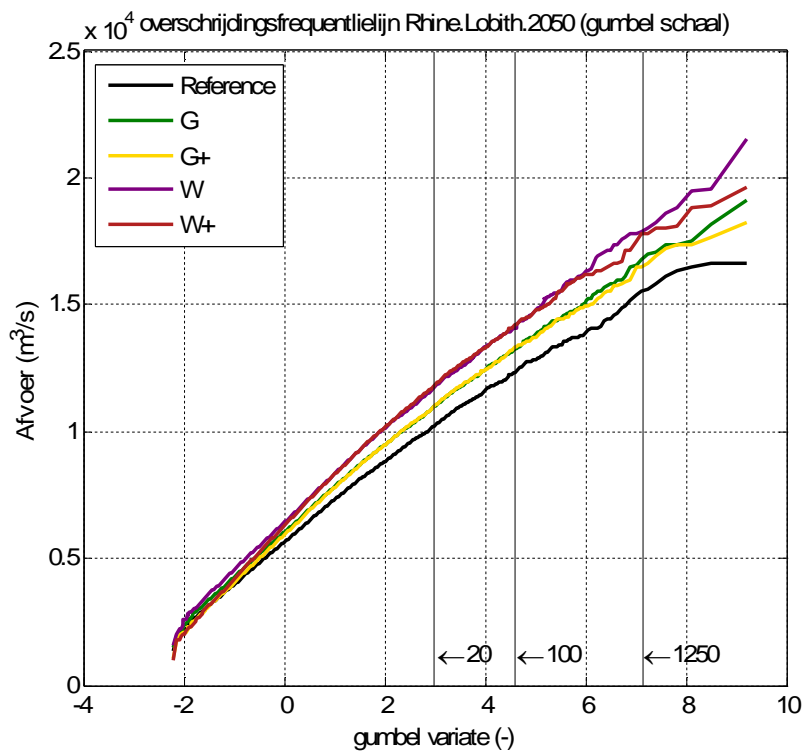
Vervolgens zijn er GEV fits door de punten geplot, hiervan is een voorbeeld gegeven in figuur 5.13. Een paar getallen dat uit deze figuren afgelezen kunnen worden staan in tabel 5.6 en 5.7.



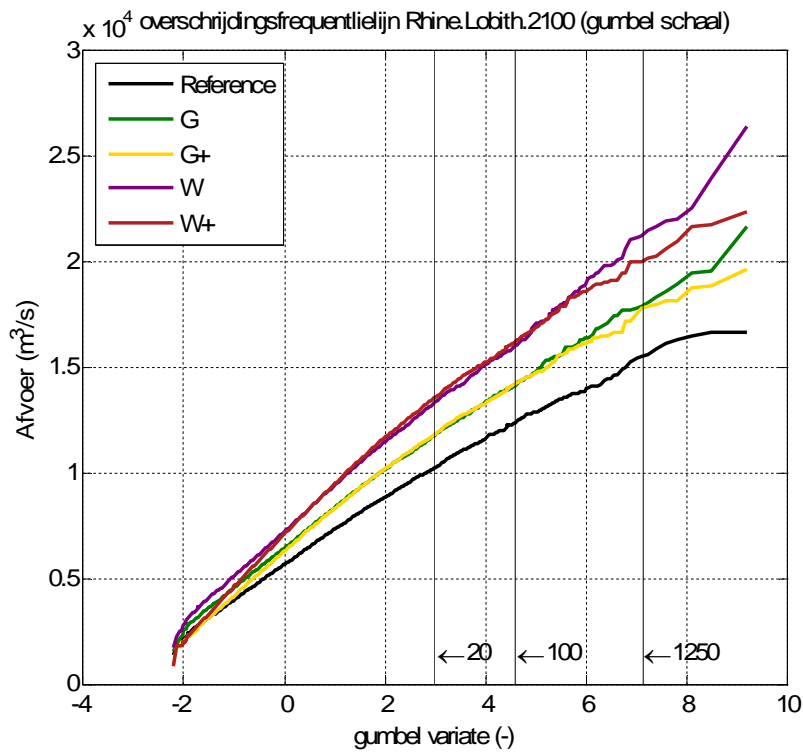
Figuur 5.7 Overschrijdingsfrequentielijn van de Rijn bij Lobith voor de referentieperiode, waarbij ook gemeten afvoeren zijn geplot (110 jaarmaxima).



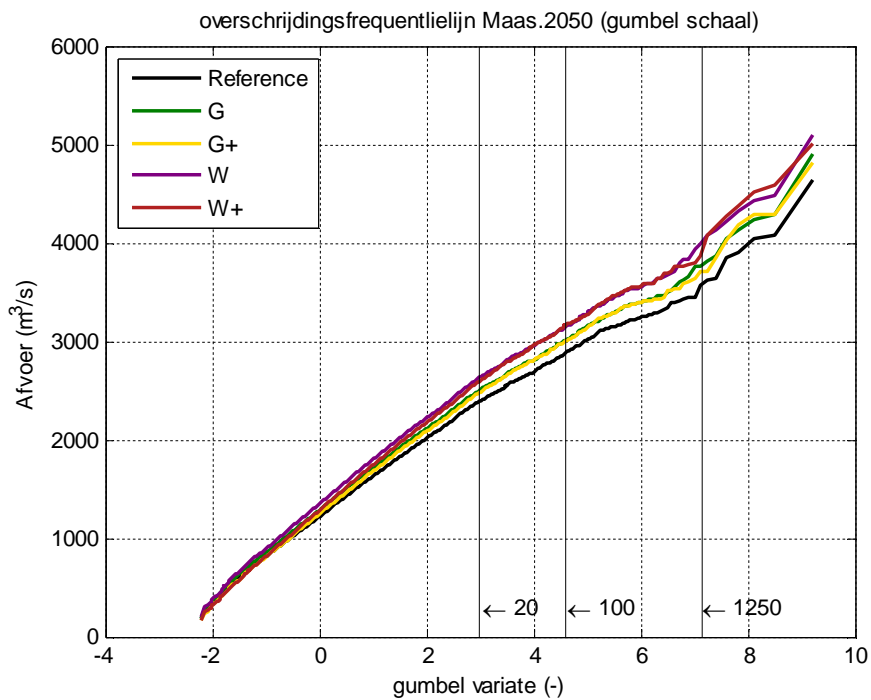
Figuur 5.8 Overschrijdingsfrequentielijn van de Maas bij Monsin voor de referentieperiode, waarbij ook gemeten afvoeren zijn geplot (110 jaarmaxima).



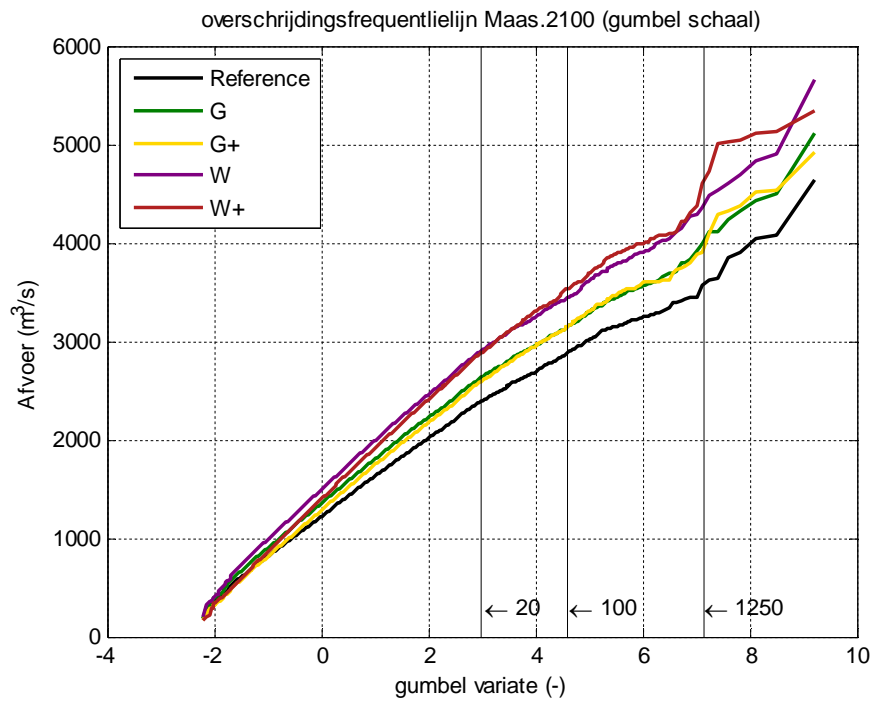
Figuur 5.9 Overschrijdingsfrequentielijn van de Rijn bij Lobith in 2050.



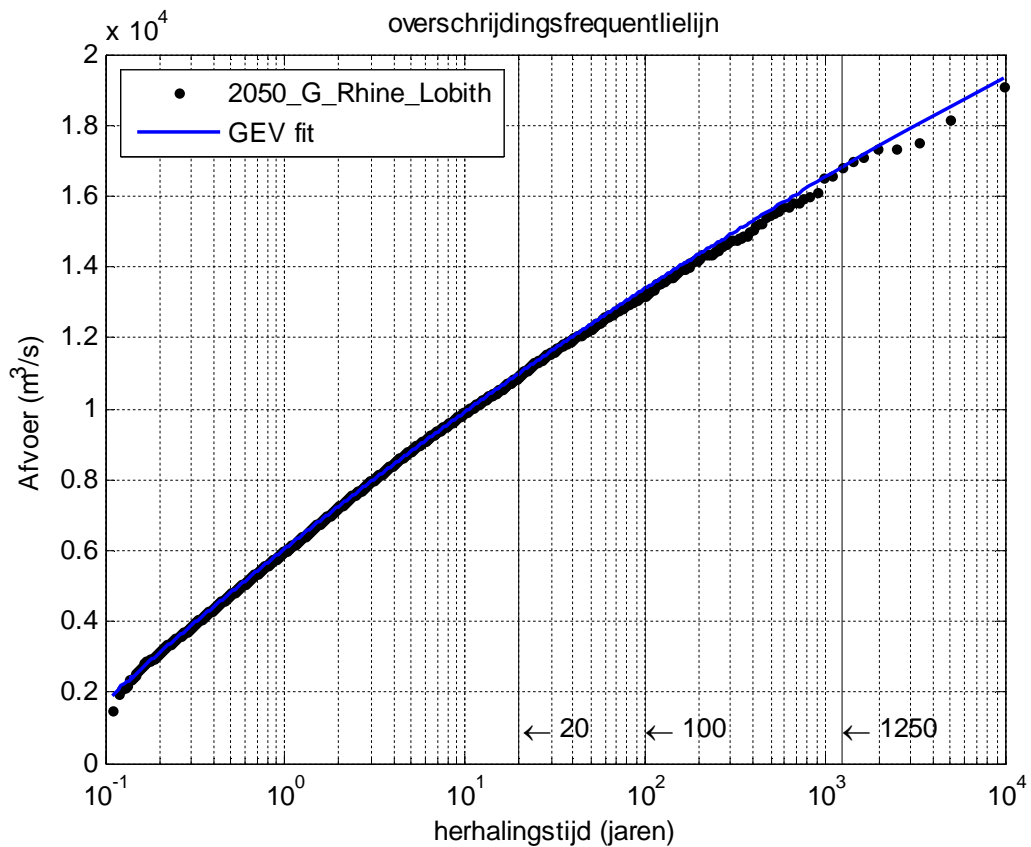
Figuur 5.10 Overschrijdingsfrequentielijn van de Rijn bij Lobith in 2100.



Figuur 5.11 Overschrijdingsfrequentielijn van de Maas bij Monsin in 2050.



Figuur 5.12 Overschrijdingsfrequentielijn van de Maas bij Monsin in 2100.



Figuur 5.13 Voorbeeld van een GEV fit door de 10.000 jaarmaxima.

5.3.5 Aftoppen van extreme afvoeren als gevolg van bovenstroomse overstromingen in Duitsland.

In de huidige situatie in het stroomgebied van de Rijn, zullen er overstromingen plaats vinden in Duitsland en Frankrijk bij afvoeren boven +/- 12.000 m³/s bij Lobith (Te Linde et al., 2010b). In een grensoverschrijdende studie van Lammersen (2004) is onderzocht wat de maximale afvoer is gegeven overstromingen in de bovenstrooms gelegen landen. Vastgesteld is dat op dit moment maximaal een afvoer van 15.500 m³/s Nederland kan bereiken. In hoeverre er in het stroomgebied van de Maas ook bovenstroomse overstromingen plaatsvinden die de afvoer kunnen aftoppen, is niet bekend.

In het werkplan van Deltascenario's is alleen voorzien in het gebruik maken van beschikbare informatie over het effect van bovenstroomse overstromingen op de maximale afvoer die Nederland kan bereiken. We geven daarom de gegevens weer zoals ze beschikbaar zijn in het rapport van de Deltacommissie (2008) (Tabel 5.8). Op basis van modeluitkomsten en overleg met betrokkenen in Duitsland heeft de Deltacommissie geconcludeerd dat het zeer onwaarschijnlijk is dat op middellange termijn afvoeren groter dan 18000 m³/s Nederland zullen bereiken (Deltacommissie, 2008). Er zijn echter te weinig gegevens beschikbaar om bij andere overschrijdingskansen dan 1/1250 per jaar afvoeren te schatten die zijn aangepast voor de effecten van overstromingen in Duitsland en Frankrijk.

De Deelprogramma's waarbij juist het effect van aftoppen belangrijk is (Deelprogramma's Rivieren en Rijnmond-Drechtsteden) zullen zelf nog een vertaalslag moeten maken op basis van de afvoeren uit de Deltascenario's. In de aanbevelingen in dit rapport (paragraaf 4.4) adviseren we om het effect van bovenstrooms overstroom verder te onderzoeken en mee te nemen in het actualiseren van de Deltascenario's.

Tabel 5.8 Piekafvoer (1/1250 per jaar) bij Lobith (m³/s) in 2050 en 2100 aangepast voor de effecten van overstromingen in Duitsland onder aanname van de dijkcondities in Duitsland in 2020 (uit: Deltacommissie, 2008).

	Referentie afvoer	2050	2100	2200
Piekafvoer (m ³ /s)	16.000	15.500 – 17.000	16.000 – 17.500	n.b.

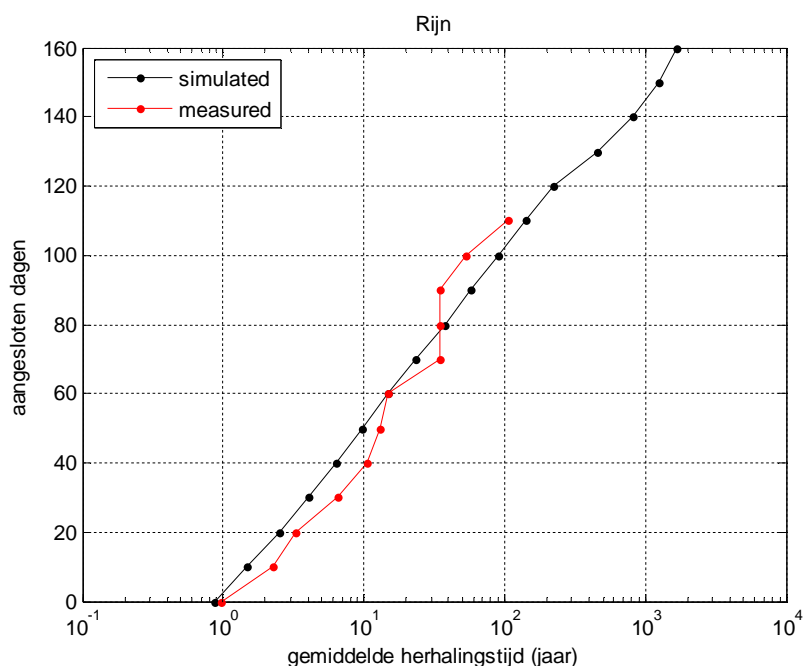
5.3.6 Duur overschrijden drempelwaarden

In figuur 5.14 tot 5.19 zijn duurlijnen weergegeven van het overschrijden van de afvoer onder een bepaalde drempel. Voor de Maas is een afvoer van 25 m³/s een kritische ondergrens, en voor de Rijn is dat 1000 m³/s (www.rijkswaterstaat.nl). In figuur 5.14 en 5.15 zijn deze figuren geplott voor de referentieperiode waarbij de gesimuleerde reeks vergeleken is met +/- 100 jaar gemeten waarden. Voor de Rijn komen deze lijnen netjes overeen (figuur 5.14). Voor de Maas [gemeten reeks nog niet beschikbaar] (figuur 5.15). De data in de overige figuren zijn gebaseerd op dagwaarden van de 10.000 jaar reeksen.

Figuur 5.16 en 5.17 laten zien dat de kans dat een afvoer lager dan 1000 m³/s voorkomt bij Lobith toeneemt in 2050 en in 2100. Bijvoorbeeld, een afvoer < 1000 m³/s met een

herhalingstijd van 10 jaar duurt nu ongeveer 10 dagen, terwijl dezelfde situatie 20 tot 40 dagen duurt in 2050 in de + scenario's, en 40 tot bijna 80 dagen in 2100 in de + scenario's.

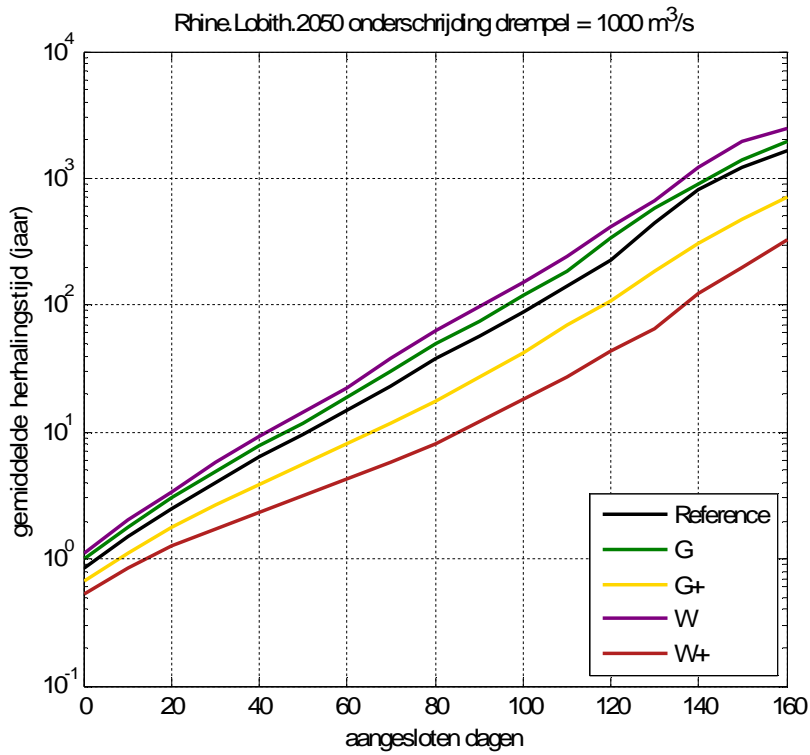
Figuur 5.18 en 5.19 laten zien dat de kans dat een afvoer lager dan $25 \text{ m}^3/\text{s}$ voorkomt bij Monsin toeneemt in 2050 en in 2100. Bijvoorbeeld, een afvoer $< 25 \text{ m}^3/\text{s}$ met een herhalingstijd van 10 jaar duurt nu ongeveer 50 dagen, terwijl dezelfde situatie 65 tot 85 dagen duurt in de + scenario's in 2050 in de + scenario's, en 85 tot 120 dagen in 2100 in de + scenario's.



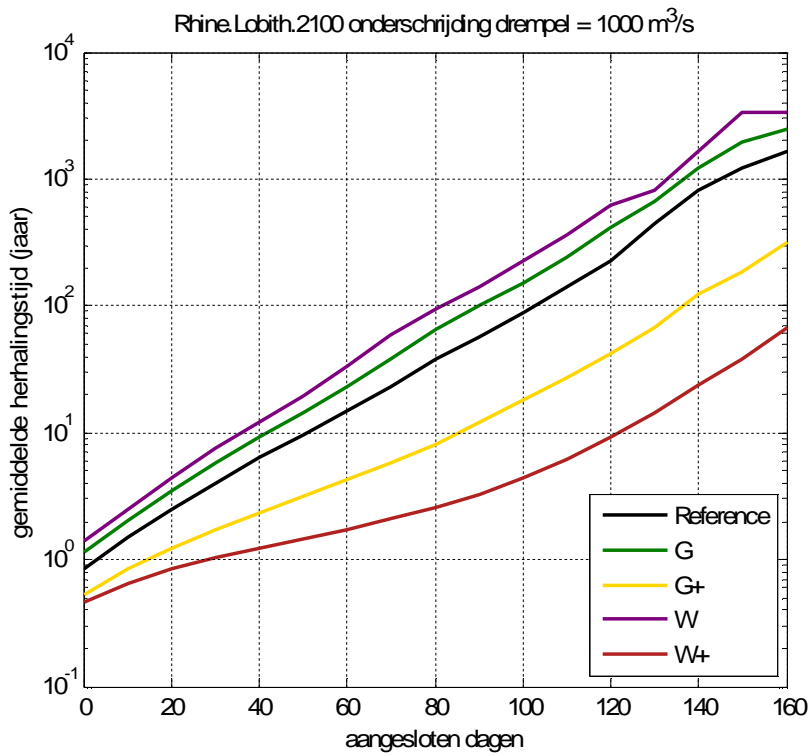
Figuur 5.14 Onderschrijdingsduur van laag water op de Rijn bij Lobith voor de referentieperiode.

[Voor de Maas is momenteel geen historische reeks voor Monsin beschikbaar die lang genoeg is.]

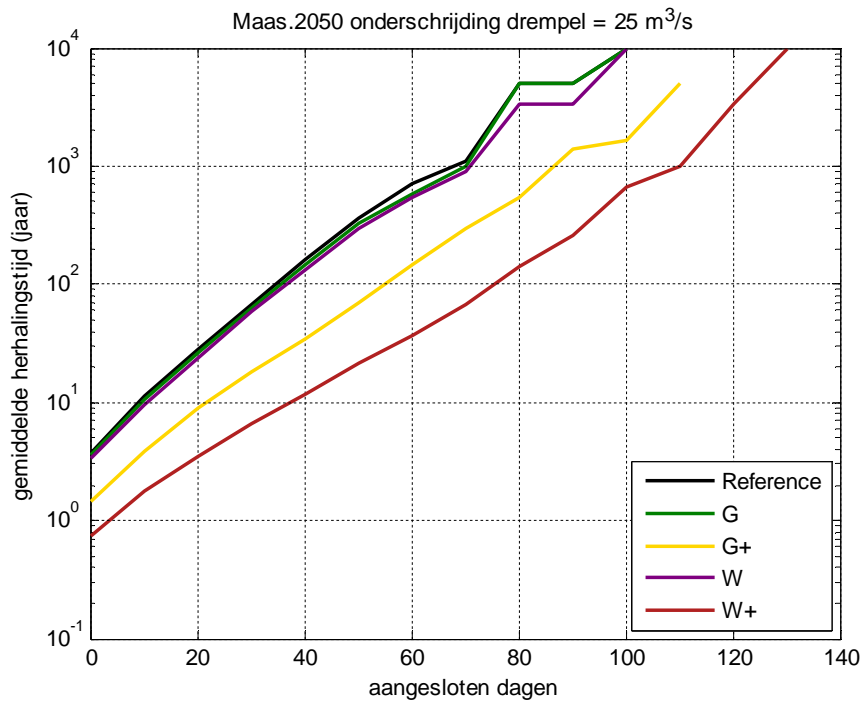
Figuur 5.15 Onderschrijdingsduur van laag water op de Maas bij Monsin voor de referentieperiode.



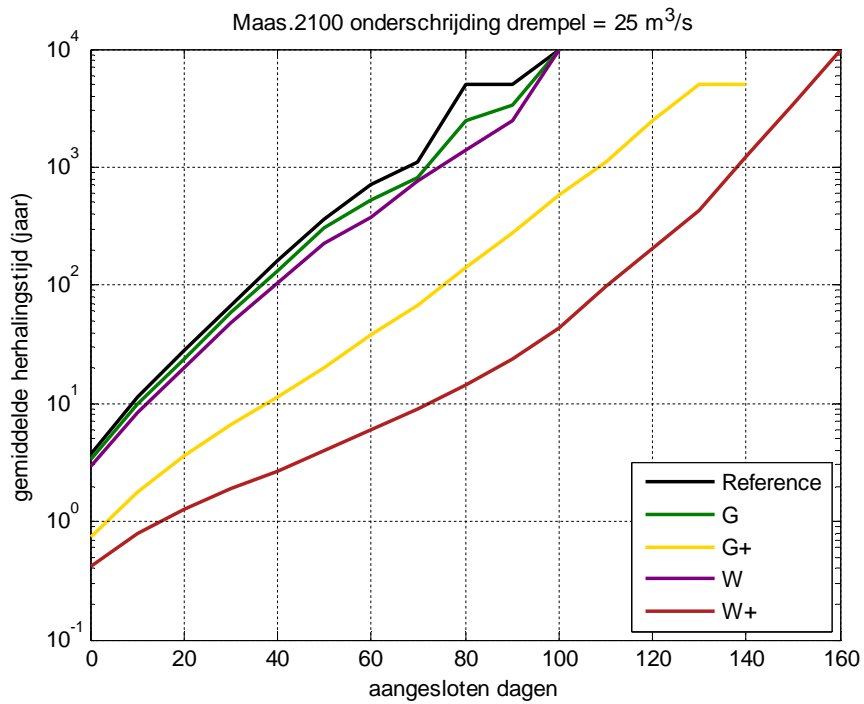
Figuur 5.16 Onderschrijdingsduur van laagwater op de Rijn bij Lobith in 2050.



Figuur 5.17 Onderschrijdingsduur van laagwater op de Rijn bij Lobith in 2100.



Figuur 5.18 Overschrijdingsduur van laagwater op de Maas bij Monsin in 2050.



Figuur 5.19 Overschrijdingsduur van laagwater op de Maas bij Monsin in 2100.

5.4 Zeespiegelstijging

5.4.1 Kentallen

De kentallen voor de vier klimaatscenario's voor zeespiegelstijging zijn weergegeven in tabel 5.9 voor 2050 en 2100 ten opzichte van 1990.

Tabel 5.9 Kentallen zeespiegelstijging (cm) (KNMI, 2006).

		G	G+	W	W+
Zeespiegel	absolute stijging - 2050	15-25 cm	15-25 cm	20-35 cm	20-35 cm
Zeespiegel	absolute stijging - 2100	35-60 cm	35-60 cm	40-85 cm	40-85 cm

5.4.2 Achtergrond informatie

Oceanen reageren traag op opwarming van de lucht. De zeespiegelstijging in de komende decennia is daardoor vrijwel ongevoelig voor de snelheid waarmee de luchttemperatuur op aarde toeneemt. Na 2050 speelt de snelheid van de opwarming van de lucht een grotere rol. Als gevolg van de na-ijl effecten in de oceanen zal de zeespiegelstijging na 2100 nog lang doorgaan, zelfs als de broeikasgasconcentraties stabiliseren. Als ook ijskappen op grote schaal gaan afsmelten wordt op een termijn van enkele eeuwen een zeespiegelstijging van enkele meters verwacht (KNMI, 2006).

De afgelopen 100 jaar is de zeespiegel langs de Nederlandse kust met ca. 20 cm gestegen. Het KNMI heeft in 2006 een tweetal scenario's voor de zeespiegelstijging voor de Nederlandse kust uitgewerkt. In een 'lage temperatuurscenario' wordt uitgegaan van een mondiale temperatuurstijging van 2 °C in 2100, in een 'hoog scenario' ('warm'-scenario) van 4 °C mondiale temperatuurstijging in 2100. Dit resulteert in een absolute zeespiegelstijging van 15 tot 35 cm in 2050 en 35 tot 85 centimeter in 2100 voor de Nederlandse kust..

5.5 Stormduur en -opzet op zee

De Nederlandse kust wordt incidenteel geteisterd door een zware storm. De combinatie van getij en stormopzet kan met een kans van eens per 10.000 jaar waterstanden opleveren van ruim 5 meter boven NAP, afhankelijk van de locatie langs de kust.

Subtiële veranderingen in de atmosfeer kunnen een grote invloed hebben op het stormklimaat. Maar het stormklimaat is van nature erg variabel en zware stormen zijn zeldzaam, waardoor trends moeilijk zijn vast te stellen. Klimaatmodellen laten zien dat de natuurlijke variaties in het stormklimaat groter zijn dan de veranderingen die door mondiale opwarming en klimaatverandering worden veroorzaakt (KNMI, 2009).

Bij wind uit noordelijke/noord-westelijke richting is de opstuwing van zeewater langs de Nederlandse kust het grootst. De voor de KNMI'06 gebruikte klimaatmodellen geven voor die windrichting geen toename van de extreme daggemiddelde windsnelheden. Daardoor zijn er geen wijzigingen opgenomen in de Deltascenario's voor stormduur en stormopzet op zee. Voor deze variabelen kan de huidige statistiek gebruikt worden, zoals beschreven in het Randvoorwaardenboek 2006 (V&W, 2007).

5.6 Bodemdaling

Bodemdaling leidt bijvoorbeeld tot relatieve zeespiegelstijging, verlies van waterberging, en het toenemen van kwel, maar kan op lokale schaal ook tot schade aan gebouwen en andere constructies leiden. Om de effecten van bodemdaling in beleid te kunnen meewegen zijn nieuwe bodemdalingskaarten gemaakt (De Lange et al., 2011).

Er zijn twee bodemdalingsscenario's beschikbaar, geen klimaatverandering en **W+Error! Reference source not found.** In het scenario zonder klimaatverandering is een verwachting gedaan bij huidige klimaatsomstandigheden van de maaiveld daling tussen heden en 2050, waarbij de grondwaterstand wordt gehandhaafd op het huidige peil door waterbeheer. Het uitgangspunt is de aanname dat de bodemdaling het directe gevolg is van het peilbeheer. In het W+ scenario is een berekening gedaan van de extra bodemdaling die te verwachten is wanneer een W+ scenario optreedt.

Tabel 5.10 Samenvatting beschikbare gegevens bodemdaling.

Periode	Scenario	Locatie
Referentiejaar: 2000 Zichtjaar: 2050	Alleen grondwateronttrekking W+	Landelijk grid, 250 x 250 m

5.6.1 Inleiding

In deltagebieden zijn de voornaamste oorzaken van bodemdaling de compactie van jonge sedimenten en het oxideren van oppervlakkig en organische lagen, door drainage. Ook het winnen van delfstoffen leidt tot bodemdaling. Bodemdaling door natuurlijke oorzaken verloopt langzamer, maar op langere termijn moet er ook rekening mee worden gehouden.

De bodemdaling in de IJsselmeerpolders wordt voor een aanzienlijk deel bepaald door de gevolgen van de drooglegging. Naast compactie en oxidatie speelt hier het rijpingsproces van de bodem een belangrijke rol. Tijdens de rijping van de in cultuur gebrachte voormalige zeebodem krimpt de bodem sterk. Aan een verbetering van de bodemdalingsprognose voor de IJsselmeerpolders wordt momenteel gewerkt door Grontmij, Deltares, TNO en Alterra. Hierover zal in augustus 2011 een rapport verschijnen.

De berekeningen zijn uitgevoerd op een 3D model van de ondergrond (De Lange et al., 2011). De reactie van de bodem op peilveranderingen worden met name bepaald door veenoxidatie (met name in west Nederland). *Zetting* van de bodem treedt op bij peilverlaging door afname van de waterdruk in het sediment, waardoor dit compacteert (bijvoorbeeld in Flevoland en de Noordoostpolder). Andere oorzaken van bodemdaling zijn tektoniek en isostatie, en olie- en/of gaswinning.

De resultaten van de berekeningen zijn weergegeven als hoogteverschillen ten opzichte van de huidige hoogte van het maaiveld, ofwel de totale bodemdaling. De getalswaarden zijn afhankelijk van de gebruikte parameters, de vereenvoudiging in het ondergrondmodel en de aannames met betrekking tot het peilbeheer en kunnen daardoor afwijken van de toekomstige werkelijkheid. De resultaten zijn echter zeer bruikbaar om de relatieve gevoeligheid voor maaiveldddaling in kaart te brengen. Stedelijk gebied is niet aangegeven. Hier zal in het algemeen de maaiveldddaling worden geremd, doordat er minder oxidatie plaatsvindt.

5.6.2 Alleen grondwateronttrekking

Figuur 5.200 laat de bodemdaling als gevolg van grondwateronttrekking in 2050 zien, indien het klimaat niet verandert (oftewel bij huidig klimaat), ten opzichte van het referentiejaar (2000). Dit impliceert dat het huidige beleid waarbij het peilbeheer de bodemdaling volgt voortgezet wordt. Een strategie kan zijn om dat niet meer te blijven doen, dus om gebieden te laten vernatten, waardoor in die gebieden de bodem niet verder daalt.

Zoals verwacht vindt de grootste maaiveldddaling plaats in de veenweidegebieden: 10 tot 50 cm, met een enkele uitschieter tot 1 m. In kleigebieden is de maaiveldddaling beperkt tot maximaal 10 cm. De zandgebieden vertonen praktisch geen maaiveldddaling.

5.6.3 W + scenario

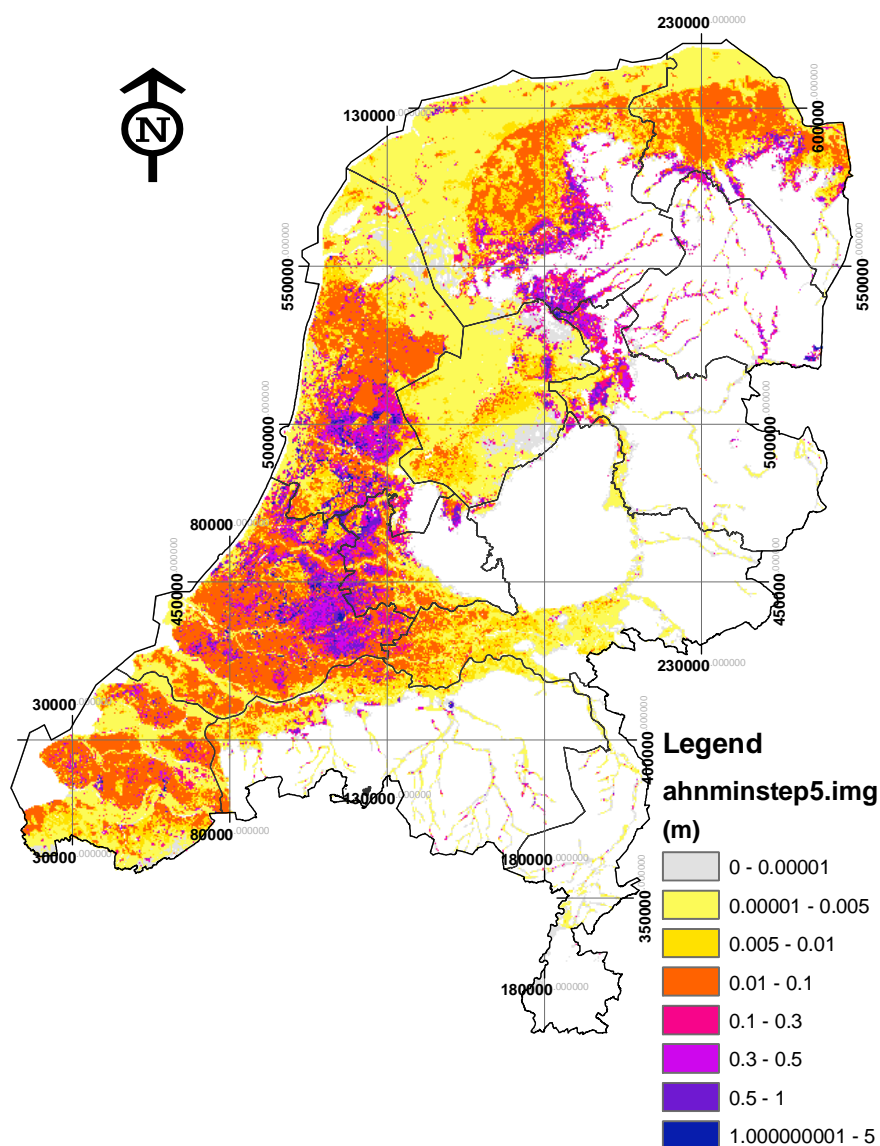
Het klimaateffect wordt het duidelijkst weergegeven door alleen de veranderingen weer te geven en deze te vergelijken met de maaiveldddaling bij huidig klimaat en onder handhaving van de grondwaterstand door peilbeheer. De verandering voor het dalingsmodel manifesteert zich in de gevolgen van de grondwaterstandverlaging en de temperatuur. De grondwaterstandverlaging wordt gegeven door het verschil tussen GLG_huidig en GLG_W+. De grondwaterstandverlaging zorgt voor een extra compactie en grotere ontwateringsdiepte van veenlagen. Laatstgenoemde veroorzaakt een extra oxidatie. De oxidatie wordt verder versterkt door de temperatuursverhoging. De extra maaiveldddaling in 2050 in W+ scenario varieert tussen de 0 en 10 cm., en is maximaal 30 cm (figuur 5.21).

De totale maaiveldddaling als gevolg van grondwateronttrekking en het klimaateffect in het W+ scenario is het opgetelde effect van de kaarten in figuur 5.20 en 5.21, en is weergegeven in figuur 5.22. Deze kaart laat meer gebieden zien met een maaiveldddaling van meer dan 50 cm dan figuur 5.20 en op sommige plaatsen een daling van meer dan 1 m.

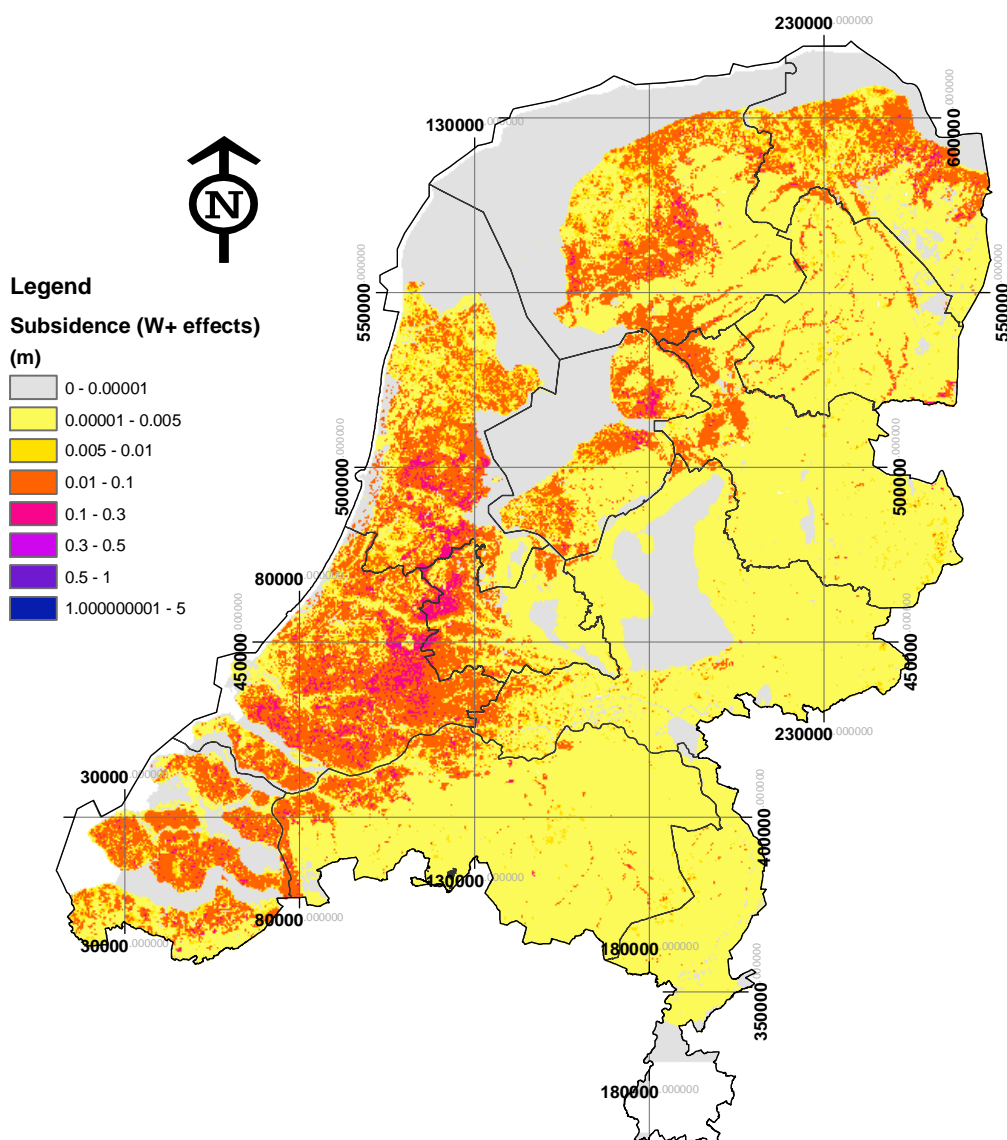
5.6.4 Bodemdaling door olie- en gaswinning

De winning van olie en gas veroorzaakt bodemdaling door compactie van de reservoirgesteenten als gevolg van de daling van de poriëndruk. Door deze compactie zakt het bovenliggende gesteente en de onverharde jongere sedimenten in. Dit uit zich in een komvormige bodemdaling. TNO heeft in 2010 de bodemdaling voor de Nederlandse gasvelden berekend. De bodemdaling is berekend voor de eindsituatie van de exploitatie van de huidige en reeds verlaten velden en is weergegeven in figuur 5.23.

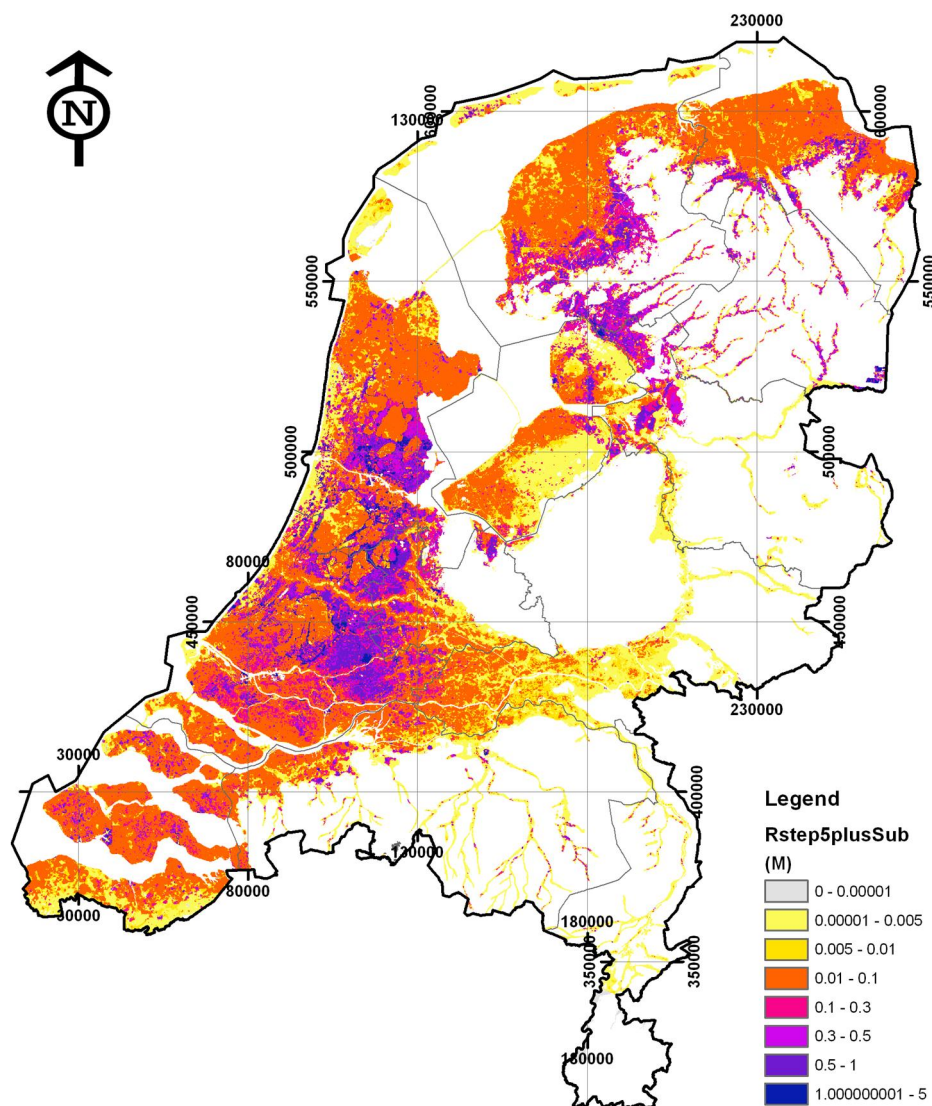
In 2050 zijn alle in productie zijnde gasvelden zijn gedepleteerd. De kaart geeft dus de situatie in 2050 weer. Geen rekening is gehouden met het gebruik van lege velden als gasopslag, hetzij van aardgas, hetzij van CO₂. Door gasopslag neemt de bodemdaling af en stijgt de bodem zelfs weer licht. De daling in de blauwe gebieden is tot 2 cm. Het diepste punt van de kom heeft een maaiveld daling van 50 cm in 2050.



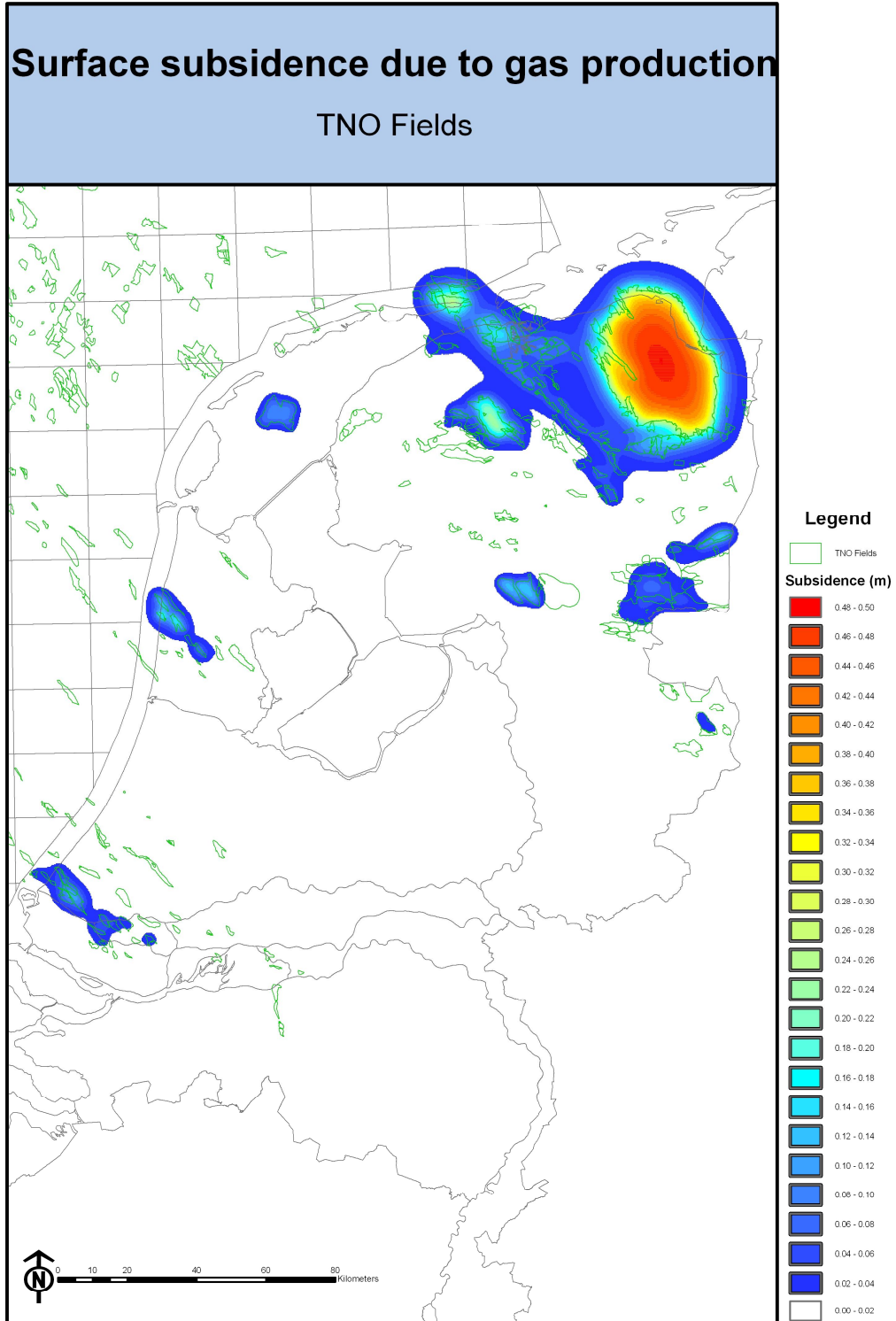
Figuur 5.20 Maaiveld daling (m) in 2050 na handhaving van huidige drooglegging bij huidig klimaat.



Figuur 5.21 Extra maaiveld daling (m) in 2050 ten gevolge van W+ scenario (verlaging GLG en hogere oxidatiesnelheid).



Figuur 5.22 Maaiveld daling (m) in 2050 na handhaving van huidige drooglegging onder het W+ scenario.



Figuur 5.23 Maaiveldaling door olie-en gaswinning.

5.7 Verzilting en verzoeting van het grondwatersysteem

5.7.1 Inleiding

In tabel 5.11 staat voor welke indicatoren, periode, scenario en locatie informatie over verzilting beschikbaar is.

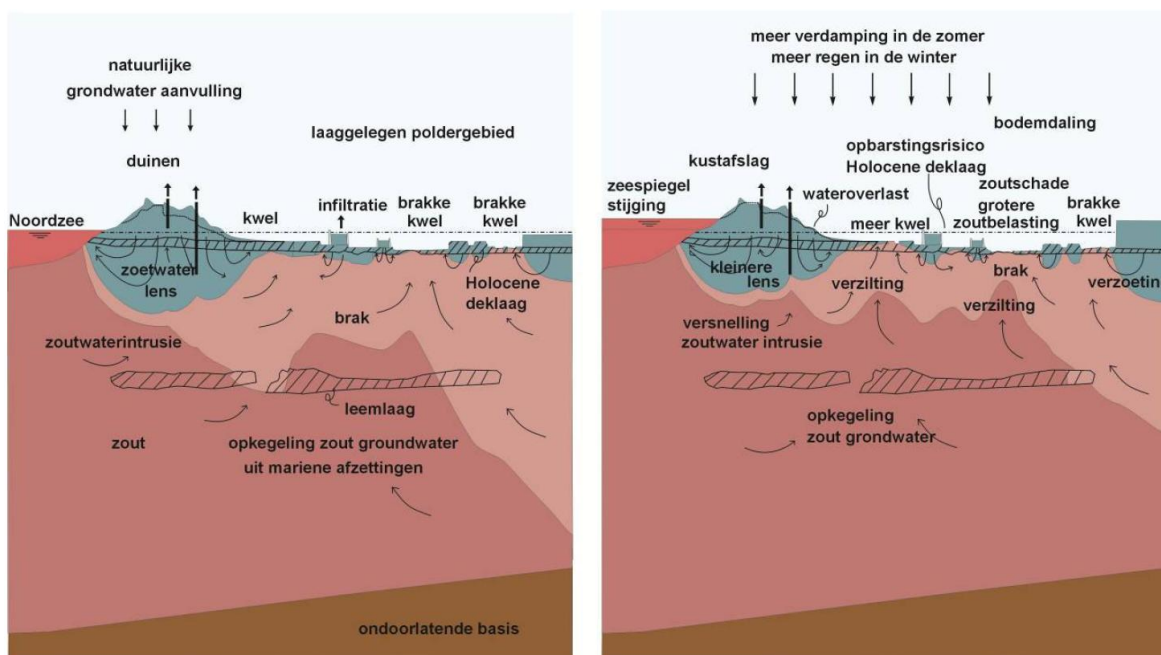
Tabel 5.11 Samenvatting beschikbare gegevens verzilting en verzoeting van het grondwatersysteem.

Indicator	Periode	Scenario	Locatie
- Chloride concentraties in de ondergrond - Kwel in infiltratie fluxen - Zoetwaterstijghoogten - Zoutvrachten naar het oppervlaktewater systeem - Volumes zoet grondwater	Jaarlijkse kaarten 2000 - 2100	Autonoom W+	Landelijk grid, 250 x 250 m

De scenario's houden het volgende in:

- Autonoom:
 - Geen zeespiegelstijging
 - Geen veranderend neerslag en verdampingspatronen
 - Geen bodemdaling
- W+ scenario:
 - Zeespiegelstijging
 - Veranderend neerslag en verdampingspatronen
 - Bodemdaling

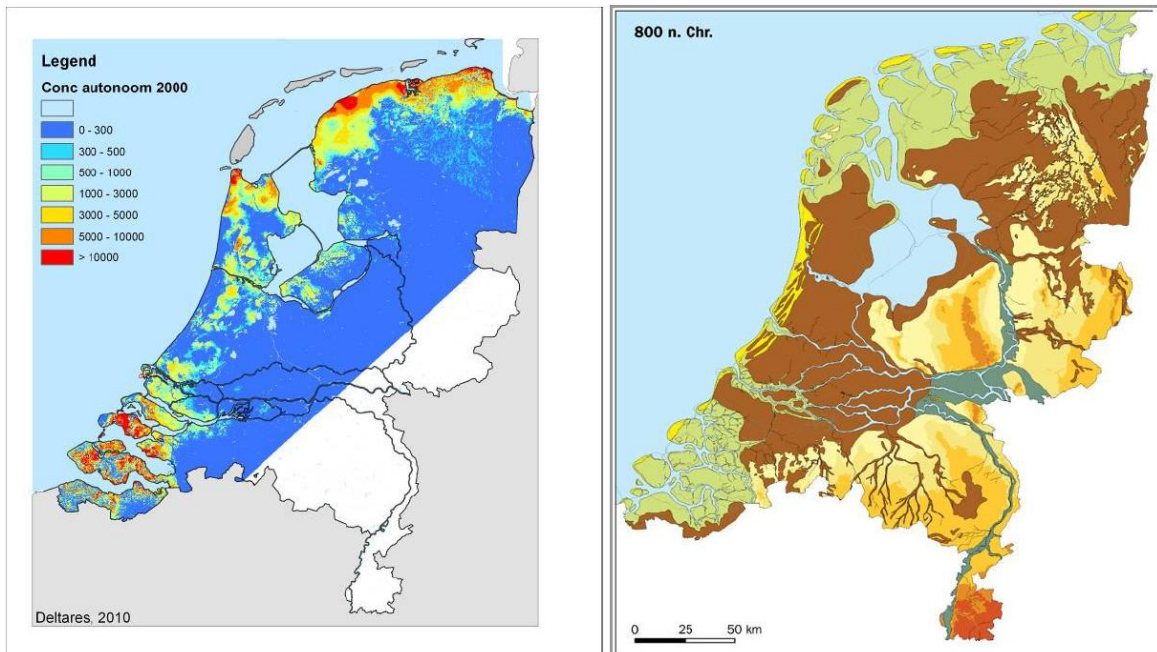
Het ondiepe grondwater in laag Nederland is op veel plaatsen brak tot zout. Dit is Noordzeewater van enkele honderden tot duizenden jaren geleden dat in de ondergrond is achtergebleven toen de zee zich uit dit deel van ons land terugtrok (Vos en Kiden, 2005). Het brakke tot zoute grondwater kan problemen veroorzaken in de vorm van zoute kwel dat 'interne' verzilting van het oppervlaktewater veroorzaakt (figuur 5.24). Hierdoor kan dit water niet meer gebruikt worden voor beregening of voor veedrenking. Het brakke tot zoute grondwater kan uiteindelijk ook de wortelzone bereiken, waardoor zoutschade aan gewassen en natuur zou kunnen optreden.



Figuur 5.24 Vereenvoudiging van het regionale grondwatersysteem in het kustgebied: a. huidige situatie, inclusief grondwateronttrekkingen en b. toekomstige situatie, met de processen die mogelijk kunnen optreden. Zoutwater intrusie vindt op regionale schaal plaats omdat het gemiddeld polderpeil enkele meters lager ligt dan het gemiddeld zeeniveau, terwijl op lokale schaal verzoeting kan optreden op de overgang van hooggelegen gebieden waar infiltratie plaatsvindt en laaggelegen droogmakerijen.

Verziltig van het oppervlaktewater kent in de tijd zowel een kortdurende (seizoen) dynamiek, door de wisselende verhouding tussen zoute kwel en zoet regenwater, als een autonoom proces over langere tijdschalen. Dit laatste wordt veroorzaakt door drukverschillen tussen lage grondwaterstanden en hoge stijghoogten in het watervoerend pakket. Dit proces is al eeuwen aan de gang: door ontwatering van de bodem, leidend tot bodemdaling (Van de Ven, 1993), en de vele inpolderingen sinds de 13de eeuw stroomt het zoute grondwater langzaam naar de oppervlakte. De komende eeuwen zal dit proces zich doorzetten, versterkt door bodemdaling, zeespiegelstijging en klimaatverandering (Oude Essink, 1996).

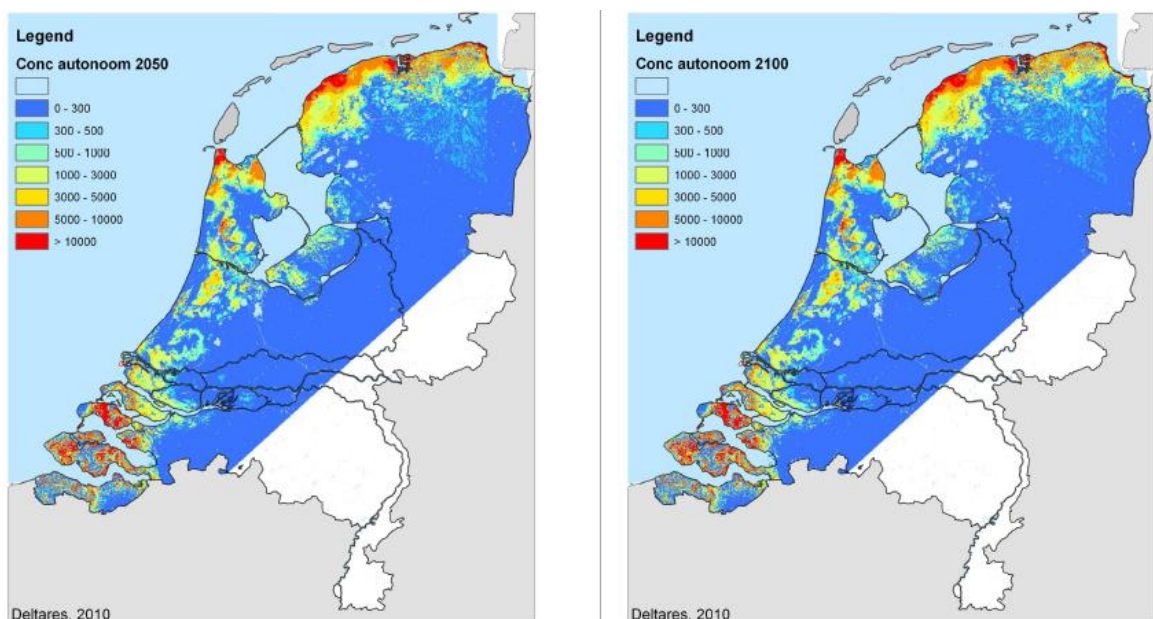
Figuur 5.25 laat de huidige zoet-zoutverdeling in de ondergrond ter hoogte van de onderkant van de Holocene deklaar zien. Duidelijk is te zien dat er drie dominante zoute gebieden zijn: Zeeland, Kop van Noord-Holland en Noord-Nederland. Er is een sterke correlatie tussen de mariene transgressies tijdens het Holocene verleden, waarbij het zeewater kon infiltreren in de onderliggende zandpakketten, en de huidige zoet-zoutverdeling in de ondergrond in het kustgebied.



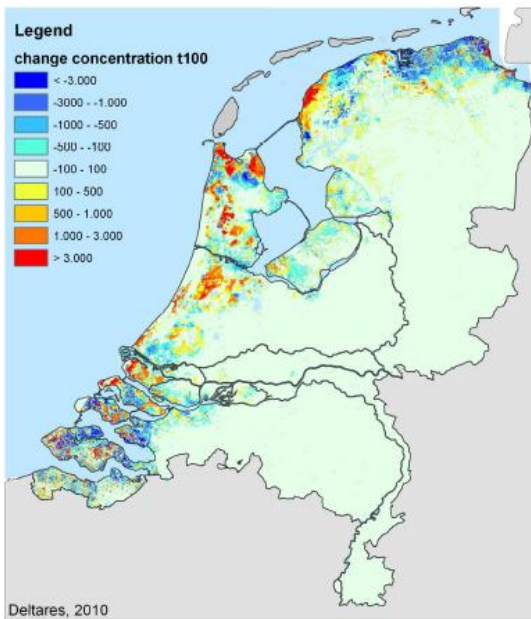
Figuur 5.25 a: Huidige (2000 AD) chloride concentratie verdeling onderkant deklaag, gebaseerd op metingen. De blauw-witte diagonale lijn geeft de grens van het model aan. b: De Holocene transgressie van 800 AD: bruin = veen, geel = (duin)zand, groen = getijde gebied waar zout oppervlaktewater aanwezig is.

5.7.2 Autonomo scenario

Figuur 5.26 en 5.27 tonen de toename van de verzilting onder het autonome scenario, hetgeen inhoudt dat er geen randvoorwaarden zoals neerslagpatronen en zeespiegelniveau veranderen. De zoutvracht naar het oppervlaktewater zou hierdoor – afhankelijk van de beschouwde locatie – kunnen verdubbelen in 2100 (zie ook: Oude Essink et al., 2010).



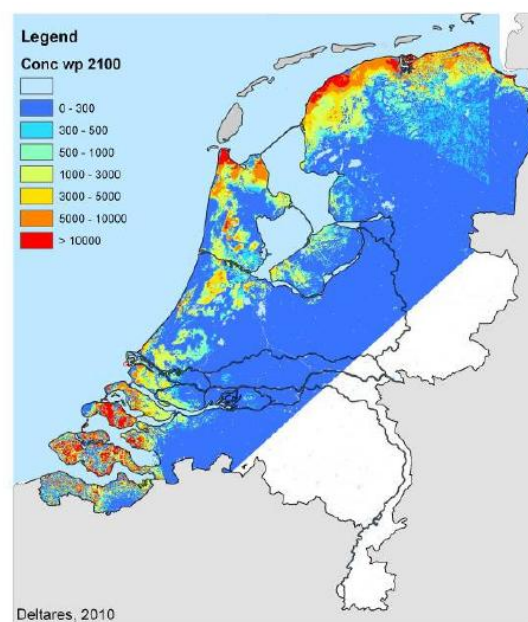
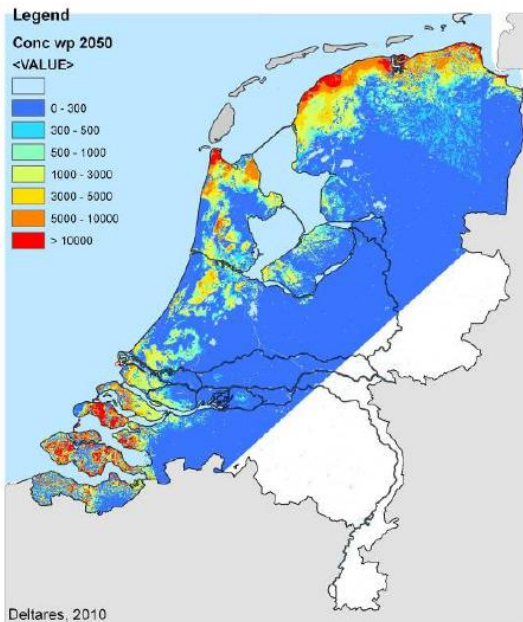
Figuur 5.26 Chlorideconcentratie onderkant deklaag in 2050 en 2100 onder het autonome scenario.



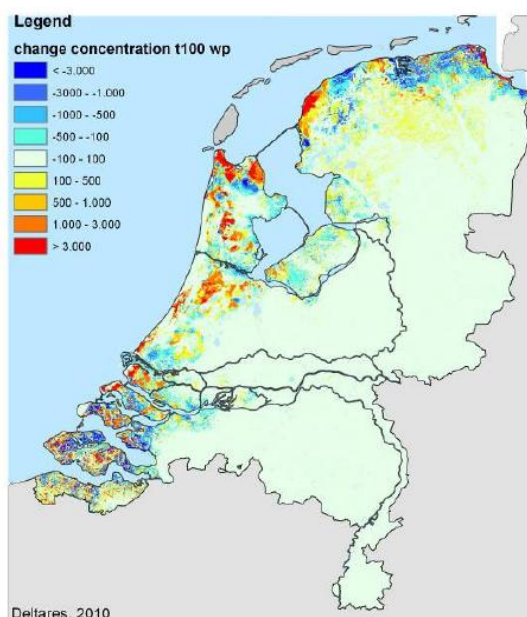
Figuur 5.27 Verandering in chlorideconcentratie onderkant deklaag in 2100 onder het autonome scenario.

5.7.3 W+ scenario

Figuur 5.28 en 5.29 tonen de toename van de verzilting onder het W+ scenario.

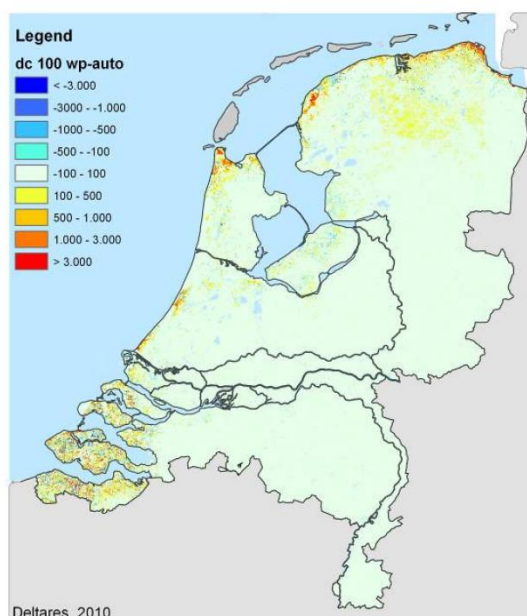


Figuur 5.28 Chlorideconcentratie onderkant deklaag in 2050 en 2100 onder het W+ scenario.



Figuur 5.29 Verandering in chlorideconcentratie onderkant deklaag in 2100 onder het W+ scenario.

Tenslotte toont figuur 5.30 de extra toename van de verzilting onder het W+ scenario ten opzichte van het autonome scenario, over 100 jaar. De verschillen tussen de scenario's lijken significant kleiner te zijn dan de verschillen als een functie van de tijd. Met andere woorden: het autonome verziltingsproces is dominant ten opzichte van het verziltingsproces door klimaatverandering en zeespiegelstijging.



Figuur 5.30 Verschil in chloride concentratie verdeling onderkant deklaag tussen W+ en autonoom over 100 jaar

Regionale toepassing

De kaarten geven een ruw beeld van de verzilting en verzoeting in Nederland tot nationale schaal. Voor de subregionale en lokale schaal zijn deze resultaten te grof, omdat daar lokale

processen het systeem complexer maken. Binnen verschillende onderzoeksprogramma's wordt dit verder onderzocht (o.a. het Kennis voor Klimaat programma).

De stappen die doorlopen zijn om verziltingsscenario's onder klimaatverandering te berekenen, en de resultaten, zijn in meer detail beschreven in Oude Essink en Verkaik (2010).

6 Deltascenario's en socio-economische ontwikkelingen tot 2050

6.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt de bandbreedte van de sociaaleconomische ontwikkelingen tot 2050 beschreven voor zover relevant voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening. De verhaallijnen en de demografische en economische getallen zijn gebaseerd op de WLO-studie (Janssen et al. 2006). De geschetste ruimtelijke ontwikkelingen zijn gebaseerd op voorlopige uitwerkingen van desbetreffende WLO-scenario's in de nog te verschijnen PBL-studie 'Ruimtelijke Verkenningen'⁹. De werkwijze, met daarin de keuze van uitgangspunten en drijvende krachten, is weergegeven in hoofdstuk 2 van dit rapport.

De vraag die hier wordt verkend is welke plausibele (coherente, voorstelbare) sets van deze maatschappelijke en sociaaleconomische ontwikkelingen er tot 2050 kunnen plaatsvinden. Inzicht in deze ontwikkelingen geeft ons de mogelijkheid om mogelijke consequenties voor het waterbeheer tijdig in te zien. In dit hoofdstuk wordt slechts een globale indicatie gegeven van die mogelijke consequenties. Voor een gedetailleerde uitwerking van mogelijke knelpunten verwijzen we naar de analyses die in 2011 worden gemaakt in het kader van het deltaprogramma op basis van deze scenario's.

6.1.1 Focus en uitgangspunten

Hoe verder de tijdshorizon en hoe groter het (ruimtelijke) detailniveau, hoe groter de onzekerheid. De focus van dit hoofdstuk is op de middenlange termijn (2050)¹⁰. Zoals in hoofdstuk twee werd aangegeven is uitgegaan van de sociaaleconomische ontwikkelingen van het hoge groei scenario 'Global Economy' (GE) en het lage groei scenario 'Regional Communities' (RC) die werden geschetst in de studie Welvaart en Leefomgeving van de gezamenlijke planbureaus (CPB, RPB en MNP) (Janssen et al, 2006) en de Ruimtelijke Verkenningen van het PBL.

Het resultaat is een schets van de ruimtelijke dynamiek van vooral stedelijke functies (wonen, werken) die zich in de brede context (verhaallijnen) van betreffende WLO-scenario's mogelijk voordoet. Zoals toegelicht in de achtergrondnotie bij dit rapport wordt niet ingezoomd op de ruimtelijke doorwerking hiervan op lokaal niveau (Rijken et al., 2011). Dit wordt overgelaten

⁹ De opgaven voor de scheepvaart en drink- en proceswater zijn per WLO-scenario doorgerekend door resp. Ecorys (2005) en KIWA (2010). Gegevens betreffende de scheepvaart zijn berekend met het zogenaamde BIVAS-model. Dit model is ontwikkeld door Deltares, Charta en DVS. BIVAS is het binnenvaartanalyse systeem dat de effecten van droogte (lage waterstanden) op de scheepvaartsector berekent. Dienst Verkeer en Scheepvaart van Rijkswaterstaat heeft de WLO-scenario's door Ecorys in 2005 laten doorvertalen naar de scheepvaartsector met betrekking tot scheepsvloot, locatie van havens en herkomst-bestemmings relaties. In 2009 heeft daar een update van plaatsgevonden. Deze laatste gegevens worden in de deltascenario's gebruikt. Het betreft gegevens voor het jaar 2040. Om consequent te blijven, nemen we aan net als bij de ruimtelijke gegevens van het PBL, deze cijfers 'opgerekt' kunnen worden tot 2050

¹⁰ Zoals in hoofdstuk twee al werd aangegeven wordt voorlopig gebruik gemaakt van simulaties en veronderstellingen voor het jaar 2040. In de vervolgfase wordt bij voorkeur gebruik gemaakt van simulaties en veronderstellingen m.b.t. 2050.

aan regionale deskundigen. Zoals in dezelfde notitie wordt benadrukt is de zeer gedetailleerde, lokale informatie (ruimtegebruik per functie per ha) die in januari 2011 via het Deltaportaal werd ontsloten dan ook indicatief. Hetzelfde geldt voor de uitwerkingen op het niveau van *local surface water units*¹¹ (lsw-regio's) die hieronder de revue passeren.

6.1.2 Overzicht

De primaire focus van dit hoofdstuk is dus op de beschrijving van de regionale ruimtelijke dynamiek van functies (wonen, werken, natuur, landbouw) die mogelijk voortkomt uit de overkoepelende sociaaleconomische scenario's GE en RC. Paragraaf 6.2 gaat eerst in op de relevantie van de ruimtelijke dynamiek in relatie tot economische functies voor het waterbeheer. Paragraaf 6.3 beschrijft kort de kenmerken van de oorspronkelijke WLO-scenario's. Paragraaf 6.4. en 6.5 beschrijven de uitwerking van de regionale ruimtelijke dynamiek voor twee scenario's, onderscheidend naar 'hoge groei' en 'lage groei', en geven een indicatie van mogelijke consequenties voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening.

6.2 Ruimtelijke dynamiek in relatie tot waterbeheer

6.2.1 Stedelijk gebied

In dit rapport wordt stedelijk gebied grofweg gedefinieerd als de ruimte die wordt ingenomen door de functies wonen, werken en infrastructuur. In deze exercitie wordt gemakshalve ook de glastuinbouw en de intensieve veehouderij tot het stedelijke gebied gerekend. Wat deze verschillende functies gemeenschappelijk hebben is het belang dat zij stellen in waterveiligheid. Betreffende functies hebben een hoge economische waarde per vierkante meter en/of een hoge bevolkingsconcentratie. Hoewel onderling verschillend, zijn ook de voorzieningen die deze functies nodig hebben ten aanzien van zoetwatervoorziening anders dan die van de overige categorieën die hier worden onderscheiden (natuur, grondgebonden landbouw).

Waterveiligheid

In Nederland is de mate van beschermingsniveau voor overstromingen genormeerd. Hoe groter de bevolkingsdichtheid of economische waarde binnen een dijkkring, hoe hoger de veiligheidsnormen. In de regel heeft stedelijk gebied hiermee een hoger beschermingsniveau nodig dan landelijk gebied. In Nederland gelden op dit moment (2011) vier verschillende normen voor de primaire waterkeringen. De Randstad heeft het hoogste beschermingsniveau. De zogenaamde 'overschrijdingskans' is daar maximaal 1/10.000 jaar. Langs de bovenrivieren geldt daarentegen een norm van 'slechts' 1/1250. Vooral binnen dijkkringen waar thans een relatief lage veiligheidsnorm geldt, kan verdichting of een toename van het oppervlakte stedelijk gebied in de toekomst een hoger beschermingsniveau vergen. Op plekken waar het vereiste veiligheidsniveau anno 2011 al behoorlijk hoog is (dijkkring 14) zal dit veel minder snel het geval zijn.

¹¹ LSW staat voor Local Surface Water units. Deze indeling bevat 63 gebieden die redelijk homogeen zijn met betrekking tot water, landgebruik en bodem. De indeling is gemaakt op basis van ervaringen in de Droogtestudie, en in aansluiting op ontwikkelingen rond het rekeninstrumentarium (van PAWN naar NHI: Nationaal Hydrologisch Instrumentarium, met de bijbehorende effectmodules zoals AGRICOM) en te gebruiken in de studie naar zoetwatervoorziening in het kader van het Deltaprogramma.

Drink- en proceswater

Het stedelijke gebied stelt ook eisen aan het watersysteem met betrekking tot de voorziening van drink- en proceswater. Deze is thans in handen van circa tien verschillende waterbedrijven, die op jaarbasis samen meer dan 1200 miljoen liter water onttrekken (Baggelaar et al., 2010). De drie belangrijkste watergebruikers: 1) huishoudelijke gebruikers; 2) klein-zakelijke gebruikers, en; 3) groot-zakelijke gebruikers. Met ca. 70% van het totale gebruik nam de huishoudelijke gebruiker in 2007 het hoogste aandeel voor zijn rekening. Het groot-zakelijke en klein-zakelijke gebruik volgden met ca. 15% en 10%. In hetzelfde jaar vond ruim 55% van de totale wateronttrekking voor drinkwatervoorziening plaats uit grondwater, ca. 40% uit oppervlaktewater, en 5% uit oevergrondwater of natuurlijk duinwater. Hogere watervraag betekent een hogere wateronttrekking. Hierdoor kunnen zich (lokaal) knelpunten gaan voordoen in beschikbaarheid – zeker waar en wanneer er sprake is van concurrentie met andere functies. De eisen zijn afhankelijk van (regionale) bevolkingsomvang, -dichtheid en gebruik per persoon, of – waar het proceswater betreft – economische structuur en gebruik per eenheid product. Hoe hoger de regionale of lokale vraag en economische waarde van de functies in kwestie, hoe groter de opgave voor de zoetwatervoorziening.

Energie en koelwater

Koelwater is voor bepaalde industrieën en voor energiecentrales onmisbaar voor het koelen van productieprocessen. Hiertoe onttrekken betreffende sectoren (zoet)water uit hun omgeving. Nadat het koelwater haar functie in het productieproces heeft volbracht, wordt het opgewarmde water afgevoerd naar het oppervlaktewater. Afhankelijk van onder andere de oorspronkelijke temperatuur van dit water stijgt hiermee de temperatuur. Wanneer hiermee gestelde normen met betrekking tot deze temperatuurstijgingen worden overschreden, volgt een (tijdelijk) verbod. Het productieproces (bijvoorbeeld energieproductie) stagneert. Hoe hoger de energieproductie in een bepaald sociaaleconomisch scenario, en hoe hoger daarbij het (strategische) belang van betreffende vorm van koeling, des te hoger de opgave voor het watersysteem.

Hittestress en wateroverlast

Steden kunnen tot slot aanzienlijke schade ondervinden door wateroverlast. Tegelijk vragen deze gebieden mogelijk om oppervlaktewater ter voorkoming van hittestress. Vooral in scenario's waarin zich meer hete(re) dagen voordoen en alternatieve methoden om hittestress te voorkomen ontbreken is de beschikbaarheid van stedelijk oppervlaktewater belangrijk. Speciaal in laaggelegen gebieden vergt het stedelijk gebied op dit moment een nauwkeurig beheer van het peil van grond- en oppervlaktewater, om schade aan bebouwing bij droogte en wateroverlast te voorkomen. De condities voor wateroverlast, grondwaterpeil en (vooral) hittestress zijn in vergelijking met waterveiligheid zeer locatiespecifiek. Hetzelfde geldt voor de kansen dan wel opgaven voor het (hoofd)watersysteem die hieruit voortvloeien. Zoals in de inleiding al werd aangegeven wordt de zeer onzekere lokale uitwerking van de scenario's overgelaten aan regionale experts. Daarom wordt in dit hoofdstuk niet verder hierop ingegaan.

6.2.2 Landelijk gebied

Zoetwatervoorziening en landbouw

Onder landbouw wordt in dit kader de grondgebonden landbouw verstaan (akkerbouw, vollegrondstuinbouw, grondgebonden veeteelt, kwekerijen, etc.). De economische waarde van deze functies is per vierkante meter substantieel lager dan de waarde van de stedelijke functies. Van alle sectoren heeft de grondgebonden landbouw in Nederland daarentegen wel veruit de grootste zoetwatervraag. Opgaven met betrekking tot het watersysteem betreffen dus vooral de zoetwatervoorziening.

De landbouw in Nederland kent een productiesysteem dat sterk geoptimaliseerd is met betrekking tot bodem en hydrologie. Desondanks (of juist daarom) bestaat er binnen deze sector een sterke afhankelijkheid van bodemcondities en water. Zo kunnen in *droge* tijden op bepaalde plekken snel watertekorten optreden. Naast deze kwantitatieve tekortkomingen kunnen zich ook kwalitatieve onvolkomenheden voordoen. Zo kan in *verzilte* gebieden een te hoog zoutgehalte van het bodemvocht optreden. Gewasgroei en, dus, gewasproductie is in deze omstandigheden suboptimaal. Bij langdurig suboptimale condities kunnen planten zelfs afsterven. In de Droogtestudie Nederland (Klopstra, Versteeg et al., 2005) is de langdurige droogteschade van de landbouw bepaald op gemiddeld 180 miljoen euro. In een droog jaar valt de schade hoger uit.

Noodzaak en (kosten van) de beschikbaarheid van zoetwater verschillen per locatie/regio, per gewas/functie en de productietechniek/bedrijfsvoering van de boer. Over het algemeen geldt dat hoe groter de (regionale) *omvang* van de landbouwsector, of hoe groter de *kwetsbaarheid* van de gewassen voor veranderende condities, of hoe hoger de economische dan wel maatschappelijke *waarde* die aan deze gewassen wordt toegekend, des te hoger de eisen die worden gesteld aan het watersysteem. Ruimtelijke *versnippering* dan wel clustering van verschillende resp. overeenkomstige gewassen en functies kan de lokale of regionale eisen aan het watersysteem vergroten.

Zoetwatervoorziening en natuur

Net als in het geval van landbouw zijn voor ieder type natuur specifieke condities van belang. Factoren die relevant zijn: *waterdiepte*, *waterstroming*, structuur van *waterbodem* en *oevers*. Langs de rivieren gelden verder omgevingsfactoren als *overstromingsduur*, *-diepte*, en *– frequentie*. In het geval van kustnatuur zijn vooral de *hydro- en morfodynamiek* van belang. Ook hier geldt over het algemeen dat hoe kwetsbaarder het natuurtipe (of de combinatie hiervan in een complex ecosysteem), en hoe groter de waarde die hieraan wordt toegekend, des te groter de potentiële opgaven voor het watersysteem.

Afhankelijk van regio/locatie en de typen natuur en gewas in kwestie kan er grote concurrentie bestaan tussen de eisen die landbouw stelt aan haar waterhuishoudkundige omgeving, en de wensen die de natuur hieraan stelt. Verschillende gewassen en natuurtypen strijden in een dergelijke situatie om hetzelfde schaarse aanbod van zoetwater of condities. Daarentegen kunnen de eisen die deze functies stellen aan hun omgeving ook verschillen. Gewas x gedijt bijvoorbeeld optimaal bij grondwaterstand a, terwijl gewas y juist behoefte heeft aan peil b. Natuurtipe z op zijn beurt mogelijk juist behoefte aan fluctuerende grondwaterstanden. Het moge duidelijk zijn dat hoe groter de ruimtelijke clustering (in het geval van concurrerende vraag om dezelfde middelen) of *versnippering* (in het geval van strijdende belangen), hoe groter de opgaven voor het watersysteem.

6.2.3 Scheepvaart

Ook voor de scheepvaart is water van groot belang. Het centrale criterium is de *bevaarbaarheid* van waterwegen. Bevaarbaarheid wordt deels bepaald door de kenmerken van het vaartuig en haar lading (o.a. omvang en gewicht). Gegeven deze kenmerken wordt de bevaarbaarheid van een waterweg of haven bepaald door (fluctuaties in) waterstanden en diepte. Lage waterstanden leiden bijvoorbeeld tot diepgangproblemen bij schepen. Hierdoor moet de laadfactor van de schepen omlaag worden bijgesteld, waardoor vervolgens meer schepen nodig om dezelfde hoeveelheid vracht te verschepen. Dat leidt tot hogere kosten. Over het algemeen geldt dat hoe hoger de stijging van het handelsvolume (en de waarde ervan) dat via Nederlandse havens en rivieren wordt getransporteerd, en hoe groter de

minimale omvang en het gewicht van de schepen waarmee deze vracht kosteneffectief kan worden vervoerd, des te groter het belang van bevaarbaarheid en, dus de onderhoudsopgave voor de waterbeheerder.

6.3 WLO-scenario's

De WLO-scenario's zijn gebaseerd op twee sleutelonzekerheden, nationalisering versus internationalisering enerzijds en publiek versus privaat anderzijds (figuur 6.1)

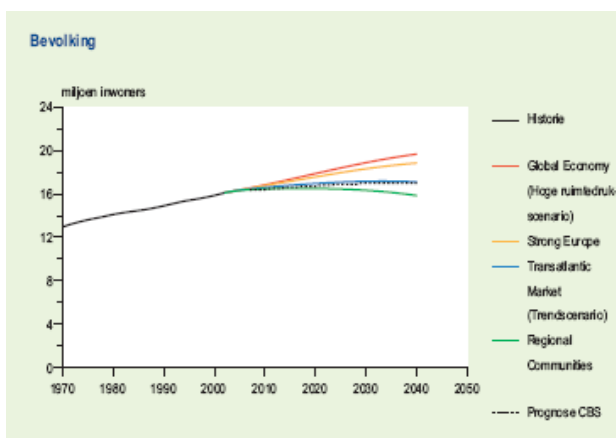


Figuur 6.1 Het assenkruis met de twee sleutelonzekerheden: nationaal vs. internationale samenwerking en publiek vs. Privaat (Janssen et al. 2006).

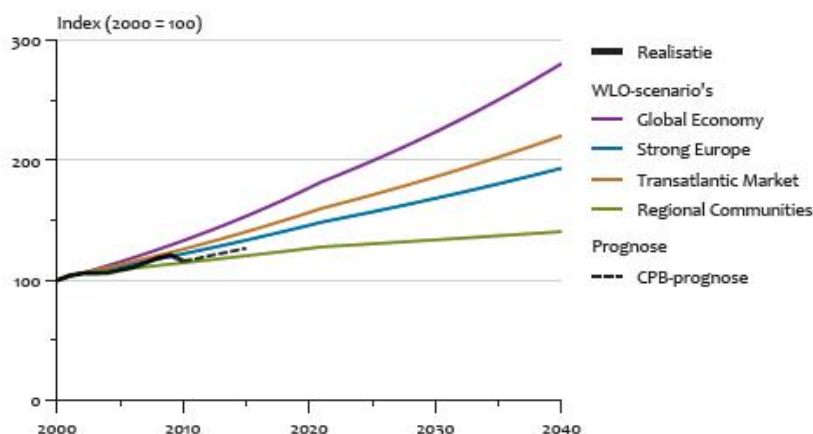
Deze scenario's bestrijken de periode 2006 - 2040. Volgens een recente publicatie van het Planbureau voor de Leefomgeving is ondanks de economische crisis de bandbreedte in de scenario's met betrekking tot bevolkingsomvang en economische groei nog steeds voldoende om de robuustheid van beleid aan te toetsen (Hilbers en Snellen 2010). In 2010 heeft het Planbureau voor de Leefomgeving in het kader van de Ruimtelijke Verkenningen de sociaaleconomische gegevens vertaald naar veranderingen in het landgebruik in Nederland.

De sociaaleconomische ontwikkelingen die in de WLO zijn meegenomen en die relevant zijn voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening zijn: verstedelijking, landbouw, natuur, scheepvaart, koelwater en drink- en proceswater. Hieronder wordt ingegaan op de relevantie van deze thema's. Voor een uitgebreide beschrijving van de relatie tussen de landbouw, natuur, koelwater, drinkwater en proceswater en wateropgave wordt verwezen naar de Landelijke studie zoetwater (Van Velzen et al, in voorbereiding).

Binnen de WLO-scenario's wordt de bandbreedte bepaald door het scenario Global Economy en het scenario Regional Communities. Zo neemt de bevolkingsomvang van Nederland in het GE-scenario toe tot bijna 20 miljoen inwoners en blijft die voor Regional Communities redelijk stabiel rond de 16 miljoen, waarbij omstreeks 2020 een lichte daling inzet (figuur 6.2). Ook de bandbreedte in termen van economische groei wordt bepaald door GE en RC, namelijk een groei van het BBP per hoofd van de bevolking tot 221 in Global Economy en 133 in Regional Communities, wanneer we het niveau van 2003 op 100 indexeren (zie ook figuur 6.3).



Figuur 6.2 Bevolkingsontwikkeling in Nederland volgens de vier WLO-scenario's en de bevolkingsprognose van het CBS (Kuijpers 2007)



Figuur 6.3 Economische groei in de WLO –scenario's (Hilbers en Snellen 2010)

Ook de verstedelijking neemt het sterkst toe in het scenario Global Economy en het minst in Regional Communities. Aangezien de bevolkingsomvang en economische waarde in principe bepalend zijn voor het vereiste beschermingsniveau, wordt met deze twee scenario's de bandbreedte voor de waterveiligheidsopgave in beeld gebracht.

In alle vier de WLO-scenario's neemt landbouw af, maar de grootste afname vindt plaats in het scenario Global Economy (met uitzondering van de glastuinbouw) en de kleinste afname in Regional Communities. Voor natuur geldt dat in GE minder ruimte voor natuur wordt gecreëerd dan in RC. Aangezien de huidige vorm van landbouw en (in mindere mate) natuurgebieden een grote vraag naar zoetwater hebben, bepalen zij de bandbreedte voor de zoetwatervoorziening en brengen de twee scenario's Global Economy en Regional Communities ook hier de bandbreedte in kaart voor de zoetwatervoorzieningsopgave.

Tabel 6.1 geeft een globaal overzicht van het mogelijke toekomstige verloop van de autonome ontwikkelingen volgens de WLO-scenario's 'Global Economy' en 'Regional Communities'. De volgende paragrafen verkennen het verloop van de ontwikkelingen per

scenario. Voor een uitgebreide beschrijving verwijzen we naar de WLO-studie (Janssen et al 2006).

Tabel 6.1 Kerngegevens Global Economy en Regional Communities
(Janssen et al 2006 ,en Ruimtelijke verkenningen, PBL, 2011)

	2006	2040	
	referentie	Global Economy	Regional Communities
Inwoners (mln)	16	20	16
BBP per hoofd	100	221	133
Groei BBP (% per jaar)	2,8	2,6	0,75
Opp. stedelijk areaal (% van totaal)	16	20	17
Opp. landbouw (% van totaal)	67	59	62
Opp. natuur (% van totaal)	17	21	21

In de volgende paragrafen worden de ruimtelijk-economische aspecten en de regionale dynamiek nader uitgewerkt voor het hoge groei scenario (gebaseerd op Global Economy) en het lage groei scenario (gebaseerd op Regional Communities), en worden de te verwachten consequenties voor de opgaven voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening in grote lijnen besproken. Daarbij dient nogmaals de opmerking gemaakt te worden dat de mogelijke effecten nog in detail bestudeerd worden in de knelpuntenanalyse in het kader van deelprogramma zoetwatervoorziening en de regionale deelprogramma's van het Deltaprogramma.

6.4 Hoge groei scenario

6.4.1 Kerngedachte

In het hoge groei scenario, gebaseerd op het WLO-scenario 'Global Economy', breidt de EU zich nog verder uit. Naast Turkije worden ook landen als de Oekraïne lid. De WTO-onderhandelingen zijn succesvol, en daar vaart de internationale handel wel bij. De deelnemende landen integreren echter niet in politiek opzicht. Internationale samenwerking op andere gebieden dan handelsvraagstukken mislukt. De overheid benadrukt in dit scenario de eigen verantwoordelijkheid van burgers. Door de sterke wereldwijde economische integratie neemt de arbeidsproductiviteit in dit scenario sterk toe. De groei van zowel de materiële welvaart als van de bevolking (vooral door immigratie) is in dit scenario dan ook hoog. Er komt geen overeenkomst om grensoverschrijdende milieuvraagstukken aan te pakken. Dit gecombineerd met de wereldwijde hoge economische groei leidt tot forse milieuvervuiling. Wel leidt de hoge groei tot lokale milieu-initiatieven. In dezelfde trant wordt de beschikbare ruimte voor recreatie, landschap en natuurontwikkeling in Nederland gekoesterd. Bestaand ruimtelijk beleid ter conservering en stimulering hiervan wordt dan ook voortgezet (Janssen et al, 2006).

Belangrijkste kenmerken:

- sterke bevolkingsgroei
- hoge immigratie

- sterke individualisering
- Europese economische en monetaire integratie is belangrijk
- mondiale vrijhandel
- hoge economische groei
- geen effectief internationaal milieubeleid
- wel een effectief nationaal RO-beleid
- nadruk op private voorzieningen.

6.4.2 Ruimtelijke uitwerking

Algemeen

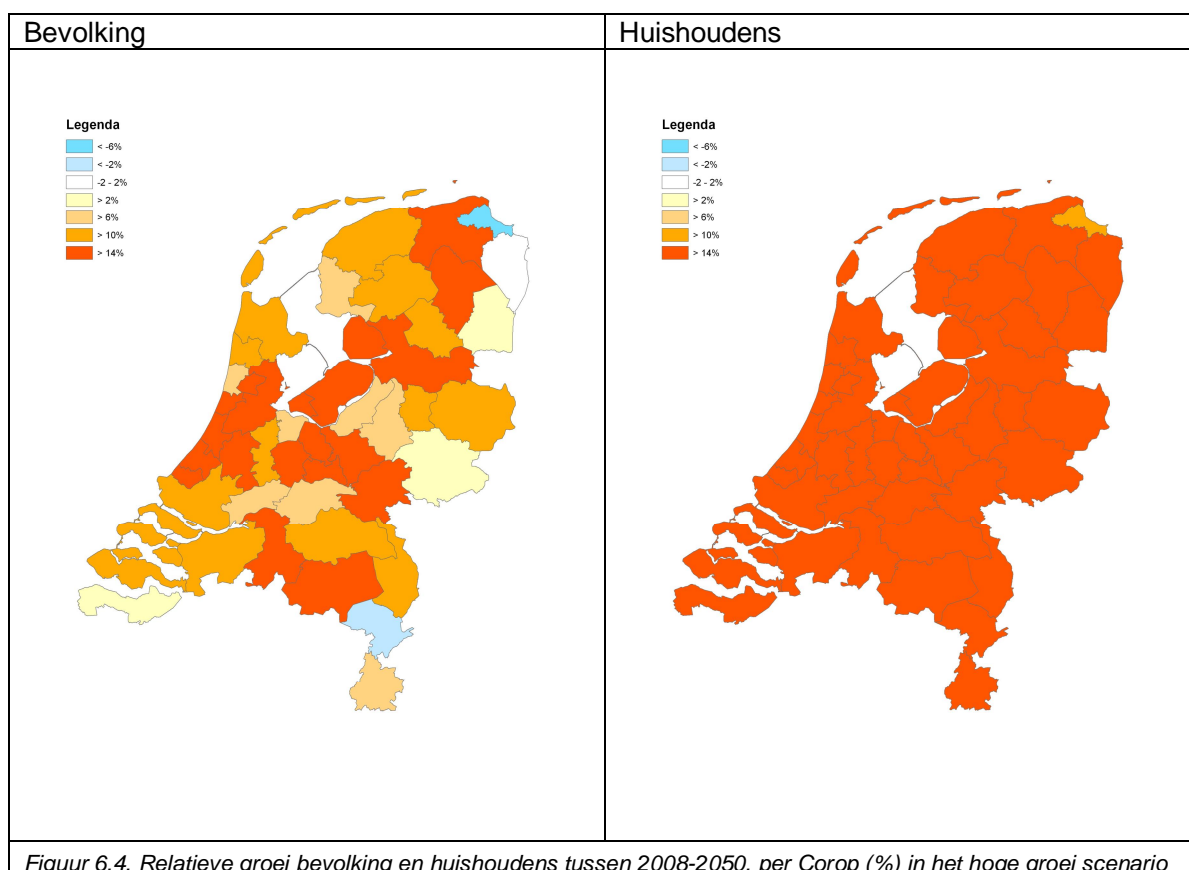
Relatief hoge geboortecijfers, lage sterfte, en hoge immigratie zorgen in deze periode voor een bevolkingsgroei van bijna 20%. Door individualisering en vergrijzing is de groei van het aantal huishoudens in deze periode zelfs nog twee maal zo hoog. Dit betekent dat er in deze periode flink woningen moet worden bijgebouwd in Nederland. Hoewel lager dan de bevolkingsgroei, laat ook het arbeidsaanbod een groei van ruim 10% zien. Gezien de sterke groei van de economie is dit groeiende arbeidsaanbod meer dan welkom. Vooral het aantal banen in de dienstensector stijgt. De stijging van de werkgelegenheid en, vooral, het groeiende aantal huishoudens zetten druk op woning- vastgoed- en grondmarkten. Dit komt tot uiting in de vorm van een sterke groei van het totale ruimtegebruik van stedelijke functies. Door de combinatie van een toenemende ruimtedruk op het buitengebied en een relatief hoge groei van het aandeel kleine huishoudens (ouderen, alleenstaanden), neemt in een aantal stedelijke gebieden ook de woningdichtheden toe.

Bestaande natuur en waardevol landschap wordt zoveel mogelijk geconserveerd. De Ecologische Hoofdstructuur wordt in 2018 gerealiseerd. De extensieve, grondgebonden landbouw is van ondergeschikt belang, en maakt waar nodig ruimte voor de aanwas van stedelijk gebied, natuur en recreatie. Het laatste gebeurt onder andere in de zogenaamde RodS (Recreatie om de Stad) die het Rijk hiervoor aanwijst. Met name rond de steden en op relatief laagproductieve gronden verschuift de focus van de landbouw van agrarische productie naar het leveren van diensten en recreatie (verbreding). Waar de landbouw voldoende ruimte heeft, vindt juist intensivering plaats. De afzetmarkt van deze hoogproductieve landbouw is internationaal. Gevoed door technologische innovaties, gunstige marktomstandigheden en een liberaal handelsklimaat enerzijds, en beperkte ruimte voor uitbreiding anderzijds, vormt de intensieve landbouw (glastuinbouw en intensieve veehouderij) hiervan een exponent. Afgezien van kleinschalig uitplaatsing van verspreide vestigingen naar de greenports en de Landbouw Ontwikkelingsgebieden (LOG's), blijft het ruimtegebruik van de intensieve landbouw min of meer stabiel.

De nationale tendens is eenduidig: groei ruimtegebruik van stad, natuur en recreatief terrein, en een afname van het ruimtegebruik van de grondgebonden landbouw. De regionale verschillen zijn echter aanzienlijk. Hieronder daarom per sector een korte uitwerking.

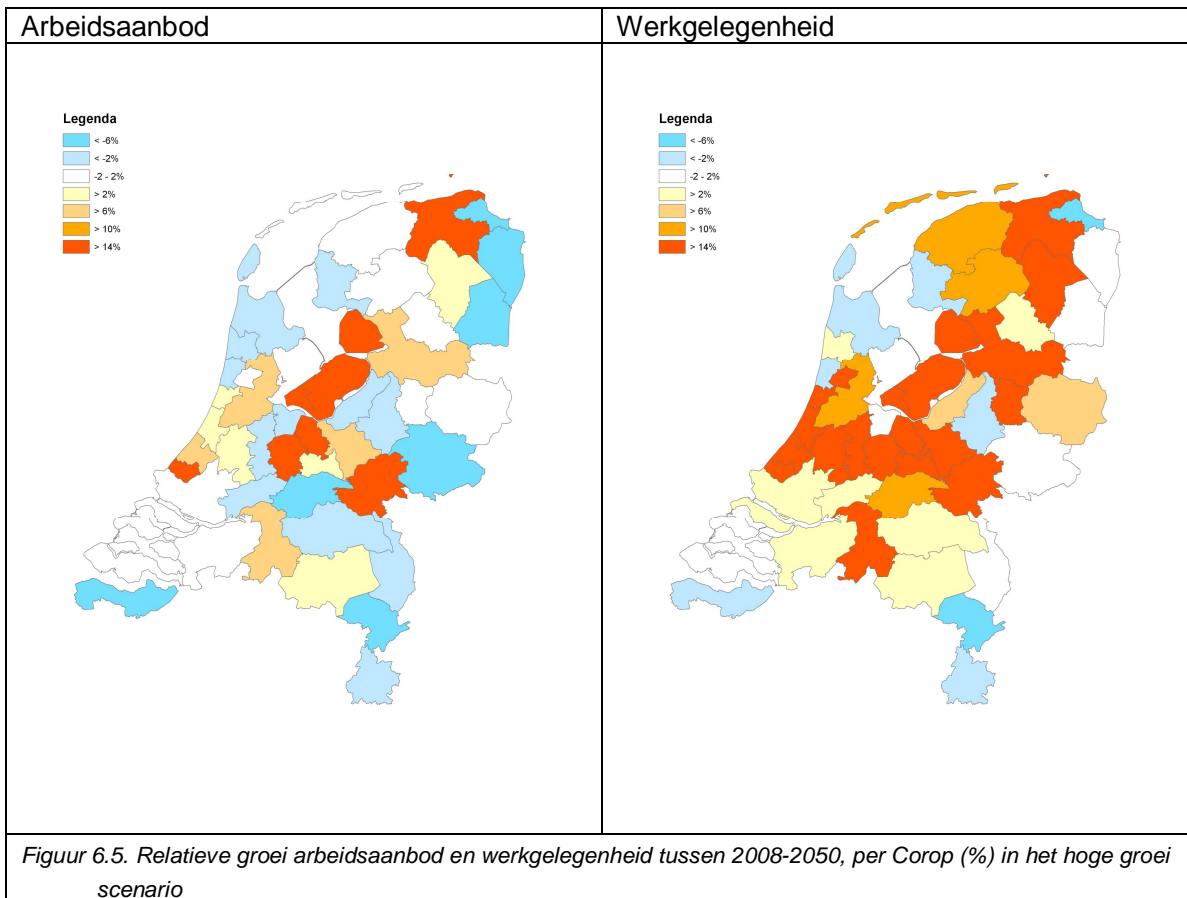
Regionale dynamiek stedelijk gebied

De groei van bevolking, aantallen huishoudens en, daarmee, de woningvraag zet zich dus voort. Tot 2020 groeit het aantal huishoudens in vrijwel alle regio's met meer dan 14%. Woningmarkten worden krappere, en de woningbouw trekt flink aan. In veel regio's zet deze groei tot 2030 onverminderd door, om pas na 2030 af te remmen. Alleen in regio Utrecht wordt na 2030 nog stevig gebouwd. Er is over de gehele periode bezien nergens sprake van een netto krimp van het aantal huishoudens (zie figuur 6.4).



De ontwikkeling van de beroepsbevolking laat een duidelijk ander beeld zien (zie figuur 6.5). Dit heeft alles te maken met de hierboven genoemde vergrijzing. Na een aantal decennia van een groeiend arbeidsaanbod, krimpt de potentiële beroepsbevolking in een aantal regio's hierdoor vrij fors – vooral in de eerstkomende tien jaar. Zoals figuur 6.5 laat zien, daalt hiermee in een aantal van deze regio's ook de werkgelegenheid.¹² Met name dankzij immigratie doet zich in een aantal regio's echter ook groei voor. Deze groeiregio's bevinden zich vooral in de Randstad, met name rond de grote steden Den Haag, Amsterdam en Utrecht. De groei in deze regio's is ook gelegen in hun gunstige sectorale structuur. Het gaat hier namelijk op typische dienstenregio's, en het is juist de dienstensector die groeit.

¹² De (regionale) groei van de potentiële beroepsbevolking blijkt op de lange termijn een zeer belangrijke driver achter de (regionale) groei van het aantal banen. Dit geldt met name voor de dienstensector (vooral in de detailhandel en consumentendienstverlening, maar ook voor zakelijke dienstverleners voor wie de nabijheid tot deze sectoren van belang is). De sleutel in dit alles ligt bij de woningmarkt, en wel aan de aanbodkant. Deze is sterk gereguleerd (centraal gestuurd). Denk hierbij aan het vaststellen van de bouwopgaven en de beperkingen die worden opgelegd aan de woningbouw door de Ruimtelijke Ordening. Waar het om gaat is dat dit alles maakt dat het voor werknemers moeilijker is om te verhuizen dan voor werkgevers. Zowel werkgevers als werknemers zullen bij hun locatiegedrag in meer of mindere mate streven naar een zo groot mogelijk aanbod van resp. arbeid en banen. Bovenstaande maakt aanpassingen in deze richting moeilijker voor werknemers dan voor werkgevers. Vandaar dat, althans in onderhavige sectoren, werken vooral wonen volgt (Ruimtelijke Verkenningen, 2011).

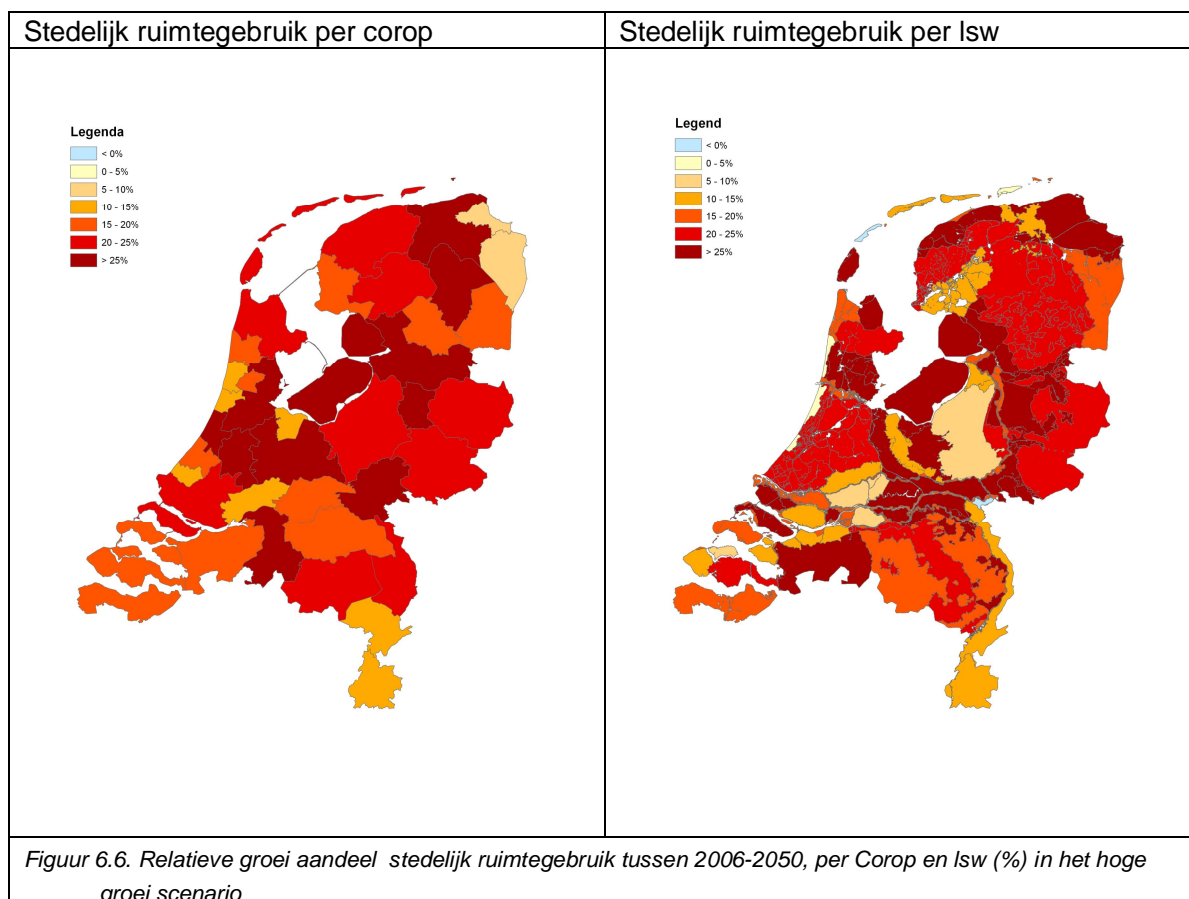


Maar het zijn niet alleen de regio's binnen de Randstad die een groeiende werkgelegenheid laten zien. Toenemende congestie en, vooral, beperkte ruimte voor stedelijke uitbreiding maakt dat deze groei al snel 'overloopt' naar de 'intermediaire zones' rondom de Randstad. Denk hierbij aan Flevoland, Arnhem-Nijmegen en de regio rondom Zwolle. Vooral Almere doet het in dit opzicht goed. De regio rond Rotterdam blijft achter. De perifere regio's van Nederland laten vooral stabilisatie en krimp zien. Het gaat dan vooral om Groningen, de Achterhoek, de Kop van Noord Holland en Zeeland. De regio rond de stad Groningen vormt hierop een uitzondering.

Zoals figuur 6.6 laat zien stijgt het aandeel van stedelijk grondgebruik in dit scenario vrij fors. De belangrijkste groeiregio's zijn logischerwijs dezelfde als de regio's die de hoogste groei van huishoudens en werkgelegenheid laten zien. Er zijn echter ook grote verschillen aan te wijzen. Een en ander wordt verklaard door het feit dat het hier gaat om het bruto ruimtebeslag van de stedelijke functies, dus inclusief ruimte voor publieke groenvoorzieningen, water, infrastructuur etc. Naast het ruimtebeslag van wonen en werken wordt bovendien ook het ruimtebeslag van intensieve veehouderij, glastuinbouw, infrastructuur en dagrecreatie hier tot stedelijk ruimtegebruik gerekend. Ook dit verklaart een deel van de verschillen tussen stedelijk ruimtegebruik enerzijds, en de hierboven besproken verandering in huishoudens en werkgelegenheid anderzijds.

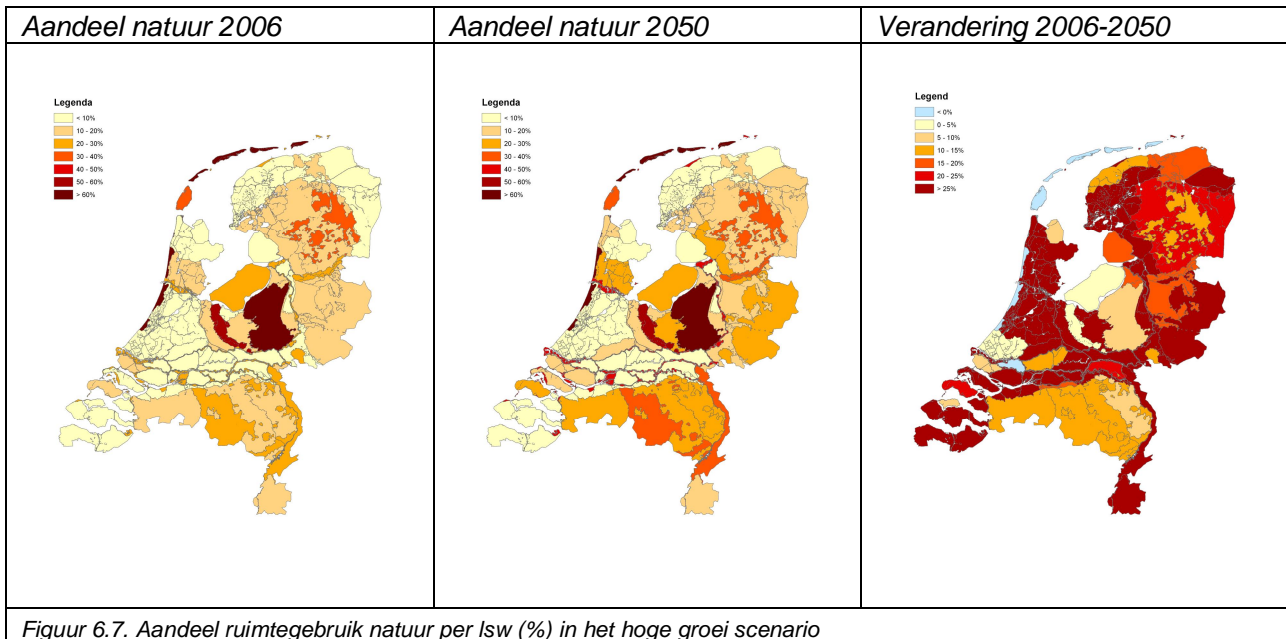
Wat vooral opvalt in figuur 6.6 is dat er nergens krimp plaatsvindt van het areaal stedelijk gebied. Krimp van aantallen huishoudens en banen gaat niet per se gepaard met een (even hoge) sloop van woningen en bedrijfsruimte – laat staan die van wijken en bedrijventerreinen, kantoorparken etc. Ruimtegebruik *an sich* zegt dus weinig over de intensiteit van gebruik (in

termen van woningaantallen, bevolkingsdichtheid etc.). Vooral als het gaat om het inschatten van regionale veranderingen het gebied van waterveiligheid schiet een analyse van het ruimtegebruik van stedelijk gebied te kort. In dat geval dient ook te worden gekeken naar de hierboven geschetste ontwikkelingen van huishoudens en banen. Als het daarentegen gaat om de effecten van verstedelijking op de zoetwatervraag vanuit het landelijke gebied is het interessanter om te kijken naar het ruimtebeslag van de stedelijke functies.

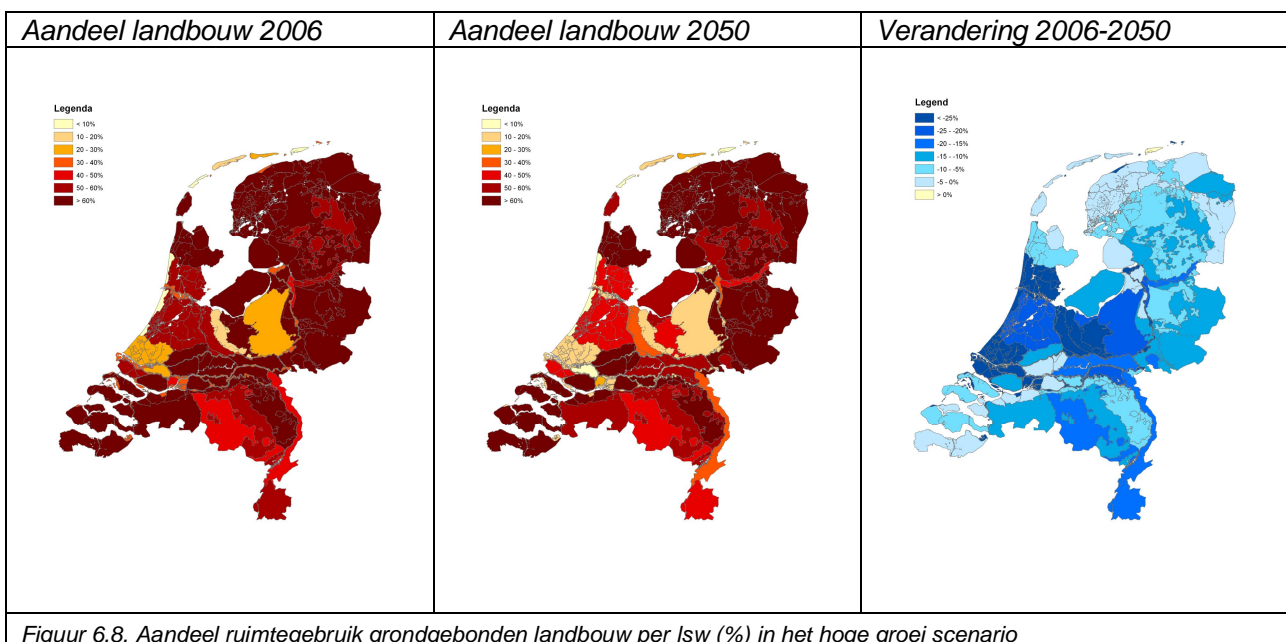


Regionale dynamiek landelijk gebied

In dit hoge groei scenario is dus sprake van een substantiële stijging van het ruimtebeslag van stedelijke functies. Hierboven werd al aangegeven dat in dit scenario ook de EHS wordt gerealiseerd. Figuur 6.7. en 6.8 laten de implicaties hiervan zien voor het regionale ruimtebeslag van resp. natuur en landbouw.



Figuur 6.7. Aandeel ruimtegebruik natuur per lsw (%) in het hoge groei scenario



Figuur 6.8. Aandeel ruimtegebruik grondgebonden landbouw per lsw (%) in het hoge groei scenario

Drink- en proceswater

Het gebruik van drinkwater neemt in dit hoge groei scenario toe met zo'n 30%. Dit wordt in eerste instantie veroorzaakt door de hoge groei van bevolking en economie. Meer personen en bedrijven zorgen voor een groter huishoudelijk en zakelijk/industriële gebruik van water. Ook het gebruik per hoofd van de bevolking neemt toe. Zo wordt gemiddeld 10% langer gedoucht en 10% vaker een was gedraaid. In dit kader is ook de toename van het aantal niet-westerse allochtonen van belang. Deze hebben een hoger watergebruik dan gemiddeld. Tot slot vindt er in dit liberale scenario vanuit overheden weinig stimulering plaats met betrekking tot waterbesparing. Het totale gebruik van water per persoon per dag neemt toe van zo'n 128 naar 142 liter.

Energie en koelwater

Het totale energiegebruik neemt met zo'n 55% toe. Ook de vraag naar warmte en elektriciteit stijgt fors. Dit is niet zo vreemd: de bevolking groeit, de welvaart stijgt, en er wordt druk geconsumeerd en geproduceerd. Bovendien komt er geen internationaal klimaatbeleid van de grond. Het systeem van Europese emissiehandel loopt in 2020 af. Dit geldt ook voor subsidies voor de onrendabele top van hernieuwbare energieopwekking. Met dit alles klappt de markt voor hernieuwbare energie ineen. Met een groei van 200% neemt het gebruik van kolen juist fors toe. In lijn met dit alles stijgt ook het gebruik van koelwater voor de opwekking van energie (Farla e.a. 2006).

Scheepvaart

Als gevolg van de hoge economische groei en mondiale vrijhandel blijft het goederenvervoer over water in dit scenario stevig doorgroeien. Het totaal vervoerd gewicht neemt toe met maar liefst 80%. De handel met ver weg gelegen landen als China stijgt het sterkste. Hoewel de handel met buurlanden als Duitsland, België en Frankrijk hiermee relatief afneemt, neemt deze in 2050 nog steeds maar liefst 50% van het totaal in beslag (Haselen e.a. 2005). Handel met de buurlanden blijft hiermee relatief het grootste. In dit scenario is sprake van verdere schaalvergroting in de scheepvaart. Hiermee worden de schepen gemiddeld groter en neemt het laadvermogen toe. Dit heeft een dempend effect op de hoeveelheid scheepvaartverkeer op de vaarroutes. Desalniettemin worden de meeste routes drukker bevaren dan in het begin van de periode.

6.4.3 Mogelijke consequenties

Stedelijk gebied en scheepvaart

Het hoge groei scenario leidt naar verwachting tot een grotere opgave voor de waterveiligheid. Dit is het eenvoudige gevolg van de relatief grote toename van bevolking en stedelijke activiteiten die zich in dit scenario voordoet. Hoe groter immers deze toename, hoe hoger de schade en het slachtofferaantal van een eventuele dijkdoorbraak. Vooral de verwachte bevolkingsgroei in de regio's Flevoland, Arnhem-Nijmegen, Zwolle en Utrecht kan hogere opgaven met betrekking tot waterveiligheid met zich meebrengen. Maar ook de relatief hoge groei in de beter beschermde dijkringen kan de schade en slachtoffers van eventuele dijkdoorbraken verhogen. Gezien het al hoge beschermingsniveau van dijkkring 14 zal verstedelijking in deze regio geen directe consequenties hebben.

Verder is in het groeiscenario meer drinkwater, proceswater en koelwater nodig. Ook dit kan lokaal knelpunten opleveren. Tot slot groeit de noodzaak en het belang om rivieren en havens bevaarbaar te houden/maken voor de scheepvaart. Zoals hierboven al werd aangegeven is er immers sprake van een sterke groei van transport over water, en maakt

schaalvergroting dat de eisen die de grotere, zwaardere schepen stellen aan bevaarbaarheid toenemen.

Landelijk gebied

De zoetwatervraag van het landelijk gebied neemt netto af. De belangrijkste reden hiervoor is de afname in productieve landbouwgrond. Deze afname gaat ten koste van een groeiend ruimtegebruik van stedelijk gebied, natuurontwikkeling en verbrede landbouw. Netto vragen deze functies minder water dan de traditionele landbouw die hiervoor plaatsmaakt. Ook schaalvergroting en een efficiëncyslag in agrarische bedrijfsvoering dragen bij aan een lagere zoetwateropgave in het landelijk gebied. Dit geldt ook voor peilbeheer. Tot slot worden de eisen aan het watersysteem ook geremd door een groeiende zelfvoorziening van de intensieve landbouw.

6.5 Lage groei scenario

6.5.1 Kerngedachte

In het lage groei scenario, geënt op het WLO-scenario 'Regional Communities', hechten landen juist sterk aan hun eigen soevereiniteit. De Europese Unie slaagt er daarom er niet in om institutionele hervormingen door te voeren. Mondiale handelsliberalisatie komt niet van de grond en de wereld valt uiteen in een aantal handelsblokken. Ondanks het feit dat internationale milieuvraagstukken niet worden aangepakt is de milieudruk relatief laag, doordat de bevolkingsgroei en de economische groei bescheiden zijn. De collectieve sector wordt in dit scenario nauwelijks hervormd. Collectieve regelingen blijven in stand, met een nadruk op inkomensnivellering en solidariteit. De arbeidsparticipatie is relatief laag en de werkloosheid hoog. Minder concurrentie remt de noodzaak voor bedrijven om te innoveren. De verbrokkelde markten belemmeren de snelle verspreiding van kennis, en door de kleine inkomensverschillen is de stimulans om te investeren in onderwijs beperkt. De arbeidsproductiviteit stijgt jaarlijks maar weinig en de economische groei is gering (CPB, RPB & MNP 2006).

Belangrijkste kenmerken:

- bevolkingskrimp vanaf 2020
- immigratie beperkt tot asielmigranten
- beperkte individualisering
- geen verdere Europese integratie
- handhaving handelsblokken
- lage economische groei
- lage milieudruk
- effectief nationaal RO-beleid
- nadruk op publieke voorzieningen

6.5.2 Ruimtelijke uitwerking

Algemeen

De naderende vergrijzing, lage geboortecijfers en zeer beperkte immigratie maken dat de bevolking van Nederland in deze periode met ca 3% krimpt. Na een toename in het decennium 2010 - 2020 neemt vanaf 2020 ook het aantal huishoudens af. Deze afname is zelfs groter dan de bevolkingskrimp. De reden hiervoor is de relatief hoge gemiddelde huishoudengrootte die dit lage groeiscenario vanaf 2020 kenmerkt. Dit wordt vooral veroorzaakt door relatief vroege sterfte van bejaarde alleenstaanden. Een tweede reden is dat in het lage groeiscenario minder huwelijken worden ontbonden. Het huwelijk wordt gezien als een solide basis in onzekere economische tijden. Al met al is hiermee de vraag naar

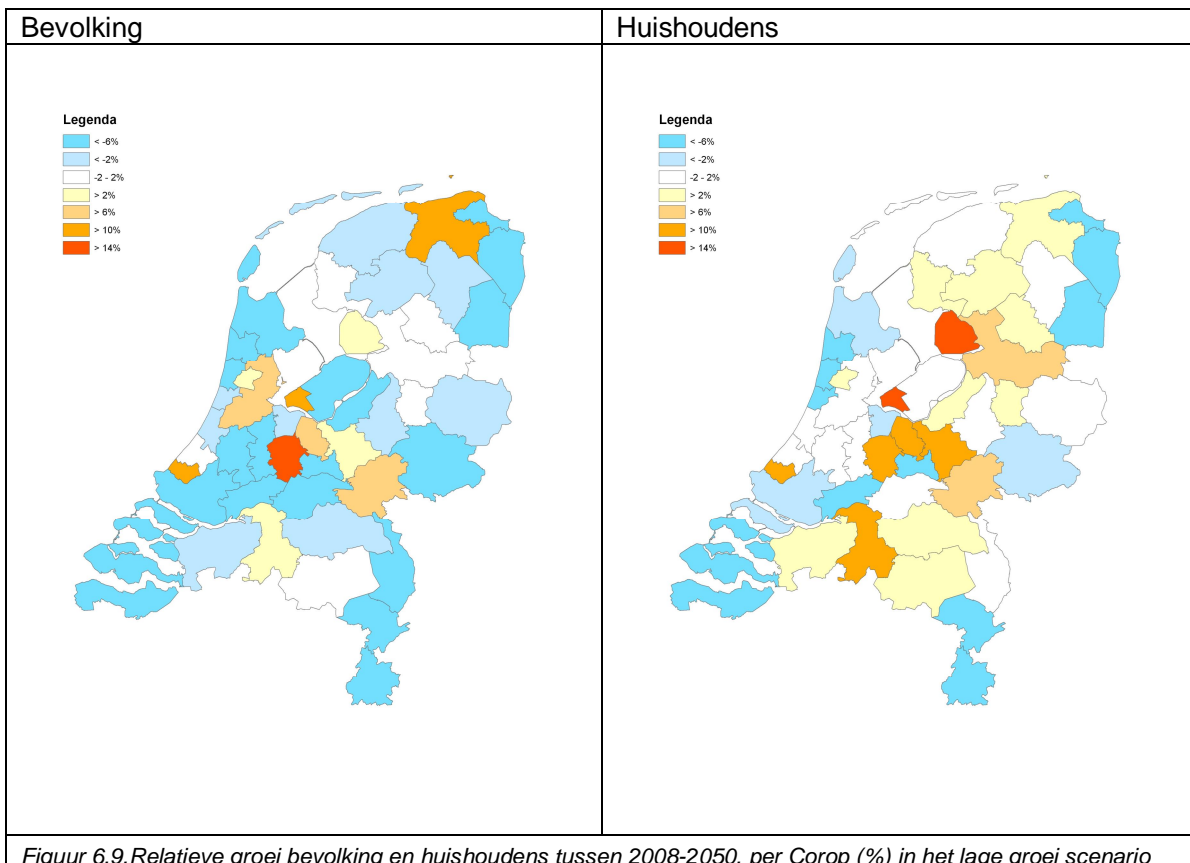
nieuwe woningen in dit scenario zeer klein. Hetzelfde geldt voor de vraag naar ruimte op bedrijventerreinen, kantoorlocaties etc. De economische groei is immers laag, en, geheel in lijn met bovenstaande demografische ontwikkelingen, daalt ook het arbeidsaanbod.

Hoewel sommige regio's het ruimtegebruik van stedelijke functies hiermee licht zien afnemen, blijft het totale ruimtebeslag hiervan uiteindelijk redelijk stabiel. Net als in het groeiscenario worden landschap en natuur sterk gewaardeerd. Dit betekent dat bestaande natuur en attractief landschap (vooral rond de grote steden) worden bewaard, en de Ecologische Hoofdstructuur (EHS) en Recreatie om de Stad (RodS) worden gerealiseerd. In tegenstelling tot het groeiscenario straalt de publieke waardering voor groen ook af op het gevoerde landbouwbeleid. In ruil voor inkomenssteun worden boeren gestimuleerd hun bedrijfsvoering te verduurzamen. Er vindt weinig technologische vernieuwing plaats en intensivering is zeer beperkt. Verduurzaming gebeurt dan ook vooral op een relatief traditionele, low-tech manier. Exportsubsidies worden afgeschat, en nabij gelegen markten winnen in belang. De toegevoegde waarde van de landbouwsector daalt. Ruimtelijk moet de grondgebonden landbouw ook in dit lage groeiscenario worden gezien als sluitpost: waar verstedelijking of natuur wordt gepland, moet de landbouw wijken.

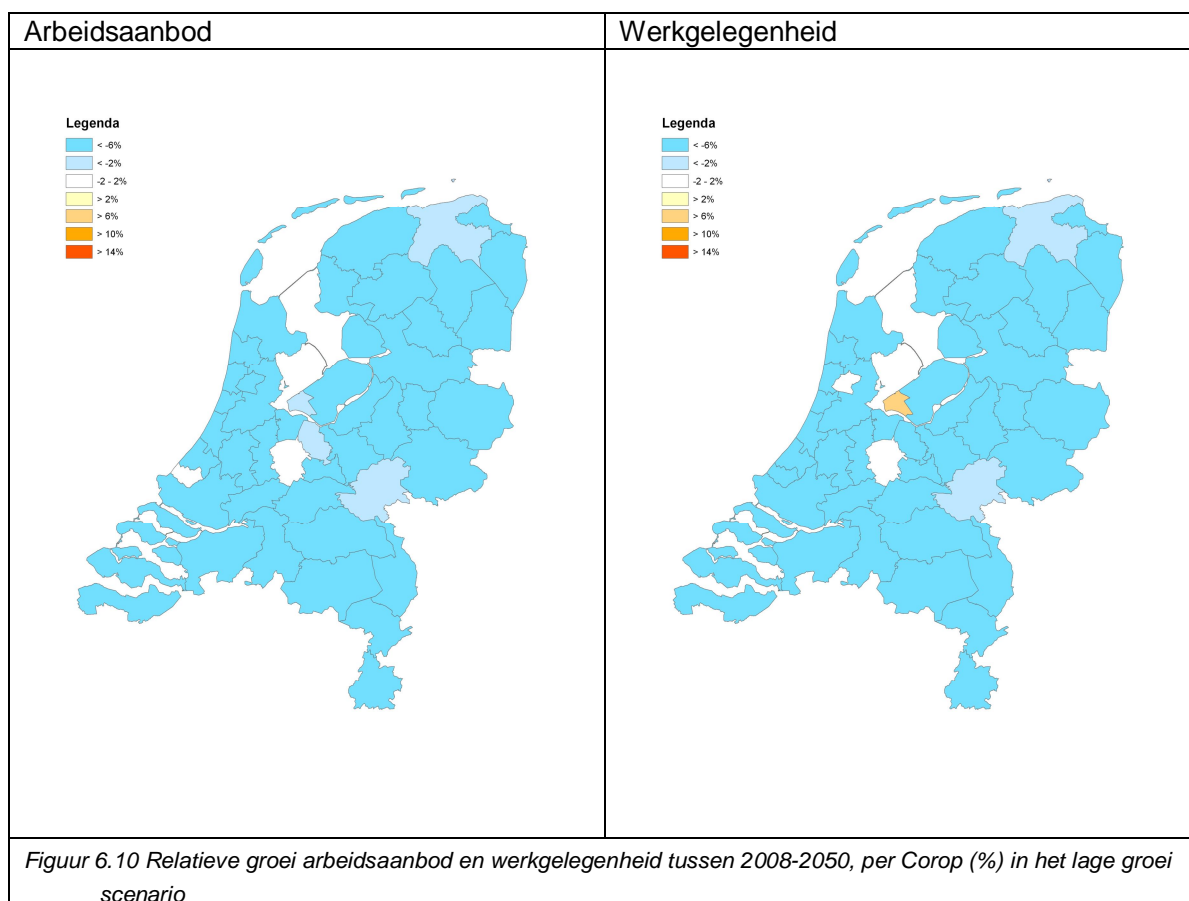
Ook hier gelden echter weer aanzienlijke regionale verschillen. Hieronder per sector een regionale uitwerking.

Regionale dynamiek stedelijk gebied

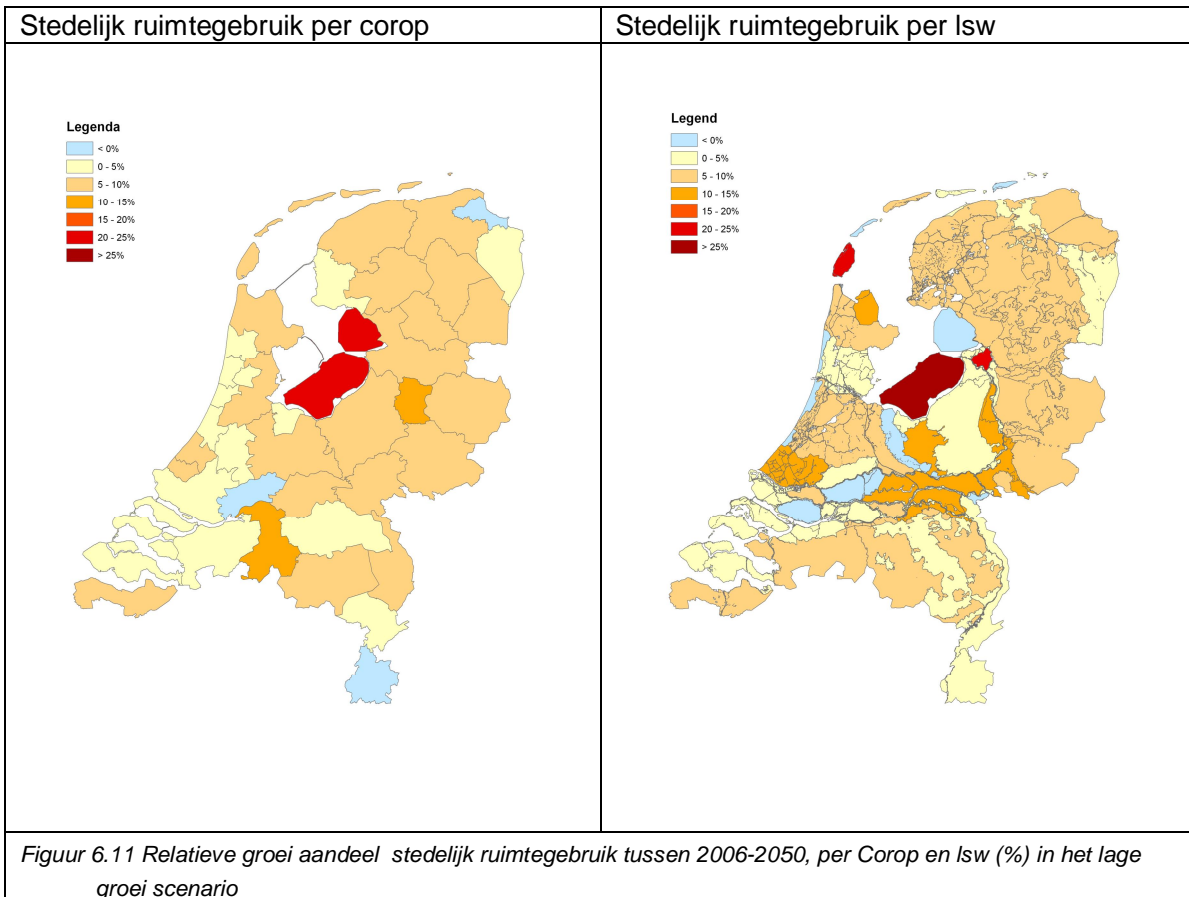
Zoals figuur 6.7 laat zien, is het regionale beeld voor de toekomstige bevolkingsontwikkeling in dit scenario zeer divers. Hetzelfde geldt voor de ontwikkeling van huishoudens. Dit geldt vooral voor het komende decennium. Meer nog dan in het hoge groei scenario komen de drie perifere regio's van Nederland in deze periode al duidelijk naar voren als echte concentraties van krimp. Het gaat hier om het oosten van Groningen en Drenthe, de Achterhoek en de provincie Limburg. De bevolking in deze regio's wordt ouder, en sterftcijfers overtreffen al snel de natuurlijke aanwas, en jongeren trekken naar de Randstad en Groningen – op zoek naar banen, of het volgen van een opleiding. Immigratie is in deze regio's nihil. Na 2020 voegen ook de overige perifere regio's zich in het rijtje van krimpregio's. Vooral de provincie Zeeland laat in deze periode vrij forse krimp zien. Ook in de Randstad is echter sprake van negatieve bevolkingsgroei. In de periode tot 2020 gaat het hierbij alleen nog om de regio's rondom Utrecht. Na 2020 verschuift het zwaartepunt van krimp naar Zuid Holland. Groeiregio's zijn: Utrecht, Amsterdam, Den Haag, Arnhem-Nijmegen en Almere. Maar ook deze groei vlt na 2030 af. Zie figuur 6.9 voor de netto gevolgen hiervan voor de gehele periode 2008-2040.



Net als in het hoge groei scenario is het beeld wat betreft arbeidsaanbod en banen beduidend anders: de groei hiervan is lager, en de krimp hoger. De regionale patronen van huishoudens en banen zijn echter weer vergelijkbaar (zie figuur 6.10). De ontwikkelingen in arbeidsaanbod en banen worden dan ook goeddeels gedreven door dezelfde demografische krachten: ontgroening, vergrijzing en (binnenlandse) migratie. Door ontgroening loopt de instroom van jongeren in de beroepsbevolking terug, terwijl vergrijzing ervoor zorgt dat de uitstroom van ouderen toeneemt. In tegenstelling tot het groeiscenario wordt deze uitholling niet of zeer beperkt gecompenseerd door de instroom van nieuw arbeidsaanbod uit het buitenland. Binnenlandse migratie van studenten en jonge arbeidskrachten werkt als een katalysator op deze verschillen. Hierboven werd al aangegeven dat de perifere regio's op alle drie deze criteria ongunstig scoren ten opzichte van de Randstad en de intermediaire zone. Vandaar de vergelijkbare patronen in de figuren 6.9 en 6.10.

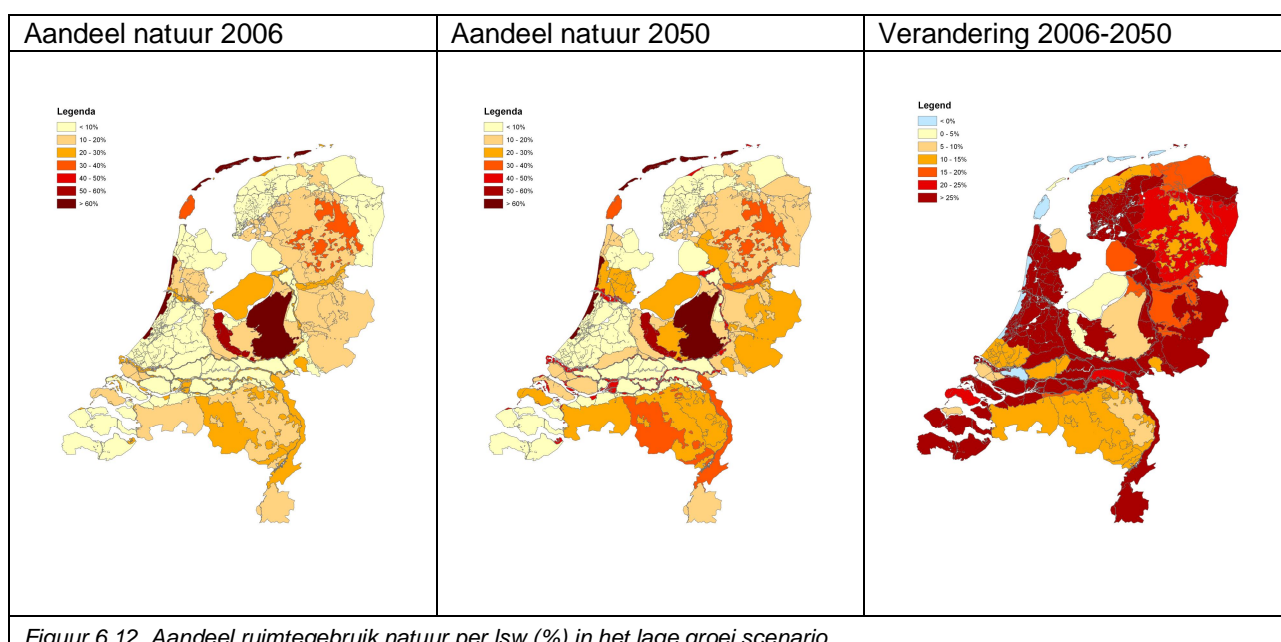


Figuur 6.11 laat de gevolgen van de regionale ontwikkeling van bevolking en banen op het ruimtebeslag van stedelijk gebied in Nederland zien. De groei van dit ruimtebeslag is duidelijk lager is dan in het hoge groeiscenario. Zowel deze lagere groei als de regionale patronen zijn grotendeels conform bovenstaande ontwikkelingen met betrekking tot bevolking en banen. Zie paragraaf 6.3.2 voor verklaringen achter de verschillen hiertussen.

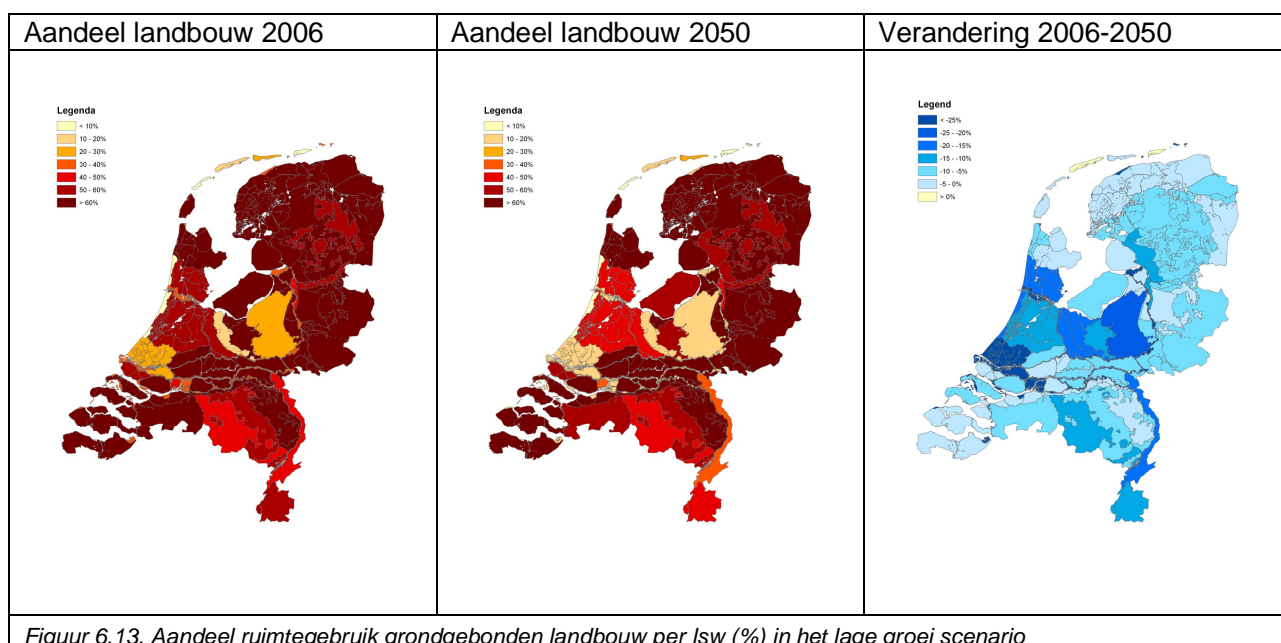


Regionale dynamiek in het landelijke gebied

Zoals hierboven al werd aangegeven wordt ook in het lage groeiscenario de EHS gerealiseerd. De ruimtelijke ontwikkeling van natuur in Nederland is in dit scenario dan ook identiek aan de ontwikkeling die zich voordoet in het hoge groei scenario – in ieder geval voor zover het gaat om kwantitatieve veranderingen in het areaal van natuur als geheel. Zie figuur 6.12 voor een grafische weergave van de ruimtelijke ontwikkeling van natuur in het lage groei scenario. Zie figuur 6.13 voor een weergave van de ruimte die in dit scenario overblijft voor de grondgebonden landbouw.



Figuur 6.12. Aandeel ruimtegebruik natuur per lsw (%) in het lage groei scenario



Figuur 6.13. Aandeel ruimtegebruik grondgebonden landbouw per lsw (%) in het lage groei scenario

Drink- en proceswater

Waar het watergebruik in Nederland in het hoge groei scenario toenam, neemt de consumptie in het lage groeiscenario met 15% af. Dit wordt veroorzaakt door bevolkingskrimp en geringe economische groei. Hierdoor zijn er in 2050 minder mensen en economische activiteiten die water consumeren. Ook het watergebruik per persoon en bedrijf neemt af. Naast de geringe welvaart per persoon wordt dit veroorzaakt door spaarzaam gedrag, bijvoorbeeld in de vorm van korter douchen, of door douchen met behulp van een waterbesparende douchekop. Dit gedrag is mede ingegeven door overheidsbeleid hieromtrent. Het totale gebruik per persoon per dag neemt af van zo'n 130 liter naar ongeveer 110 liter.

Energie en koelwater

Bevolkingskrimp, lage economische groei en spaarzamer energiegebruik maken dat de totale vraag naar elektriciteit en water neemt af met 5%. Hoewel er geen internationaal klimaatbeleid tot stand komt, worden er binnen Europa wel afspraken gemaakt met betrekking tot energie. Deze afspraken resulteren in het van de grond komen van (bescheiden) emissiehandel en een voortzetting van subsidies voor hernieuwbare energie. De energieproductie in Nederland verduurzaamt. In totaal neemt het aandeel duurzaam met zo'n 10% toe; het aandeel duurzame elektriciteit laat zelfs een stijging zien van 25%. Dit alles leidt tot een afnemende vraag naar koelwater.

Scheepvaart

Lage economische groei, een handhaving van handelsblokken en bevolkingskrimp maken dat het totale goederenvervoer over water krimpt met 'ca. 15%. Meer dan in het hoge groei scenario blijft de invoer en uitvoer vooral gericht op de buurlanden. Duitsland loopt hierbij op kop, gevolgd door België, Luxemburg en Frankrijk. Schaalvergroting is beperkt. Met dit alles zijn de binnenvaartroutes in 2050 relatief rustig, en worden deze bevaren met relatief kleine en lichte schepen.

6.5.3 Mogelijke consequenties

Stedelijk gebied

De opgaven voor waterveiligheid blijven stabiel. Er vindt immers slechts beperkte economische groei plaats, en de totale omvang van de bevolking krimpt. De beperkte regionale groei die plaatsvindt gebeurt bovendien op relatief goed beschermde plekken. Ook wat betreft de voorziening van drinkwater, proceswater en koelwater doen zich ten opzichte van het hoge groei scenario geen grote knelpunten voor. Hetzelfde geldt voor de scheepvaart.

Landelijk gebied

In het lage groei scenario is de vraag naar zoetwater in het landelijk gebied relatief hoog. De reden hiervoor is de beperkte afname van het areaal productieve, traditionele landbouwgrond in dit scenario. De verstedelijking is beperkt, en verbreding een vrij zeldzaam fenomeen. Bovendien vindt er nauwelijks schaalvergroting plaats, en is de bedrijfsvoering relatief low-tech. Nieuwe natuur zorgt voor verdere versnippering van percelen, waardoor op een aantal plekken de schaal van bedrijfsvoering zelfs afneemt. Hoewel de waarde van de landbouwproductie in dit scenario relatief beperkt is, is met dit alles is ook de opgave op het gebied van peilbeheer relatief hoog.

7 Deltascenario's en socio-economische doorkijk na 2050 (2100)

7.1 Ontwikkeling van doorkijken na 2050

De doorkijken na 2050 volgen, zoals eerder vermeld, een andere logica dan de scenario's tot 2050, waar de WLO-scenario's Global Economy en Regional Communities de sociaaleconomische bandbreedte vormen. De logica die voor de doorkijken na 2050 wordt gehanteerd is om de bandbreedte bewust op te rekken (binnen plausibele ontwikkelingslijnen) om daarmee de hoekpunten van het speelveld te verkennen. Deze hoekpunten worden bepaald door beelden voor:

- een grote opgave voor de waterveiligheid
- een kleine opgave voor de waterveiligheid
- een grote opgave voor de zoetwatervoorziening
- een kleine opgave voor de zoetwatervoorziening

Om de hoekpunten in beeld te krijgen werden de volgende twee vragen gesteld:

1. Op welke manier wordt de opgave vergroot?
2. Welke ontwikkeling hoort daarbij, die het plausibel maakt?

Vervolgens zijn deze vier beelden geïntegreerd tot twee sociaaleconomische doorkijken die leiden tot:

- een grote wateropgave = grootste opgave de waterveiligheid + grootste opgave de zoetwatervoorziening
- een kleine wateropgave = kleinste opgave voor de waterveiligheid + kleinste opgave voor de zoetwatervoorziening

De vraagstelling die aan de eerste sociaaleconomische doorkijk ten grondslag ligt is: *Hoe kunnen we ons een rijke, dichtbevolkte Delta voorstellen waarin een zeer grote waterveiligheidsopgave gepaard gaat met een zeer grote behoefte (opgave) aan zoetwater?* De vraag die ten grondslag ligt aan de tweede sociaaleconomische doorkijk is: *Is het voorstelbaar dat de wateropgaven zowel voor veiligheid als zoetwater sterk verminderen, bijvoorbeeld bij een ander, minder intensief ruimtegebruik?*

Deze vraagstelling voor de lange termijn scenario's is in juli 2010 mede ingegeven door de internationale adviescommissie voor het Deltamodel. We laten hierbij de logica los die wel is toegepast bij de scenario's rond 2050, namelijk 1) dat landbouw de grootste zoetwaterverbruiker is en 2) dat economische groei leidt tot verstedelijking en een hoge ruimtedruk, met hoge grondprijzen, waardoor het landbouwareaal afneemt. In de doorkijken na 2050 gelden deze aannamen niet per se.

7.2 Drijvende krachten en doorkruisende gebeurtenissen

De belangrijkste drijvende krachten en doorkruisende gebeurtenissen zijn hieronder terug te vinden. Met drijvende krachten wordt bedoeld de trends die *direct* effect hebben op het waterveiligheid of zoetwatervoorziening. Drijvende krachten dus die de wateropgave groter of kleiner maken. De doorkruisende gebeurtenissen zijn maatschappelijke of fysieke gebeurtenissen of ontwikkelingen die deze trends (of trendbreuken) doen ontstaan of versterken en zo indirect effect hebben op de wateropgave.

7.2.1 Waterveiligheid

De belangrijkste drijvende krachten die de **opgave voor waterveiligheid groter** kunnen maken zijn:

1. Toename bevolkingsomvang en sterke economische groei
2. De Randstad groeit dicht en breidt uit
3. Vergaande *urban sprawl*
4. Nieuwe stedelijke concentraties
5. Wonen bij water

Doorkruisende gebeurtenissen die de drijvende krachten mogelijk maken:

- Door een economisch zeer aantrekkelijk klimaat ontstaat er een migratiestroom naar Nederland
- Door problemen elders ontstaat er een grote migratiestroom naar Nederland
- Door het liberale klimaat leggen de overheden geen beperkingen waar men mag wonen. Mensen kiezen ervoor te wonen op mooie plekken, dus ook langs de rivieren, natte gebieden en diepe polders.
- Het gaat economisch goed, dus er worden massaal tweede woningen gebouwd in de mooie waterrijke gebieden

De belangrijkste drijvende krachten die de **opgave voor waterveiligheid kleiner** kunnen maken zijn:

1. Bevolkingsomvang neemt af
2. Verstedelijking Randstad neemt af
3. *Urban sprawl* neemt af
4. Toename wonen/werken in Hoog-Nederland

Doorkruisende gebeurtenissen die de drijvende krachten mogelijk maken:

- Nederland kan de mondiale concurrentie niet aan, waardoor een migratiestroom weg uit Nederland plaatsvindt
- Randstad wordt steeds minder aantrekkelijk om in te investeren omdat het te duur is.
- Werkgelegenheid alleen nog in de stedelijke kernen, niet in landelijk gebied
- De bevolkingsomvang sneller af in de Randstad dan elders in Nederland, waardoor een relatieve groei van wonen en werken is in Hoog-Nederland.

7.2.2 Zoetwatervoorziening

De belangrijkste drijvende krachten die de **opgave voor zoetwatervoorziening groter** kunnen maken zijn:

1. Toename landbouw en stijging van de toegevoegde waarde
2. Vraag naar constante waterpeilen
3. Vraag naar verschillende waterpeilen per gebied
4. Verslechtering van de waterkwaliteit
5. Toename natuur die vraagt om specifieke watercondities

Doorkruisende gebeurtenissen die de drijvende krachten mogelijk maken:

- Door een wereldwijde voedselcrisis of schaarste heeft Nederland een economische belang om voedsel te produceren.
- De doorbraak van biomassa als vervanger van fossiele brandstof (of als alternatieve hoogwaardige grondstof voor productieprocessen) leidt tot meer verbouwing van dit soort gewassen.

- Grootschalige verontreinigingen door stoffen, zoals hormonen etc.
- De Nederlandse en de Europese waardering voor specifieke natte natuurgebieden neemt toe.

*De belangrijkste drijvende krachten die de **opgave voor zoetwatervoorziening kleiner** kunnen maken zijn:*

1. Afname van de zoetwaterbehoefte van de landbouw
2. Afname vraag naar constante waterpeilen
3. Verbetering waterkwaliteit
4. Toename areaal dynamische natuur die de aanwezige watercondities volgt

Doorkruisende gebeurtenissen die de drijvende krachten mogelijk maken:

- Effectievere irrigatiesystemen, gesloten systemen
- Teelten die tegen flexibele waterpeilen kunnen
- Glastuinbouw wordt gesloten systeem
- Transitie naar duurzaamheid met als kenmerken kringloopsluiting (water en grondstoffen), vernieuwbare energiebronnen, lokale cq regionale zelfvoorziening

De drijvende krachten en doorkruisende gebeurtenissen vormen de basis voor de sociaaleconomisch doorkijken na 2050. In de volgende paragrafen worden de doorkijken nader toegelicht.

7.3 Doorkijk na 2050: sociaaleconomische groei en grote opgaven

De kerngedachte bij deze doorkijk is dat opkomende economische centra als China, India en Brazilië nog verder groeien en dat West-Europa daarvan profiteert en zo een hoge economische groei behoudt. Dit maakt Nederland – mede door de strategische ligging aan de Noordzee en grote Europese rivieren - dan ook zeer aantrekkelijk voor bedrijven om zich in te gaan vestigen. Er is hoge werkgelegenheid, wat zeer veel (economische) immigranten aantrekt. Als gevolg hiervan groeit de Randstad steeds meer dicht. Er is een verregaande *urban sprawl* om de steden, langs de transportassen en in het landelijke gebied. Het aantal tweede woningen in het groen en langs het water neemt een vlucht. De wereldvoedselvoorziening staat onder druk, waardoor de voedselprijzen ook in Nederland toenemen en het boerenbedrijf sterk rendeert. Daarnaast gaat een deel van Nederlandse boeren over op de productie van biobrandstoffen en bio-grondstoffen, omdat de vraag naar energie hoog is. Het beeld dat hierbij past is dat van een zeer verstedelijkt Nederland en een grote verstrengeling van functies, waarin elk klein gebiedje vraagt om een eigen waterpeil (een patchwork).

7.3.1 Algemeen

In deze doorkijk is sprake van een hoge groei, waarbij zowel de opgave voor de waterveiligheid als de opgave voor de zoetwatervoorziening groter worden. De belangrijkste drijvende krachten achter deze vergroting van de opgave voor de waterveiligheid zijn de toename van de bevolkingsomvang en de economische groei, het dichtgroeien van de Randstad, de verregaande *urban sprawl* en de behoefte aan wonen langs het water.

Doordat het economisch zeer goed gaat met Nederland is het zeer aantrekkelijk voor bedrijven om zich te vestigen in Nederland. De economie blijft groeien, al is het minder snel dan voor 2050, maar doordat de bevolking groeit neemt ook de omvang van de totale economie (BBP) in Nederland nog aanzienlijk toe (360 wanneer het jaar 2000 op 100 wordt geïndexeerd). De werkgelegenheid die dit met zich mee brengt resulteert in een grote netto migratiestroom naar Nederland toe, vooral uit de regio's die wereld die kampen met langdurige droogte. De bevolkingsomvang neemt toe tot ca 24 miljoen mensen¹³. Hiervan zijn ruim miljoen westerse allochtonen, die zich hier vestigen vanwege de bloeiende economie.

Er heerst een zeer liberaal klimaat. De overheden leggen niet of nauwelijks beperkingen op met betrekking tot locaties waar wel of niet gebouwd en gewoond mag worden. Dit leidt er toe dat projectontwikkelaars op risicovolle plekken gaan bouwen en dat mensen zich daar ook vestigen, bijvoorbeeld in de buitendijkse gebieden, langs het water of in diep gelegen polders. Men laat zich bij deze keuze niet leiden door de waterrisico's.

Door het gunstige economische klimaat is Nederland welvarend. Als gevolg daarvan worden massaal tweede woningen gekocht, vaak in het groen en bij mooie waterrijke gebieden

De mondiale voedselvoorziening wordt een steeds groter probleem in de wereld. De vraag naar voedsel van goede kwaliteit neemt toe, waardoor de prijzen hoger worden. Ook de opbrengst per hectare landbouw in Nederland stijgt als gevolg hiervan, waardoor de landbouw steeds meer rendabel wordt. De eisen aan de continuïteit van de zoetwatervoorzieningen zijn hoog vanwege de constante waterpeilen die nodig zijn voor de gewassen die geteeld worden.

Daarnaast gaat een aantal boeren zich richten op andere toepassingen dan voedselproductie. De stijgende vraag naar alternatieve energie en biograndstoffen leidt er toe de landbouw zich deels op deze markt werpt, waardoor het totale areaal landbouwgrond hoog blijft.

Er ontstaat een steeds grote vraag naar vooral natte natuur. De combinatie van water en groen wordt steeds meer gezien als een zeer rijke vorm van natuur die typisch is voor de Hollandse delta. Ook neemt de aandacht voor het verlies aan biodiversiteit toe, waardoor deze natte natuurgebieden, die relatief bijzonder zijn in Europa meer worden gewaardeerd dan de droge natuurgebieden.

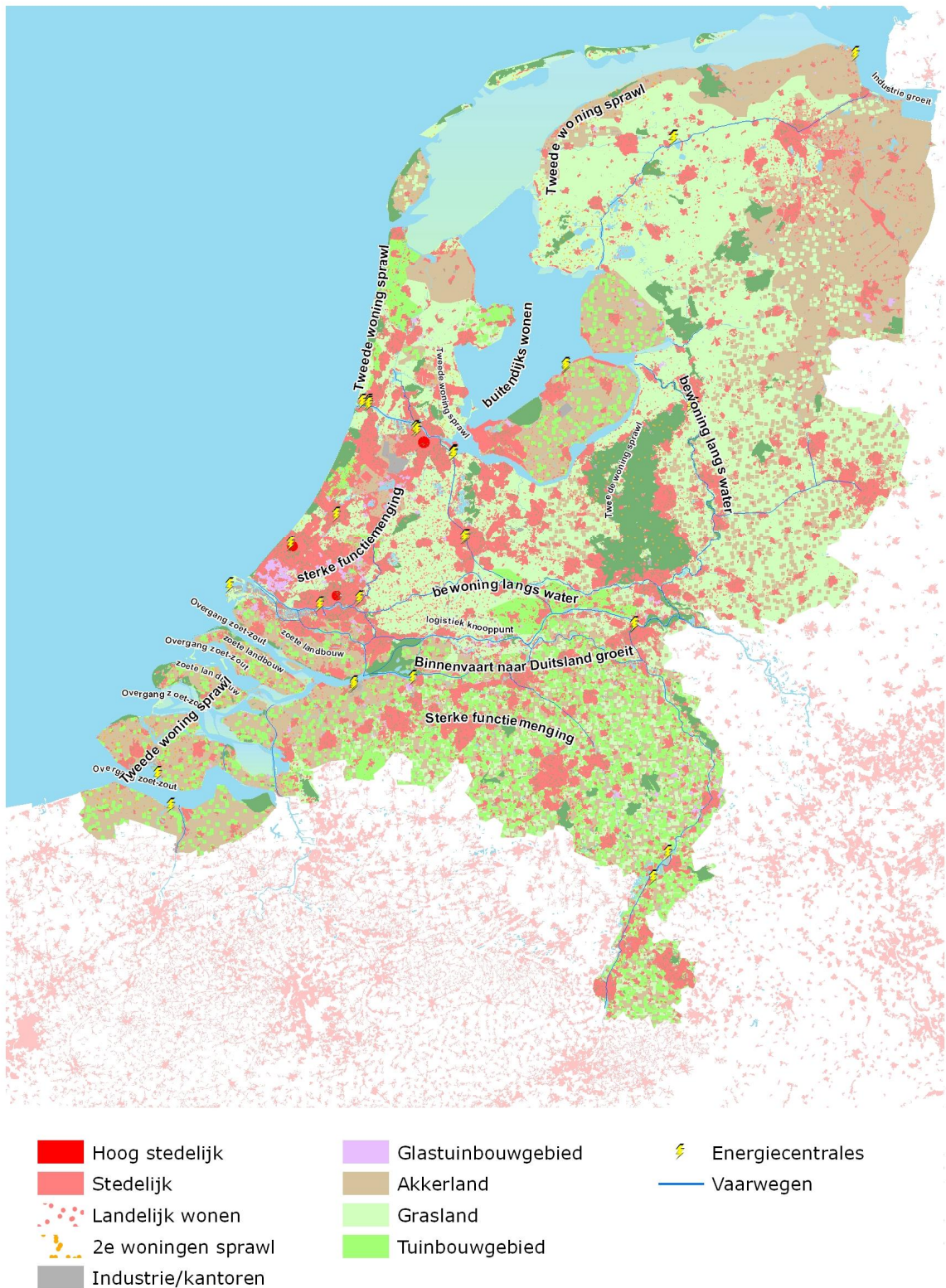
7.3.2 Ruimtelijke uitwerking

Verstedelijking

In het stedelijke gebied zien we drie ontwikkelingen na 2050 (figuur 7.3 en 7.4).

Ten eerste intensificeert het bestaande stedelijke gebied. Steden zoals Den Haag, Rotterdam, Amsterdam en Utrecht groeien, breiden uit en raken zeer dichtbevolkt. Deze steden slokken nabij gelegen randgemeenten op. De bevolking en economische investeringen binnen de dijkringen nemen drastisch toe.

13. We baseren ons hier op De Jong (2008) waarin de bevolkingsomvang voor de verschillende WLO-scenario's in 2100 wordt ingeschat (CBS, *Bevolkingstrends*, 4^e kwartaal 2008).



Figuur 7.3 Impressie van ruimtelijke ontwikkelingen tussen 2050 en 2100 als gevolg van hoge sociaaleconomische groei

Ten tweede, de *urban sprawl* neemt sterk toe tussen de intensieve stedelijke gebieden. Daarbij geldt enerzijds het “wonen volgt werken”. De urban sprawl neemt daarom extra toe langs bestaande infrastructuur, dus langs de belangrijkste verbindingswegen in de randstad (snelwegen zoals de A2, A4, A9, A10, A12, A13, A15, A16). Ook in het Groene hart neemt het aantal woningen toe.

In Noord-Holland vindt hetzelfde plaats. Amsterdam, Haarlem en Alkmaar groeien. Om deze steden heen is een band met minder dichtbevolkte gebied. De regio tussen Amsterdam en Almere groeit dicht als gevolg van relatief lagere huizenprijzen. Een deel van Almere ligt buitendijks.

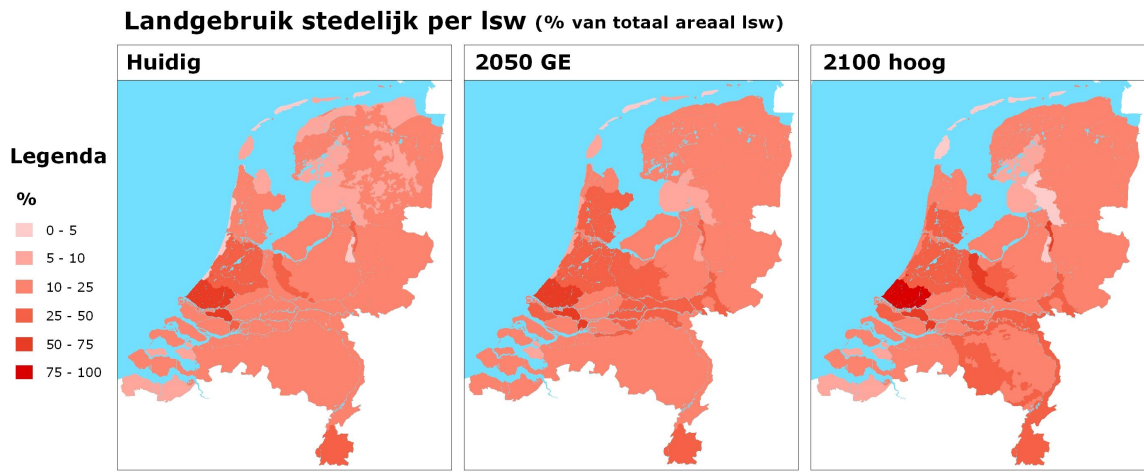
Anderzijds geldt de behoefte aan “wonen langs aantrekkelijk nat en groen”. Ruimtelijk resulteert dit in een duidelijke *urban sprawl* in het rivierengebied bij Arnhem, Nijmegen en Wageningen, ook langs de IJssel richting het Noorden en langs de Waal bij Den Bosch tot Dordrecht en Rotterdam en langs de kust van Noordzee en IJsselmeer.

Ten derde ontstaan er nieuwe stedelijke kernen bij nieuwe economische kernen. Langs de A15 in ontstaat in Noord-Brabant een logistieke as, als verlengstuk van de Rotterdamse havenindustrie-complex. Langs deze as is veel bedrijvigheid trekt veel wonen aan. In het Noorden groeit de stad Groningen als gevolg van de bedrijvigheid in de Eemshaven en het grootschalig verbouwen van biobrandstoffen.

Een belangrijke voorwaarde voor het dichtgroeien van de Randstad en de uitlopers is de infrastructuur. Deze wordt goed onderhouden. Er worden veel tunnels aangelegd, ook met in het kustgebied. De kustgebieden in het Westen krijgen daardoor extra impuls. Ook dit trekt veel wonen aan.

De toenemende spreiding is ook een gevolg van de toename in tweede woningen. Deze tweede woningen moeten vooral rust bieden in een mooie omgeving, dicht bij water. Langs zowel grote als kleine rivieren is erg populair. Zeeland blijft zeer aantrekkelijk voor tweede woningen vanwege de gunstige ligging ten opzichte van de randstad. Ook langs de grote rivieren worden veel tweede woningen gebouwd, langs de IJssel en het IJsselmeer, langs de Maas en de Waal. Ook is er een toename van het aantal woningen in de beekdalen en overgangszones tussen de hoge en lage gronden. Tot slot is ook het lage gelegen gebied in Friesland, langs de Waddenzee en langs de meren erg in trek.

Er vindt een grootschalige herstructurering plaats in het kassengebied in het Westland en bij Gouda, waardoor de tuinbouwsector groeit. Alhoewel het gebied niet dicht bevolkt is, moet het wel beschermd worden tegen wateroverlast.



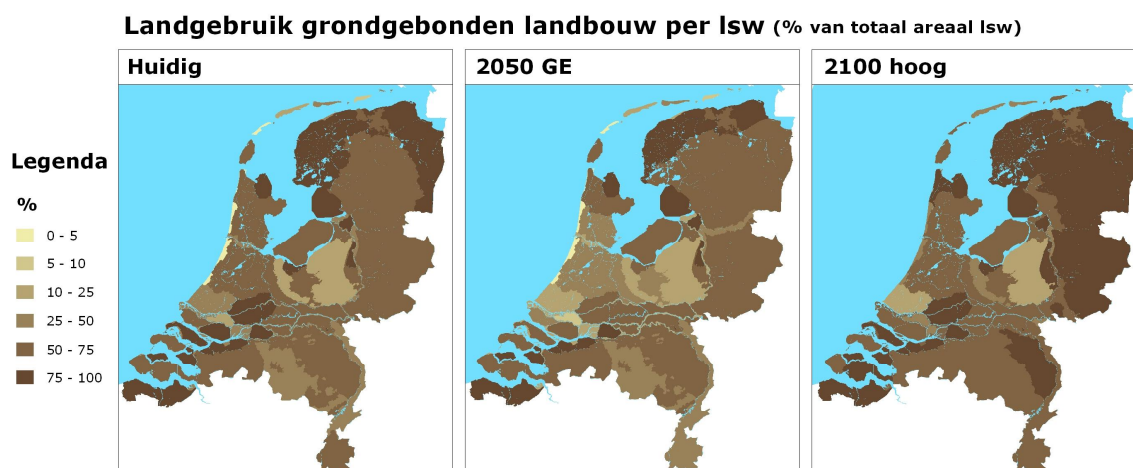
Figuur 7.4 Percentages stedelijk areaal in de doorkijk met sociaaleconomische groei

Landbouw

In deze doorkijk neemt het totale landbouwareaal na 2050 weer toe en stijgt ook de productie (figuur 7.3 en 7.5). De verbouwde teelten vragen over het algemeen veel water. Zoetwater is daarom een cruciale productiefactor. De groei ontstaat doordat er mondiaal meer vraag naar voedsel is en een aanzienlijke markt wordt gecreëerd voor de productie van biobrandstoffen en biogrondstoffen. Vooral in Noord-Nederland wordt een aanzienlijk deel van de akkerbouwgronden gebruikt voor de verbouwing van wilgen, riet en grassen. Ook in de komgronden bij de rivieren en in zeeland worden gewassen verbouwd voor deze doeleinden. De watervraag is onverminderd groot en kan zelfs toenemen als hoog producerende gewassen (riet en grasachtige gewassen, maïs, of snelgroeiend hout) worden ingezet als biogrondstof of voor energie. De zoetwatervraag van deze gewassen is relatief hoog, maar omdat de opbrengsten hoger zijn dan voedsel, gaan veel boeren toch deze gewassen verbouwen.

In Brabant blijft een mix bestaan van de verbouwing van biobrandstof en voedselproductie, afhankelijk van de bodemgesteldheid en wat het meest oplevert op per hectare. Op de hoge gronden in Drenthe en Limburg wordt vooral maïs geproduceerd en veevoeder. In Zeeland en in de punt van de Noord-Holland en langs de waddenzeekust bij Friesland en Groningen blijft de akkerbouw dominant. De gewassen die verbouwd worden zijn over het algemeen vrij gevoelig voor variatie in het waterpeil en voor verzilting.

Er is sprake van een sterke toename van de glastuinbouw. De glastuinbouw heeft een zeer hoge productie en is belangrijk in de bevoorrading van de grote steden. In Het Westland en Gouda maakt de glastuinbouw een enorme schaalvergroting door. De vollegrondstuinbouw blijft redelijk sterk vertegenwoordigd.



Figuur 7.5 Percentages landbouwareaal in de doorkijk met sociaaleconomische groei

Natuur

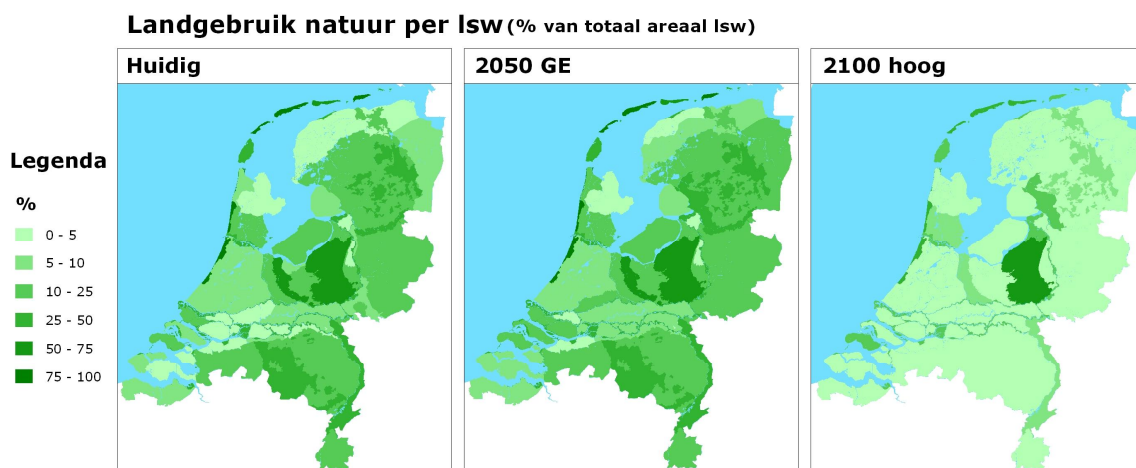
In deze doorkijk is er niet veel plek voor natuur in Nederland (figuur 7.3 en 7.6). De oprukkende verstedelijking zet de natuur sterk onder druk. Natuur is als zodanig ondergeschikt aan het economische belang en dat houdt in dat verstedelijking, maar ook de rendabele landbouw terrein wint ten koste van natuur. De ecologische hoofdstructuur staat daardoor wel onder druk. De grotere gebieden worden langzaam ingeperkt en de

verbindingzones uitgedund. De verstrengeling van functies neemt hierdoor verder toe. De natuur in de EHS is veelal bijzondere natuur met een hoge watervraag die variatie in waterpeil slecht verdraagt.

In de Randstad is weinig plek voor natuur. In de zeer intensieve stedelijk kernen zijn hier en daar wel kleine stukjes groen en een recreatiefunctie hebben voor de inwoners van de stad. Over het algemeen is dit bijzondere natuur, met veel nat.

De natuur is de beschermde natuurgebieden zoals de Peel, Oostvaardersplassen, Veluwe en Utrechtse heuvelrug blijft zoals als die is. Wel worden de randen steeds meer bebouwd, met name de aantrekkelijke natte gebieden en beekdalen. Ook het duingebied blijft vanwege de kustbescherming en de drinkwatergebieden, maar de toename van woningen en infrastructuur achter de duinen neemt fiks toe.

De natuur in de uiterwaarden neemt af als gevolg van de extra woningen en tweede woningen in deze gebieden. Deze stukken worden echter lang niet helemaal voorgebouwd, zodat het landschap aantrekkelijk blijft.



Figuur 7.6 Percentages natuureareaal in de doorkijk met sociaaleconomische groei

Scheepvaart

De scheepvaart groeit sterk. De mondialisering neemt toe en de handel tussen West Europa en Azië en Nederland en Noord en Zuid Amerika eveneens. De havens van Rotterdam, Amsterdam en Antwerpen groeien als gevolg hiervan. De binnenvaart groeit eveneens, met name de vaarroutes naar Duitsland worden steeds drukker, het Amsterdam Rijnkanaal en de Rijn-Schelde kanaal.

De economische waarde van scheepvaart gaat omhoog. Het bevaarbaar houden van de vaarroutes heeft een groot economisch belang, evenals de uitbreiding van de capaciteit van de sluisen.

7.3.3 Mogelijke consequenties voor waterveiligheid

Door de verregaande verstedelijking is er veel behoefte aan een goede bescherming tegen het water. De nu al dichtbevolkte gebieden zullen in deze doorkijk nog dichterbevolkt raken, waardoor het vereiste veiligheidsniveau in sommige gevallen zou moeten worden aangepast om deze locaties goed te beschermen. De grote veranderingen in vereiste waterveiligheids-

niveaus zullen vooral plaatsvinden in de locaties waar door de *urban sprawl* de dichtheid zeer sterk toeneemt. Dat is vooral langs het wegennet en langs de aantrekkelijke groene, natte plekken.

Vooral de opgave om wateroverlast te voorkomen zal toenemen. Bij een toename van het verhard oppervak zal neerslag steeds vaker leiden tot het onderlopen van kelders en andere lage plekken in de stad, zoals tunnels. Er zal daardoor een behoefte zijn aan extra water-retentiegebieden in de stad, hoewel daar weinig plaats voor is en deze oplossing relatief duur is¹⁴.

Ten aanzien van de waterveiligheid zullen ook de regio's met landbouwsectoren die een hoge toegevoegde waarde hebben (open en gesloten tuinbouw) een goede bescherming vereisen, evenals een goede waterafvoer ten tijde van wateroverlast.

Deze doorkijk laat dus een beeld zien van een hoge behoefte aan bescherming tegen overstroming en wateroverlast zowel van het stedelijk gebied als van het landelijke gebied door de *urban sprawl*, maar ook voor de zeer intensieve landbouw zoals glas- en vollegrondstuinbouw.

7.3.4 Mogelijke consequenties voor de zoetwatervoorziening

In dit beeld is ook de opgave voor zoetwatervoorziening groot, zowel in de stad als in het landelijke gebied. In het stedelijke gebied is er behoefte aan oppervlaktewater dat door verdamping voor verkoeling zorgt van de stad. Bij onvoldoende water in verstedelijkt gebied kan hittestress ontstaan. De vraag naar oppervlaktewater ter verkoeling van de stad zal daardoor enorm kunnen toenemen. Ook zal er een behoefte zijn aan seizoensberging om in droge perioden toch de beschikking te hebben over voldoende oppervlakte water. Daarnaast is de opgave voor het constant houden van grondwater een factor van belang. Bij daling van de grondwaterspiegel kan er meer bodemzetting plaatsvinden waardoor verzakkingen mogelijk zijn. In sommige oude steden (bijvoorbeeld Amsterdam) zijn de huizen op houten palen gebouwd, die gaan rotten zodra ze droog vallen.

Ook de waterkwaliteit komt onder druk te staan door nutriënten, zware metalen uit bouwmaterialen en PAKs. Bacteriologische verontreinigingen kunnen leiden tot infecties en door de hoge bevolkingsdichtheid sneller verspreiden. Ook om dit tegen te gaan zal er voldoende vers water moeten worden aangevoerd van elders en zal het water in de stad zelf goed moeten circuleren.

Voor landbouw geldt dat het de gewassen een variërend water peil slecht kunnen verdragen en dus vragen om een constant waterpeil. Ook de natuur vraagt daarom. Doordat natuur, landbouw en wonen behoorlijk sterk verweven zijn geraakt is de situatie ontstaan dat voor heel veel kleine gebiedjes een ander waterpeil wordt gevraagd, wat een enorme opgave is.

Verder is er een toename van drinkwatergebruik, voor zowel huishoudens als voor niet-agrarisch kleinzakelijk en grootzakelijk gebruik. Ook de havenindustrieën groeien in dit beeld en creëren steeds meer werkgelegenheid. De havens trekken veel industrie aan. Daarnaast neemt de scheepvaart toe en wordt het belangrijker om de rivieren bevaarbaar te houden. Te veel water onttrekken aan de rivieren ten gunste van de stedelijk water en landbouw en natuur leidt tot problemen met de scheepvaart.

14. De huidige richtlijn is nu rond de 5-10% van het stedelijk oppervlak.

Deze doorkijk laat het beeld zien van en een grote zoetwatervraag van de stad en van het landelijke gebied. Dit wordt nog een versterkt door de verstrengeling van de functies wonen, landbouw en natuur. Plaatselijk leidt tot behoefte aan uiteenlopende waterpeilen komt, die om sterke regulatie vragen.

Tabel 7.1 Kenmerken van doorkijk na 2050 grote opgave voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening

Kenmerken	Mogelijke consequentie voor de wateropgaven
Sterke toename verstedelijking	Grote behoefte aan hoge veiligheidsniveaus in stedelijk gebied. Kans op verhoging veiligheidsniveau in landelijke gebieden met veel groei. Over het algemeen zal er meer drinkwater nodig zijn. In de stad zal er behoefte zijn aan oppervlaktewater, ter verkoeling tegen hittestress, maar ook voor recreatie en mooi wonen.
Toename landbouw areaal, en toename van de productie	Water is een cruciale productiefactor Er is behoefte aan betrouwbare zoetwatervoorziening die waterpeil reguleert
Afname natuurareaal. EHS en natuurgebieden slinken	De natuur vraagt om contante waterpeilen, anders kan verdroging ontstaan.
Sterke groei scheepvaart	Het economisch belang van het bevaarbaar houden van de vaarroutes wordt groter.

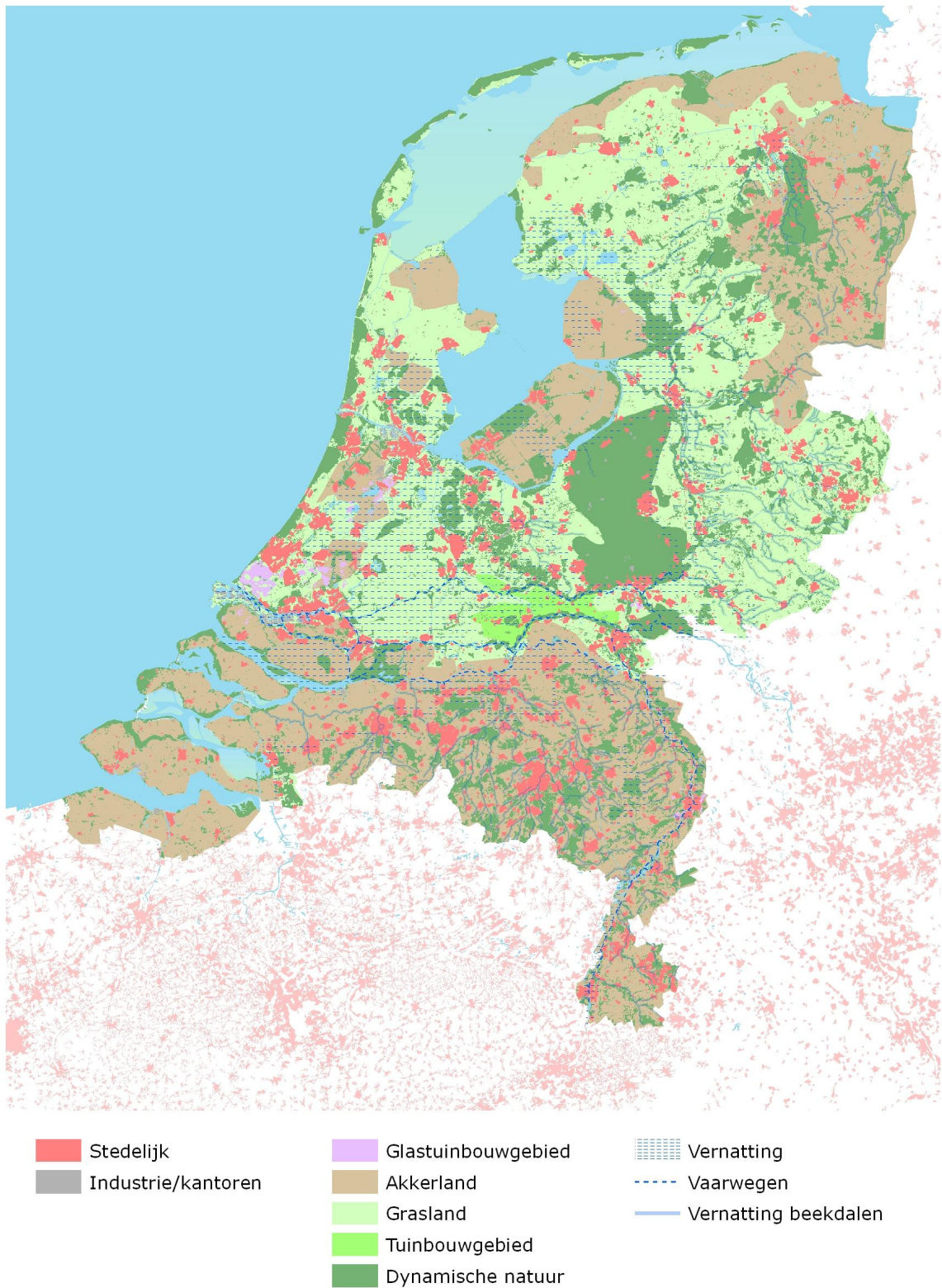
7.4 Doorkijk na 2050: sociaaleconomische krimp en kleine opgaven

De kerngedachte van deze doorkijk is dat de opkomende economische centra als China, India en Brazilië voortdurend groeien, maar dat West-Europa in de hevige mondiale concurrentie niet goed mee kan komen. Daardoor krimpt de Nederlandse economie en wordt het minder aantrekkelijk om in Nederland te wonen en werken. Er is een (economische) migratie naar de goed draaiende economieën in het buitenland. Door de krimp neemt de verstedelijking af. De Randstad wordt minder aantrekkelijk voor bedrijven om zich te vestigen. Er is minder ruimtedruk, waardoor het areaal landbouw groeit. De landbouw is doorgaans zeer extensief. De glastuinbouw daarentegen is erg productief en schakelt over op zeer effectieve bewateringssystemen. De natuur neemt toe en vernat langzaam.

7.4.1 Algemeen

In dit scenario neemt de bevolkingsomvang af tot rond 12,5 miljoen¹⁵. Dit is vooral het gevolg van economische migratie. Veel Nederlanders zoeken werk in landen als China, India, Brazilië en zelfs Afrika, mogelijk ook nog de VS, die in de tweede helft van de eeuw de economische centra van de wereld vormen. De groei van de economieën in West-Europa stagneert. De totale economie krimpt, doordat de bevolking afneemt, maar omgerekend per inwoner neemt het BBP nog licht toe, zij het minder dan voor 2050. Vooral internationaal georiënteerde bedrijven hebben moeite om in de Randstad het hoofd boven water te houden en verplaatsen zich naar de nieuwe centra. Als gevolg daarvan neemt de werkgelegenheid in de Randstad af en vertrekken vooral hoogopgeleiden naar het buitenland. Door deze braindrain krimpt de Nederlandse economie nog verder. De economische situatie maakt dat er structureel bezuinigd moet worden op alle overheidsuitgaven.

15. Ook hier baseren we ons hier op De Jong (2008) waarin de bevolkingsomvang voor de verschillende WLO-scenario's in 2100 wordt ingeschat



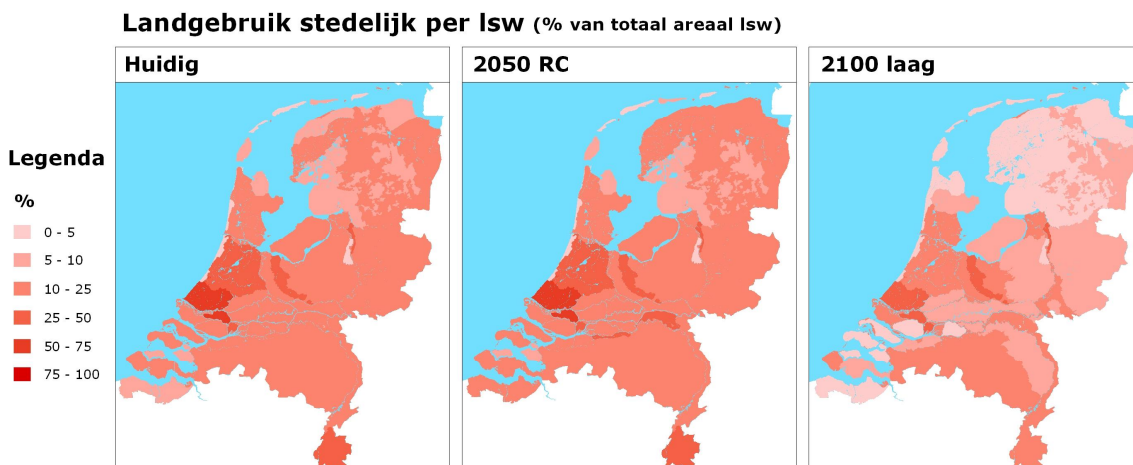
Figuur 7.7 Impressie van ruimtegebruik omstreeks 2100 als gevolg van sociaaleconomische krimp

7.4.2 Ruimtelijke uitwerking

Verstedelijking

De almaar dalende werkgelegenheid zorgt ervoor dat Randstad steeds minder aantrekkelijk wordt om in te investeren, te wonen en werken. In dit scenario zijn er twee dominante ontwikkelingen. Ten eerste stagneert de groei van de Randstad; het aantal inwoners loopt zelfs iets terug. De stadskernen blijven intensief bewoond, maar de urban sprawl neemt af. Hierdoor breidt het groene hart langzaam uit. Ten tweede nemen de mogelijkheden om thuis te (tele)werken toe. Hierdoor worden bedrijven en werknemers steeds meer 'footloose' en hoeven mensen niet per se dicht bij hun werk te wonen. Het principe van wonen volgt werk vervalt daarmee steeds meer. Ten derde, de huizenprijzen blijven nog relatief hoog in Randstad, waardoor het aantrekkelijk is om zich buiten de Randstad te vestigen. De keuze voor de woonlocatie wordt primair bepaald door de huizenprijs en het woonmilieu. Een groot deel van de bevolking kiest ervoor om in de echte stadskernen van de Randstad te blijven wonen en het andere deel kiest ervoor om landelijk te gaan wonen op bijvoorbeeld de hoge gronden van de Utrechtse heuvelrug en het Drentse plateau en Limburg. Hierdoor is er een relatieve toename van het wonen en werken in Hoog-Nederland en neemt de *urban sprawl* in laag-Nederland langzaam af. In Noord-Holland zien we het zelfde patroon. De stadskernen zoals Amsterdam, Haarlem en Alkmaar blijven zeer dichtbevolkt, maar daartussen neemt het aantal woningen af.

Het wonen langs water wordt steeds minder populair. Er wordt slechts op heel kleine schaal gewoond langs het water. Ook de overgangszone tussen hoog en laag, waar veel wateroverlast optreedt als gevolg van kwelwater, wordt zoveel mogelijk gemedend.



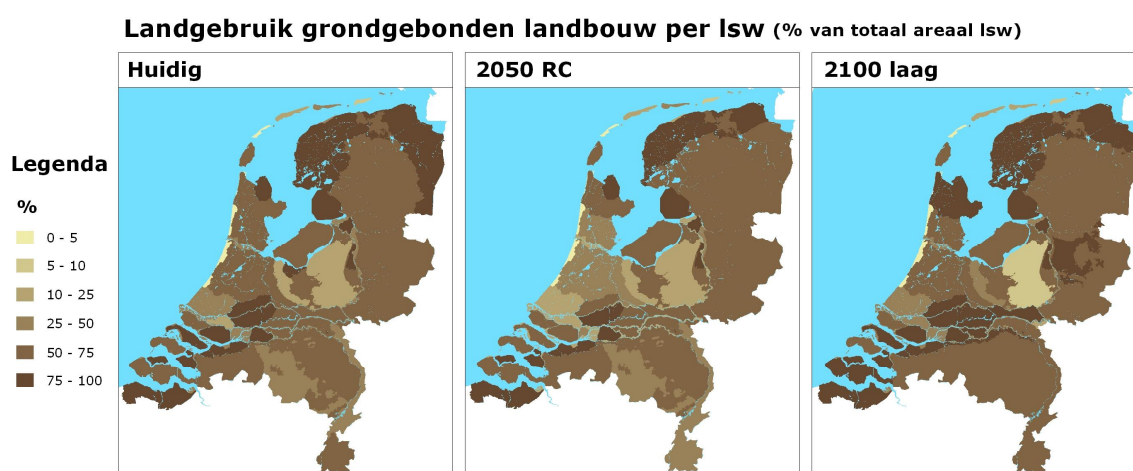
Figuur 7.8 Percentages stedelijk areaal in de doorkijk met sociaaleconomische krimp

Landbouw

Het totale areaal aan landbouw neemt weliswaar toe, maar de productieomvang neemt af. De landbouw wordt steeds extensiever en produceert vooral voor de eigen regio. Gebieden trachten zoveel mogelijk zelfvoorzienend te zijn. De landbouw is over het algemeen niet intensief. De grondgebonden, extensieve veeteelt neemt in heel Nederland toe en heeft geen grote zoet watervraag.

In de zeekelegebieden (Zeeland, westkust, punt van Noord-Holland, Flevoland en Noord-Friesland en Groningen) blijft de akkerbouw bestaan, maar de gewassen die verbouwd worden hebben niet veel irrigatie nodig en zijn niet erg watergevoelig. De boeren verbouwen die gewassen die passen bij de watercondities en de bodem. Voedsel is het belangrijkste product. Biomassa als biobrandstof wordt daarentegen in veel mindere mate verbouwd. Niet-rendabele gronden worden verlaten zodat er geleidelijk meer natuurlijke bossen ontstaan.

De glastuinbouw rond de grote steden blijft, voornamelijk in het Westland, bij Gouda, Nijmegen, Venlo. Deze sector is hoogproductief en produceert een deel van het benodigde voedsel voor de steden en een deel is bestemd voor de West-Europese markt als belangrijk exportproduct. De glastuinbouw schakelt over op volledig gesloten irrigatiesystemen, en gaat daardoor zuinig en effectief om met zoetwater. De vollegrondstuinbouw wordt langzaam maar zeker vervangen door glastuinbouw.



Figuur 7.9 Percentages landbouwareaal in de doorkijk met sociaaleconomische krimp

Natuur

In dit beeld neemt het totale areaal natuur toe. De ontwikkeling van de natuur wordt vrijgelaten en kan redelijk goed tegen variërend waterpeil. In laag Nederland komt plek vrij voor grote en relatief natte natuurgebieden, zoals in het groene hart dat een plas-dras gebied wordt. De Noord-Hollandse meren blijven nat en worden uitgebreid met moerasgebieden.

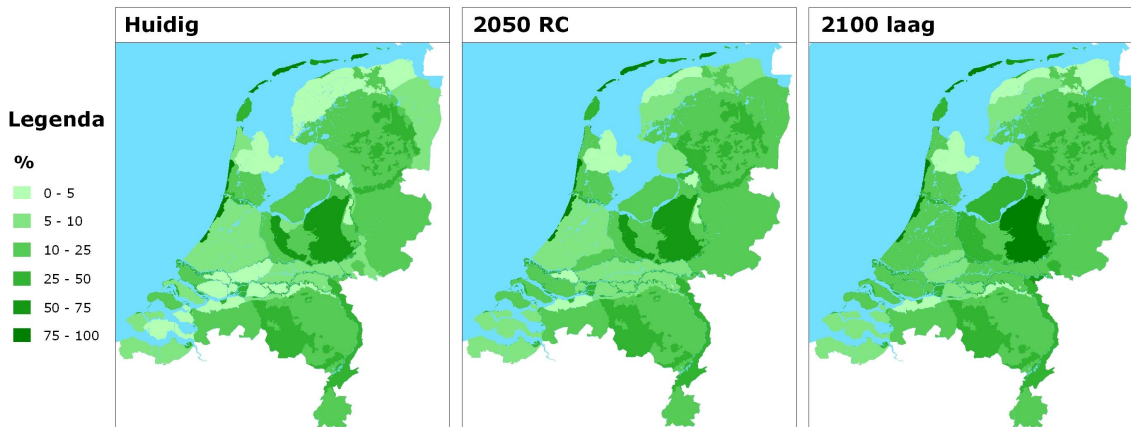
Veel natuurgebieden worden verder uitgebreid omdat er ruimte is en weinig concurrentie van stedelijke functies. Ook natuurgebieden van de Utrechtse Heuvelrug en de Veluwe breiden steeds verder uit. Gebieden zoals de Peel en de Oostvaardersplassen groeien eveneens en houden een variërend waterpeil.

De vernatting van de natuur neemt in deze doorkijk sterk toe. Zo vernat het lage deel van de Noordoostpolder steeds meer en omvat veel moerasrijk gebied. Ook in Friesland langs de kant van het IJsselmeer ontstaat een zone met veel natte natuur (met uitzondering van Kampen en Zwolle).

Langs de rivieren is er ook volop natuurontwikkeling in de uiterwaarden en ontstaat een natuurlijk overloopgebied. In de beekdalen en de natte overganggebieden tussen hoog en laag Nederland is ook veel natte natuur aanwezig die bestand is tegen variërende waterpeil.

In het kustgebied bij de Wadden, de eilanden en in Friesland en Groningen zien we vooral zachte overgangen tussen water en land, met veel natuur. Het duingebied langs de westkust en de Zeeuwse eilanden is een brede strook van natuur.

Landgebruik natuur per lsw (% van totaal areaal lsw)



Figuur 7.10 Percentages natuurareaal in de doorkijk met sociaaleconomische krimp

Scheepvaart

De economie stagneert en als gevolg daarvan neemt ook de scheepvaart sterk af. Nederland is sterk gericht op zichzelf en op de buurlanden, maar de economie van Duitsland stagneert, waardoor vaarroutes naar Duitsland en het Europese achterland minder belangrijk worden. De havens van Rotterdam, Amsterdam en Antwerpen krimpen. Het bevaarbaar houden van de vaarroutes krijgt een minder groot economisch belang en veel sluizen hebben een overcapaciteit.

7.4.3 Mogelijke consequenties voor de waterveiligheid

In dit beeld blijft de opgave voor de waterveiligheid ongeveer gelijk of daalt misschien zelfs een enigszins. De totale omvang van de bevolking neemt af waardoor de bestaande beschermingsniveaus meer dan voldoende blijven. Het wonen en werken op kwetsbare plekken, zoals in diepe polders, langs de rivieren neemt af. Ook neemt de spreiding af, waardoor bescherming in principe eenvoudiger wordt.

7.4.4 Mogelijke consequenties voor de zoetwatervoorziening

Ook met betrekking tot de zoetwatervoorziening lijkt de opgave in dit beeld kleiner te worden. De eisen van de landbouw ten aanzien van de zoetwatervoorziening zijn lager dan de huidige. Ook de afname van verstedelijking leidt niet tot een grotere behoefte aan extra zoetwater in de stad. De natuur wordt vooral grootschalige dynamische natuur, waardoor die relatief goed tegen veranderende watercondities bestand is. Ook de verstrengeling tussen de verschillende functies neemt wat af. Kortom, deze sociaaleconomische ontwikkelingen zouden wel eens kunnen leiden tot een minder grote opgave.

Tabel 7.1 Kenmerken van doorkijk na 2050 kleine opgave voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening

Kenmerken	Mogelijke consequentie voor de wateropgaven
Stedelijk gebied neemt af	Behoefte aan beschermingsniveau blijft hetzelfde. Totale drinkwatervraag neemt af
Toename van landbouwareaal, maar zeer extensief	Totale vraag naar zoetwater neemt af.
Toename dynamische en natte natuur	Totale vraag naar zoetwater neemt toe, maar de watercondities mogen variëren.
Krimp scheepvaart	Bevaarbaar houden van de vaarroutes blijft belangrijk vanwege voorziening in consumptiegoederen, maar heeft een minder groot economisch belang.

8 Literatuur

- Aerts, J., Sprong, T. and Bannink, B., 2008. Aandacht voor Veiligheid. 009/2008, Klimaat voor Ruimte en Leven met Water.
- Asselt, M.B.A.V., Faas, A., Molen, F.V.d. and Veerman, S.A., 2010. Uit zicht. Toekomstverkennen met beleid. Verkenningen, WRR. Amsterdam University Press, Amsterdam, Den Haag.
- Baggelaar, P., Hummelen, A. and Buscher, C., 2010. Vier scenario's voor de drinkwatervraag in 2040, KWR.
- Beersma, J., Kwadijk, J.C.J. and Lammersen, R., 2008. Effects of climate change on the Rhine discharges, a review. Summary report, KNMI, De Bilt, The Netherlands.
- Beersma, J.J., 2002. Rainfall generator for the Rhine Basin. Description of 1000-year simulations., KNMI, De Bilt.
- Bergström, S., 1976. Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments, University of Lund, Lund, Sweden, Lund, Sweden, 134 pp.
- Bollen, J., Manders, T. and Mulder, M., 2004. Four Futures for Energy Markets and Climate Change, Centraal Planbureau/Milieu- en Natuurplanbureau, Den Haag/Bilthoven.
- Dammers, E., 2000. Leren van de toekomst, Eburon, Delft.
- Dammers, E., 2010. The making of territorial scenarios for Europe. Futures: 785-793.
- De Groen, M., Bruggeman, W., Icke, J., Van Der Veen, B. and Karstens, S., 2008. Waterplanverkenningen; drie perspectieven op de toekomst van water in Nederland, Deltares, Delft.
- De Lange, G., Oosthoek, J.T. and Gunnink, J.L.T., 2011. Maaiveldalingsprognose voor 2050, onderdeel van de scenarios van het Deltamodel, Deltares, Utrecht.
- Deltacommissie, 2008. Samen werken met water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. Bevindingen van de Deltacommissie 2008.
- Deltaprogramma, 2011. Werk aan de delta. Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen. September 2010, Ministerie van V&W, Ministerie van LNV, Ministerie van VROM, Den Haag.
- Deltaprogramma_2011, 2010. Werk aan de delta. Investeren in een veilig en aantrekkelijk Nederland, nu en morgen.
- Dessai, S. and Sluijs, J.P.v.d., 2007. Uncertainty and Climate Change Adaptation - a Scoping Study. NWS-E-2007-198, Copernicus Institute, Utrecht University, Utrecht.
- Environment_Agency, 2009. Managing flood risk through London and the Thames estuary. Strategic Environment Assessment. Environmental Report, Thames Estuary 2010, Environment Agency, London, UK.
- Farla, J. et al., 2006. Achtergrondrapport Energie bij de Welvaart en Leefomgevingsscenario's, MNP, CPB, RPB, ECN.
- Goossen, H., Stuyt, L., De Groot, M., Den Braber, M. and Bessembinder, J., 2009. Klimaat-effectatlas 1.0. Samenvatting, WUR, DHV, KNMI, Wageningen.
- Haasnoot, M., Middelkoop, M., Offermans, A., Van Beek, E. and Van Deursen, W.P.A., in review. Exploring pathways for sustainable water management in river deltas: method development and evaluation
- Haasnoot, M. et al., 2010. Plan van aanpak en contouren scenario's voor het Deltamodel, Deltares, Delft.
- Haselen, H.v. and Lebouille, R., 2005. SMILE 2+. Runs economie module in het kader van de WLO-studie Ecorys.
- Hilbers, H. and Snellen, D., 2010. Bestendigheid van de WLO-scenario's. 500161003 Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag/Bilthoven.

- Homan, C., Beersma, J. and Bessembinder, J., 2011a. Meteorologische tijdreeksen voor het Deltamodel: eerste versie tijdreeksen voor Nederland en de stroomgebieden van de Maas en Rijn. Rapportage over de werkwijze en toegepaste methode voor product A1a KNMI, De Bilt.
- Homan, C., Beersma, J. and Bessembinder, J., 2011b. Meteorologische tijdreeksen voor het Deltamodel: eerste versie synthetische tijdreeksen voor Nederland en de stroomgebieden van de Maas en Rijn. Rapportage over de werkwijze en toegepaste methode voor product B1a KNMI, De Bilt.
- Hoogvliet, M.C., 2010. Knikpunten in het waterbeheer van het Maasstroomgebied a.g.v. klimaatverandering. Beleidssamenvatting., Deltares, Utrecht.
- IPCC, 2007. Climate Change 2007. Synthesis report. , IPCC, Geneva, Switzerland.
- Janssen, A.N.G., Gramberger, M.R., Ruijter, P.A.d. and Heijningen, J.v., 2004. Regeren is vooruitzien! Scenario's maken en gebruiken voor beleidsontwikkeling, wetgeving en handhaving. ISBN: 90-807303-2-7, Expertisecentrum Rechtshandhaving, ministerie van Justitie, Den Haag.
- Janssen, L.H.J.M., Okker, V.R. and Schuur, J., 2006. Welvaart en Leefomgeving: een scenariostudie voor Nederland in 2040, Centraal Planbureau
Planbureau voor de Leefomgeving
- Jong, A.d., 2008. Vier scenario's voor de zeer lange termijn. Bevolkingstrends, 4de kwartaal.
- Kahn, H., 1965. On oscilation, metaphors, and scenarios. Praeger, New York.
- Klijn, F., Kwadijk, J., Bruijn, K.d. and Hunink, J., 2010. Overstromingsrisico's en droogterisico's in een veranderend klimaat : verkenning van wegen naar een klimaatveranderingsbestendig Nederland / Frans Klijn, Jaap Kwadijk, Karin de Bruijn, Joachim Hunink 1002565-000 VEB, Deltares.
- Klopstra, D., Versteeg, R. and Kroon, T., 2005. Aard, ernst en omvang van watertekorten In Nederland, RIZA, HKV, Arcadis, KIWA, Korbee en Hovelynck
- KNMI, 2006. Klimaat in de 21e eeuw. Vier scenario's voor Nederland, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt.
- KNMI, 2009. Klimaatverandering in Nederland. Aanvullingen op de KNMI'06 scenario's., De Bilt.
- Kramer, N., Winsemius, H. and De Keizer, O., 2008. GRADE, Deltares, Delft.
- Kuijper, B., Stijnen, J. and Van Velzen, E., 2010. Rapportage kansenspoor WV21 - concept, HKV Lijn in Water, Deltares, Delft.
- Kuijpers, M., 2007. Nederland later. Tweede duurzaamheidsverkenning, Planbureau voor de Leefomgeving.
- Kwadijk, J. et al., 2008a. Klimaatbestendigheid van Nederland als waterland. H2O, 23: 10-12.
- Kwadijk, J., Jeuken, A. and Waveren, H.V., 2008b. De klimaatbestendigheid van Nederland Waterland. Verkenning van knikpunten in beheer en beleid voor het hoofdwatersysteem. T2447, Deltares, Delft.
- Kwadijk, J., Klijn, F. and Van Drunen, M., 2006. Routeplanner naar een klimaatbestendig Nederland. Nulmeting, Deltares en IVM-VU, Delft.
- Kwadijk, J.C.J. et al., 2010. Using adaptation tipping points to prepare for climate change and sea level rise: a case study in the Netherlands. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 1(5): 729-740.
- Lammersen, R., 2004. Grensoverschrijdende effecten van extreem hoogwater op de Niederrhein. ISBN 9036956390, RIZA, Arnhem.
- Leusink, A. and Zanting, H.A., 2009. Naar een afwegingskader voor een klimaatbestendig Nederland. Met ervaringen uit 4 case studies. Samenvatting voor bestuurders, BSIK-programma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum, Wageningen.

- Morselt, T.T., 2010. Het Deltaprogramma bezien als investeringsvraagstuk. Rekening houdend met de kenmerken: onzekerheid, samenhang, consistentie, flexibiliteit en integraliteit. Voorverkenning en plan van aanpak. P10004, Blueconomy, Zaltbommel.
- Nasruddin, F., 2010. Tipping Point in Urban Flood Management. Case study : Wielwijk, Dordrecht (NL), Unesco-IHE, Delft.
- Oude Essink, G. and Verkaik, J., 2010. Verzilting en verzoeting van het grondwatersysteem in Nederland onder invloed van klimaatscenario's, gebruik makend van het Nationaal Hydrologisch Instrumentarium module Zoet-Zout (memo), Deltares, Utrecht.
- Oude Essink, G.H.P., 1996. Impact of sea level rise on groundwater flow regimes. A sensitivity analysis for the Netherlands, Delft University of Technology, Delft, 428 pp.
- Oude Essink, G.H.P., Van Baaren, E.S. and De Louw, P.G.B., 2010. Effects of climate change on coastal groundwater systems: A modeling study in the Netherlands. *Water Resources Research*, 46(W00F04, doi:10.1029/2009WR008719).
- PBL, 2009. Wegen naar een klimaatbestendig Nederland, Planbureau voor de Leefomgeving, Bilthoven.
- PBL, 2011. Ruimtelijke Verkenningen. Plan Bureau voor de Leefomgeving, Bilthoven
- Puijenbroek, P., Oostenbrugge, R.v., Pieterse, N. and Stolwijk, S., 2006. Achtergrondrapport Natuur bij de Welvaart en Leefomgevingscenario's, Centraal Planbureau, Planbureau voor de Leefomgeving.
- Raad_voor_Verkeer_en_Waterstaat, 2009. Witte zwanen, zwarte zwanen. Advies over proactieve adaptatie aan klimaatverandering.
- RIZA, 2005. Watertekortopgave. Eindrapport droogtestudie Nederland. RIZA-rapport 2005.015, Rijkswaterstaat/RIZA, Lelystad.
- Steinmüller, A. and Steinmüller, K., 2004. Wild cards. Murmann, Hamburg.
- Te Linde, A.H., 2011. Correctie HBV uitvoer Deltascenario's, als gevolg van afwijking voor 1976 (memo), Deltares, Utrecht.
- Te Linde, A.H., Aerts, J.C.J.H., Bakker, A.M.R. and Kwadijk, J.C.J., 2010a. Simulating low-probability peak discharges for the Rhine basin using resampled climate modeling data. *Water Resources Research*, 46(W03512, doi:10.1029/2009WR007707).
- Te Linde, A.H., Aerts, J.C.J.H. and Kwadijk, J.C.J., 2010b. Effectiveness of flood management measures on peak discharges in the Rhine basin under climate change. *Journal of Flood Risk Management*, 3(4): 248-269.
- V&W, 2007. Hydraulische Randvoorwaarden primaire waterkeringen voor de derde toetsronde 2006-2011 (HR 2006) Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Den Haag.
- V&W, VROM and LNV, 2009. Nationaal Waterplan 2009-2015, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- Van Buuren, A. et al., 2009. De governance van adaptatie. Bouwstenen voor een afwegingsproces. Werkrapport / synthese, BSIK-programma's Klimaat voor Ruimte, Leven met Water en Habiforum, Wageningen.
- Van der Heijden, K., 1996. Scenario's. John Wiley & Sons, Chichester.
- Van Notten, P.W.F., 2005. Writing on the Wall: Scenario development in times of discontinuity, Maastricht University Maastricht, The Netherlands 225 p. pp.
- Van Velzen, E.e.a., in voorbereiding. Zoetwaterverkenning Deltaprogramma Deltares & RWS-Waterdienst.
- Vos, P. and Kiden, P., 2005. The landscape evolution during the Stone Age. In: J. Deeben, E. Drenth, M.F. Van Oorsouw and L. Verhart (Editors), pp. 7-37.
- VROM, 2007. Naar een klimaatbestendig Nederland.
- Westhoek, H., Dam, J.v., Zeijts, H.v., Stolwijk, H. and Groen, J., 2006. Achtergrondrapport Landbouw bij de Welvaart en Leefomgevingscenario's, Centraal Planbureau, Planbureau voor de Leefomgeving.

- Woelders, L. and Te Linde, A., 2010. Releasenotes Scenario afvoeren Rijn en Maas, 35 jaar reeksen, Deltares.
- Wójcik, R., Beersma, J.J. and Buishand, T.A., 2000. Rainfall generator for the Rhine basin: multi-site generation of weather variables for the entire drainage area, KNMI, De Bilt.

A Samenstelling gebruikersgroep

Naam	Organisatie
Jos van Alphen	Staf Deltacommissaris
Geo Arnold	Deltaprogramma Zoetwatervoorziening
Margriet Beek	Deltaprogramma IJsselmeergebied
Bert Bulsink	Deltaprogramma Kust
Luit-Jan Dijkhuis	Deltaprogramma Zoetwatervoorziening
Ton Dorst	Waterschap Rivierenland
Martie van Essen	Deltaprogramma Zuidwestelijke Delta
Eric Gloudemans	Unie van Waterschappen
Bert Groffen	Deltaprogramma Veiligheid
Tom Gronheid	Deltaprogramma IJsselmeergebied
Reinier Guijt	Deltaprogramma Nieuwbouw & herstructurering
Michelle Hendriks	Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden
Nicoline van den Heuvel	Deltaprogramma Kust
Rick Hoeksema	Deltaprogramma Wadden
René Nij Bijvank	Deltaprogramma Rivieren
Albert Remmelzwaal	Deltaprogramma IJsselmeergebied
Wim Silva	Deltaprogramma Rivieren

B Samenstelling wetenschappelijke adviesgroep

Naam	Organisatie
Jules Beersma	KNMI
Jannette Bessembinder	KNMI
Patrick van der Duin	TU Delft
Arnout Feijt	KNMI
Albert Klein Tank	KNMI
Susan van 't Klooster	IVM
Frans Klijn	Deltares
Joost Knoop	PBL
Willem Ligtvoet	PBL
Gert Jan van den Born	PBL
Saskia Werners	WUR-Alterra

C Tabel drijvende krachten

Drijvende krachten	Indicatoren	Ruimtelijke resolutie	Referentie jaar	Scenario's: 2050 en 2100	Tijdreeks	Tijdresolutie
Klimaatverandering	Neerslag	Kaart: Grid 1x1 km NL	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	
		Deelstroomgebieden Rijn en Maas	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	Dag
		NL stations	1961 - 1995	G, G+, W, W+	10,000 jaar	Dag
	Temperatuur	Kaart: Grid 1x1 km NL	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	Dag
		Deelstroomgebieden Rijn en Maas	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	Dag
		NL stations	1961 - 1995	G, G+, W, W+	10,000 jaar	Dag
	Verdamping	Kaart: Grid 1x1 km NL	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	Dag
	Afvoeren	Rijn bij Lobith	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	Dag
					10.000 jaar	Jaarmaxima
			<i>Zonder aftoppen door bovenstrooms overstromen</i>			
		Rijn bij Lobith		<i>Effect van bovenstrooms overstromen op basis van Veerman (2008)</i>		
		Maas bij Borgharen	1961 - 1995	G, G+, W, W+	35 jaar	Dag
					10,000 jaar	Jaarmaxima
		<i>Zonder aftoppen door bovenstrooms overstromen</i>				
		Kleine grensoverschrijdende rivieren (Overijsselse Vecht, Roer, etc.): geen gegevens		<i>Geen scenario's</i>		
Stormduur en -opzet op zee	Verandering in windrichting, - snelheid en aantal stormen gering		<i>Geen scenario's</i>			
Zeespiegelstijging		1990	G, G+, W, W+			
Bodemdaling	Kaart: Grid 250x250 m NL	2000 / 2010	autonoom	transient	t/m 10 jaar	
			(peilbeheer daling), vernatting (2)	volgt 2100		
Interne verzilting	Kaart: Grid 250 x 250 m. Zoutvracht per opp eenheid	2000	autonoom, (2050 en 2100) (2)	W+ transient	t/m 1 jaar of kleiner 2100	
Socio-economische ontwikkelingen	Verstedelijking	Kaart: Grid 250 x 250 m NL	2010	Global Economy, Regional Communities		
	Landbouw	Kaart: Grid 250 x 250 m NL	2010	RC, GE		
	Natuur	Kaart: Grid 250 x 250 m NL	2010	RC, GE		
	Scheepvaart		2010	RC, GE		
	Drinkwater		2010	RC, GE		
	Energieontwikkeling & koelwater		2010	RC, GE		

Kerngegevens Global Economy en Regional Communities (Bron: WLO Janssen et al 2006 en achtergrond rapporten)

	2000	2040	2040
		Global economy	Regional communities
Inwoners (mln)	16	19,7	15,8
Gem. aant. inwoners per huishouden	2,4	1,9	2,6
Economische groei (2002=100)	100	221	133
BBP (Gem. jaarlijkse verandering in %)	2,8	2,6	0,75
Werkgelegenheid (Gem. jaarlijkse verandering in %)	2,1	0,45	-0,5
toename CO2 emissie		65%	-10%
Opp. stedelijk areaal	16%	20,5%	17%
extra woningclaim (kha)		94	11
werken (kha)		43%	-3%
toename recreatieruimte (kha)		36	45
Opp. natuur (kha)	19%	20,5%	22%
Opp. landbouw (kha)	65%	59%	61%
Groei glastuinbouw (kha)		60%	-45%
grasland (kha)	999,8	-1,3%	-8,8%
akkerbouw (kha)	824,1	-35,9%	-10,2%
snijmais&luzerne (kha)	220,4	1,6%	-8,4%
granen (kha)	203,8	-44,5%	-1,5%
Aardappelen (kha)	77,2	-51,6%	-0,8%
suikerbieten (kha)	108,9	-69,6%	-8,8%
tuinbouw kha)	115,7	-21,2%	-9,9%
glasgroente (kha)	4,3	11,6%	-46,5%
glassierteelt (kha)	5,8	106,9%	-41,4%
vollegroendstuinbouw (kha)	105,2	-29,2%	-6,4%

D Kaarten en bestanden klimaatscenario's

Een overzicht van de kaarten en databestanden die beschikbaar zijn op het Deltaportaal of op www.nhi.nu is weergegeven in onderstaande tabel. De NHI modellers van het Deelprogramma Zoetwater zijn al in een vroeg stadium met de data gaan werken, waardoor deze op de NHI website ontsloten werden. Er moet nog besloten worden of alle gegevens alleen via het Deltaportaal ontsloten zullen worden.

Indicatoren	Ruimtelijke resolutie	Tijdreeks	Tijdresolutie	Locatie
Neerslag	Kaart: Grid 1x1 km NL	35 jaar		www.nhi.nu
	Deelstroomgebieden Rijn en Maas	35 jaar	Dag	Deltaportaal
		10,000 jaar	Dag	Op aanvraag bij Deltares
Temperatuur	NL stations	35 jaar	Dag	www.nhi.nu
	Kaart: Grid 1x1 km NL	35 jaar	Dag	Bij NHI
		Deelstroomgebieden Rijn en Maas	35 jaar	Dag
Verdamping	Deelstroomgebieden Rijn en Maas	10,000 jaar	Dag	Op aanvraag bij Deltares
		NL stations	35 jaar	Dag
	Kaart: Grid 1x1 km NL	35 jaar	Dag	www.nhi.nu
Afvoeren	Rijn bij Lobith	35 jaar	Dag	Deltaportaal
		10.000 jaar	Dag	Op aanvraag bij Deltares
	Maas bij Borgharen	35 jaar	Dag	Deltaportaal
Bodemdaling	Kaart: Grid 250x250 m NL	transient	t/m 10 jaar	www.nhi.nu
		2100		
Interne verzilting	Kaart: Grid 250 x 250 m. Zoutvracht per opp eenheid	transient	t/m 1 jaar of kleiner	www.nhi.nu
		2100		

E Kaarten en bestanden sociaaleconomische scenario's

Huidig landgebruik

De kaarten en grid-bestanden bevatten landgebruik informatie in 2050 voor de scenario's Global Economy en Regional Community.

De onderscheiden landgebruikfuncties zijn:

- Wonen - stedelijk
- Wonen – landelijk
- Recreatie
- Werken
- Zeehavens
- Natuur
- Akkerbouw
- Grondgebonden veeteelt
- Glastuinbouw
- Intensieve veeteelt
- Infrastructuur
- Water

Sociaaleconomische scenario's tot 2050

Landgebruik

De Deltascenario's zijn gebaseerd op de Welvaart en Leefomgeving scenario's van het Plan Bureau voor de Leefomgeving. De bandbreedte voor de toekomstige wateropgave wordt bepaald door de twee uiterste scenario's, namelijk Global Economy en Regional Communities.

In 2006 zijn deze scenario's doorvertaald naar de ruimte met behulp van de ruimtescanner. De kaarten en achterliggende bestanden kunt u hier vinden. De kaarten en gridbestanden bevatten landgebruik informatie 2050 voor de scenario's Global Economy en Regional Community.

De onderscheiden landgebruikfuncties zijn:

- Wonen - stedelijk
- Wonen – landelijk
- Recreatie
- Werken
- Zeehavens
- Natuur
- Akkerbouw
- Grondgebonden veeteelt
- Glastuinbouw
- Intensieve veeteelt
- Infrastructuur
- Water

Scheepvaart

Ook vind u hier Excel-bestanden voor de binnenvaart, die met behulp van de BIVAS-applicatie in het Deltamodel kunnen worden ingelezen.

De bestanden zijn beschikbaar gesteld door Dienst Scheepvaart en Verkeer en bevatten informatie over hoe het goederenvervoer in de binnenvaart ontwikkelt in het Global Economy en Regional Community scenario.

Ook vindt u hier een Excel bestand met daarop de groeicijfers die verwacht worden per vaarweg.

Sociaaleconomische doorkijken na 2050

Voor de periode na 2050 zijn vier doorkijken gemaakt. Elke doorkijk verkent ontwikkelingen die kunnen optreden die de opgaven voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening nog groter of juist nog kleiner maken. Op deze manier zijn de grenzen opgezocht van de onzekerheden waarmee het waterbeheer in ons land te maken zou kunnen krijgen. Hoewel we de ontwikkelingen in de periode na 2050 hebben gesitueerd moet er rekening mee worden gehouden dat de gebeurtenissen ook eerder kunnen optreden. De doorkijken verkennen dan ook niet zozeer wanneer een bepaalde situatie zou kunnen optreden, maar vooral met welke situaties het waterbeheer rekening zou moeten houden.

Op landelijk niveau zijn schetsen gemaakt met betrekking tot landgebruik in 2100 en omgezet in kaarten en gridbestanden.

Aangezien het Deltamodel toch kwantitatieve invoer nodig heeft om te kunnen rekenen zijn deze kaarten vervolgens gedigitaliseerd tot ge-georefererde TIF's, die nog zullen worden omgezet in grids. Men dient hier dus rekening te houden wanneer men rekent met de onderliggende grids. Deze zijn niet nauwkeurig, omdat ze in principe illustratief bedoeld zijn.

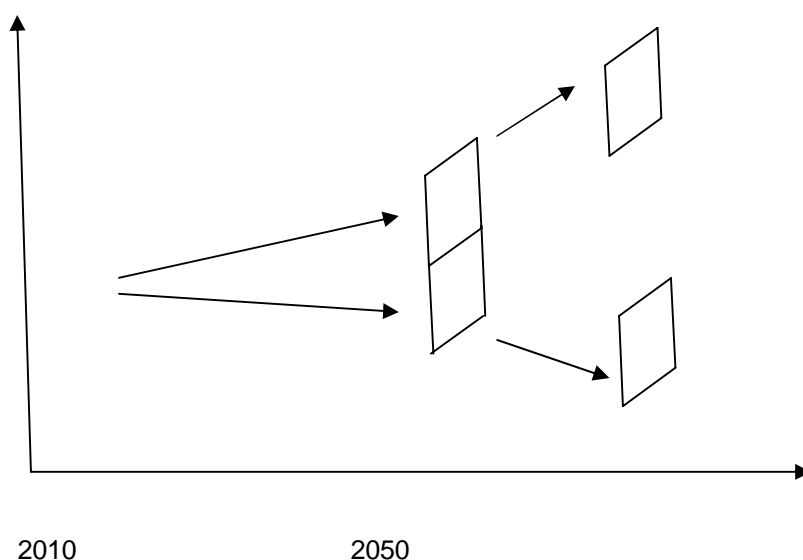
De kaarten en onderliggende bestanden bevatten informatie over:

- Verstedelijking (wonen & en werken)
- Landelijk wonen
- Industrie
- Glastuinbouw,
- Tuinbouw
- Grasland
- Akkerbouw
- Vaarwegen

F Twee perioden, twee methodieken

Deze toekomstverkenning kijkt vooruit tot het jaar 2100. De reden hiervoor is het gegeven dat de fysieke investeringen over een periode van vele decennia blijven bestaan (of alleen tegen hoge kosten kunnen worden aangepast of verwijderd) en dat de onzekerheid over de verwachte klimaatverandering op de zeer lange termijn betrekking heeft. Hierbij doet zich het dilemma voor dat het voor de klimaatontwikkelingen *noodzakelijk* is om circa 90 jaar vooruit te kijken, terwijl dit voor de sociaaleconomische ontwikkelingen *onmogelijk* is. Dit komt omdat in het eerste geval sprake is van fysieke ontwikkelingen die gekenmerkt worden door een relatief grote traagheid en in het laatste geval van maatschappelijke ontwikkelingen die gekenmerkt worden door een relatief hoge snelheid. Het verloop van deze ontwikkelingen op de zeer lange termijn is hierdoor erg onzeker en grotendeels zelfs onbekend.

Om dit dilemma hanteerbaar te maken is er voor gekozen om voor de sociaaleconomische ontwikkelingen met twee perioden te werken en om voor elke periode een andere methodiek toe te passen (zie figuur 1). Voor de periode tot 2050 worden scenario's gemaakt, waarin de sociaaleconomische ontwikkelingen, vanwege hun snelheid, wel uiteenlopen maar de klimatologische ontwikkelingen, vanwege hun traagheid, vrijwel niet. Scenario's zijn verhalen over de toekomst die als basis voor acties dienen. Zij geven consistente beschrijvingen van verschillende richtingen waarin ontwikkelingen kunnen verlopen en verschillende toekomsten die hieruit kunnen voortvloeien (Van Notten 2005). Voor deze periode is het mogelijk om op basis van kennis en informatie over het vroegere en huidige verloop van de sociaaleconomische ontwikkelingen beredeneerde uitspraken te doen over mogelijke richtingen waarin deze ontwikkelingen in de toekomst kunnen verlopen.



Figuur 1: Scenario's en doorkijken.

Voor de periode voorbij 2050 worden in aansluiting op elk scenario een doorkijk gemaakt. In de doorkijken lopen de klimatologische ontwikkelingen eveneens uiteen en wordt voor de sociaaleconomische ontwikkelingen een verloop verkend dat de opgaven voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening uit de scenario's nog verder vergroot of juist nog verder verkleint. Dit

gebeurt door doorkruisende gebeurtenissen te verkennen. Doorkruisende gebeurtenissen zijn gebeurtenissen die een kleine kans hebben om op te treden, maar dat zij grote gevolgen hebben (Steinmüller & Steinmüller 2004). Zij kunnen het verloop van de sociaaleconomische ontwikkelingen ingrijpend veranderen. Dat geldt niet alleen voor de snelheid van de ontwikkelingen, maar ook voor de richting waarin zij verlopen. Denk aan de financiële crisis die de economische conjunctuur en de koers van tal van andere ontwikkelingen heeft veranderd. Vanwege de grote onzekerheid waarmee het verloop van de sociaaleconomische ontwikkelingen op zo'n lange termijn is omgeven en de beperkte kennis en informatie die hierover beschikbaar zijn¹⁶ is het alleen mogelijk om enkele denkbare gebeurtenissen en enkele denkbare effecten op de sociaaleconomische ontwikkelingen en daarmee (indirect) op de waterveiligheid en zoetwatervoorziening te verkennen. Om dit tot uitdrukking te brengen spreken we alleen van 'de periode voorbij 2050' en laten we het tijdstip waarop de gebeurtenissen kunnen optreden in het midden. De doorkijken volgen een andere logica dan de scenario's, ook al sluiten zij er op aan. Zo gaat de doorkijk 'Groei' uit van een veel verdergaande verstedelijking dan het scenario 'Global Economy'. Ook worden er soms andere aannames gehanteerd. Zo wordt in de doorkijken de aanname uit de scenario's dat economische groei tot een verdergaande verstedelijking en ruimtedruk leidt, waardoor het landbouwareaal afneemt losgelaten.

Scenario's voor periode tot 2050

Voor de periode tot 2050 worden vier scenario's gemaakt. De scenario's verkennen het mogelijke toekomstige verloop van klimaatontwikkelingen en sociaaleconomische ontwikkelingen, die op de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening in ons land van invloed zijn, maar waarop de beleidsmakers die bij het waterbeheer betrokken zijn (nagenoeg) geen invloed hebben. Het zijn dus zogenaamde omgevingsscenario's (Dammers 2010). Omgevingsscenario's verschillen van beleidsscenario's, die juist verkennen welke toekomstige situaties van waterveiligheid en zoetwatervoorzieningen de beleidsmakers zouden kunnen willen realiseren en met welke maatregelen zij dit zouden kunnen doen. Binnen het Deltaprogramma worden dit streefbeelden genoemd.

De vier scenario's zijn gebaseerd op klimatologische en de sociaaleconomische ontwikkelingen. Elk van de twee soorten ontwikkelingen kan een richting opgaan die de opgaven voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening groter of juist kleiner maakt. Dit geeft vier mogelijkheden:

- *Snelle klimaatverandering en hoge sociaaleconomische groei*: grotere opgave voor waterveiligheid door grotere kans op hoog water en zeespiegelstijging en een hoge bevolkingsomvang en economische waarde. Grotere opgave voor de zoetwatervoorziening door grote kans op lage afvoeren en droogte en veel vraag naar zoetwater van stedelijk gebied en landbouw.
- *Snelle klimaatverandering en sociaaleconomische krimp*: grotere opgave voor waterveiligheid door grotere kans op hoog water en zeespiegelstijging, hoewel bevolkingsomvang en economische waarde dalen. Kleinere opgave voor de zoetwatervoorziening doordat landbouw extensiever wordt, hoewel een grotere kans bestaat op lage afvoeren en droogte.
- *Matige klimaatverandering en sociaaleconomische groei*: grotere opgave voor waterveiligheid door toename bevolkingsomvang en economische waarde hoewel

¹⁶ De beperkte kennis en de beperkte informatie zijn geen praktisch, maar een principieel probleem. Het verleden leert namelijk dat het verloop van sociaaleconomische ontwikkelingen op de lange termijn grotendeels onkenbaar is.

kleinere kans op hoog water door een geringe klimaatverandering en zeespiegelstijging. Kleinere opgave voor de zoetwatervoorziening door kleinere kans op lage afvoeren en droogte, hoewel er een toenemende vraag is naar zoetwater van stedelijk gebied en landbouw.

- *Matige klimaatverandering en sociaaleconomische krimp*: kleinere opgave voor waterveiligheid door kleine kans op hoog water door een geringe klimaatverandering en zeespiegelstijging en een dalende bevolkingsomvang en economische waarde. Kleinere opgave voor de zoetwatervoorziening door een kleinere kans op lage afvoeren en droogte en doordat landbouw extensiever wordt.

Deze omgevingsscenario's zijn gebaseerd op enkele gepubliceerde scenariostudies, waarin uitspraken worden gedaan over het mogelijke verloop van klimatologische en socio-economische ontwikkelingen met een impact op waterveiligheid en zoetwatervoorziening. Het gaat hierbij om de scenariostudies *Welvaart en leefomgeving* (CPB, MNP & RPB 2006) en (KNMI 2006). Met betrekking tot de sociaaleconomische ontwikkelingen geven de scenario's 'Global Economy' en 'Regional Communities' de bandbreedte aan met betrekking tot de wateropgave. Met behulp van de Ruimtescanner heeft het PBL deze scenario's vertaald naar ruimtelijke beelden. In 2010 vond een update hiervan plaats. Om de onzekerheid die gepaard gaat met uitspraken over de toekomst tot uitdrukking te brengen geven de gepresenteerde kaarten alleen globale indicaties van het toekomstige ruimtegebruik.

Doorkijken voor periode na 2050

Het verloop van de sociaaleconomische ontwikkelingen voor de periode na 2050 wordt via twee doorkijken verkend. Elke doorkijk verkent een mogelijk verloop van deze ontwikkelingen dat de opgaven voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening nog groter of juist nog kleiner maakt dan in de scenario's is geschetst. Op deze manier zijn de grenzen opgezocht van de onzekerheden waarmee het waterbeheer in ons land te maken zou kunnen krijgen. Hoewel de doorkruisende gebeurtenissen die het geschetste verloop van de ontwikkelingen zouden kunnen bewerkstelligen in de periode na 2050 zijn gesitueerd moet er rekening mee worden gehouden dat deze gebeurtenissen ook eerder kunnen optreden. De doorkijken verkennen dan ook niet zozeer wanneer een bepaalde situatie zou kunnen optreden, maar vooral met welke situaties het waterbeheer rekening zou moeten houden. Deze manier van denken sluit aan bij het denken over de veiligheidnormen, waarbij wel de kans op een overstroming bekend is maar niet het moment van optreden.

Elke doorkijk is gebaseerd op een verhaallijn, die een bepaald verloop van de sociaaleconomische ontwikkelingen schetst en de doorkruisende gebeurtenissen die dit verloop zouden kunnen voortbrengen. De impacts op de wateropgaven worden eveneens meegenomen. In de doorkijk 'Groei' worden de opgaven voor de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening gemaximaliseerd en in de doorkijk 'Krimp' worden de wateropgaven juist geminimaliseerd. Denk aan een snelle en verregaande verstedelijking in de Randstad, waardoor de opgaven voor waterveiligheid sterk wordt vergroot of het grotendeels verdwijnen van de grondgebonden landbouw uit ons land, waardoor de opgaven voor zoetwatervoorziening sterk worden verkleind. Dit ideeën voor de verhaallijnen zijn ontwikkeld in een workshop waaraan medewerkers van PBL, TNO, H+N+S, GEODAN en Deltares hebben deelgenomen.

Om de gezamenlijke effecten van de doorkruisende gebeurtenissen in de doorkijken scherper in beeld te krijgen en beter te onderbouwen zijn op landelijk niveau schetsen gemaakt met betrekking tot landgebruik na 2050. De reden voor deze andere werkwijze is dat de

Ruimtescanner in principe niet bedoeld is om zo ver vooruit te rekenen. De kans is aanwezig dat daarmee een schijnzekerheid wordt gecreëerd. Om dezelfde reden geven de gepresenteerde kaarten alleen grove indicaties van landgebruik weer, om zodat niet een exactheid wordt gepretendeerd die niet waargemaakt kan worden (WRR Van Asselt et al 2010).

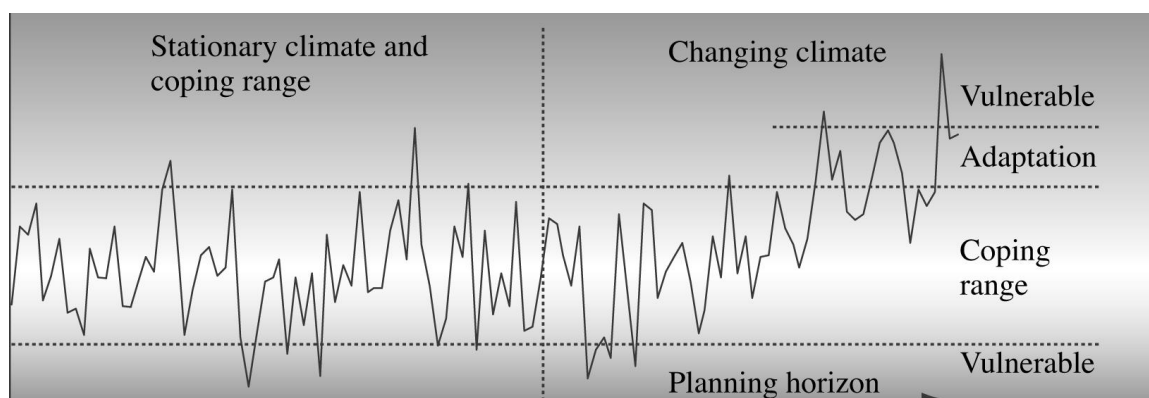
Aangezien het Deltamodel toch kwantitatieve invoer nodig heeft om te kunnen rekenen zijn deze kaarten vervolgens gedigitaliseerd tot GIS-bestanden. Bij het rekenen met de onderliggende GIS-bestanden moet er rekening mee worden gehouden dat de bestanden niet nauwkeurig zijn, omdat zij alleen maar illustratief bedoeld zijn.

G Kleine kans, groot gevolg : KKG-gebeurtenissen

Het Nederlandse waterbeheer is goed voorbereid op omstandigheden die regelmatig voorkomen. Het zijn de extreme gebeurtenissen die tot problemen kunnen leiden. KKG-gebeurtenissen slaan ook op situaties die slechts met geringe frequentie optreden (denk aan eens per tienduizend jaar), maar waarvoor het waterbeheer wel extreem gevoelig is. Bijvoorbeeld: de combinatie van zware storm met hoge rivierafvoer, of extreem langdurige droogteperioden.

Ondanks de kleine kans besluiten we daarom vaak toch om ons voor te bereiden op dergelijke gebeurtenissen. De variabiliteit in het klimaat (bijvoorbeeld de mate waarin variaties in de neerslag voorkomen) is dus belangrijk om mee te nemen bij het bepalen van maatregelen. Bij de verwachte klimaatverandering kunnen deze extremen vaker voorkomen. Deze situaties kunnen in elk scenario voorkomen, alleen met verschillende frequentie (kans). Uit simulaties van transient scenario's (tijdseries zoals in Figuur G.1) blijkt dat op de korte termijn (< 50 jaar) klimaatvariabiliteit belangrijker (Haasnoot et al 2009). Op de lange termijn is deze minstens net zo belangrijk als klimaatverandering.

Gebeurtenissen met een grote impact beïnvloeden in grote mate ons denken en handelen in het waterbeheer. Een bekend voorbeeld uit het verleden is de aanleg van de deltawerken. Hoewel al eerder uit studies bekend was dat de kustverdediging van zuidwest Nederland niet voldoende bestand was tegen zuidwester stormen, is de werkelijke implementatie pas in werking gezet na de stormvloed van 1953. Andere voorbeelden zijn de waarden voor de maatgevende hoogwaters en de plannen voor ruimte voor de rivier (o.a. getriggerd door de hoogwaters van 1993 en 1995). Deze gebeurtenissen fungeren als voorbeeldjaren. Ze herinneren ons er aan wat er kan gebeuren als een uitzonderlijke situatie voorkomt. Dit helpt om de politieke en maatschappelijke agenda te beïnvloeden. Andersom is het ook denkbaar dat het uitblijven van een dergelijk event de aandacht voor maatregelen om dergelijke gebeurtenissen te voorkomen, zal afzwakken. Overigens zijn niet alleen gebeurtenissen in het watersysteem zelf van invloed. Ook gebeurtenissen in de maatschappij, zoals krediet crisis, of de Al Gore's 'the inconvenient truth' of de discussie over IPCC rapportage, beïnvloeden ons denken over het watersysteem en daarmee ook op de besluitvorming (offermans et al en haasnoot et al. 2009).



Figuur G.1 Relatie, klimaatverandering, klimaatvariabiliteit en, kwetsbaarheid, coping range en adaptatie (Jones & Mearns 2004)

Gedachte-experiment

Ons waterbeheer heeft zich van oudsher altijd aangepast aan veranderende omstandigheden. Hoewel uiteindelijk meestal succesvol, gingen dergelijke adaptatieprocessen veelal gepaard met hoge kosten of maatschappelijke onrust (bijvoorbeeld na een overstroming). Ondanks ons voornemen proactief te handelen, wordt ons handelen vaak bepaald door reactie op extreme gebeurtenissen (zie voorbeelden uit het verleden). Ook in spelsessies waarin deelnemers het watersysteem van een fictieve delta voor de komende eeuw moeten beheren, blijken de maatregelen vooralsnog reactief te worden ingezet (van Deursen et al. 2010, 2010, Haasnoot et al, 2010).

Om de gevolgen van bovenstaande voor de toekomst te illustreren geven we een gedachte experiment. Figuur G.2 geeft een vier mogelijke reeksen van de maximale afvoer van de Rijn bij Lobith weer. De bovenste twee en onderste twee reeksen hebben vergelijkbare variabiliteit en verschillen in klimaatscenario. De reeksen zijn gemaakt op basis van neerslagreeksen uit de neerslaggenerator (Buishand and Brandsma, 1996) en simulaties met een neerslagafvoermodel (Te Linde et al, 2010) welke vervolgens transient zijn gemaakt (Beersma, 2009; Haasnoot et al 2009).

De eerste twee reeksen geven een vergelijkbare situatie als in '93 en '95 is gebeurd; twee hoge piekafvoeren vlak na elkaar. Destijds zijn mensen in de Betuwe geëvacueerd omdat de afvoer rond de 12.000 m³/s was. De afvoeren zijn hier rond de 14.500 en 15.000 m³/s bij het scenario zonder klimaatverandering en 15.000 en 16.000 m³/s bij het Wplus scenario. Het is denkbaar er op dat moment veel discussie en onrust ontstaat. De tijd is dan rijp om snel ingrijpende maatregelen te implementeren en om ons voor te bereiden op de toekomst waarin het klimaat mogelijk verandert en vaker tot dit soort gebeurtenissen voorkomen. Als we op dat moment de maatgevende hoog water stand op basis van de meetgegevens opnieuw zouden uitrekenen dan komt deze hoger uit. Mocht dit gebeuren dan zijn we mogelijk voorbereid op de piekafvoeren (rond de 18000 m³/s) die later voorkomen in deze realisatie volgens het Wplus scenario (2e grafiek).

Het is ook denkbaar dat er de komend 50 jaar geen piekafvoeren voorkomen (onderste twee reeksen uit Figuur G.2. Dit leidt waarschijnlijk tot een andere reactie en adaptatiepad dan het eerste voorbeeld. Mogelijk neemt de aandacht voor klimaatverandering af. De noodzaak voor adaptatie lijkt verdwenen. Wanneer er zich dan twee pieken voordoen (in deze reeks in jaar 57, 58 en 74) zullen de gevolgen groot zijn. De reeksen uit deze figuur laten ook zien dat in het begin de verschillen tussen de mogelijke klimaatrealisatie met en zonder klimaatverandering klein zijn, maar dat deze (voor het wplus scenario) op de langere termijn wel goed zichtbaar zijn.



Figuur G.2 Transient scenario's voor 2 verschillende klimaatrealisaties (aangegeven met realisatie 5 en 8) voor een situatie zonder klimaatverandering en klimaatverandering volgens het Wplus scenario. In '95 zijn mensen in de Betuwe geëvacueerd toen rijnafvoer rond de 12000 m³/s was.

Referenties

Te Linde A, Aerts J, Bakker A, Kwadijk J (2010) Simulating low-probability peak discharges for the rhine basin using resampled climate modeling data. *Water Resources Research*. DOI:10.1029

Haasnoot M, Middelkoop H, van Beek E, van Deursen WPA (2009a) A method to develop sustainable water management strategies for an uncertain future. *Sustainable Development* DOI 10.1002/sd.438

Buishand T, Brandsma T (1996) Rainfall generator for the rhine catchment: A feasibility study. Tech. Rep. Technical Report TR-183, KNMI, De Bilt

Beersma, J.J. (2009). Memo transient scenarios tbv het project Perspectives in Integrated Water Resources Management.

Van Deursen, W.P.A., M. Haasnoot, A. Offermans, M. van Lieshout, H. Middelkoop, P. Valkering (2010) Duurzame Delta: een serieus spel over het waterbeheer. *H2O* 25/26, p 16-17

Jones, R., L. Mearns (ed) (2004) Assessing Future Climate Risks. In: B. Lim, E. Spanger-Siegfried (ed). *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*. P121-140.

<http://www.undp.org/gef/documents/publications/apf%20technical%20paper05.pdf>

Haasnoot, M. A. Offermans, M. van Lieshout, H. Middelkoop, P. Valkering, R. van der Brugge, W. van Deursen, E. van Beek, J. Kwadijk, J. Beersma. 2010 Using water system and society interaction to prepare for an uncertain future. Conference deltas in times of climate change. Rotterdam, the Netherlands. <http://bit.ly/cVEFwI> . Side event: simulatie sessie Preparing for an uncertain future <http://bit.ly/gyZ4xz>