

Opdrachtgever:

Milieu- en Natuurplanbureau (MNP)

## Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat

Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor  
het project Nederland Later

Rapport

juni 2007



Opdrachtgever:

Milieu- en Natuurplanbureau (MNP)

## Overstromingsrisico's in Nederland in een veranderend klimaat

Verwachtingen, schattingen en berekeningen voor  
het project Nederland Later

Frans Klijn, Paul Baan, Karin de Bruijn & Jaap Kwadijk  
m.m.v. Rolf van Buren

Rapport

mei 2007



## Inhoud

<b>1</b>	<b>Inleiding .....</b>	<b>1—1</b>
1.1	Achtergrond .....	1—1
1.2	Vraagstelling .....	1—2
1.3	Ruimtelijke ontwikkeling .....	1—2
1.3.1	Beleidsopties .....	1—3
1.4	Aanpak onderzoek .....	1—4
1.5	Over dit rapport.....	1—5
<b>2</b>	<b>Beleidsopgave.....</b>	<b>2—1</b>
2.1	Inleiding .....	2—1
2.2	De beleidsopgave: overstromingsrisicobeheersing in een veranderende omgeving.....	2—1
2.2.1	Verwachte klimaatverandering en zeespiegelstijging .....	2—2
2.2.2	Gevolgen voor de Nederlandse waterhuishouding op de lange termijn: een eerste verkenning .....	2—9
2.2.3	Toenemende kwetsbaarheid? Sociaal-economische scenario's .....	2—18
<b>3</b>	<b>Ruimtelijke ontwikkeling: strategische alternatieven .....</b>	<b>3—1</b>
3.1	Inleiding .....	3—1
3.2	Strategische beleidsalternatieven 2040.....	3—1
3.2.1	Sturen op overstromingskansen: beschermen 2020-2040.....	3—3
3.2.2	Sturen op risico: ruimte voor water en leven met water .....	3—6
3.2.3	Sturen op kwetsbaarheid: terugtrekken.....	3—7
3.3	Kosten van de strategische beleidsalternatieven.....	3—10

<b>4</b>	<b>Overstromingskansen.....</b>	<b>4—1</b>
4.1	Inleiding: overschrijdingskans, faalkans en overstromingskans.....	4—1
4.2	Huidige situatie.....	4—2
4.3	Toekomstige situatie(s) .....	4—10
4.4	Situatie 2020 en 2040 bij continuering huidig beleid .....	4—10
4.4.1	Situatie 2020: waterkeringen op orde.....	4—11
4.4.2	Situatie 2040 .....	4—13
4.5	Strategische beleidsalternatieven 2020-2040 .....	4—13
4.5.1	Alternatief 1: (Extra) Bescherming 2040 .....	4—13
4.5.2	Alternatief 2: Ruimte voor water/ Leven met water 2040.....	4—14
4.5.3	Alternatief 3: Terugtrekken 2040 .....	4—16
<b>5</b>	<b>Slachtoffers.....</b>	<b>5—1</b>
5.1	Inleiding .....	5—1
5.2	Beschikbare schattingen en kennis over slachtoffers.....	5—2
5.2.1	Recente schattingen slachtoffers .....	5—2
5.2.2	Recente kennisontwikkeling.....	5—5
5.3	Schatting aantal slachtoffers in huidige situatie .....	5—8
5.3.1	Werkwijze.....	5—8
5.3.2	Resultaten en discussie: verwacht aantal slachtoffers per dijkring .....	5—12
5.3.3	Verwacht aantal slachtoffers bij een grote overstromingsramp	5—14
5.4	Schatting aantal slachtoffers in de toekomst .....	5—15
5.4.1	Relevante veranderingen .....	5—15
5.4.2	Werkwijze.....	5—16
5.4.3	Resultaten: verwachte aantallen slachtoffers per dijkring .....	5—19
5.4.4	Slachtoffers bij een grotere overstromingsramp .....	5—19

<b>6</b>	<b>Economische schade .....</b>	<b>6—1</b>
6.1	Achtergrond en voorgeschiedenis .....	6—1
6.2	Aanpak op hoofdlijnen .....	6—4
6.3	Schatting overstromingsschade in de huidige situatie.....	6—5
6.4	Schatting overstromingsschade in de toekomst .....	6—7
6.4.1	Ontwikkeling <i>damage scanner</i> .....	6—7
6.5	Schatting overstromingsschade in de toekomst .....	6—13
6.5.1	Werkwijze .....	6—13
6.5.2	Resultaten schade in de toekomst bij autonome groeiscenario's.....	6—16
6.5.3	Resultaten schade in de toekomst bij verschillende beleidsalternatieven .....	6—19
<b>7</b>	<b>Overstromingsrisico's en hun ontwikkeling: overzicht van resultaten en discussie .....</b>	<b>7—1</b>
7.1	Inleiding .....	7—1
7.2	Ontwikkeling van slachtofferisico in de tijd.....	7—3
7.2.1	Slachtofferisico in 1950 en 1975.....	7—3
7.2.2	Slachtofferisico in de huidige situatie .....	7—3
7.2.3	Slachtofferisico in de toekomst.....	7—6
7.3	Schaderisico's huidig en toekomstig.....	7—11
7.3.1	Ontwikkeling schaderisico.....	7—11
7.4	Reflectie op de beleidsalternatieven.....	7—18
7.4.1	Kosten en effecten van beleidsalternatieven vergeleken.....	7—19
7.4.2	Voors en tegens van de alternatieven .....	7—21
<b>8</b>	<b>Bevindingen .....</b>	<b>8—1</b>
8.1	Ten geleide.....	8—1
8.2	Conclusies .....	8—1
8.3	Wat er nog volgt of zou moeten volgen.....	8—5

8.3.1	Concrete aanbevelingen.....	8—5
8.3.2	Overdenking tot slot.....	8—6
<b>9</b>	<b>Referenties .....</b>	<b>9—1</b>
<b>A</b>	<b>Redeneerlijn bepalen huidige schade.....</b>	<b>A—1</b>
<b>B</b>	<b>Vergelijking schade berekend met HIS-SM 2002 en 2005.....</b>	<b>B—1</b>
<b>C</b>	<b>Berekening schades in compartimenten bij beleidsalternatief ‘ruimte voor water/ leven met water’ .....</b>	<b>C—1</b>



## Samenvatting

Het Milieu- en Natuurplanbureau (MNP) werkt aan een 2<sup>e</sup> Duurzaamheidsverkenning voor Nederland. In dat kader wordt onder meer nagegaan wat de klimaatverandering betekent – of zou moeten betekenen – voor de ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland: Nederland Later. Eén van de vragen daarbij is of, hoe, in welke mate en op welk moment de Nederlandse overheid de ruimtelijke ordening (veel) meer moet laten leiden door overwegingen van overstromingsrisicobeheersing.

Daartoe zijn MNP en WL | Delft Hydraulics (WL) gezamenlijk nagegaan hoe het risico zich ontwikkelt bij ongewijzigd beleid (referentiescenario's) en wat de consequenties zijn van enkele strategische beleidsalternatieven. De ontwikkeling van het risico is gekwantificeerd voor de periode tot 2040, maar gezien het feit dat de klimaatverandering en zeespiegelstijging dan nog lang zullen doorgaan en het ruimtegebruik niet snel en makkelijk valt te veranderen, wordt de ontwikkeling geplaatst in een lange-termijnperspectief.

Het onderhavige rapport gaat in op de volgende vragen:

- Wat betekent de klimaatverandering en zeespiegelstijging voor de beleidsopgave inzake overstromingsrisico's op korte en lange termijn?
- Hoe groot is het overstromingsrisico op dit moment en hoe ontwikkelt het zich tot 2040, uitgaande van ongewijzigd beleid en een groeiende bevolking en economie?
- Welke strategische beleidsalternatieven (opties) kunnen tegen die achtergrond worden onderscheiden en welke implicaties hebben deze?

De eerste vraag wordt geadresseerd in hoofdstuk 2 van dit rapport. In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op scenario's voor ruimtelijke ontwikkeling, waarbij een trendscenario en een hoge-druktrendscenario zijn onderscheiden. Ook zijn daar enkele strategische beleidsalternatieven geïdentificeerd, waarvan het denkbaar is dat deze worden geformuleerd in de periode 2007-2020 en die dan kunnen worden geïmplementeerd in de periode 2020-2040. Het gaat om:

1. beter **beschermen**, waar economisch verantwoord;
2. water meer ruimte geven en landgebruik aanpassen (**ruimte voor water/ leven met water**);
3. verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen van Nederland met voortzetting van huidig beschermingsbeleid (**voorzichtig terugtrekken**);
4. verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen van Nederland en helemaal stoppen met dijkverhoging (**volledig terugtrekken**).

In de daaropvolgende hoofdstukken wordt ingegaan op respectievelijk overstromingskansen, verwachte aantallen slachtoffers van overstromingen, verwachte schade en tenslotte de combinatie van deze zaken: de overstromingsrisico's; voor de beide trendscenario's en voor de strategische beleidsalternatieven.

Het voorliggende rapport heeft een sterk technisch-wetenschappelijke karakter. De hieruit af te leiden boodschappen aan beleidsmakers en politici – over de houdbaarheid van Nederland op lange termijn en over welke beleidskeuzen welke onontkoombare implicaties hebben – zullen beknopt in de 2<sup>e</sup> Duurzaamheidsverkenning door het MNP worden verwoord. Een uitgebreidere rapportage wordt overwogen.

Dit rapport eindigt met 50 conclusies, die vooral bedoeld zijn als uitnodiging om dieper te duiken in de tabellen en kaarten die in dit rapport zijn opgenomen, aangezien daar nog veel meer uit af te leiden valt. Deze 50 conclusies luiden:

### **Over de dreiging: klimaatverandering en de zeespiegel**

1. De dreiging van overstromingen vanuit zee, rivieren en meren neemt toe door de verandering van het klimaat. Klimaatverandering leidt tot een stijgende zeespiegel en frequentere hoogwaters op de rivieren.
2. De zeespiegel zal volgens het KNMI in 2050 naar verwachting zo'n 15-35 cm hoger staan dan nu. Dat betekent voor 2100 tussen ca 30 en 70 cm hoger.
3. Er kan niet worden uitgesloten dat Groenland versneld zal afsmelten, waardoor de zeespiegel sneller kan gaan stijgen. Dat wordt ook door het IPCC onderkend, maar niet meebegroot.
4. Een forse bijdrage van Antarctica aan een versnelde zeespiegelstijging wordt vooralsnog onwaarschijnlijk geacht; momenteel wordt daar juist water opgeslagen door een neerslagoverschot.
5. De maximaal te bereiken waterstand zónder bijdragen van Groenland en Antarctica is 5-6 m boven huidig, hetgeen pas bereikt wordt na het jaar 3000. We moeten dan rekening houden met 3 m stijging in het jaar 2500. Dit is waarschijnlijk.
6. Met het ook afsmelten van Groenland kan de zeespiegel 12 m hoger komen te staan; en als dat deze eeuw begint wordt 4 m stijging al voor het jaar 2300 bereikt. Dit is denkbaar, maar niet waarschijnlijk.
7. Mocht Antarctica instabiel worden (losraken van grote delen van de ijskap) dan kan de zeespiegel 19 m stijgen. De 4 m stijging wordt dan al voor 2200 bereikt. Dit is zeer onwaarschijnlijk.
8. De rivierafvoeren zullen in het winterhalfjaar groter worden en in de zomer kleiner.
9. Extreme hoogwaters zullen frequenter worden, maar hoeveel water Nederland kan bereiken via Rijn en Maas hangt mede af van maatregelen in Duitsland en België.
10. Er wordt desalniettemin verwacht dat de maatgevende rivierafvoeren in Nederland zullen toenemen en een grotere dreiging zullen vormen.
11. Daar kan met dijkverhoging of met rivierverruiming op worden gereageerd. Bij dijkverhoging wordt het verschil tussen buitenwaterstand en maaiveld binnendijs groter; bij rivierverruiming niet.
12. Het water van de Rijn, Maas en Schelde kan bij een hogere zeestand niet meer vrij naar zee stromen en wordt opgestuwd. Zonder maatregelen leidt dat tot hogere waterstanden op het IJsselmeer, in de grote wateren van Zeeland en Zuid-Holland, en op de benedenrivieren.

13. Deze hogere waterstanden kunnen met waterkeringen worden buitengehouden, of ze moeten worden uitgemalen. Dat laatste is technisch mogelijk (met tenminste 17 megagemalen), maar het vergt het uitmalen van de wateraanvoer van een stroomgebied dat zich uitstrekt tot de Italiaanse grens, waarbij heel Laag-Nederland één grote polder wordt en de rivieren en het IJsselmeer tussenboezems worden.
14. De invloed van een stormvloed op de waterstand reikt bij 1 m hogere zeespiegel op de Waal tot Tiel en bij 6 m hogere zeespiegel tot Pannerdense Kop (de splitsing van Waal, Rijn en IJssel).
15. Het deel van Nederland dat zich onder de zeespiegel bevindt loopt op van ca 30% nu, via 40, 45, 50, 55, en 60 % tot 65 % bij iedere extra meter zeespiegelstijging.
16. Hogere waterstanden op de rijkswateren (de grote wateren rond de dijkringen) maken spuien van boezemwater (uit de polderboezems) uit dit deel van het land onder vrij verval onmogelijk. Er zal meer moeten worden gemalen. Bij 5 m zeespiegelstijging naar schatting 2x zoveel als nu; en op lange termijn zal vrijwel permanent moeten worden gemalen in plaats van periodiek.
17. Hogere waterstanden betekenen ook een grotere druk op het grondwater. Dat kan leiden tot het opbarsten van deklagen, een tot-nu-toe onvoldoende breed onderkend en gekend fenomeen waar nader onderzoek aan dient plaats te vinden. Dit zal vooral optreden in de droogmakerijen van Noord- en Zuid-Holland en in de IJsselmeerpolders.

### **Over overstromingskansen en blootstelling**

18. Er kan – voor kust, rivieren, meren en andere grote wateren – bij de *verwachte* zeespiegelstijging worden uitgegaan van gemiddeld een verdubbeling van de kans op de huidige maatgevende omstandigheden iedere ca 20-30 jaar en ongeveer een vertienvoudiging iedere eeuw. Zonder maatregelen betekent dat ook een verdubbeling–respectievelijk vertienvoudiging – van de kans op een overstroming.
19. Sedert 1950 is de kans op een overstroming door de aanleg van de deltawerken, dijkverbeteringen en goed kustonderhoud sterk gedaald.
20. De kans op overstroming van een aantal dijkringen is desalniettemin hoger dan volgens de vigerende norm wenselijk is, vooral als gevolg van het achterlopen bij nieuwe inzichten, waaronder hogere maatgevende omstandigheden. Dit was reeds bekend.
21. Tussen nu en 2020 zal de kans op een overstroming in veel gebieden nog verder afnemen door verdere dijkverbetering, het maken van ruimte voor de rivieren en versterking van zwakke schakels langs de kust (steenbekleding, zwakke duinvakken e.d.).
22. Bij voortzetting van het huidige beleid – met vijfjaarlijkse toetsing aan herhaaldelijk herziene normen voor maatgevende omstandigheden – zal de kans op overstroming na 2020 ongeveer gelijk blijven, omdat dat bij wet is vastgelegd.
23. Het vaststellen van de kans op een overstroming blijkt uiterst lastig en kan alleen met een grote bandbreedte van onzekerheid.
24. De blootstelling wordt vooral bepaald door de plaats waar een bres in de waterkering ontstaat en hoe snel deze groeit, maar ook door de eigenschappen van het overstromende land. Oude dijken, wegen, spoorlijnen en kades van regionale boezemwateren remmen het overstromingsverloop, waterlopen versnellen het.

25. In theorie zullen hogere buitenwaterstanden tot grotere waterdiepten leiden bij overstroming; de eerstkomende decennia is dit effect vrijwel te verwaarlozen, omdat de buitenwaterstanden slechts langzaam stijgen. Op lange termijn wordt dit een belangrijk aandachtspunt.

### Over de kwetsbaarheid van Nederland

26. Door bevolkingsgroei en economische groei neemt de kwetsbaarheid voor overstromingen toe.
27. Sedert 1950 is de bevolking sterk gegroeid en de economie bovengemiddeld; dat leidt tot een gemiddeld 6-13 keer grotere schade bij overstroming in de huidige situatie ten opzichte van die in 1950.
28. Het aantal *slachtoffers* van een overstroming in de huidige situatie wordt echter lager geschat dan in de situatie 1950 door betere waarschuwing, betere evacuatie- en vluchtmogelijkheden, een nog sterker gecompartmenteerd landschap en steviger panden met meer verdiepingen. Daardoor is het verdrinkingsgevaar onder de door een overstroming getroffen kleiner.
29. Het aantal slachtoffers van een herhaling van de 1953-ramp wordt geschat op ca 1300 (in 1953 waren het er ong. 1836); een grote ramp langs de rivieren zal naar schatting ca. 1000 slachtoffers veroorzaken, een grote ramp langs de kust ca. 5000. In deze gevallen zullen enkele dijkringen tegelijkertijd door een overstroming worden getroffen.
30. De kwetsbaarheid in termen van te verwachten aantallen slachtoffers (> 150) is het grootst in dijkringen in de kuststreek: Groningen-Friesland, Noord-Holland, Zuid-Holland, IJsselmonde en Voorne-Putten
31. De bevolking groeit nu nog slechts langzaam, waardoor het aantal te verwachten slachtoffers ook slechts langzaam toeneemt.
32. De groei van de bevolking is echter niet gelijk verdeeld over Nederland; sommige dijkringen worden extra kwetsbaar, waaronder de laaggelegen dijkringen Noord-Holland, Zuid-Holland, de Hoekse Waard, Krimpenerwaard, Alblasserwaard en Betuwe, en ook Flevoland.
33. De verwachte *schade* van overstromingen is het grootst in grote dijkringen met intensief landgebruik, vooral als ze ook nog diep onder water kunnen gaan: Zuid-Holland, IJsselmonde, Flevoland, Lopiker- en Krimpenerwaard, Alblasserwaard, Voorne-Putten, Eiland van Dordrecht, Walcheren, West-Brabant, Betuwe, Gelderse Vallei, Kromme Rijngebied.
34. De verwachte schade van een overstroming neemt in iedere dijkring toe door economische groei, die deels leidt tot nieuwbouw van woningen en bedrijven en deels tot waardevermeerdering van het bestaande met bijbehorende inboedels.
35. De gemiddelde groei van de verwachte schade is in 20 jaar tijd ongeveer 30 % bij groei volgens de huidige trend (BBP 1,9 % groei), maar kan ook meer dan 50 % zijn (in 20 jaar) bij groei volgens een hoge-druktrend (BBP 2,6 % groei per jaar)
36. Het laatste betekent een verdubbeling van de verwachte economische schade iedere 30 jaar, het eerste binnen iedere 40 jaar. Daarmee is de groei van de kwetsbaarheid ongeveer even sterk als de toename van het gevaar door de klimaatverandering.
37. De berekende groei van de verwachte overstromingsschade tussen nu en 2040 is in het trends scenario ongeveer 110%; daarvan is 20 % het gevolg van nieuwbouw en 90 % het

gevolg van waardevermeerdering van het bestaande en toename van roerende goederen.

38. Die 20 % toename door nieuwbouw kan door gerichte ruimtelijke ordeningsmaatregelen worden voorkomen; de overige 90 % vergen een andere vorm van 'ontkoppeling'.
39. De groei van de verwachte schade is verre van gelijk verdeeld over Nederland. Met name in de IJsselmeerpolders, de Hoekse Waard, de Alblasserwaard en de Betuwe neemt de verwachte schade sterk toe als gevolg van daarop gericht ruimtelijke-ordeningsbeleid (o.a. Noordvleugel), c.q. autonome ruimtelijke ontwikkeling in reactie op nieuwe infrastructuur (A15, Betuwelijn).

### **Over de autonome ontwikkeling van de overstromingsrisico's bij huidig beleid**

40. Door ruimte voor rivieren, dijkverbetering en de aanpak van zwakke schakels neemt de kans op overstromingen de komende tijd nog zodanig af dat zowel het totale slachtofferisico als het schaderisico in 2020 nog significant lager zijn dan nu.
41. Voor het slachtofferisico geldt dat het veel lager is dan het ooit in de afgelopen eeuw is geweest.
42. Het 'sturen op kansen' door adequaat waterkeringsbeleid is hier verantwoordelijk voor. Er lijkt echter geen relatie tussen overstromingskansen en te verwachten aantallen slachtoffers (Tabel 7-2).
43. Na 2020 zal – bij voortzetting van het huidige beleid, dus handhaving van de normen en overstromingskansen – het slachtofferisico langzaam stijgen met de – meer dan gemiddelde – bevolkingsgroei in Laag-Nederland. Met name in de beide Hollanden (incl. de Hollandse eilanden) en het centrale rivierengebied neemt het slachtofferisico toe.
44. Na 2020 zal – bij voortzetting van het huidige beleid, dus handhaving van de normen en overstromingskansen – het schaderisico fors stijgen, vooral bij forse economische groei (hoge-druktrend).

### **Over de overstromingsrisico's bij verschillende strategische alternatieven**

45. Als alternatieven voor het huidige beleid zijn 3 mogelijkheden onderzocht die respectievelijk sturen op kansen (extra '*beschermen*'), mikken op vermindering van de kwetsbaarheid ('*terugtrekken*', dat wil zeggen nieuwe woon- en bedrijventerreinen alleen in Hoog-Nederland) danwel sturen op beheersing van het overstromingsverloop met daarop toegesneden ruimtelijke ordening ('*ruimte voor water/ leven met water*').
46. Met extra *bescherming* kan het slachtofferisico tussen 2020 en 2040 verder verlaagd worden, en het schaderisico verlaagd of tenminste gelijk gehouden worden. Het vergt betere bescherming (waterkeringen) en gaat gepaard met verdere autonome groei van de kwetsbaarheid, dus ook behoud van de opwaartse spiraal.
47. Met *terugtrekken* kan de groei van de kwetsbaarheid zodanig worden beperkt dat bij voortzetting van het huidige wettelijke beschermingsbeleid het slachtofferisico zelfs nog iets daalt (vooral door minder bewoners per huishouden) en het schaderisico slechts half zo snel groeit als bij autonome ontwikkeling.

48. Terugtrekken zonder wettelijke aanpassing van de waterkeringen leidt tussen 2020 en 2040 tot bijna een verdubbeling van het slachtofferisico en een ruime verdubbeling van het schaderisico; alleen ruimtelijke-orderingsmaatregelen en het niet-aanpassen aan de klimaatverandering door waterbouwkundige werken leidt aldus tot een snelle verslechtering van de risicosituatie.
49. Met *ruimte voor water* kan het slachtofferisico tussen 2020 en 2040 meer dan gehalveerd worden en het schaderisico nog substantieel verlaagd; dat is vooral het gevolg van de grotere voorspelbaarheid van overstromingen – die wel frequenter optreden – door overstroombare dijkvakken. Aldus ontstaan er langere vluchttijden en blijft de overstroming qua diepte beperkt en eveneens beperkt tot kleinere oppervlakken.
50. Ruimte voor water is het duurste alternatief, maar het leidt als enige tot een afname van zowel het slachtoffer- als het schaderisico. Voorzichtig terugtrekken kost het minst en leidt vermoedelijk tot de minste spijt op lange termijn; wel zal het economisch zwaartepunt zich verplaatsten naar Hoog-Nederland.

# I Inleiding

## I.1 Achtergrond

Het Milieu- en Natuurplanbureau voert momenteel een studie uit naar de ruimtelijke ontwikkelingen in Nederland tot circa 2040 en de implicaties en duurzaamheid van die ontwikkelingen: Nederland Later. Eén van de onderwerpen daarbij is waterveiligheid, en één van de hoofdvragen is of, hoe, in welke mate en op welk moment de Nederlandse overheid de ruimtelijke ordening (veel) meer moet laten leiden door overwegingen van overstromingsrisicobeheersing.

Er wordt veelvuldig gesteld dat wereldwijd de overstromingsrisico's de laatste decennia zijn toegenomen en nog voortdurend toenemen. Dat zou komen door een gelijktijdige en elkaar versterkende toename van, enerzijds, het gevaar van overstromingen en, anderzijds, de kwetsbaarheid van de maatschappij. Deze toename blijkt uit de 'record' van overstromingsrampen in de wereld door bijvoorbeeld de Dartmouth Flood Observatory ([www.dartmouth.edu/%7Efloods](http://www.dartmouth.edu/%7Efloods)): het zijn er nu meer en ze hebben grotere consequenties. Maar welk van de twee de belangrijkste oorzaak is, wordt nog betwist.

Klimaatverandering, met daaruit voortvloeiende zeespiegelstijging en extremere neerslag en hogere rivierafvoeren, vergroot het gevaar, waarbij zowel de kans op overstromingen als de omvang ervan (getroffen areaal, waterdiepte) kan toenemen. Bevolkingsgroei en economische groei vergroten de potentiële gevolgen van overstromingen, omdat meer mensen worden getroffen, er meer slachtoffers zouden kunnen vallen en de economische consequenties groter zijn. Er wordt dan ook al enige tijd met klem meer aandacht gevraagd voor de rol van de ruimtelijke ordening in het beheersen van overstromingsrisico's (WL, 1998; WB 21, 2000; Hooijer et al., 2002; Klijn et al., 2004; Adviescommissie Water, 2006).

In hoeverre er in Nederland de afgelopen decennia van een toename van het overstromingsrisico sprake is geweest, kan worden afgeleid uit studies naar de huidige en historische overstromingsrisico's (Klijn et al., 2004; Van der Klis et al., 2005). Vergelijking van de resultaten van deze studies bevestigt dat – wat al werd gesteld in 'Risico's in bedijkte termen' (Ten Brinke & Bannink, 2004) – Nederland sedert 1950 een stuk veiliger is geworden en misschien nog nooit zo veilig is geweest. Dat neemt niet weg dat de kwetsbaarheid voortdurend toeneemt (o.a. Adviescommissie Water, 2006), zodat een eventuele ramp mogelijk grotere consequenties kan hebben dan Nederland tot nu toe ooit meemaakte. Dat klimaatverandering en zeespiegelstijging inmiddels als aanvaarde en onontkoombare ontwikkelingen moeten worden beschouwd (MNP, 2006), is aanleiding voor de regeringen van veel Europese landen om een klimaatadaptatiebeleid te formuleren (zie ook Kwadijk et al., 2006). Ook in Nederland is de aandacht toegenomen, waarbij naast de ministeries van VROM, V&W en BZK nu ook Algemene Zaken zich sterk maakt voor een adaptatiebeleid. De mogelijke consequenties van zo'n beleid voor ruimtegebruik en economie zouden immers weleens groot kunnen zijn.

De vraag of, hoe, in welke mate en op welk moment de Nederlandse overheid de ruimtelijke ordening (veel) meer moet laten leiden door overwegingen van overstromingsrisicobeheersing hebben MNP en WL gezamenlijk proberen te beantwoorden door na te gaan hoe het risico zich ontwikkelt bij ongewijzigd beleid (referentiescenario's) en wat de consequenties zijn van enkele strategische beleidsalternatieven. De ontwikkeling van het risico is gezien voor de periode tot 2040, maar gezien het feit dat de klimaatverandering en zeespiegelstijging dan (nog lang) zullen doorgaan en het ruimtegebruik niet snel en makkelijk valt te veranderen, wordt de ontwikkeling geplaatst in een lange-termijnperspectief.

## 1.2 Vraagstelling

***Wat betekent de klimaatverandering en zeespiegelstijging voor de beleidsopgave inzake overstromingsrisico's?*** Deze vraag vergt een langer tijdspectief, met 2040, 2100 en 'eeuwen later' als momenten om te doordenken. Deze vraag kan worden opgevat als een reeks deelvragen zoals: hoe erg kan het worden, wat betekent dat, hoe snel gaat het, welke snelheid van verandering is 'civiel-technisch' bij te houden, met welke (draconische?) maatregelen, is er een point-of-no-return?

Meer concreet en op een termijn waarvoor nu beleid moet worden ontwikkeld is de vraag: ***Hoe groot is het overstromingsrisico op dit moment en hoe ontwikkelt het zich tot 2040, uitgaande van ongewijzigd beleid en een groeiende bevolking en economie?*** Omdat de toekomst ongewis is, wordt een scenariobenadering gevolgd. In plaats van de gebruikelijke 4 mogelijke toekomstscenario's (CPB et al., 2006) wordt voor bevolkingsgroei en economische groei uitgegaan van het scenario dat als meest waarschijnlijk wordt beschouwd gezien de vigerende beleidsvoorkeur in Nederland en in de omliggende Europese landen (Transatlantic Market; verg. CPB et al., 2006) alsmede een 'hoge-drukscenario' (Global Economy) dat een goede tweede kans maakt en anders laat zien waar Nederland ca tien jaar later staat.

***Welke strategische beleidsalternatieven (opties) kunnen tegen die achtergrond worden onderscheiden en welke implicaties hebben deze?*** Dat vergt een analyse van hoe het ruimtegebruik zich ontwikkelt en hoe het overstromingsrisico (tot 2040) als aanvullend/alternatief beleid wordt geformuleerd (voor de periode 2020-2040) bestaande uit verschillende combinaties van technische maatregelen (waterkeren) en ruimtelijke ordeningsmaatregelen (kwetsbaarheid verkleinen)?

## 1.3 Ruimtelijke ontwikkeling

Het ruimtegebruik ontwikkelt zich onder invloed van (1) bevolkingsgroei en economische groei, van (2) een doelgericht rijksbeleid van aanwijzing (Vinex-locaties), prikkels en beperkingen (beschermde gebieden), van (3) beleid op ander niveau (provincie, gemeente), en (4) als onbedoeld bij-effect van ander beleid (aanleg en uitbreiding van infrastructuur). Het geheel van deze invloeden bepaalt waar het ruimtegebruik verandert. Het MNP brengt deze veranderingen in beeld door kaarten te produceren waarop de invloed van deze processen – in verschillende sterktecombinaties – in beeld worden gebracht (Kuiper & Bouwman, in voorber.). Ook wordt in beeld gebracht wat het betekent voor milieu, natuur, landschapsbeeld e.d.



Tot op heden is overstromingsrisico nauwelijks een factor van betekenis geweest voor de ruimtelijke ontwikkeling. Alleen het moratorium op bouwen in uiterwaarden en buitendijks gebied kan als zodanig worden beschouwd (Beleidslijn Ruimte voor Rivieren, 1996). De sedert enige tijd bestaande Watertoets wordt vooral gebruikt om te waarborgen dat de afvoer van water niet wordt gehinderd en de eventuele berging van wateroverschotten niet wordt belemmerd; een toenemend risico wordt er niet mee voorkomen. Dit alles betekent dat de ruimtelijke ontwikkeling zich – vanuit waterveiligheidsperspectief – ‘autonoom’ voltrekt. Dat levert één of meer toekomstscenario's op die gekenschetst kunnen worden als *trendscenario's*. Deze trendscenario's leiden tot een vrijwel ongereguleerde toename van de kwetsbaarheid. Hoe dat precies uitwerkt wordt in dit rapport geanalyseerd per dijkkring, omdat dijkkringen de eenheden vormen waarop het ‘waterkeren-beleid’ is gericht.

### 1.3.1 Beleidsopties

Het huidige beleid inzake waterveiligheid is vastgelegd in de Wet op de Waterkering. Kern van deze wet zijn dijkkringen – die de plaats van de hoofdwaterkering markeren – en normen voor overschrijding van maatgevende omstandigheden voor deze dijkkringen (Figuur 1.1). De maatgevende omstandigheden worden iedere 5 jaar geëvalueerd en de waterkeringen worden hieraan iedere 5 jaar getoetst.



Figuur 1.1 Veiligheidsnormen (ten aanzien van overschrijdingskansen van maatgevende omstandigheden) per dijkkring

Dit beleid ondervindt sedert enige jaren de nodige kritiek. Zo wordt wel gesteld dat de normen achterhaald zijn (o.a. Adviescommissie Water, 2006), dat economische optimalisatie meer differentiatie van normen zou moeten opleveren (CPB; Eijgenraam, 2005; 2006), dat de dijkringen teveel een keurslijf vormen (Vis et al., 2001; 2004), dat compartimentering van enkele gevaarlijk grote dijkringen overwogen zou moeten worden (Vis et al., 2001; Ten Brinke & Bannink, 2004; RBSO, 2005, Klijn, 2006) en dat beleid gevoerd zou moeten worden om de toename van de kwetsbaarheid te remmen of te stoppen (Hooijer et al., 2001; 2004. Deze punten van aandacht zijn ook alle bevestigd in de door DG Water georganiseerde discussie over Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw (WV21).

Vanuit deze kritiekpunten kunnen strategische beleidsalternatieven worden geformuleerd, waarbij de nadruk meer kan worden gelegd op maatregelen gericht op het verkleinen/beheersen van het gevaar ('*hazard and exposure*') – danwel de kans op een overstroming –, respectievelijk op maatregelen gericht op het verkleinen/ beheersen van de kwetsbaarheid ('*vulnerability*') – danwel de gevolgen van een overstroming. Dit sluit aan bij de vigerende opvattingen in de EU over wat een overstromingsrisico is en hoe dit kan worden beheerst (vergelijk FLOODsite, 2005; Samuels et al., 2005; Klijn et al., 2007).

Tegen deze achtergrond zijn verschillende strategische beleidsalternatieven geformuleerd, waarvan het denkbaar is dat deze worden geformuleerd in de periode 2007-2020 en die dan kunnen worden geïmplementeerd in de periode 2020-2040. Het gaat om:

5. beter beschermen, waar economisch verantwoord;
6. water meer ruimte geven en landgebruik aanpassen (ontkoppelen);
7. verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen van Nederland (terugtrekken) met voortzetting van huidig beschermingsbeleid (dus steeds aanpassen waterkeringen)
8. verschuiven van ontwikkelingen naar de hogere delen van Nederland (terugtrekken) en helemaal stoppen met dijkverhoging.

Wat deze beleidsalternatieven behelzen valt te lezen in hoofdstuk 3.

## 1.4 Aanpak onderzoek

Om een indruk te kunnen krijgen van de slachtofferrisico's en schaderisico's van overstromingen vanuit zee, rivieren en grote meren (de 'Rijkswateren') voor *geheel Nederland* zijn consistente schattingen nodig van:

- overstromingskans
- gevolgen in termen van aantallen slachtoffers
- gevolgen in termen van economische schade.

Daartoe is gebruik gemaakt van eerdere schattingen, die zijn bijgesteld als daar aanleiding voor was op grond van recent beschikbaar gekomen gedetailleerder onderzoeksresultaten. Als ruimtelijke eenheid wordt uitgegaan van dijkringen.

Als invoergegevens zijn gegevens en projecties van het landgebruik in 2005, 2010, 2020 en 2040 gebruikt, die zijn vervaardigd door het MNP. Bij de projecties voor 2040 zijn de rekenregels voor de Ruimtescanner aangevuld met regels die samenhangen met bepaalde beleidskeuzes inzake de aard en mate van 'ruimtelijke ordening op waterbasis'.

## 1.5 Over dit rapport

Dit rapport heeft het karakter van een technische verantwoording van het onderzoek. Dat betekent dat enerzijds de hoofdvragen en hoofdboodschappen van de beleidsanalyse aan de orde komen, maar dat anderzijds ook zoveel mogelijk keuzen in het onderzoeksproces worden geëxpliciteerd en onderbouwd met literatuur en andere bronnen. De opbouw van het rapport volgt dan ook de achtereenvolgende onderzoeksstappen.

In *hoofdstuk 2* wordt beschreven hoe klimaat, zeespiegel en rivierafvoeren zich in de toekomst kunnen ontwikkelen. De consequenties hiervan voor het overstromingsgevaar ('*hazard*') bepalen de lange-termijnopgave voor een eventueel adaptatiebeleid.

*Hoofdstuk 3* gaat in op de vraag hoe het ruimtegebruik zich ontwikkelt volgens een trendscenario en een hoge-druktrendscenario. Dat bepaalt in hoeverre de kwetsbaarheid – in termen van potentiële slachtoffers en potentiële schade – zich ontwikkelt. Ook worden beleidsalternatieven beschreven die deels bestaan uit technische maatregelen uit het domein van het waterbeheer (dijken e.d.) en deels uit een ander ruimtegebruik dat mede door daarop gerichte beleidsmaatregelen tot stand is gekomen. Dat andere ruimtegebruik heeft invloed op de ontwikkeling van de kwetsbaarheid.

In *hoofdstuk 4* worden de overstromingskansen geschat voor huidige en toekomstige situaties, mede als uitvloeisel van beleidskeuzen. Daarbij wordt aandacht besteed aan onzekerheden door de bandbreedtes weer te geven met een boven- en ondergrens.

In *hoofdstuk 5* gebeurt hetzelfde voor de slachtofferaantallen en in *hoofdstuk 6* voor de schades. Bij beide zijn de projecties van het landgebruik als invoer gebruikt om de toekomstige gevolgen te kunnen berekenen vanuit de huidige situatie. Ook is bij de schatting van de economische schade rekening gehouden met economische groei.

*Hoofdstuk 7* combineert de kansen en gevolgen tot risico's. Daar zijn dus ook de meest relevante uitkomsten van de vergelijking van beleidsalternatieven te vinden.

In *hoofdstuk 8*, tenslotte, worden de belangrijkste bevindingen weergegeven.



## 2 Beleidsopgave

### 2.1 Inleiding

Zoals in de inleiding is aangegeven, kan het gevaar toenemen door klimaatverandering en zeespiegelstijging en kan de kwetsbaarheid toenemen door bevolkingsgroei en economische groei. Daartussen zit nog een beleid inzake waterveiligheid; als dat adequaat is kan het overstromingsrisico heel wel gelijk blijven of dalen, ondanks deze ontwikkelingen. Dit betekent dat alle drie elementen aan een nadere analyse moeten worden onderworpen:

- de toename van het gevaar,
- de toename van de kwetsbaarheid,
- de adequaatheid van het beleid.

Aangezien de toename van de kwetsbaarheid en de adequaatheid van het waterveiligheidsbeleid geen externe, autonome, onbeïnvloedbare zaken zijn, worden die pas in latere hoofdstukken besproken. Hier wordt volstaan met een korte inleiding op de toename van het gevaar, ofwel de 'belasting': de klimaatverandering en zeespiegelstijging en de consequenties daarvan voor rivierafvoeren, waterstanden en daarmee samenhangende fysische omstandigheden, omdat die wel grotendeels (>> 90%) buiten de invloedssfeer van het beleid van Nederland liggen.

### 2.2 De beleidsopgave: overstromingsrisicobeheersing in een veranderende omgeving

De toekomst is per definitie ongewis. Dat geldt onder meer voor de mate en snelheid van klimaatverandering. Over het feit dat het klimaat verandert, bestaat inmiddels brede consensus, evenals over de richting. En omdat het klimaat een langzaam reagerend globaal systeem is, zijn projecties over relatief lange tijdschalen mogelijk. Over de snelheid en mate kunnen slechts verwachtingen worden uitgesproken. Veel terug- en meekoppelingsprocessen zijn namelijk nog onvoldoende gekend en de toename van de drijvende kracht (broeikasgassen) is ongewis; reden om toch vaak met verscheidene scenario's te werken (verg. IPCC) in plaats van met één enkele projectie.

Dat toekomstige ontwikkelingen ongewis zijn, geldt misschien nog wel meer voor demografische en socio-economische ontwikkelingen. Die gaan snel – sneller dan klimaatveranderingen – en zijn moeilijker te voorspellen omdat 'het systeem' kleiner is (we kijken alleen naar Noordwest-Europa en in het bijzonder Nederland) en sneller reageert. Ook op dat vlak wordt dan ook veelvuldig met scenario's gewerkt, zij het dat de tijdshorizon over het algemeen beduidend dichterbij wordt gelegd.

Voor de mate van waarschijnlijkheid van de verwachte ontwikkelingen en gevolgen gebruiken we de volgende aanduidingen (naar MNP, 2005 en IPCC):

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

De schattingen berusten op *expert judgement*, rekening houdend met de stand van zaken in het onderzoek naar klimaatveranderingen en hun gevolgen.

### 2.2.1 Verwachte klimaatverandering en zeespiegelstijging

De waarschijnlijkheid van aspecten van de klimaatverandering en zeespiegelstijging wordt als volgt geschat:

- toename van de temperatuur (zeer waarschijnlijk);
- toename van de neerslag in het winterhalfjaar (waarschijnlijk);
- stijging van de zeespiegel (zeer waarschijnlijk);
- toenemen van windsnelheid gedurende stormen (fifty-fifty).

Hoe deze kwantitatief uitpakken zullen we hieronder nagaan. Deze klimaatveranderingen en zeespiegelstijging kunnen het overstromingsgevaar doen toenemen door de volgende effecten:

- hogere waterstanden op zee en daarmee *potentieel* een toename van de kans op overstroming vanuit zee (zeer waarschijnlijk);
- frequentere en omvangrijkere hoogwaters op de grote rivieren in de winter en daarmee *potentieel* een toename van de kans op overstrooming (zeer waarschijnlijk);
- hogere waterstanden in het IJsselmeergebied en op de grote binnenwateren van Zuid-Holland en Zeeland en daarmee *potentieel* een toename van de kans op overstrooming (zeer waarschijnlijk).

Ook kunnen ze leiden tot problemen met de regionale waterhuishouding.

### Klimaatverandering voor Nederland in cijfers

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

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

De procentuele veranderingen zijn weergegeven ten opzichte van het peiljaar 1990 (Tabel 2-1). Het klimaat in dit peiljaar is afgeleid uit de weersgegevens van 1976 tot 2005.

Tabel 2-1 Klimaatscenario's voor 2050 voor Nederland ten opzichte van 1990 (KNMI, 2006)

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

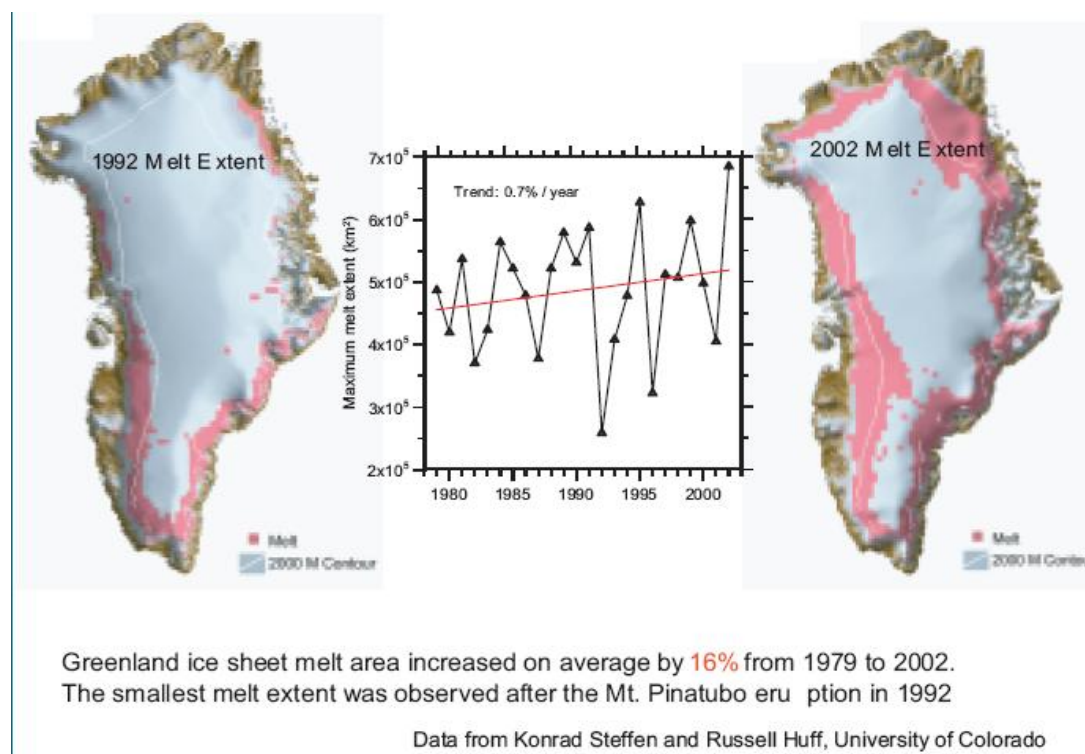
Om een indruk te krijgen van wat de verandering van het klimaat voor Nederland kan betekenen, vergelijken we het verwachte toekomstige klimaat voor Nederland met plaatsen in Europa waar dit klimaat al heerst. Tegen dergelijke vergelijkingen zijn altijd bezwaren aan te voeren. Zo is er geen geografische referentie die net zo laag ligt ten opzichte van de zeespiegel. Om de geo-ecologische context zoveel mogelijk vergelijkbaar te houden is gezocht is naar gebieden die laaggelegen zijn, dicht bij zee en bij voorkeur in een delta of riviervlakte. Op grond van de gemiddelde seizoensveranderingen gaat het toekomstige Nederlandse klimaat in de zomer lijken op het klimaat dat nu heerst aan de westkust van Frankrijk rond Bordeaux. De huidige winters in Bordeaux zijn wat warmer dan de verwachte winters in Nederland. Het toekomstige winterklimaat in Nederland gaat meer lijken op dat van de Povlakte in Noord- Italië (Milaan-Venetië) met een continentale invloed.

## Zeespiegelstijging

In de afgelopen eeuw is de zeespiegel tussen de 10 en 20 cm gestegen ten opzichte van NAP. De KNMI-scenario's behelzen een verdere stijging van de zeespiegel tussen de 30 en 70 cm aan het einde van deze eeuw.

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

De hierboven weergegeven schattingen van de maximale zeespiegelstijging zijn het resultaat van uitsluitend de uitzetting van de oceaan door de temperatuurstijging (IPCC, 2001). Dat is een gekende en door velen *zeer waarschijnlijk* geachte ontwikkeling. Maar om de grenzen van de klimaatbestendigheid van Nederland te verkennen kan ook worden uitgegaan van *denkbare* ontwikkelingen. Indien de temperatuur op aarde blijft stijgen, kan op de lange termijn immers ook de ijskap van Groenland en op de zeer lange termijn de ijskap van Antarctica gaan bijdragen.



Figuur 2.1 Verandering in het deel van Groenland dat netto smelt



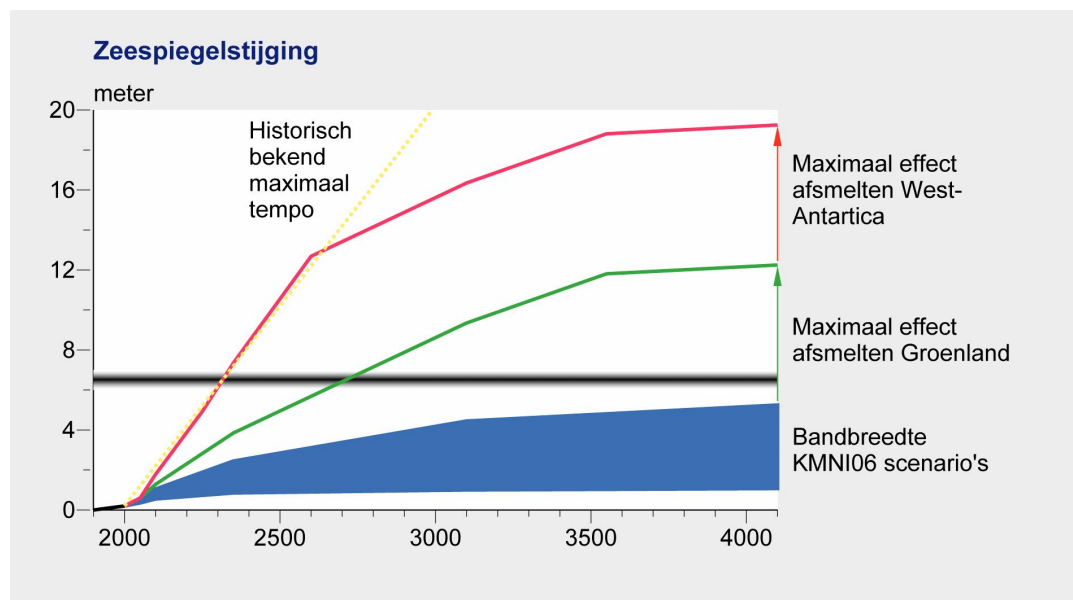
Het volledig afsmelten van de ijskap op **Groenland** zou kunnen leiden tot 6- 7 meter extra zeespiegelstijging. Dit afsmelten neemt echter vele eeuwen in beslag. De bijdrage van Groenland aan de zeespiegelstijging van de afgelopen eeuw wordt op nul geschat. De verwachting is dat het volume van Groenland's ijs in de komende eeuw zal afnemen. Het verwachte aandeel in de mondiale zeespiegelstijging aan het einde van deze eeuw is volgens de huidige inzichten niet meer dan 9 cm.

Maar er zijn recente aanwijzingen uit satellietmetingen dat een groter deel van de Groenlandse Ijskap aan het afsmelten is dan nu toe werd aangenomen. De periode waarover de hier achter liggende metingen zijn uitgevoerd is echter tamelijk kort. Het is daarom de vraag in hoeverre deze metingen representatief zijn voor een lange-termijntrend.

Modelberekeningen laten zien dat als de concentratie van CO<sub>2</sub> in de atmosfeer toe zou nemen tot 4x de pre-industriële waardes, het ongeveer 3000 jaar duurt voordat de gehele Groenlandse ijskap is afgesmolten. Dat zou leiden tot een extra zeespiegelstijging van 5,1 mm/jaar (ongeveer 50 cm per eeuw).

**Antarctica** is zo koud dat de ijskap geen ijs verliest door smelten maar alleen door afkalving, waarbij ijsbergen ontstaan. De huidige massabalans van Antarctica is tamelijk onzeker. De onzekerheid in het jaarlijkse budget van aangroei en afkalving is circa 17 %, wat neerkomt op 1 mm zeespiegelstijging meer of minder. Opwarming van de aarde zal waarschijnlijk in eerste instantie leiden tot een toename van het volume aan ijs op dit continent door toegenomen neerslag. Netto betekent dit dat Antarctica de zeespiegelstijging doet dalen.

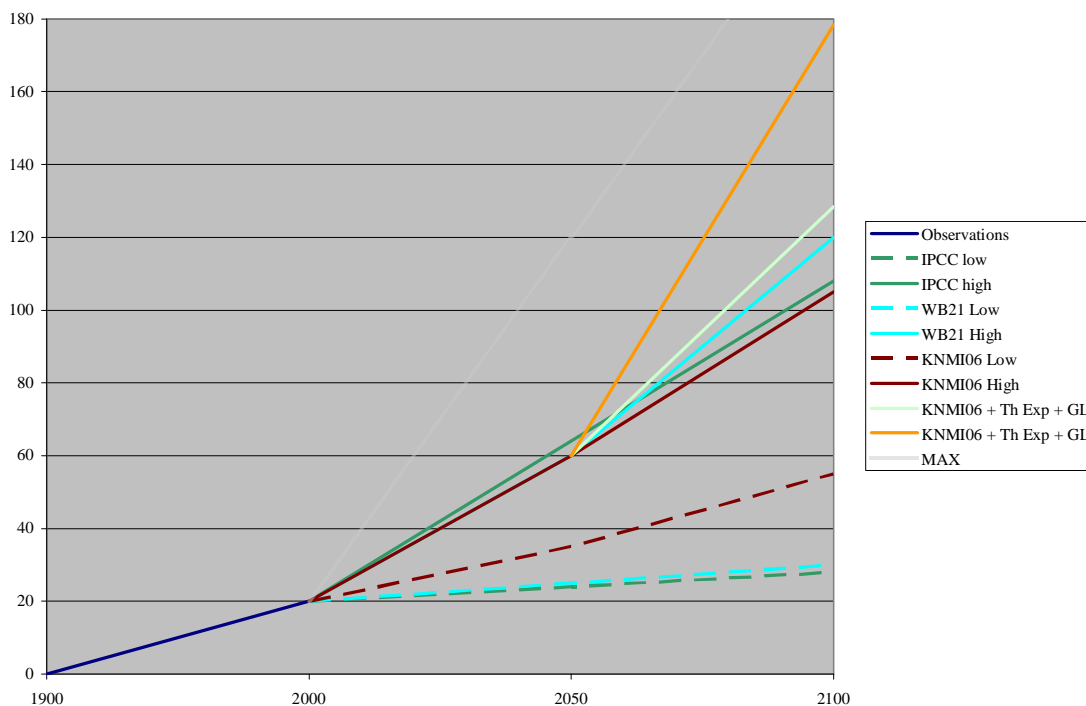
Een bijzonder geval is West-Antarctica. De ijskap alhier zou bij hogere temperatuur instabiel kunnen worden en versneld in zee terecht kunnen komen. Dit kan leiden tot een extra verhoging van de zeespiegel van 6 m. Er zijn geen aanwijzingen van instabiliteit op dit moment. Een desintegratie van West-Antarctica zou 500- 700 jaar in beslag nemen. Dit komt overeen met een extra zeespiegelstijging van ongeveer 1 meter per eeuw.



Figuur 2.2 Zeespiegelstijging op de zeer lange termijn bij uitzetting van zeewater (KNMI-scenario's) en met maximale effecten van afsmelten Groenland en afkalven West-Antarctica

Indien alle effecten worden gesommeerd is de maximaal denkbare zeespiegelstijging in de komende 2000 jaar circa 18 meter (Figuur 2.2).

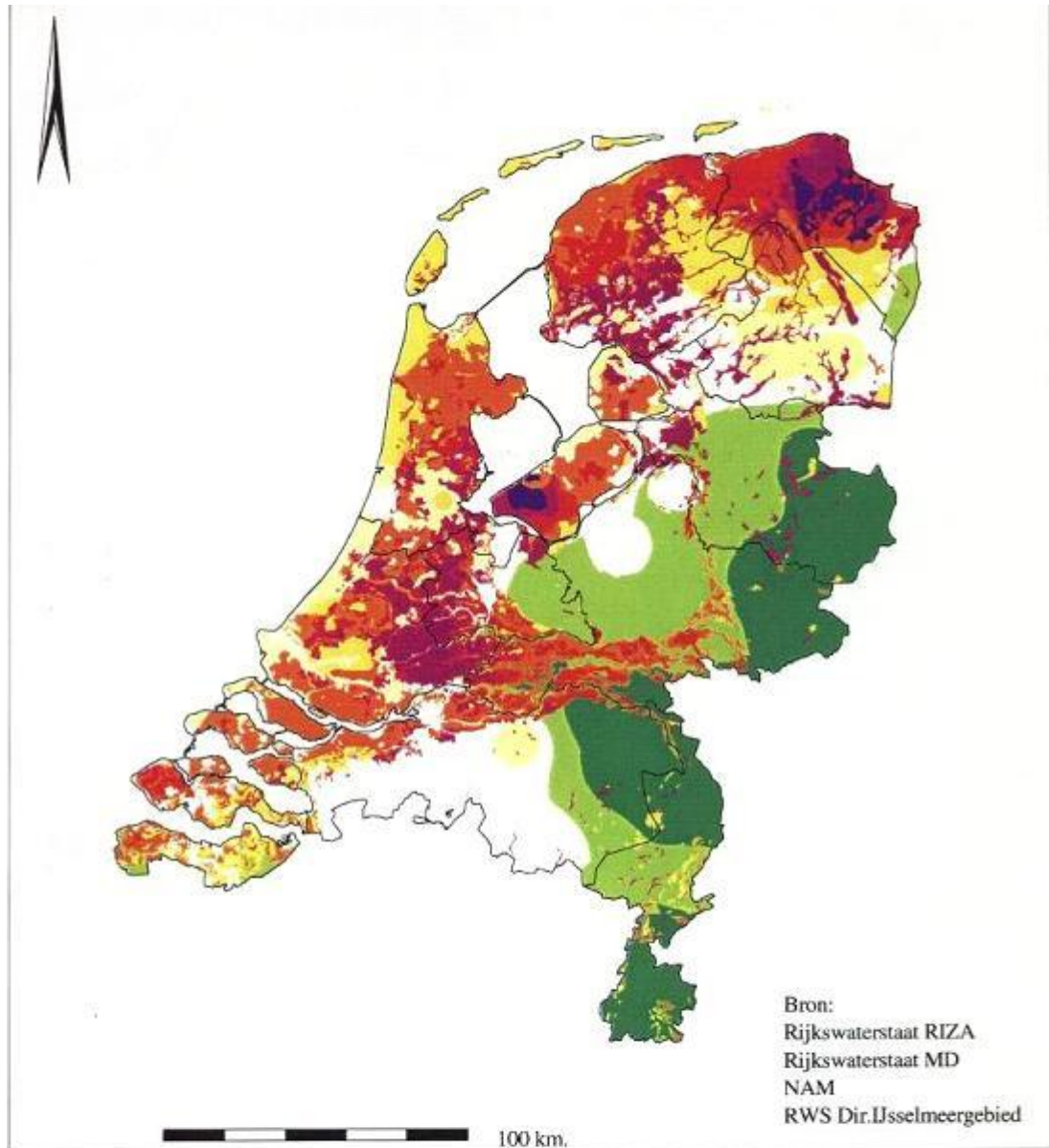
Figuur 2.3 laat de meest *waarschijnlijke* ontwikkelingen tot 2100 zien volgens de KNMI-scenario's alsmede de *denkbare* ontwikkelingen tot 2100, indien wordt aangenomen dat Groenland veel sneller afsmelt dan tot nu toe gedacht en dat de ijsplaat van West Antarctica begint te desintegreren. Nogmaals, het is bijzonder onwaarschijnlijk dat we op de korte (100 jaar) termijn met een dergelijke zeespiegelstijging te maken zullen krijgen. Daar staat tegenover dat op de lange termijn (100-300 jaar) grote zeespiegelstijgingen *alleen zijn te voorkomen door een ongekende beperking van de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen*. Het is dus slechts een kwestie van tijd.



Figuur 2.3 Denkbaar zeespiegelstijgingen tot 2100; deels resultaten van KNMI scenarioberekeningen, deels superposities van berekeningen onder aannames over afsmelten van Groenland

## Bodemdaling

Niet alleen de zeespiegel stijgt, maar in Nederland daalt de bodem ook nog (Figuur 2.4). In relatieve zin krijgt de zeespiegelstijging daardoor extra effect. Lokaal is de verwachte bodemdaling zelfs groter dan de zeespiegelstijging, vooral in Groningen (gaswinning) en Zuidelijk Flevoland (nazakken Almere).



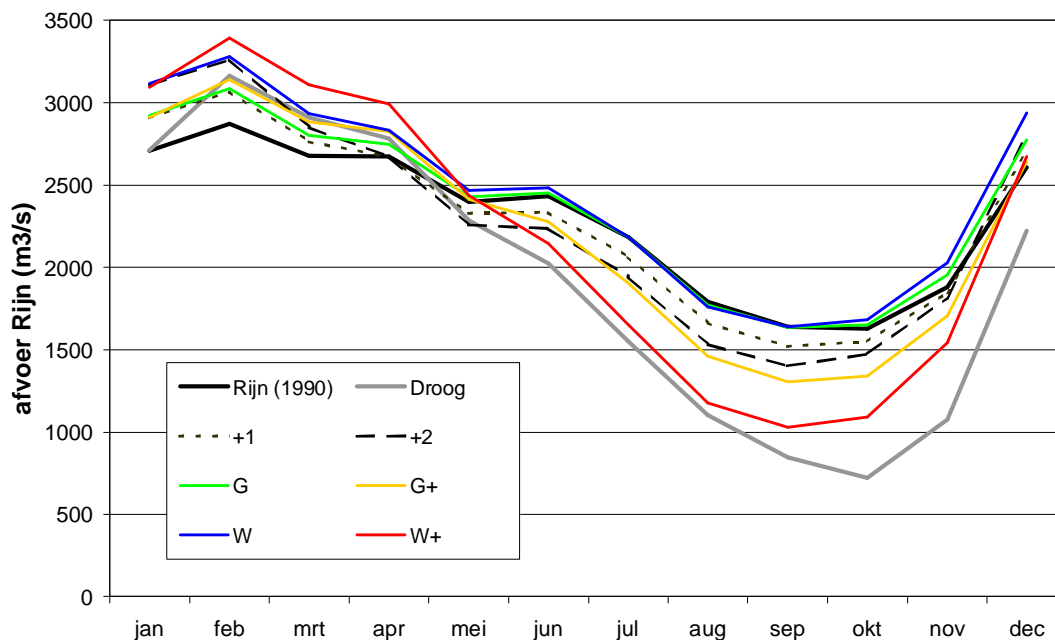
Verwachte bodemdaling voor 2050



Figuur 2.4 Verwachte bodemdaling van Nederland tot 2050

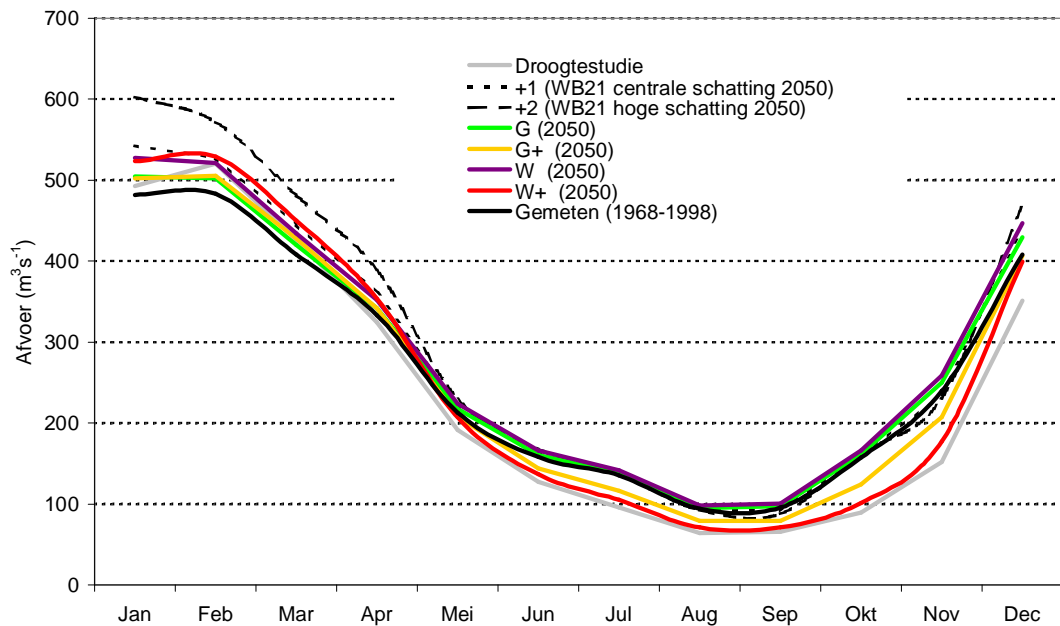
## De afvoer van de grote rivieren

De verwachte toename van de neerslag in de winter zal in de stroomgebieden van de Rijn en de Maas leiden tot grotere afvoeren in de winter. De afgelopen jaren is er een trend zichtbaar naar hogere winterafvoeren. In de Rijn zal dit effect versterkt worden door de stijging van de temperatuur met als gevolg dat in het Alpengebied gedurende de winter meer regen en minder sneeuw zal vallen. Dit betekent dat de winterafvoer uit de Alpen sterk zal toenemen. Door het gecombineerde effect is het nagenoeg zeker dat de winterafvoeren van de Rijn zullen toenemen. Omdat de Maas nauwelijks beïnvloed wordt door sneeuwmelt is de toename van de winterafvoer van de Maas afhankelijk van de toename van de winterneerslag en speelt de temperatuurstijging geen rol van betekenis. De nieuwe neerslagsscenario's van het KNMI zijn omgerekend naar afvoerregime-scenario's voor het Rijn- en Maasstroomgebied. De resultaten hiervan staan in Figuur 2.5 en Figuur 2.6.



Figuur 2.5 Afvoerregime (maandafvoer) van de Rijn voor de verschillende klimaatscenario's ten opzichte van het jaar 1990

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



Figuur 2.6 Afvoerregime van de Maas voor de verschillende klimaatscenario's

De stijgende zeespiegel kan leiden tot een lager veiligheidsniveau voor locaties direct langs de kust. Klimaatscenario's laten een ook toename van de windsnelheden zien. De toename is echter klein en valt ver binnen de huidige variatie in windsnelheden van jaar tot jaar.

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

## 2.2.2 Gevolgen voor de Nederlandse waterhuishouding op de lange termijn: een eerste verkenning

Om de grenzen van de klimaatbestendigheid van Nederland te verkennen kan men in plaats van de meest waarschijnlijke ontwikkelingen ook de denkbare ontwikkelingen als uitgangspunt nemen. Alhoewel het, nogmaals, bijzonder onwaarschijnlijk is dat we op de korte (100 jaar) termijn met een zeespiegelstijging van meer dan 1 m te maken zullen krijgen, is het slechts een kwestie van tijd alvorens 2, 3 of meer meters zich zullen voordoen, omdat grote zeespiegelstijgingen alleen zijn te voorkomen door een ongekende beperking van de wereldwijde uitstoot van broeikasgassen.

Naar de gevolgen van zeespiegelstijgingen groter dan 1 meter voor de Nederlandse waterhuishouding is tot op heden erg weinig onderzoek gedaan. De hier geschetste ontwikkelingen moeten dus als een eerste zeer voorlopige verkenning worden gezien.

In deze verkenning stellen we de volgende vragen:

- **De kust:** In hoeverre is het mogelijk de kustlijn te handhaven, inclusief de Waddenzee en het Zuidwest-Nederlandse estuariumgebied?
- **De rivieren:** Hoe hoger de zeespiegel, hoe verder landinwaarts de rivieren worden beïnvloed door de buitenwaterstand; wat betekent dat voor de waterstanden langs de rivieren en de indringing van getij en zout stroomopwaarts?
- **De regionale waterhuishouding:** Hoe hoger de zeespiegel, hoe minder makkelijk spuien van overtollig water mogelijk is; wat betekent dat voor de spuumogelijkheden?
- **Het grondwater:** Hoe hoger de zeespiegel, hoe meer kwel en indringing van zout water. Ook neemt de druk vanuit het grondwater op de bovenste afdekkende laag toe. Wat kan dat betekenen?

De stijgende zeespiegel wordt hier als uitgangspunt genomen, omdat deze het meest zeker is en op de lange termijn ook de belangrijkste factor is voor de waterhuishouding. Volgens Figuur 2.2 zal twee meter zeespiegelstijging niet voor halverwege de 22<sup>e</sup> eeuw bereikt zijn. Zo'n 4- 5 meter stijging is niet te verwachten voor de 24<sup>e</sup> eeuw en 6 meter niet voor de 26<sup>e</sup> eeuw. Voor de eerste 100 jaar lijkt 1,5 meter stijging het hoogst denkbare.

## De kust

Inzake overstromingen vanuit zee is het beleid gebaseerd op het keren van zeewater. Behalve door de Wet op de Waterkering wordt het huidige kustbeleid bepaald in de Derde Kustnota (2000) en de Nota Ruimte (2005). Aldus wordt het beleid gedomineerd door de combinatie veiligheid (waterkeren) en (ruimtelijk) gebruik en kwaliteit. In de laatste nota's wordt geanticipeerd op de toenemende hoogwaterproblematiek als gevolg van klimaatverandering door ruimte te reserveren voor toekomstige kustversterkingen. Het kustveiligheidsbeleid moet voor de langere termijn de balans vinden tussen (1) het stimuleren van natuurlijke processen (duinvorming middels zandsuppleties) waar het kán en (2) het vertrouwen op technische oplossingen (dijken, kunstwerken) waar het móét.

Eén en ander betekent dat er zoveel mogelijk wordt afgezien van harde keringen om de kustlijn te handhaven. Een belangrijk middel om de kustlijn te handhaven is zandsuppletie. De benodigde hoeveelheid zand hiervoor is erg onzeker. Voor een stijging van 85 cm per eeuw is een geschatte hoeveelheid zand nodig van 23 +/- 12 miljoen kubieke meter per jaar. Hiervan vraagt de Waddenzee 70 %. Indien we deze cijfers als uitgangspunt nemen, zou voor een stijging van 1,5 meter per eeuw tussen de 20 en 60 miljoen kubieke meter zand per jaar nodig zijn. Ter vergelijking: voor de 2<sup>e</sup> Maasvlakte is naar schatting 300 miljoen m<sup>3</sup> zand nodig. In 100 jaar betekent dit een hoeveelheid tussen de 2 en 6 miljard kubieke meter zand (2- 6 km<sup>3</sup>). Het ligt voor de hand dat dit zand gewonnen wordt in de Noordzee. Dit kan met sleehopperzuigers. Een grote sleehopperzuiger heeft een capaciteit van 10.000 m<sup>3</sup> zand per uur. Om tussen de 20 en 60 miljoen m<sup>3</sup> zand op te zuigen moet tussen de 84 en 250 dagen op vol vermogen worden gezogen. De benodigde zuigercapaciteit lijkt geen beperking voor de haalbaarheid.

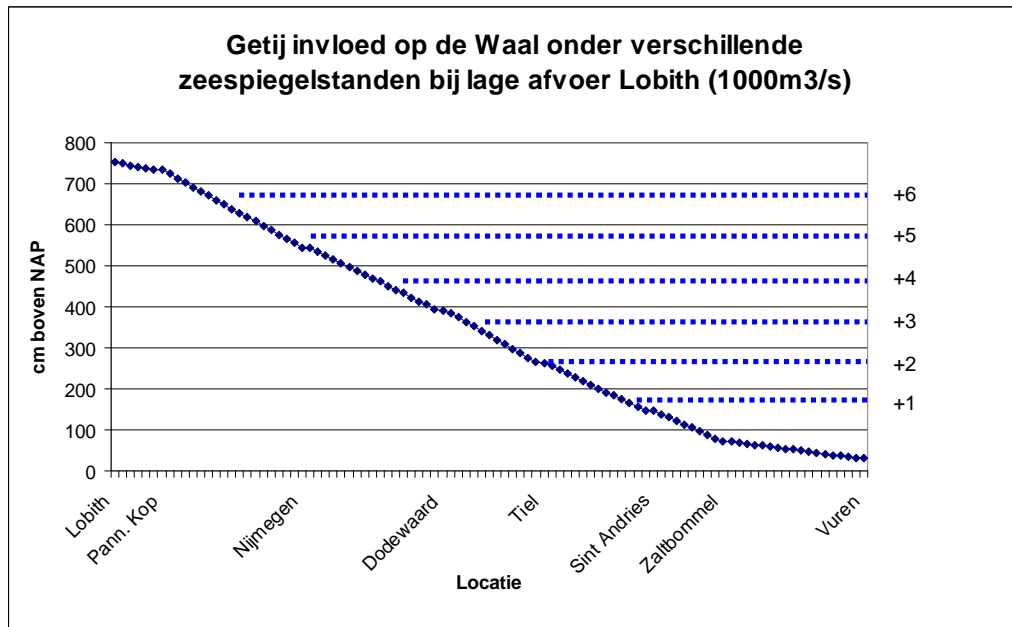
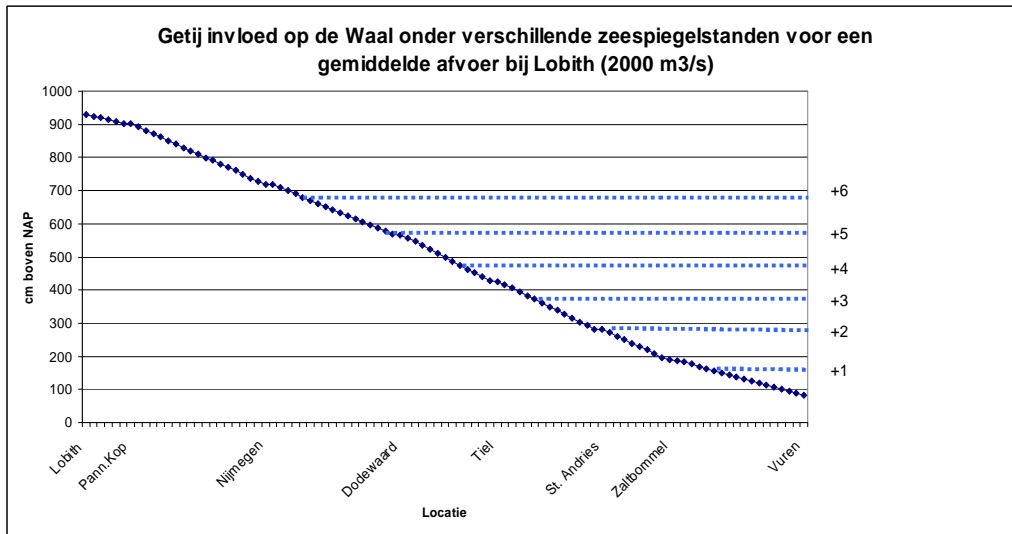
Bij de huidige schattingen voor het benodigde gebied voor de winning van het zand gaat men uit van 2 meter winbare diepte. Om in de komende 100 jaar 30 miljoen m<sup>3</sup> zand te winnen is naar schatting 150.000 ha wingebied nodig. In het bovenstaande rekenmodel zou dat betekenen dat er in de komende 100 jaar totaal maximaal 600.000 ha gebied nodig is om de kust met zandsuppleties op peil te houden.

Het moge duidelijk zijn dat dit zeer voorlopige en grove schattingen zijn. Onduidelijk is in hoeverre door zeespiegelstijging de huidige verliezen van zand uit het kustgebied zullen veranderen. Verder is natuurlijk het gebied dat nodig is voor de winning erg groot. Zandwinning zal substantiële ecologische gevolgen voor de Noordzee hebben. Ook zijn de kosten om over een dergelijk uitgestrekt gebied zand te winnen groot. Een alternatief is dieper dan 2 meter winnen. Dit houdt echter het gevaar in van kustversteiling met grotere golven en grotere zandverliezen uit de vooroever als gevolg.

## De rivieren

Bij de rivieren zijn drie deelgebieden te onderscheiden, het *bovenrivierengebied* waarin de waterstanden door de afvoer en de capaciteit van het winterbed van de rivier bepaald worden, het *estuarium* waarin de waterstanden door de zeewaterstand bepaald worden en een *tussenliggend gebied* (benedenrivieren) waarin zowel de zeewaterstand als de afvoer van de rivier van invloed zijn. Zeer grofweg kan men stellen dat waar de rivierwaterstand gelijk is aan de buitenwaterstand op zee (0 m NAP) de waterstand volledig door de buitenwaterstand wordt bepaald; tussen 0 en +1 m zijn zowel de afvoer van de rivier als de buitenwaterstand van invloed en boven de +1 m is vooral de afvoer van de rivier van belang. Het is duidelijk dat deze grenzen voortdurend schuiven met het getij en door stormvloed. Ook variaties in de afvoer laten de grenzen verschuiven. Momenteel ligt het punt waar de waterstand volledig door de zeewaterstand wordt bepaald ongeveer bij de westpunt van de Biesbosch. Het getij is onder gemiddelde omstandigheden (zeespiegel en afvoer) van invloed tot Vuren (Figuur 2.7).

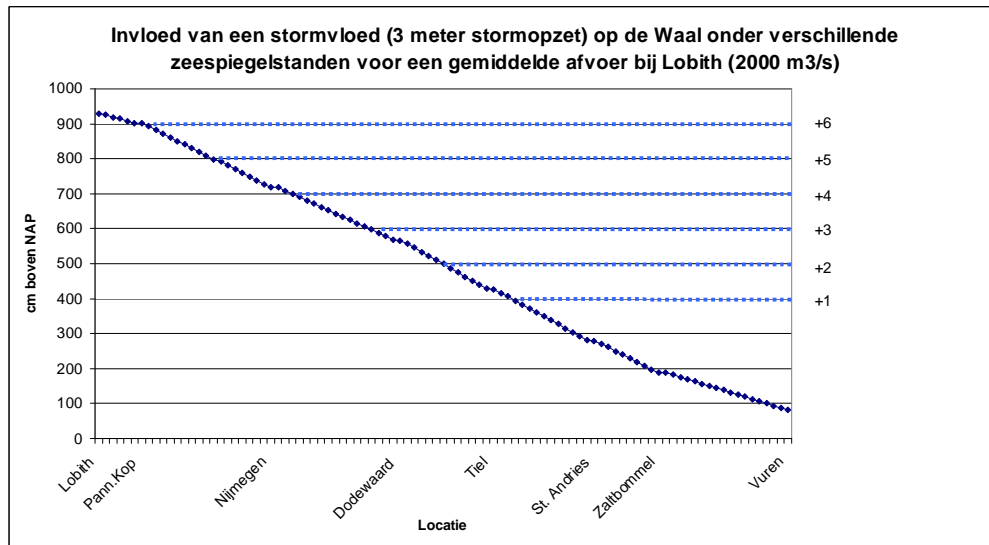
Indien we deze grenzen als maat gebruiken voor de Waal kan een vuistregel gehanteerd worden van een verschuiving van 9-10 kilometer stroomopwaarts per meter zeespiegelstijging. Figuur 2.7 geeft een indicatie hoe de bovenstroomse invloed verloopt langs de Waal voor verschillende zeespiegelstanden en respectievelijk gemiddelde en lage afvoer bij Lobith.



Figuur 2.7 Bereik van de invloed van de zeespiegelstijging op de Waal bij verschillende rivierafvoeren

Voor de waterstanden bij stormvloed kan worden aangenomen dat de keringen bij Rotterdam en in het Haringvliet gesloten zijn op het moment dat de waterstanden daar hoger zijn dan + 3 meter NAP. Dit is vergelijkbaar met het huidige beleid voor de Maeslandtkering. Dan strekt de invloed van de zeespiegel zich uit tot bijna aan de Duitse grens (Figuur 2.8).





Figuur 2.8 Bereik van de invloed van de zeespiegelstijging op de Waal bij gemiddelde afvoer en gesloten stormvloedkeringen

Voor de bovenrivieren, daar waar de waterstanden nagenoeg alleen worden bepaald door de rivierafvoer en de afvoercapaciteit, is het beleid om het overstromingsrisico te beperken gericht op het bieden van ruimte voor de rivier. In de praktijk betekent dit dat de afvoercapaciteit voor 2015 zodanig moet zijn aangepast dat het rivierengebied beschermt is tot een afvoer van 16.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith. Voor de rivieren is het besef ontstaan dat de kans op overstromingen als gevolg van klimaatverandering zou kunnen toenemen. Dat heeft er toe geleid dat de aandacht niet meer alleen uitgaat naar verticale capaciteitsvergroting door dijkverhoging, maar ook naar horizontale capaciteitsvergroting door het water de ruimte te geven (cf. Beleidslijn Ruimte voor de Rivier, 1996).

In het benedenrivierengebied werkt een dergelijke aanpak niet omdat daar de zeestand bepalend is voor de waterstanden. Als dat de Nieuwe Waterweg niet wordt afgesloten met een vaste kering, betekent de stijgende zeespiegel dat de grens tussen boven- en benedenrivieren naar het oosten verschuift. De enige manier om in het grotere benedenrivierengebied het achterland te beschermen tegen overstromingen is dan nog dijkverhoging.

Indien de monding van de Waal open blijft, behalve tijdens stormvloed, zal de rivier zich ontwikkelen als een estuarium, vergelijkbaar met de Oesterschelpen. Het verschil is dat het omliggende land dan nog veel lager ligt dan het wateroppervlak dan nu. Voor een zeespiegelstand van 6 meter boven de huidige stand betekent het dat het stearine gebied met zee-invloed zich uitbreidt tot dicht bij de Duitse grens.

## De regionale waterhuishouding

Polders worden ontwaterd via boezemwateren (kanalen en meren), die hun overtollige water uiteindelijk op zee lozen. De meeste boezemwateren in Nederland kennen een winter- en een zomerpeil dat zoveel mogelijk wordt vastgehouden. Zomer- en winterpeil liggen in West- en Noord-Nederland meestal rond de -0,4 tot 0 NAP. Zolang de zeewaterstand lager is dan de binnenwaterstand kan het lozen vanuit de boezemwateren eenvoudig plaatsvinden

onder vrij verval. Als de zeewaterstand hoger wordt dan de binnenwaterstand moet het overtollige water naar buiten toe worden gemalen. Momenteel kan er vrijwel overal gedurende laagwater geloosd worden onder vrij verval. Indien de zeespiegel een meter stijgt, betekent dit dat zelfs bij laagwater de zeewaterstand nog altijd hoger is dan de binnenwaterstand. Vanaf die zeespiegelstand zal al het regionale water met gemalen weggepompt moeten worden.

Als uitgangspunt voor een eerste schatting van de hoeveelheden en de benodigde pompcapaciteit kan de waterbalans van geheel Nederland dienen (zie Tabel 2-2).

Tabel 2-2 Waterbalans van geheel Nederland (hoeveelheden in km<sup>3</sup>)

	In (km <sup>3</sup> water)	Uit (km <sup>3</sup> water)
Neerslag	27	
Aanvoer Rijn	70	
Aanvoer Maas	8	
rest	2	
Verdamping		18
Verbruik		3
Uitstroom naar zee		86
TOTAAL	107	107

De benodigde pompcapaciteit om jaarlijks al het water weg te pompen is het verschil tussen neerslag en verdamping in het gebied dat niet vrij kan afwateren op de zee. De bijdrage van kwelwater wordt hier even buiten beschouwing gelaten. Op het moment ligt ongeveer 30 % van Nederland onder de zeespiegel, bij een zeespiegelstijging van 6 meter is dat 65 % (Tabel 2-3).

Tabel 2-3 De hoeveelheid af te voeren regenwater bij verschillende zeespiegelstanden

zeespiegelstand	% van Nederland lager dan de zeespiegel	jaarlijks volume overtollig regenwater (km <sup>3</sup> )
huidig	30	2,7
+ 1	40	3,6
+ 2	45	4,1
+ 3	50	4,5
+ 4	55	5,0
+ 5	60	5,4
+ 6	65	5,9

Omdat een relatief groot deel van West- en Noord-Nederland – de ingepolderde aanslibbingen van Groningen-Friesland, Noord-Holland en Zeeland – tussen 0 en +1 m boven de zeespiegel ligt, geeft de eerste meter stijging een grote toename van het gebied dat onder de zeespiegel ligt.

Omdat zowel neerslag als verdamping toenemen, zal op jaarbasis de waterbalans slechts weinig veranderen. Wel zal in de winter het neerslagoverschot groter worden, omdat vooral de winterneerslag toeneemt en de zomerneerslag afneemt. In de zomer zal juist het neerslagtekort groter worden. Voor 2100 wordt verwacht dat – afhankelijk van het gehanteerde KNMI 2006 scenario – het neerslagoverschot van heel Nederland in de winter toeneemt met 1 tot 4 km<sup>3</sup> en het neerslagtekort in de zomer met 0 tot 9 km<sup>3</sup>.

Om het toekomstige gemiddelde winterneerslagoverschot volledig weg te pompen is een pompcapaciteit nodig tussen de 900 en 1500 m<sup>3</sup>/s. Merk op dat hierbij de kwel niet is meegerekend en dat evenmin is gerekend op extreme omstandigheden. Het grootste pompstation dat momenteel operationeel is, is in staat om 300 m<sup>3</sup>/s over een hoogte van 60 meter op te pompen (Toshka, in Egypte). Vijf van dergelijke pompstations zouden volstaan om het *neerslagoverschot* uit Nederland weg te pompen naar zee. De investeringskosten van dit pompstation bedroegen 300 Miljoen US\$. Dit bedrag komt dicht in de buurt van de vuistregel die in Nederland gehanteerd wordt van 1 miljoen Euro per kubieke meter per seconde pompcapaciteit. Met deze vuistregel kom je op een benodigd investeringsbedrag van 1,5 Miljard Euro om de pompcapaciteit te creëren die nodig is. Om het water ook nog tijdig bij deze gemalen te brengen is het belangrijk dat de capaciteit van de kanalen en vaarten voldoende is en/of moet een veel groter aantal kleinere gemalen in bedrijf worden gesteld.

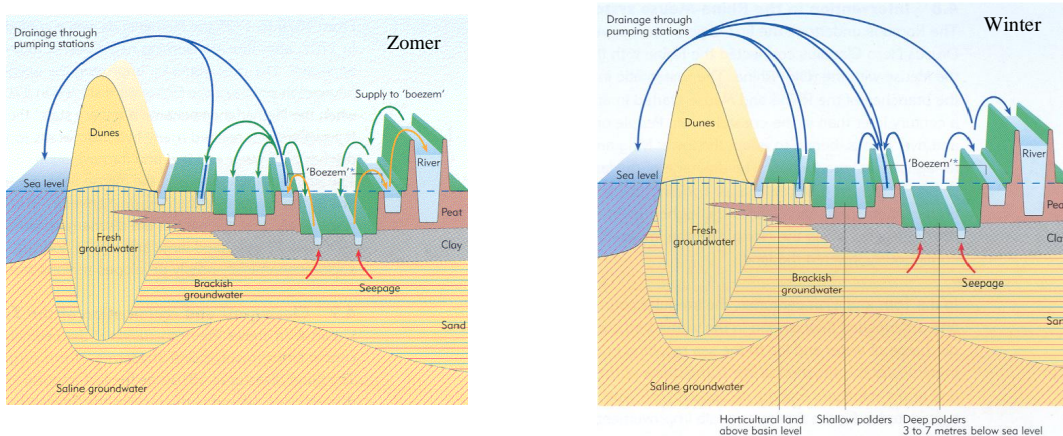
In het hier gegeven berekeningsvoorbeeld is uitgegaan van vrij afwaterende rivieren (en IJsselmeer). Zoals al gesteld wordt het estuariene gebied van Nederland steeds groter bij een stijgende zeespiegel. Er komt een moment waarop de ontwatering zo moeilijk wordt, dat heel Nederland beter als één grote polder beschouwd kan gaan worden. Dit zou de afsluiting van alle riviermondingen betekenen. Rotterdam zou dan geen open verbinding meer hebben met de zee (Fort Nederland). In dat geval zal niet alleen het neerslagoverschot weggepompt moeten worden, maar ook het water dat de rivieren aanvoeren. Dat betekent alle neerslagoverschot van het gehele Rijn- en Maasstroomgebied in plaats van alleen dat van Laag-Nederland. Uit Tabel 2-2 kan worden afgeleid dat in dat geval de pompcapaciteit veel en veel groter zal moeten worden.

Indien dan ook nog de maatgevende afvoeren afgevoerd zou moeten worden, zou dit betekenen dat er alleen voor de Rijntakken 60 van dergelijke mega-pompstations nodig zijn. Al deze pompen zouden afvoerkanalen moeten hebben met elk een capaciteit van 300 m<sup>3</sup>/s (de gemiddelde afvoer van de Maas).

Een alternatief is om het IJsselmeer en eventueel de Waddenzee te gebruiken als tussenboezems (getrapt systeem). De piekafvoer van de Rijn zou dan door de IJssel moeten worden geleid en het IJsselmeer zou moeten functioneren als piekbergingsgebied. Dit zou een grote verbreding van het winterbed in het IJsseldal noodzakelijk maken, met alle ruimtelijke consequenties van dien. Indien zou worden toegestaan dat het IJsselmeer door een maatgevende afvoer 4 meter mag stijgen en 90% van de afvoer van de Rijn via het IJsseldal zou kunnen worden afgevoerd, dan volstaan 6 pompstations langs de Afsluitdijk. In dat geval zijn er ook nog steeds 6 pompstations nabij Rotterdam noodzakelijk om het water van de Waal te lozen. Al bij al zijn dan 17 (5+6+6) mega-gemalen nodig.

## Het grondwater

Zeespiegelstijging leidt tot een vergroting van de grondwaterdruk, en daarmee samenhangend meer kwelwater en een grotere zoutbelasting van polders (Figuur 2.9). Tot op heden beperken de onderzoeken zich tot de gevolgen van relatief kleine zeespiegelstijgingen (minder dan 1 meter) op vooral de kwelflux (hoeveelheid per tijdseenheid) en de zoutbelasting. Resultaten van systematisch onderzoek naar de gevolgen van grotere kweldruk op de stabiliteit van de bovenliggende deklaag (klei en veen) zijn niet gevonden.

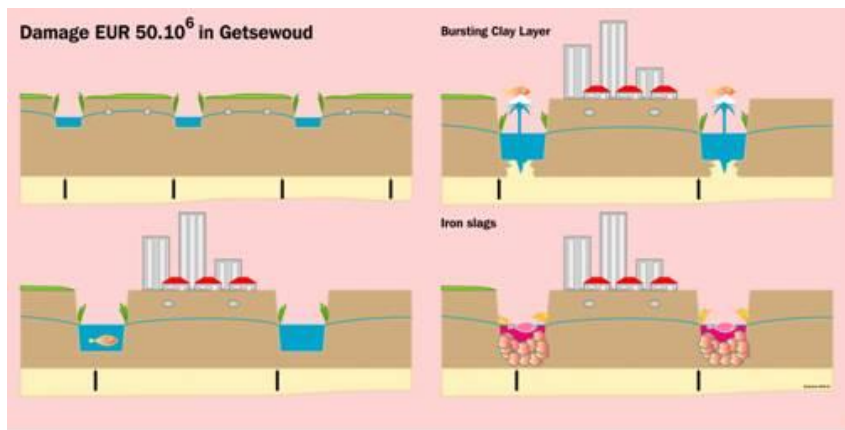


Figuur 2.9 Grondwater- en oppervlaktewaterhuishouding in West-Nederland, met polders en boezems

Hoeveel de kwelflux toeneemt, varieert van plaats tot plaats. Dit is afhankelijk van de afstand tot de zee of tot nabije hoger liggende watermassa's (zoals het IJsselmeer, de deltawateren en de rivieren). Voor lokale kwel is dan ook nog belangrijk in hoeverre de waterstanden in de ringvaarten en meren zullen worden aangepast bij een stijgende zeespiegel. Voor West Nederland heeft TNO-NITG een studie uitgevoerd. Deze laat zien dat voor Zuid-Holland de kwelflux per halve meter zeespiegelstijging met 4 % toeneemt. Langs de kust is de toename groter. Zo is de toename voor Texel 22 % per halve meter zeespiegelstijging. De zoutbelasting neemt per halve meter stijging met 35 % toe in Zuid-Holland, op Texel is dit met 46 %.

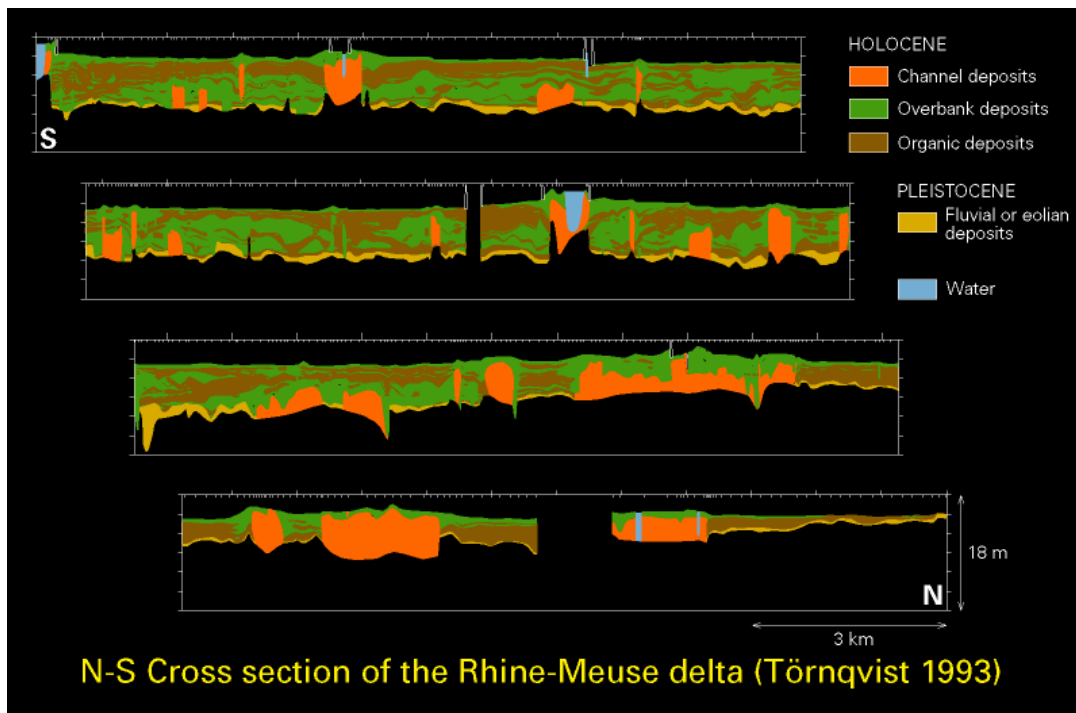
Indien we deze getallen toepassen op de Haarlemmermeer zou dit betekenen dat de huidige kwel van 90.000 m<sup>3</sup>/dag bij een zeespiegelstijging van 1,5 meter zou toenemen tot 100.000 m<sup>3</sup>/dag. Voor de Mijdrecht polder zou dit een toename kunnen betekenen van 110.000 m<sup>3</sup>/dag tot 125.000 m<sup>3</sup>/dag op jaarbasis. Op de totale waterbalansen van de polders zijn dit significante toenames, maar geen onoverkomelijke.

Een weinig onderzocht fenomeen dat bij grote zeespiegelstijgingen tot problemen kan leiden is de toenemende druk op de deklaag. Op veel plaatsen is deze deklaag dik genoeg (= zwaar genoeg) om de grondwaterdruk te weerstaan. Daar waar de deklaag dun is kan de grondwaterdruk echter zo groot zijn dat de deklaag opbreekt. Er ontstaan dan moeilijk beheersbare 'wellen'. Het fenomeen is bekend van situaties waarbij singels (waterpartijen) worden gegraven bij de aanleg van nieuwe woonwijken. Als onvoldoende is onderzocht hoe dik de deklaag ter plaatse kunnen spontaan wellen ontstaan die vervolgens afgedicht moeten worden. Een voorbeeld is bekend uit de Haarlemmermeer (Getsewoud; Figuur 2.10). De casus Getsewoud laat ook zien dat het afdichten van deze spontane wellen hoge kosten met zich mee kan brengen; in dit geval was dat 50 miljoen Euro.



Figuur 2.10 Opbarsten van de deklaag in Getsewoude (Haarlemmermeer) als gevolg van het graven van watergangen

De deklaag is in de meeste gebieden zo dik dat dergelijke gebeurtenissen slechts sporadisch voorkomen. Met een hogere zeespiegel wordt de kans op dergelijke gebeurtenissen echter veel groter. Vooral in het rivierengebied zijn er veel plaatsen waar de deklaag boven watervoerende geulopvullingen dun is. Een doorsnede van het rivierengebied illustreert dit (Figuur 2.11).



Figuur 2.11 Geologische doorsnede van noord naar zuid door het rivierengebied

De bruine en groene kleuren geven de deklaag aan (veen en klei) en de oranje kleuren de zandpakketten. Daar waar de zandpakketten dicht aan het oppervlak komen is de deklaag dun en is er grote kans op opbreken.

Het probleem van deze opbrekende deklaag is niet zozeer de hoeveelheid kwel die optreedt, maar veel meer het onvoorspelbare karakter van plaats en tijdstip van optreden. Vooral in het rivierengebied komen veel kleine zandlichamen voor die tot dicht bij het oppervlak komen; de ligging daarvan is slechts deels bekend. Omdat er weinig (geen?) grootschalige studies bekend zijn naar het fenomeen opbarsten, is het moeilijk te beoordelen wat de risico's zijn. Belangrijk is in hoeverre we de (rivier)waterstanden mee zullen laten stijgen met de zeespiegel, of – met andere woorden – of we Nederland met steeds hogere waterkeringen willen verdedigen. Omdat het een fenomeen is dat onder de huidige omstandigheden al optreedt en het beheersen ervan door het onvoorspelbare karakter moeilijk is, moet het niet onderschat worden. Onderzoek hieraan wordt sterk aanbevolen.

### 2.2.3 Toenemende kwetsbaarheid? Sociaal-economische scenario's

Uit onderzoek naar de historische ontwikkeling van overstromingsrisico's – als product van kans op een overstroming en gevolg van een overstroming – is gebleken dat de toename van het schadepotentieel vaak veel belangrijker is dan de toename van de overstromingskans (Hooijer et al., 2002; Van der Klis et al., 2005). Van der Klis et al. (2005) constateerden dat de bevolkingsgroei van de laatste 60 jaar weliswaar volledig is gecompenseerd door de inmiddels ook steviger waterkeringen, maar het schadepotentieel (als Bruto Regionaal Product) is sedert 1950 met circa een factor 13 toegenomen. Eerdere – grofstoffelijke – verkenningen van de toekomst wijzen eveneens uit dat het schadepotentieel mogelijk sneller groeit dan het gevaar door klimaatverandering, namelijk iedere 30 jaar met een factor 2 bij een economische groei van slechts 2 %, dat is met een factor 8 in een eeuw (verg. Klijn et al., 2004).

In deze studie volgen we een scenariobenadering, niet alleen voor klimaatverandering, maar ook voor bevolkingsgroei en economische groei. We sluiten daarbij aan bij de scenario's die zijn gebruikt voor de recente scenariostudie Welvaart en Leefomgeving (WLO), die het CPB heeft uitgevoerd met onder andere het Milieu- en Natuurplanbureau en het Ruimtelijk Planbureau (CPB et al., 2006; Janssen et al., 2006). Deze scenario's komen qua naamgeving en op hoofdlijnen overeen met de vier lange-termijnsenario's die eerder door het Centraal Planbureau zijn gebruikt in *Vier Vergezichten op Nederland* voor de periode tot 2040 (Huizinga en Smid, 2004) en die eveneens door het RIVM en de UNEP geregeld worden gebruikt. Deze berusten op hun beurt weer op de internationale SRES scenario's (IPCC, 1992), maar dan nader gespecificeerd voor Nederland.

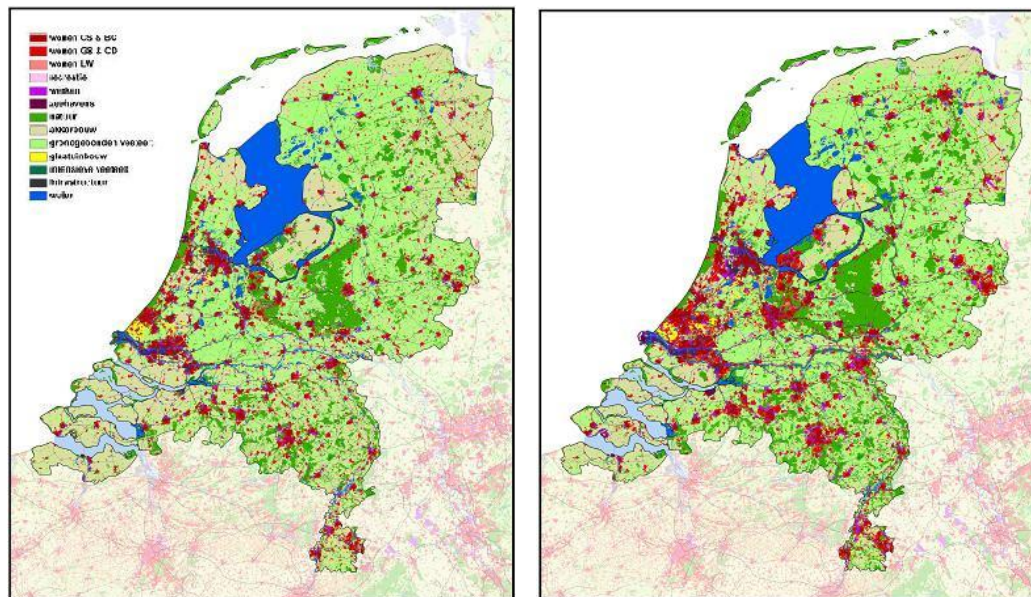
De kerngegevens van de vier scenario's voor Nederland zijn samengevat in Tabel 2-4. In de onderhavige studie worden van deze 4 scenario's er slechts 2 gebruikt, namelijk degene die het nauwst aansluiten bij de huidige ontwikkelingen en het huidige beleid in Nederland. Deze worden in het vervolg aangeduid als 'trend' en 'hoge-druktrend'. Ze komen overeen met respectievelijk Transatlantic Market en Global Economy.

Tabel 2-4 Kerngegevens Nederland 1971-2040 (Bron: WLO, 2006). GE=Global economy; SE=Strong Europe; TM=Transatlantic market; RC=Regional communities.

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

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

Van de kerngegevens zijn de ruimteclaims door het MNP gebruikt om met de Ruimte-scanner het ruimtegebruik van Nederland in 2010, 2020 en 2040 in beeld te brengen, uitgaande van de situatie 2005 en reeds vastgesteld beleid. De consequenties voor het ruimtegebruik in het trend-scenario worden in hoofdstuk 3 getoond (Figuur 3.3 ); bij wijze van voorbeeld wordt hier de verandering in het hoge-druktrendscenario weergegeven (Figuur 2.12 ). Door de forse bevolkingsgroei en de hoge economische groei leidt dit scenario tot een forse toename van bebouwd gebied en kassenteelt. De toename van bebouwing is in het gehele land sterk, maar met zwaartepunten in Randstad, Zandstad (Brabantse steden), KAN-gebied (Arnhem-Nijmegen) en Twente.



Figuur 2.12 Landgebruik in huidige situatie en in 2040 bij hoge-druktrendscenario van bevolkingsgroei en economische groei (Global Economy), bepaald met de Ruimte-scanner door MNP





## 3 Ruimtelijke ontwikkeling: strategische alternatieven

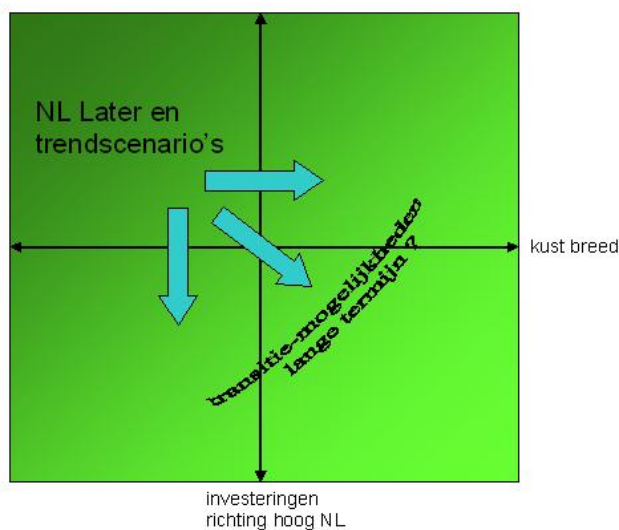
### 3.1 Inleiding

De ontwikkeling van overstromingsrisico's tot circa 2010-2020 ligt grotendeels vast, als gevolg van de tijd die nodig is om te komen van planvoorbereiding, via planvaststelling tot –uitvoering. Dit geldt zowel voor de ontwikkeling van het ruimtegebruik – waar Vinex-locaties nu snel groeien en ook andere uitbreidingen van wonen en werken al goeddeels vastliggen –, als voor het waterbeheer – waar Ruimte voor Rivieren uitvoering vergt tot 2015 en de afgesproken versterking van zwakke dijken en zwakke plekken in de kust ook een aantal jaren.

Voor de periode daarna valt er iets te kiezen. En die keuzen moeten in de komende jaren worden gemaakt. Er moet worden gekozen voor voortzetting of verandering van een strategie in het waterbeheer, maar ook voor een strategie in de ruimtelijke ordening – en zelfs inzake de rampbeheersing. Dit is in eenvoudige termen de beleidsopgave inzake het beheersen van overstromingsrisico's.

### 3.2 Strategische beleidsalternatieven 2040

Het Milieu- en Natuurplanbureau verkent in de 2<sup>e</sup> Duurzaamheidsverkenning welke transitie op lange termijn mogelijk en nodig zijn. Daarbij wordt uitgegaan van trendscenario's, die bestaan uit autonome ontwikkelingen en huidig beleid. Er wordt vooral verkend of investeringen in intensief ruimtegebruik (wonen en werken) naar de hogere gronden verplaatst zouden moeten worden (onderaan in Figuur 3.1) of dat verplaatsing van investeringen naar een kustuitbreiding perspectief biedt (naar rechts in Figuur 3.1).



Figuur 3.1 Denkraam voor transitiemogelijkheden op de lange termijn, zoals gebruikt door MNP

Vanuit het oogpunt van ruimtelijke ordening zijn die alternatieven zeer relevant, maar vanuit het oogpunt van overstromingsrisicobeheersing is het verschil tussen die beide gering: het gaat in beide gevallen om terugtrekken op hogere gronden, in het eerste geval op bestaande Pleistocene gronden, in het tweede op nieuw op te spuiten hoge gronden langs de kust. Overstromingsrisico's kunnen echter worden beheerst (FLOODsite, 2005) via waterkeringsbeleid of ruimtelijke ordeningsbeleid. Daarom specificeren we voor het onderhavige rapport een aantal beleidsalternatieven binnen dit grotere denkraam van het MNP.

De belangrijkste strategische keuzen hebben betrekking op:

Sturen op *overstromingskansen* door waterkeren en/of ruimte voor water (bergen of geleid afvoeren):

- water keren volgens de vigerende wettelijke normen (voor overschrijdingskans);
- meer differentiatie door extra bescherming waar economisch verantwoord;
- extra beschermen door kustuitbreiding;
- ruimte voor water door differentiatie van normen voor *overstromingskansen* naar economische kwetsbaarheid en beoogde systeemwerking, met overstroombare dijken;
- geen dijkverhoging meer (acceptatie van geleidelijke transgressie), alleen onderhoud.

Ruimtelijk beleid	Autonoom (huidig beleid)	Gedifferentieerde groei	Geen uitbreiding Laag-Nederland
<b>Waterbeleid/ techniek</b>			
Huidig beleid (wettelijke toetsing 5-jaars cyclus)	Trend/ hoge-druktrend		(Voorzichtig) Terugtrekken ('Retreat')
Extra beschermen (normaanpassing)	Beschermen ('Protect')		
Beschermen door kustuitbreiding		Fort Holland/ Naar zee	
Ruimte voor water (normdifferentiatie/ compartimenteren/ overstr. dijken)		Leven met water ('Accomodate')	
Niet meer verhogen			Volledig terugtrekken

Figuur 3.2 Referenties (oranje) en strategische beleidsalternatieven (okergeel) als combinaties van strategische keuzen in ruimtelijke ordening (kolommen) en waterbeleid/ techniek met hun 'werknaam'.

Sturen op *kwetsbaarheid* door ruimtelijke ordening:

- niet (RO autonoom, zonder rekening te houden met consequenties voor overstromingsrisico's);
- gedifferentieerde groei (bijv. bij voorkeur niet in polders met een grote overstromingskans, maar wel in polders met een kleine)
- alleen nog op de hogere gronden (niet meer in overstromingsgevaarlijke gebieden).

Sturen op risico betekent dan vervolgens combinaties van strategische keuzen uit beide groepen. In dit rapport worden de volgende combinaties in meer of minder detail bekeken (Figuur 3.2).

De alternatieven worden in de drie volgende paragrafen behandeld in volgorde van verdergaande aanpassingen:

- (Extra) Beschermen en Fort-Holland/ Naar zee
- Ruimte voor water/ Leven met water
- (Voorzichtig) Terugtrekken en Volledig terugtrekken

Van deze alternatieven zijn Fort Holland/ Naar zee en Terugtrekken de ingrijpende transitie zoals bedoeld in Figuur 3.1.

### 3.2.1 Sturen op overstromingskansen: beschermen 2020-2040

Uitgangspunt van dit strategisch beleidsalternatief is dat het beperken van overstromingskansen door waterkeren – met dijken en duinen – ons in het verleden geen windeieren heeft gelegd. Waterkeren is een relatief goedkope, effectieve en bewezen techniek.

Deze strategie legt binnendijs geen beperkingen op aan het ruimtegebruik. Met andere woorden: de ruimtelijke ontwikkeling kan zich vrij (autonoom) ontwikkelen, water volgt.

Voor wie dit beleidsalternatief wil plaatsen in de context van wereldbeelden of 'perspectieven' op het functioneren van de wereld en hoe deze te beheren (Thompson, 1990; Van Asselt et al., 2001; Middelkoop et al., 2004) zou kunnen denken aan een 'markt-optimist'. Daarbij hoort een verwachting dat het allemaal weleens mee zou kunnen vallen, een zeker optimisme over wat 'civieltechnische oplossingen' vermogen en innovaties daarin, en de gedachte dat de economische baten van het gebruik van de ruimte voor economische doeleinden de investering waard zijn. Daarbij hoort ook een enigszins technocratische benadering van het veiligheidsvraagstuk met behulp van een financieel-economische kosten/baten-analyse (zoals CPB vaak uitvoert, vergelijk Eijgenraam, 2006). Daarbij worden mensenlevens soms in geld uitgedrukt.

*In concreto* wordt hier uitgegaan van een gematigde 'Nederlandse' versie van deze strategie, waarbij het huidige beschermingsniveau tenminste wordt gehandhaafd, en het kan worden verhoogd als dat economisch verantwoord is. Dat betekent normaanpassing aan het *de facto* schadepotentieel. We gaan uit van analyses en aanbevelingen hieromtrent door Van der Most et al. (2006).

Hier wordt in trefwoorden aangegeven wat het alternatief inhoudt:

- **Kust:** handhaven gesloten kustlijn, verkorten kustlijn als uitgangspunt (cf. Deltacommissie; waar nodig op lange termijn inkorten: evt. stormvloedkering Westerschelde bij Vlissingen).
- **Rivieren en meren:** generieke dijkverzwaring is het goedkoopst. Einde aan Ruimte voor de Rivier (ruimtelijke kwaliteit op kosten van de overheid), behalve waar grote *economic opportunities* en bereidheid tot investeren van lokale partijen (projectontwikkelaars).
- **Waterkeringen algemeen:** Veiligheidsniveaus geregeld herzien: norm naar boven aanpassen aan toenemende kwetsbaarheid via verhouding vermeden risico/kosten per dijkkring, maar slachtofferrisico meewegen; niet inboeten op huidig beschermingsniveau: norm mag niet dalen, alleen stijgen). Differentiatie in veiligheidsniveaus beperkt (ca. 5 klassen). Compartimenteren beperkt (vooral hot-spots) op basis van kosten/batenafweging alternatieven. Overdijken (extra hoge dijken) bij kwetsbare plekken: bevolkingsconcentraties tijd voor evacuatie gunnen.
- **RO:** Wel watertoets, maar niet echt remmen in RO van Laag-Nederland.

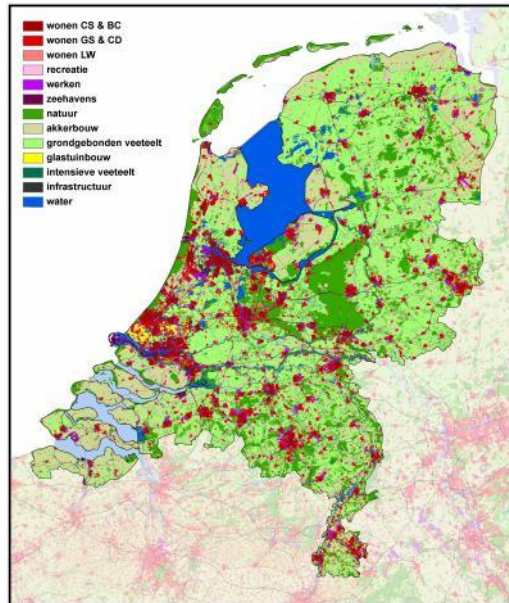
Omdat hier geen gerichte ruimtelijke ordeningsmaatregelen worden getroffen ontwikkelt het landgebruik zich zoals in het trendscenario (Figuur 3.3).

### Variant kustuitbreiding

Een variant op beschermen is het alternatief waarbij de verdediging tegen de zee wordt uitgevoerd in de vorm van een forse kustuitbreiding met opgespoten terrein (ca. 5 m hoog), waarvoor een nieuwe zanddijk (zeereep) wordt gelegd. Daarmee kunnen de zwakke schakels aan de kust worden verdedigd en er wordt tevens ruimte voor wonen en werken geschapen. De enige afwijking ten opzichte van alternatief 'beschermen' qua waterbeheersing en waterkeren is dan ook de wijze waarop de zeewering wordt versterkt: niet als zandsuppletie of binnenwaartse versterking, maar als grootschalige buitenwaartse verbreding<sup>1</sup>.

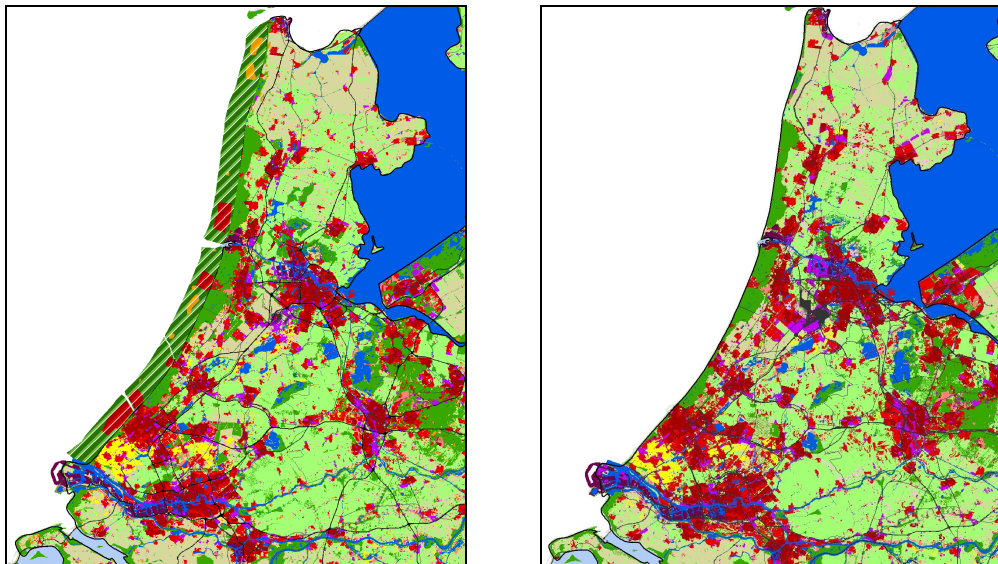
Nu vraagt een grote kustuitbreiding nogal wat zand, veel materieel en dus veel tijd en geld. Het is zeer de vraag of een deel van de woningbehoefte in West-Nederland hier al kan worden geplaatst voor 2040 – zoals was aangenomen voor dit alternatief in de Ruimtescanner. Daarom worden van dit alternatief in latere hoofdstukken niet alle gevolgen voor de overstromingsrisico's in beeld gebracht; er wordt volstaan met enkele richtgetallen ter vergelijking met 'beschermen' zonder meer.

<sup>1</sup> Voor de overstromingskansen maakt dit niet veel uit, want die worden voor een zeer groot deel bepaald door een bedreiging vanuit de rivieren (via de achterdeur) en door de aanwezigheid van – noodzakelijke – spuisluizen in de Rijn (bij Katwijk) en bij IJmuiden.



Figuur 3.3 Projectie van het landgebruik in 2040 volgens het trendscenario. Deze situatie is ook van toepassing op beleidsalternatief (extra) **Beschermen**, bepaald met de Ruimte-scanner door MNP.

Bij de analyse met de Ruimtescanner is ervan uit gegaan dat de ruimtevrage in West-Nederland deels (voor ca 40%) in de nieuwe kuststrook kan worden opgevangen, hetgeen de Randstad ontlast en de toename van de kwetsbaarheid aldaar beperkt. Het verschil is te zien in Figuur 3.4 .



Figuur 3.4 Projectie van het landgebruik in West-Nederland in 2040 bij respectievelijk (a) beleidsalternatief Kustuitbreiding en (b) bij autonome ontwikkeling (geldig voor trend 2040 en 'beschermen' 2040) bij trendsgewijze groei (MNP, 2007).

### 3.2.2 Sturen op risico: ruimte voor water en leven met water

Uitgangspunt van dit beleidsalternatief is de gedachte dat er weinig tot veel ruimte voor overstromingen beschikbaar moet zijn, waarbij de volgorde van inundatie van dijkringen, de plaats van vollopen en de waterdiepte zoveel mogelijk worden beheerst. Dat betekent enerzijds sturing op kansen met het oog op een optimale systeemwerking: 'ruimte voor water'. Maar anderzijds betekent het ook sturen op blootstelling en kwetsbaarheid door de plaats van instromen en de instroomsnelheid te beheersen – hetgeen tijd biedt voor evacuatie en vluchten – en door met RO-maatregelen ('Leven met water') de schades te beperken.

Voor wie dit beleidsalternatief wil plaatsten in de context van 'perspectieven' op het functioneren van de wereld en hoe deze te beheren (Thompson, 1990; Van Asselt et al., 2001; Middelkoop et al., 2004) zou kunnen denken aan een 'hiërarchist/ controlist'. Doel is immers om overstromingen van klein tot groot het hoofd te bieden zonder ze volledig uit te willen bannen. Vanuit de zekerheid van grote onzekerheden wordt gestreefd naar veerkracht en flexibiliteit met het oog op lange-termijnontwikkelingen. Dat gebeurt vooral door de ruimtelijke ontwikkeling aan te laten sluiten bij het gedrag van rivieren en zee en te anticiperen op natuurlijke (klimaat- en zeespiegel)ontwikkelingen. Tegelijkertijd worden zowel de natuur (het overstromingsverloop van het water) als de maatschappij (de ruimtelijke ontwikkeling) ook beheerst.

Dit strategische alternatief kan ook worden beschouwd als het consequent doorzetten van een trend(breuk) die is begonnen met ruimte voor rivieren, ruimte voor water en de media-campagne leven met water.

Hier wordt weer in trefwoorden aangegeven wat het alternatief inhoudt:

- **Kust:** Landwaarts verdedigen met extra zand (duinen met groter toelaatbare-aflslagprofiel) of dubbele dijk ('dubbelwandige tanker', zoals verkend in ComCoast). Zeewaarts versterken alleen in kustvakken met natuurlijke aangroei. Overstroombare dijken beter dan breekbare (overslag-bestendig).
- **Rivieren en meren:** Beter gecontroleerd overstroomd dan ongecontroleerd, dus breuk te allen tijde voorkomen. 'Positieve' systeemwerking (tegenkoppeling) proberen te realiseren door volgorde van vollopen vast te leggen en overstroombare dijkvakken/overlaten (plaats en tijdstip van overlopen vastleggen). Ruimtelijke maatregelen voorrang, zeker als ze ruimtelijke kwaliteit toevoegen (dijkverleggingen, bypasses). Dus Ruimte voor de Rivier doorzetten (extra maatregelen), ook om evt. aan hogere normen te voldoen.
- **Waterkeringen algemeen:** Veiligheidsniveaus zeer gedifferentieerd, in aansluiting op systeemwerking. Volgorde overstroming bepaalt toelaatbaarheid economische en demografische ontwikkeling. Compartimentering van gevaarlijk grote dijkringen of dijkringen met grote verschillen in kwetsbaarheid tussen delen.
- **RO:** Gedifferentieerde ontwikkeling: van niet in frequent overstroomde dijkringen tot bij voorkeur in de laatst overstroomde dijkringen. *Ontkoppelen* investering en kwetsbaarheid: gebieden niet op slot, wel plicht tot aangepast bouwen: watervast (plavuizen/ parkeergarages onder), watervrij (palen) of drijvend.

### Omvat concreet in ca 2040:

Ruimte voor Rivieren:

- Bypass Kampen
- Bypass Zutphen
- Bypass Deventer
- en wat verder nog nodig is

Compartimenteren:

- Betuwe (langs Amsterdam-Rijnkanaal)
- dijk ten oosten van Den Bosch (ong. langs A2)
- dijk ten westen van Spijkenisse
- Knardijk (Flevoland) formeel waterkerend

Volgorde inundatie (via drempelhoogte):

- Rivieren: 1) Rijnstrangen, 2) Ooijpolder, 3) Over-Betuwe, 4) Maas en Waal, 5) Bommelerwaard, 6) Tielerswaard, 7) Gelderse Vallei, 8) Kromme Rijn; soortgelijke opeenvolging langs IJssel
- Benedenrivieren/ Zuidelijke Randstad: 1) Hoekse Waard, 2) Overflakkee, 3) Voorne 4) West-Brabant, 5) Dordrecht, 6) Putten (zonder Spijkenisse!).
- IJsselmeer: 1) Noordoostpolder, 2) Oostelijk Flevoland, 3) Zuidelijk Flevoland

Ruimtelijke ordening:

- niet buitendijks bouwen,
- niet in de zeeoep bouwen
- niet binnen 1 km achter zeedijken
- i.v.m. slachtoffers en schade: niet bouwen in de diepste polders (< -2 m NAP)
- bouwen tussen -2 en +1 m NAP en in rivierengebied: vereist 2<sup>e</sup> verdieping (vluchtplek)/palen of drijvend

In dit alternatief volgt de ruimtelijke ordening het water, ofwel 'water stuurt'. Dat is in de Ruimtescanner geoperationaliseerd (met uitzondering van de laatste twee bovengenoemde punten) door beperkingen op te leggen aan uitbreiding van woningbouw in polders met relatief grote overstromingskans indien alternatieve locaties voorhanden zijn in polders met lagere overstromingskans. Dat leidt tot het beeld dat is weergegeven in Figuur 3.5 .

### 3.2.3 Sturen op kwetsbaarheid: terugtrekken

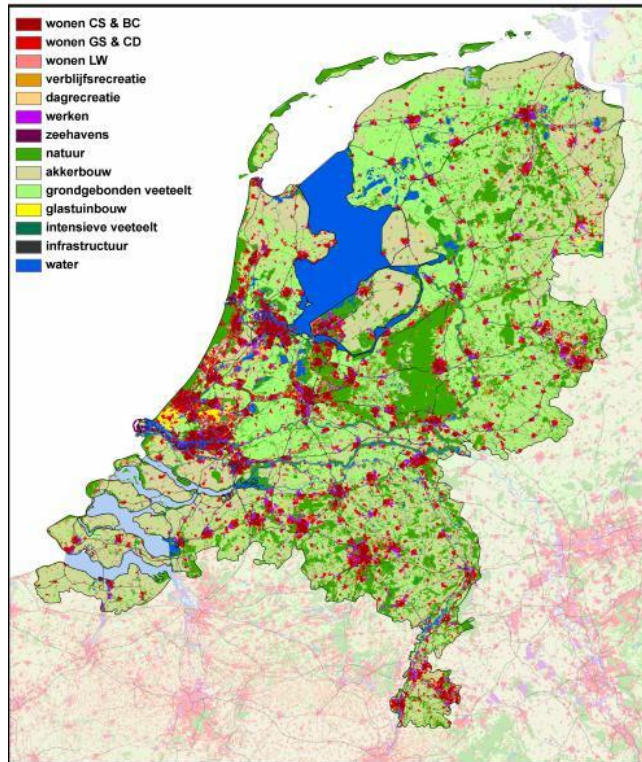
Voor dit strategisch alternatief is het uitgangspunt dat het voorkomen van een verdere toename van de kwetsbaarheid het meest *effectief*<sup>2</sup> is (verg. Hooijer et al., 2002; Penning-Rowsell, 2005: 'zonder mensen geen risico's'). Dat betekent dat de risicobeheersing geheel of voornamelijk plaatsvindt met behulp van het ruimtelijke-ordeningsinstrumentarium.

Bij dit alternatief kan men denken aan de karikatuur die Thompson (1990) aanduidt als de 'milieu-pessimist'. Daarbij hoort weinig fiducia in de stabiliteit van natuurlijke ecosystemen (die zijn kwetsbaar), en een zeker wantrouwen tegen technische oplossingen. Dat leidt tot

---

<sup>2</sup> Overigens: *effectief is natuurlijk niet hetzelfde als efficiënt*

pleidooien voor toepassing van het voorzorgsprincipe; tot de oproep voorbereid te zijn op het ergste; vast te anticiperen op de zeer lange-termijnontwikkeling (geen-spijt beginsel); en rekening te houden met grote onzekerheden. Hierbij hoort het adagium: *'Beter ten halve gekeerd dan ten hele gedwaald'*.



Figuur 3.5 Projectie van het landgebruik in 2040 bij beleidsalternatief *Ruimte voor Water/ Leven met Water* bij trendsgewijze groei (MNP, 2007). De riviercorridors (tussen Rijn en Maas; IJsseldal) groeien minder dicht dan bij autonome ontwikkeling, en in de Randstad, ten zuiden van Rotterdam en in Flevoland is de groei ruimtelijk meer gedifferentieerd.

Van het strategisch alternatief 'terugtrekken' zijn 2 varianten denkbaar:

1. **'Voorzichtig terugtrekken'**: hierbij worden de waterkeringen verhoogd en versterkt volgens de vigerende normen;
2. **'Volledig terugtrekken'**: hierbij worden de waterkeringen na 2020 in het geheel niet meer verhoogd en wordt al meteen geaccepteerd dat de zeespiegelstijging tot een geleidelijk toenemende kans op overstromingen zal leiden. Dat betekent in de praktijk dat niet meer wordt geïnvesteerd in betere waterkeringen en dat het investeringsklimaat in Laag-Nederland langzaam maar gestaag slechter wordt. Het past volkomen bij wat waterstaatsingenieur Van Veen naar verluidt al voor de Deltawerken heeft gezegd: *'Eens komt de tijd dat we dit land met een zucht van verlichting aan de golven zullen prijsgeven'*.

In trefwoorden bestaan deze alternatieven uit (bedoeld is steeds *ad 1* en *ad 2*):

**Kust:**

1. Onderhoud van kust en dijken door extra zandsuppleties, versterkingen waar nodig en dijkverzwaring (incl. verhoging) volgens de normen
2. Feitelijk geen nieuwe maatregelen (handhaven bestaande situatie, na 2015 (als zwakke schakels zijn aangepast) alleen wat zandsuppleties. Eventueel 'bruggehoofd Randstad'



wat langer handhaven, maar transgressie op termijn incalculeren voor Zeeland en Noord-Nederland).

**Rivieren en meren:**

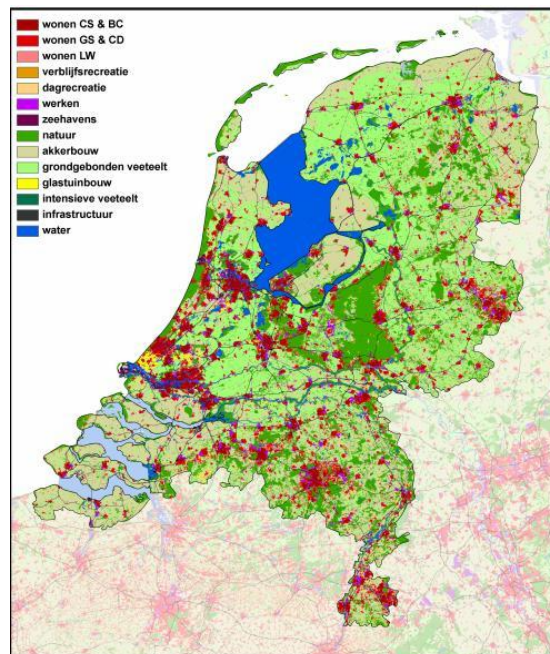
1. Dijkversterking waar nodig (incl. verhoging) volgens de normen
2. Alleen onderhoud sterkte van de dijken, geen verhogingen meer (ook geen rivierverruiming).

**Dijkringen:**

1. Dijkversterking waar nodig (incl. verhoging) volgens de normen
2. Alleen onderhoud sterkte van de dijken, geen verhogingen meer (ook geen rivierverruiming).

**RO:** Investerings in wonen en werken volledig naar de hogere gronden verplaatsen. Geen kapitaalsvernietiging door sloop, maar vol op de rem voor nieuwe investeringen in overstromingsgevoelig gebied. Dat betekent een nieuwbouwverbod voor alle gebied beneden ca 1 m NAP en voor de hellende dijkringen in het rivierengebied. Vanzelfsprekend geldt ook een bouwverbod voor buitendijkse gronden en de zeereep.

In dit alternatief bepaalt de ontwikkeling van het ruimtegebruik voor het grootste deel de ontwikkeling van de overstromingsrisico's, omdat er (1) slechts de wettelijk voorgeschreven technische waterbeheersingsmaatregelen worden getroffen of (2) in het geheel geen extra waterkeringsmaatregelen. Wat dit betekent voor het ruimtegebruik blijkt uit de uitkomsten die zijn verkregen met de Ruimtescanner.



Figuur 3.6 Projectie van het landgebruik in 2040 in beleidsalternatief Terugtrekken bij trendsgewijze groei (MNP, 2007). De grote stedelijke uitbreidingen vinden plaats in Brabant (Zandstad) en Twente, in plaats van in de Randstad.

### 3.3 Kosten van de strategische beleidsalternatieven

In de voorgaande paragrafen is beschreven wat de strategische alternatieven inhouden en welke maatregelen genomen worden om de beschermingsniveaus te realiseren die bij de verschillende alternatieven horen. De kosten van de verschillende alternatieven zijn globaal bepaald met behulp van ruwe kostenkennallen, zoals onder meer verkregen uit Ruimte voor de Rivier (Van der Linde et al., 2004) en uit kostenramingen voor het project Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO, zie Baan, 2005).

In het onderhavige onderzoek is gewerkt met de zichtjaren 2020 en 2040 en is aangenomen dat nieuwe maatregelen over het algemeen pas na 2020 worden geïmplementeerd. De meeste maatregelen tot 2020 zijn bekend, evenals de (globale) kosten. Voor maatregelen na 2020 is uitgegaan van kosten volgens huidig prijspeil en van de meest goedkope oplossing (tenzij anders aangegeven). Voor de benodigde 'capaciteit' van de maatregelen (mate van dijkverhoging, mate van rivierverruiming, etc.) is uitgegaan van toegenomen rivierafvoeren en een hogere zeespiegel. Voor de maatgevende hoogwaterafvoer in de Rijn en Maas is uitgegaan van 17.000 m<sup>3</sup>/s (nu 16.000 m<sup>3</sup>/s), respectievelijk 4.200 m<sup>3</sup>/s (nu 3.800 m<sup>3</sup>/s) op grond van schattingen door Buiteveld & Schropp (2003). Er is hierbij uitgegaan van deze verhoudingsgewijs 'ronde' getallen, omdat wijziging van de maatgevende afvoer en implementatie van maatregelen waarschijnlijk in duidelijke stappen zal plaatsvinden; en tevens vanwege de beschikbaarheid van cijfers betreffende de kosten van dijkverhogen voor verschillende maatgevende afvoeren (zie Baan, 2005). Het overzicht van de kostenschattingen staat in Tabel 3-1 .

Verder geldt voor de kostenschattingen het volgende:

- De periode tot 2020 wordt benut om de maatregelen uit Ruimte voor de Rivier uit te voeren, de waterkeringen op orde te brengen (in overeenstemming met de normen) en dijken te verhogen rekening houdend met de verwachte verhoging van de zeestand. De investeringskosten worden geschat op circa 3 miljard euro.
- Bij huidig beleid (autonome ontwikkeling) en voor 'Voorzichtig terugtrekken' zijn in de periode daarna tot 2040 maatregelen nodig om te blijven voldoen aan de normen bij hogere de maatgevende afvoeren in Rijn en Maas en een hogere zeespiegel. Daartoe moeten de rivieren verder worden verruimd, zandsuppleties worden geïntensiveerd en dijken worden verhoogd. De investeringskosten daarvan worden geraamd op ruim één miljard euro.
- Voor het alternatief 'beschermen' zijn na 2020 verschillende maatregelen nodig om het beschermingsniveau op peil te houden en voor een aantal dijkringen extra te verhogen (zie Tabel 3-1 ). De kosten van de maatregelen voor dit alternatief worden geschat op ruim 2 miljard euro.
- Voor het alternatief 'ruimte voor water' vormt het realiseren van overstroombare dijk(vakk)en in alle dijkringen een belangrijk kostenpost. In totaal worden de investeringskosten voor dit alternatief geraamd op ongeveer 3 miljard euro.
- Bij het alternatief 'Volledig terugtrekken' wordt alleen onderhoud gepleegd aan de waterkeringen en wordt niet meer geïnvesteerd in het op peil houden of verhogen van de bescherming tegen overstroming. De investeringskosten zijn aldus nihil.

Tabel 3-1 Globale ramingen (in miljard euro) van investeringskosten in waterkeren/ waterbeheer per strategisch beleidsalternatief

Kostenpost	autonoom tot 2020	autonoom van 2020 tot 2040	Bescher- men 2020 tot 2040	Leven met water 2020 tot 2040	Terugtrek- ken 2020 tot 2040
<ul style="list-style-type: none"> <li>• waterkeringen op orde brengen</li> <li>• maatregelen Ruimte voor de Rivier</li> <li>• rivierverruimen Rijntakken en Maas/ dijkverhogen, extra zand suppleren</li> </ul>	1.6 <sup>1</sup> 1.3 <sup>2</sup>				
subtotaal	<b>2.9</b>	<b>1.2</b>	<b>1.2</b>		<b>1.2</b> <sup>3,4</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• extra dijkverhogen vanwege aanpassing van normen</li> </ul>			0.7		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kustversterking Ter Heide, Hondsbosse zeewering, duinen Petten tot Den Helder</li> </ul>		0.3	0.3	0.3	0.3 <sup>3,4</sup>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• overdijken ter bescherming van stedelijk gebied: Rotterdam/Krimpen, Arnhem-Zuid, Nijmegen-Noord, Zwolle, Gorinchem, Spijkenisse</li> <li>• verhogen dijk Enkhuizen – Lelystad ter bescherming van Almere</li> </ul>			0.07 0.05	0.05	
subtotaal			<b>0.12</b>	<b>0.05</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• kleppen in regionale stelsels</li> </ul>				0.05	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• bypasses in de IJssel langs Deventer, Zutphen en Kampen</li> </ul>				0.9	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• compartimenteren: in Betuwe langs Amsterdam-Rijnkanaal, op Voorne-Putten langs Spijkenisse, verhogen Knardijk in Flevoland, aan de Duitse grens van Spijk naar Hoch-Elten, en langs A2 bij Den Bosch</li> </ul>				0.3	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• overstroombare dijken</li> </ul>				1.5	
<b>totaal</b>	<b>2.9</b>	<b>1.5</b>	<b>2.3</b>	<b>3.1</b>	<b>0.0- 1.5</b>

<sup>1</sup> Hier zijn alleen de kosten weergegeven voor het op orde brengen van de waterkeringen die bij de laatste toetsing niet bleken te voldoen. Over ca een derde van de waterkeringen is nog geen definitief oordeel bekend; afkeuring (van een deel daarvan) kan nog extra investeringen vergen.

<sup>2</sup> De kosten van Ruimte voor de Rivier worden geraamd op circa 1,9 miljard euro. Maar hiervan kan ongeveer 0,6 miljard euro worden toegerekend aan het verhogen van de ruimtelijke kwaliteit.

<sup>3</sup> Uitgaande van een verhoging van de maatgevende afvoer in de Rijn van 16.000 tot 17.000 m<sup>3</sup>/s en in de Maas van 3.800 naar 4.200 m<sup>3</sup>/s.

<sup>4</sup> Alleen voor de variant waarbij de normen worden gehandhaafd.

Bron: Baan (2005), Linde et al. (2004) aangevuld met eigen schattingen



## 4 Overstromingskansen

### 4.1 Inleiding: overschrijdingskansen, faalkansen en overstromingskansen

In onderzoek naar overstromingsrisico's gaat het erom de kans op een overstroming en de gevolgen van die overstroming met elkaar in verband te brengen. Het gaat dus feitelijk om de kans op een bepaalde *gebeurtenis* en de gevolgen van die gebeurtenis.

In Nederland wordt in de normstelling en bij het ontwerpen van waterkeringen echter nog in hoofdzaak gewerkt met het begrip overschrijdingskansen en niet met overstromingskansen. En tevens zijn zowel het beleid als het onderzoek aan overstromingsrisico's in hoofdzaak gericht op dijkringen en niet op gebeurtenissen. Voor een goed begrip daarom eerst enkele definities, met hun implicaties.

- Een *overschrijdingskans* is de kans dat een combinatie van waterstand, golfhoogte (en golfperiode) op een bepaalde plaats wordt overschreden. Deze maat geldt voor een specifieke plek – vaak een *dijkvak* of een duinvak – en is vooral bepalend voor het ontwerp (dijkhoogte, talud, of het benodigd volume van een duinmassief) van een waterkering. Het begrip is dus van toepassing op het begrip maatgevende omstandigheden en aldus de *belasting* van de waterkering.
- Het begrip *faalkansen* wordt gebruikt voor bestaande waterkeringen (met inbegrip van duinen of kunstwerken: stormvloedkeringen, keersluizen, e.d.) en is het resultaat van (tegenwoordig meestal probabilistische) berekeningen die aangeven hoe groot de kans is dat deze 'falen'<sup>3</sup>. Falen wil daarbij zeggen dat ze niet doen waar ze voor ontworpen zijn; zo kunnen ze bijvoorbeeld niet sluiten als dat eigenlijk zou moeten (Maeslandtkering), of er kan meer water overheen slaan dan volgens de norm toegestaan. Falen hoeft niet te betekenen dat de situatie onbeheersbaar wordt. Het begrip faalkansen is dus van toepassing op de *waterkering* bij een gegeven belasting.
- Van een *overstromingskans* spreken we als het gaat om de kans op een echte overstroming (met bijbehorende forse consequenties) als gevolg van een bres in een waterkering (ontstaan door bijvoorbeeld overloop of doordat een kunstwerk het begeeft) en/of als er over een grote lengte zulke grote hoeveelheden water over een kering lopen dat de instroom niet kan worden gestopt met noodmaatregelen (bijvoorbeeld met zandzakken) – kortom, als er sprake is van een *onbeheerste overstroming* (Klijn et al., 2004). Het begrip is van toepassing op dijkringen (*gebieden*).

---

<sup>3</sup> Het begrip faalkansen kan betrekking hebben op een enkele dijkvak of kunstwerk, maar ook op een hele dijkring (bijv. in VNK). Dan gaat het om het falen van de hele keten en kan een zogeheten 'ring-effect' optreden; de kans dat ergens iets faalt is groter dan de kans op falen van elk (dijk)vak afzonderlijk: hoe langer de waterkering, des te groter de faalkansen.

Het uitgaan van dijkringen maakt de zaak gecompliceerd, omdat dijkringen sterk verschillen van karakter: ze kunnen klein zijn (bijvoorbeeld Heerewaarden of Zutphen) of groot (Zuid-Holland, Friesland-Groningen), ze kunnen een eenvoudige 'badkuip-morfologie' hebben (Noordoostpolder, Wieringermeer) of vol liggen met (soms onbedoelde) compartimenteringsdijken (Noord-Holland, Betuwe) en ze kunnen vlak liggen of hellen. Deze verschillen bepalen het overstromingsverloop, en dat bepaalt de consequenties. Maar omdat het overstromingsverloop hoort bij een gebeurtenis en elke gebeurtenis een bepaalde kans heeft, is het toch al relevant bij de schatting van kansen met gebiedseigenschappen van dijkringen rekening te houden.

Belangrijker is dat overstroming kan ontstaan door overloop of bresvorming op verschillende plaatsen. En bij iedere plaats hoort een andere kans en een ander gevolg. En dat maakt het uiterst belangrijk dat kansen en gevolgen in samenhang worden vastgesteld. Indien dat niet gebeurt<sup>4</sup> bestaat de kans dat grote kansen (horend bij locatie A, waar de gevolgen klein kunnen zijn) worden gecombineerd met grote gevolgen (horend bij locatie B, waar de kans heel klein is). Dat leidt tot een overschatting van het risico.

Het bovenstaande heeft gevolgen voor de wijze waarop in deze studie overstromingskansen (moeten) worden geschat.

## 4.2 Huidige situatie

Ten eerste is er behoefte aan schattingen van de overstromingskansen in de huidige situatie van *alle* dijkringen in geheel Nederland. Tegen die achtergrond is er maar één bron waarin eerder voor alle dijkringen schattingen zijn gedaan: het rapport van WL & HKV (Klijn et al., 2004) dat schattingen heeft gegenereerd voor het RIVM-rapport *Risico's in bedijkte termen* (Ten Brinke & Bannink, 2004). Belangrijke aannames bij die schattingen waren dat:

- de rivieren nog niet zijn verruimd (PKB nog niet vastgesteld, laat staan maatregelen geïmplementeerd),
- de zwakke schakels in de kust nog niet zijn versterkt,
- de erg zwakke punten in de dijkringen zoals die tijdens het VNK-project werden geïdentificeerd (sluizen e.d.) wel op orde zijn gebracht.

Die aannames lijken nog steeds adequaat en van toepassing.

Sedert de publicatie van *Risico's in bedijkte termen* zijn er twee relevante nieuwe ontwikkelingen geweest. Ten eerste is een analyse uitgevoerd naar de ontwikkeling van het overstromingsrisico in afgelopen 50 jaar: de zgn. historische analyse, waarvoor ook de overstromingskansen in het verleden zijn geschat door GeoDelft (Knoeff et al., 2005); en ten tweede zijn er resultaten beschikbaar gekomen van de VNK-studie (Rijkswaterstaat-DWW, 2005). In hoeverre deze studies tot een bijstelling van de eerdere schattingen zouden moeten leiden, wordt hier kort besproken.

---

<sup>4</sup> Vergelijk de 'nauwkeurige kansenschatting' in VNK voor 16 dijkringen met de 'globale schatting' van gevolgen waarbij de hele dijkkring tot de hoogte van de laagste dijk onder komt te staan; een in veel gevallen onrealistische combinatie.

Knoeff et al. (2005) hebben de overstromingskansen in respectievelijk 1950 en 1975 geschat volgens dezelfde redeneerlijn als Klijn et al. (2004) gebruikten. Daarbij zijn de schattingen voor de huidige situatie (ca. 2000) ook deels herzien. Knoeff et al. hebben in hun rapportage enkele bezwaren geformuleerd tegen de door Klijn et al. gevolgde benadering – met name over het onvoldoende in beschouwing nemen van het falen van de waterkering door instabiliteit bij lagere dan maatgevende waterstanden – maar daarin geen aanleiding gezien de schattingen te veranderen. Wel zijn voor het bovenrivierengebied berekeningsresultaten gebruikt uit de RBSO-studie (die overigens niet in RBSO-kader zijn gerapporteerd). En voor de kust is de kans met een factor 10 vergroot als er sprake was van zwakke plekken (op 8 locaties) of zwakke steenbezetting. Klijn et al. (2004) namen aan dat die aangepakt waren (was toen reeds in uitvoering)<sup>5</sup>.

De berekeningen in het kader van RBSO zijn tot stand gekomen onder iets andere aannames dan WL & HKV (2004) gebruikten, namelijk onder de aanname dat overhoogten van dijken niet waterkerend zijn en onder verwaarlozing van systeemwerking. Dat leidt tot veel grotere overstromingskansen voor de ver benedenstrooms gelegen en fors overdijkte Gelderse Vallei en Kromme Rijn. Ook de schattingen voor de overdijkte Rijn & IJssel (48) en Arnhemse & Velpsebroek (47) zijn fors groter. De overige berekeningsresultaten zijn qua orde van grootte vergelijkbaar met die uit Klijn et al. (2004), maar in een nauwkeuriger schaalverdeling (tot op 50 jaar nauwkeurig).

Gezien de afwijkende aannames zien we geen reden om van de 2004-schattingen af te wijken, waarmee de consistentie van de getallen uit die eerdere studie geen geweld wordt aangedaan.

Het VNK-project heeft wel geheel andere waarden voor ‘overstromingskansen’ opgeleverd. De berekende kansen zijn beduidend groter, maar ze zijn ook op een geheel andere manier tot stand gekomen. Bovendien zijn er slechts waarden voor een 16-tal dijkringen (Ministerie V&W, 2005).

Ten eerste wordt in VNK het begrip ‘falen van de dijkkring’ nogal strikt geïnterpreteerd (als er meer water over de dijk/kering slaat dan volgens de norm is toegestaan, ‘faalt’ deze; als de dijk onderuit zakt bij lagere dan maatgevende omstandigheden zonder dat er een overstroming van enige importantie volgt, dan faalt deze). Dat is afwijkend van wat voor *Risico's in bedijkte termen* als uitgangspunt is gebruikt: er moest sprake zijn van een onbeheersbare instroom leidend tot overstroming (en niet alleen van ‘falen van de waterkering’ in formele zin; zie paragraaf 4.1).

Ten tweede zijn de kansen in VNK berekend voor gehele dijkringen en niet voor dijkvakken, waarbij alle onzekerheden zijn “uitgeïntegreerd”. Dat laatste wil zeggen dat hoe groter de onzekerheid over een proces c.q. een eigenschap van de waterkering, des te groter de kans op falen. Zwakke schakels en/of onzekerheid over de sterkte van sluizen en/of stuwen leiden tot veel grotere faalkansen; en er is ook sprake van een zogenaamd ringeffect: hoe langer de dijk, hoe meer plaatsen waar deze het kan begeven, dus een grotere faalkans. Al me al zijn er in VNK aldus faalkansen berekend die enkele tot vele malen groter zijn dan op grond van “eerder behaalde resultaten” waarschijnlijk lijken. Voor *Risico's in bedijkte termen* (Ten Brinke & Bannink, 2004) hebben we gemeend dat kansen en onzekerheden

---

<sup>5</sup> Los daarvan lijkt er sprake van verkeerd overschrijven in 3 gevallen (Friesland-Groningen, Biesbosch en Bommelerwaard) en verkeerd delen (door 100 in plaats van 10) in 1 geval: Centraal Holland (?).

óver die kansen twee verschillende zaken zijn, die niet in elkaar verrekend zouden moeten worden (en bovendien een verschillende communicatie met overheden en bevolking vergen). Daarom hebben we ook afzonderlijk onzekerheidsbanden aangegeven rond een 'verwachtingswaarde'.

Ten derde is relevant dat kansen en gevolgen van overstromingen niet los van elkaar beschouwd kunnen worden; het gaat immers feitelijk om de kans op gebeurtenissen (Engels: 'events') met een specifieke kans en een specifiek gevolg. De gevolgen zijn gewoonlijk groter als de overstroming ernstiger is door extreem hoog water en de kans daarop is juist weer kleiner dan die op een weinig omvangrijke overstroming. Bij het schatten van overstromingskansen moeten we daarom steeds de relatie met de gevolgen in ogenschouw nemen. In VNK zijn de berekeningen van overstromingskansen en de berekeningen van de gevolgen los van elkaar uitgevoerd door een groot aantal verschillende personen; dat kan afbreuk hebben gedaan aan de consistentie<sup>6</sup>.

Tegen de achtergrond van deze drie punten, maar tevens omdat er slechts van 16 dijkringen kansen zijn berekend, achten we de uitkomsten van de VNK-studie onvoldoende bruikbaar voor het doel van de onderhavige studie: een realistische weergave van de kans op een overstroming met grote gevolgen voor alle dijkringen. En we zien in de afwijkende uitkomsten van VNK ook geen aanleiding om de 'deterministische' aanpak van Klijn et al. (2004) als achterhaald of inadequaar te beoordelen.

Voor de overstromingskansen in de huidige situatie gebruiken we daarom de schattingen uit het rapport van WL & HKV (Klijn et al., 2004) zoals die zijn gebruikt voor *Risico's in bedijkte termen* (Klijn et al., 2004). Voor de achtergronden daarvan wordt verwezen naar de oorspronkelijke publicatie; een korte samenvatting is gegeven in de textbox hieronder. De getalswaarden staan in Tabel 4-1.

---

<sup>6</sup> Dit geldt met name voor de 'grove analyse' in VNK



### **Aanpak schattingen overstromingskansen op hoofdlijnen (verkort naar Klijn et al. 2004)**

Conform de huidige veiligheidsbenadering inzake overstromingen worden dijken zo ontworpen dat deze veilig van te voren vastgestelde maatgevende omstandigheden kunnen keren. In het rivierengebied gaat het dan om maatgevende waterstanden (maatgevend hoogwater: MHW), langs de kust om een maatgevende storm met waterstandsopzet en golfhoogte, etc. Deze maatgevende omstandigheden vormen de zogenaamde ontwerpcondities, waarvoor per dijkkringgebied een norm is vastgesteld in termen van een overschrijdingskans.

Een overschrijdingskans is dus niet hetzelfde als een overstromingskans. Als de ontwerpcondities worden overschreden, dan zal het gebied achter de dijken/duinen immers niet onmiddellijk overstroomd. Er zijn namelijk extra veiligheidsmarges ingebouwd, zodat de dijken/duinen hoger en sterker zijn dan strikt noodzakelijk om precies de ontwerpomstandigheden te keren. Zo wordt bijvoorbeeld in het bovenrivierengebied nog rekening gehouden met golfoploop en de mogelijkheid een dijk bij hoogwater te inspecteren (TAW, 2000).

Om tot een zo goed mogelijke schatting van overstromingskansen te komen, zijn twee methoden gevolgd:

1. een schatting op basis van redeneren, en
2. een schatting op basis van de resultaten van eerder uitgevoerde berekeningen en extrapolatie van de bevindingen naar andere dijkkringen.

Vervolgens zijn de resultaten van beide methoden met elkaar vergeleken. Op basis daarvan is een oordeel gevormd over de overstromingskans per dijkkring en de bandbreedte/ betrouwbaarheid van deze schattingen.

De waterkeringen langs de rivieren worden door een volstrekt andere oorzaak (hoge rivierafvoer) belast dan de waterkeringen aan zee (stormvloed) of langs het IJsselmeer. De maatgevende omstandigheden worden dus door andere oorzaken bepaald en ook de ontwerpen van de waterkeringen zijn duidelijk op een andere leest geschoeid. Daarom zijn vier verschillende *invloedsgebieden* onderscheiden:

- Bovenrivierengebied;
- Benedenrivierengebied;
- Kust- en estuariagebied; en
- Merengebied.

Voor dijkkringen die vanuit verschillende invloedsgebieden belast worden (zoals Centraal-Holland) zijn de overstromingskansen in eerste instantie voor ieder invloedsgebied afzonderlijk vastgesteld. Vervolgens is een oordeel voor de gehele dijkkring gevormd op basis van de kansen per invloedsgebied.

In eerdere kansberekeningen is in het algemeen geen rekening gehouden met eventuele *fysische maxima* aan de bedreigingen van buitenaf. Voor de zee mag voor zover bekend niet worden uitgegaan van een fysisch maximum voor stormvloedpeilen en golfhoogten, omdat er geen fysisch maximum is aan de windsnelheid en duur. Ook voor de meren wordt een fysisch maximum aan de maatgevende condities onwaarschijnlijk geacht, omdat dit vooral wordt bepaald door windsnelheden.

Dat ligt anders in het bovenrivierengebied. Daar is wel degelijk sprake van een fysisch maximum aan de Rijnafvoer die ons land – tussen de dijken – kan bereiken. Ook voor de Maas geldt dat er een fysisch maximum is aan de hoeveelheid water die het bedijkte deel van de Maas op Nederlands grondgebied kan bereiken. In beide gevallen wordt het fysisch maximum bepaald door, ten eerste, de hoogte van de dijken in het buitenland – als deze overlopen verlaat een deel van de afvoer de rivier –

en, ten tweede, het bergingsvolume van het dan onderlopende gebied, waarin de top van de afvoergolf wordt geborgen.

De consequentie van een fysisch maximum voor de zogenaamde werklijn is dat deze naar een horizontaal knikt ter hoogte van de fysisch maximale afvoer (Dijkman et al., 2003). Ook de onzekerheidsband rond de werklijn verandert; deze vernauwt weer bij zeer hoge afvoeren met zeer kleine kansen.

Over *systeemwerking* wordt meestal gesproken als het gaat over het rivierengebied. Dan wordt bedoeld dat overstroming van één dijkkring invloed kan hebben op de afvoer door de rivier, en dus de waterstanden en dus op de kans dat meer benedenstrooms een dijk overloopt. Overstroming van één dijkkring heeft zo gunstig effect op de overstromingskansen van meer benedenstrooms gelegen dijkringen: dit is een zogenaamde *tegenkoppeling*. Een vergelijkbare systeemwerking kan optreden in het benedenrivierengebied of het merengebied, waar de hoeveelheid 'beschikbaar' water beperkt is: meer beschikbaar bergingsoppervlak leidt dan tot lagere waterstanden.

In feite is het hierboven behandelde onderwerp van een fysisch maximum dat wordt bepaald door de dijkhoogten in Duitsland respectievelijk België een voorbeeld van deze vorm van systeemwerking. Maar ook binnen Nederland is systeemwerking nog relevant, en wel vooral in het bovenrivierengebied met z'n in principe gelijke veiligheidsniveaus.

Een tweede vorm van systeemwerking pakt negatief uit: een *meekoppeling* of sneeuwbaaleffect. Zo kan een overstroming van een dijkkring via de 'achterdeur' plaatsvinden als het water door een naastgelegen dijkkring een binnendijk belaagt. Aldus kan de overstromingskans van een dijkkring vergroot worden als deze niet alleen door een bres in een buitendijk, maar ook via een binnendijk kan vollopen. Een voorbeeld is een dijkdoorbraak van de Betuwe, die kan leiden tot een overstroming van de Alblasserwaard als de Diefdijk (scheidingsdijk tussen beide dijkringen) het begeeft. Ook kan bij een overstroming van de dijkkring Land van Maas en Waal zoveel water van de Waal naar de Maas vloeien dat dijkringen langs de Maas bedreigd worden.

### **Methode 1: redeneren en schatten**

Om tot een schatting te komen, zijn achtereenvolgens de volgende zes stappen doorlopen:

1. **Belasting.** Wat zijn de belangrijkste hydraulische randvoorwaarden per invloedsgebied en hoe wordt daaruit de belasting op de waterkeringen berekend? Wat valt er te zeggen over de *overschrijdingskansen* van de maatgevende omstandigheden in extreme omstandigheden, voor de nieuwe randvoorwaarden (HR2001)?
2. **Belastbaarheid 1: hoogte.** Vervolgens schatten we de kans op overloop of overslag op basis van actuele dijkhoogtes voor dijkringen waarvan deze bekend zijn.
3. **Belastbaarheid 2: sterkte.** De aanname dat de kans op overstromingen door instabiliteit van de dijken ondergeschikt is aan de kans op overloop, golfoploop of -overslag is niet altijd terecht. We bespreken in kwalitatieve termen wat de bijdrage van andere faalmechanismen aan de overstromingskansen is.
4. **Reduceerbaarheid kans op falen.** Een te lage of verzwakte dijk hoeft niet in alle gevallen werkelijk tot dijkbreuk en overstroming te leiden. We schatten kwalitatief in hoeverre noodmaatregelen nog mogelijk zijn
5. **Systeemwerking.** Omdat in het bovenrivierengebied systeemwerking een significante invloed heeft op de overstromingskansen verwoorden we onze schatting over de invloed hiervan op ons eendoordeel in kwalitatieve termen.
6. **Oordeel.** Op basis van de verzamelde informatie in de voorgaande stappen formuleren we een oordeel over de overstromingskansen per dijkkring in de huidige situatie.

## **Methode 2: eerdere kansberekeningen en extrapolatie naar andere dijkringen**

De overstromingskansen van een beperkt aantal dijkringen zijn eerder berekend. Over deze berekeningen is gerapporteerd in:

- ‘Van overschrijdingskans naar overstromingskans’ (TAW, 2000). In dit rapport is een methode geïntroduceerd waarbij overstromingskansen voor 4 dijkringen zijn bepaald: Centraal-Holland, Groningen–Friesland, de Hoeksche Waard en de Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden. De door de TAW berekende overstromingskansen voor de Betuwe en de Tieler- en Culemborgerwaarden (dijkring 43) zijn overgenomen door Van Manen et al. (2001) voor de ‘Pilot Case Overstromingsrisico (PICASO)’
- ‘Beperking van overstromingsrisico's in het bovenrivierengebied’ (Kok et al., 2003a). In deze studie is voor een aantal dijkringen in het bovenrivierengebied de overstromingskans uitgerekend.

Tegen de achtergrond van de in deze rapporten gedane aannames zijn de resultaten van de berekeningen besproken, waarna een schatting is gemaakt van de meest waarschijnlijke overstromingskansen voor deze dijkringen. Vervolgens zijn, wederom op basis van deze rapporten, bandbreedtes rondom deze meest waarschijnlijke overstromingskansen geschat. Er is vastgesteld dat extrapolatie van de bevindingen naar andere dijkringen niet mogelijk was.

### **Eindoordeel**

Het eindoordeel is niet volgens strikte rekenregels uit de eerdere berekeningen en/of redenering afgeleid. Daarvoor ontbraken teveel gegevens en waren de onzekerheden te groot. Daarom zijn de resultaten uit beide methoden naar eigen inzicht gecombineerd. Voor het bovenrivierengebied is de mogelijke systeemwerking in het eindoordeel betrokken, waarbij de ligging van de dijkringen (bovenstrooms respectievelijk stroomafwaarts) en de berekeningsresultaten voor de andere dijkringen langs de betreffende rivier(tak) zijn meegewogen.

### **Opvulling resterend Nederland met defaults**

Voor dijkringen waarvoor onvoldoende gegevens ter beschikking stonden, kon geen kans worden beredeneerd volgens methode 1. En ook extrapolatie van de uitkomsten van methode 2 was alleen mogelijk als er gegevens zijn over die factoren waarvoor de kansberekening zeer gevoelig is, bijvoorbeeld dijkhoogtes. Ook dat bleek onmogelijk bij gebrek aan gegevens.

Daarmee was het feitelijk onmogelijk om over de overige dijkringen een gefundeerde uitspraak te doen. Omdat het voor een overzicht over Nederland (en de verschillen daarbinnen) toch gewenst was voor *alle* dijkringen over een overstromingskans te beschikken, is gemeend defaults te mogen genereren op basis van:

- de geldende veiligheidsnorm;
- de ligging in Nederland (gebiedstype); en
- de in het voorafgaande beredeneerde overstromingskansen en bandbreedte voor de voor die gebiedstypen representatieve dijkringen.

De gedachte hierachter is dat de overstromingskans in hoofdzaak wordt bepaald door de hydraulische belasting en dat de waterkeringen daaraan zijn aangepast. In het bovenrivierengebied zijn de rivierafvoeren dus bepalend voor de hydraulische belasting, terwijl langs de kust juist stormvloed bepalend is. En we nemen dus tevens aan dat de primaire waterkeringen in hetzelfde watersysteem ongeveer eenzelfde sterkte hebben en slechts verschillen qua hoogte. Die hoogte is direct gerelateerd aan de geldende norm.

De defaults (gegeven in bijlage A) zijn als volgt beredeneerd:

In principe is de *bovengrens* voor de overstromingskans ca 2-3 maal groter dan de kans op overschrijding van de *norm* voor maatgevende omstandigheden, vanuit de gedachte dat de dijken de maatgevende belasting met 90% zekerheid moeten kunnen keren (men zou kunnen zeggen: bij wet vastgelegd) – dat is dus geen 100 % – en dat bovendien het verdisconteren van onzekerheden blijkt te leiden tot een grotere kans (zie berekeningsresultaten methode 2); is de *meest waarschijnlijke* overstromingskans: 2-3 x kleiner dan de kans op overschrijding van de norm, op grond van de bevinding dat – waar de waterkeringen voldoen aan de normen – de overstromingskans over het algemeen enkele malen kleiner is dan de kans op overschrijding van die norm (en omdat de waterkeringen op in ieder geval de maatgevende omstandigheden worden ontworpen, met eerder overmaat dan ondermaats); en is de *ondergrens* van de overstromingskans nog eens 10 keer zo klein, vanwege het feit dat de harde waterkeringen zijn overbemeten (onbekend hoeveel) en mogelijk niet bezwijken en de duinen naar het zich laat aanzien ook een veel grotere afslag kunnen weerstaan voor er werkelijk een grote bres en een oncontroleerbare situatie ontstaat. Zo resulteren kansen en bandbreedtes die qua orde van grootte redelijk aansluiten bij de eendoordelen voor vergelijkbare dijkringen, waarvan de dijken niet te laag of de duinen te zwak zijn. Vervolgens is de *waarschijnlijke* overstromingskans *vergroot* (factor 2-5) als er hoogtetekorten of soortgelijk bekend zijn (uit de Toetsing danwel Verkenning zwakke schakels kust). En waar de maatgevende condities verzaamd zijn (bovenrivierengebied), zijn zowel de waarschijnlijke kans als de onder- en bovengrens met een factor 2 *vergroot* (behalve waar een fysisch maximum van toepassing is).

Aldus zijn defaultwaarden gegenereerd met een bandbreedte van factor 2-5 aan de bovenkant (grote kansen) en een factor 10 aan de onderkant (kleine kans dat een overlopende waterkering niet bezwijkt). Dat doet enigszins recht aan het feit dat het uitintegreren van kansen leidt tot een scheve verdeling, waarin het zwaartepunt dichter bij de bovengrens dan bij de ondergrens ligt. Let wel: het gaat hier om *defaults* en niet om extrapolaties; maar de gegeven waarden zijn qua orde van grootte wel vergeleken met de beredeneerde en berekende waarden.

Tabel 4-1 Overstromingskansen (uitgedrukt als noemer, dus kans = 1/ x) per dijkkring, met bandbreedte, in de huidige situatie en in 2020 als het systeem 'op orde' is.

nr	dijkkring	norm	huidig			2020		
			max	verwacht	min	max	verwacht	min
1	Schiermonnikoog	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
2	Ameland	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
3	Terschelling	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
4	Vlieland	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
5	Texel	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
6	Friesland en Groningen	4000	2000	10000	20000	2000	10000	20000
7	Noordoostpolder	4000	2000	5000	50000	2000	10000	100000
8	Flevoland	4000	2000	5000	50000	2000	10000	100000
9	Vollenhove	1250	500	1000	10000	500	2000	20000
10	Mastenbroek	2000	1000	2000	20000	1000	5000	50000
11	IJsseldelta	2000	1000	2000	20000	1000	5000	50000
12	Wieringen	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
13	Noord-Holland	10000	5000	10000	100000	5000	20000	200000
14	Zuid-Holland	10000	20000	100000	200000	5000	20000	200000
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	2000	100	1000	10000	1000	5000	50000
16	Alblasserwaard en Vijfh.landen	2000	100	500	5000	1000	5000	50000
17	IJsselmonde	4000	10000	100000	200000	5000	20000	200000
18	Pernis	10000	5000	20000	200000	5000	20000	200000
19	Rozenburg	10000	5000	20000	200000	5000	20000	200000
20	Voorne-Putten	4000	200	500	5000	2000	10000	100000
21	Hoeksche Waard	2000	5000	20000	50000	1000	5000	50000
22	Eiland van Dordrecht	2000	1000	2000	20000	1000	5000	50000
23	Biesbosch	2000	100	200	2000			
24	Land van Altena	2000	100	1000	2000	1000	5000	50000
25	Goeree-Overflakkee	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
26	Schouwen Duivenland	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
27	Tholen en St. Philipsland	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
28	Noord Beveland	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
29	Walcheren	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
30	Zuid Beveland west	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
31	Zuid Beveland oost	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
32	Zeeuwsch Vlaanderen	4000	2000	10000	100000	2000	10000	100000
34	West-Brabant	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
34 a	Geertruidenberg	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
35	Donge	2000	1000	5000	50000	1000	5000	50000
36	Land van Heusden/de Maaskant	1250	100	1000	5000	500	2000	20000
37	Nederhemert	1250	500	1000	10000			
38	Bommelerwaard	1250	1000	5000	20000	500	2000	20000
39	Alem	1250	500	1000	10000			
40	Heerwaarden	500	100	500	5000			
41	Land van Maas en Waal	1250	200	500	2000	500	2000	20000
42	Ooij en Millingen	1250	500	5000	20000	500	5000	20000
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	1250	100	500	2000	500	2000	20000
44	Kromme Rijn	1250	20000	100000	500000	10000	50000	500000
45	Gelderse Vallei	1250	10000	100000	500000	10000	100000	500000
46	Eempolder	1250	500	2000	20000	500	2000	20000
47	Arnhemse- en Velpsebroek	1250	5000	50000	200000	5000	50000	200000
48	Rijn en IJssel	1250	1000	10000	100000	1000	5000	50000

nr	dijkring	norm	huidig			2020		
			max	verwacht	min	max	verwacht	min
49	IJsselland	1250	200	500	2000	1000	5000	50000
50	Zutphen	1250	200	1000	2000	1000	5000	50000
51	Gorssel	1250	100	500	2000	1000	5000	50000
52	Oost Veluwe	1250	200	2000	5000	500	2000	20000
53	Salland	1250	200	1000	10000	500	2000	20000

### 4.3 Toekomstige situatie(s)

In deze studie wordt ervan uitgegaan dat tot ca 2020 vooral – zo niet uitsluitend – beleid wordt geëffectueerd dat reeds is geformuleerd. Dat betekent dat tot dat jaar sprake is van een autonome ontwikkeling, c.q. huidig beleid.

Na 2020 kan het huidige beleid worden voortgezet, maar ook kan nieuw beleid worden geïmplementeerd dat dient te worden geformuleerd in de periode tussen pakweg 2007 en 2020; daar valt nog het nodige te kiezen en in dat verband kunnen we dan ook spreken van strategische beleidsalternatieven. Elders in dit rapport (paragraaf 3.2) zijn deze beschreven; hier gaan we in op wat deze beleidsalternatieven betekenen voor de overstromingskansen.

### 4.4 Situatie 2020 en 2040 bij continuering huidig beleid

Uitgangspunten voor deze situatie impliceren dat de waterkeringen op orde zijn en de rivieren verruimd. Meer concreet:

- de rivieren zijn verruimd conform de PKB,
- waar nodig zijn de dijken verzwaard,
- alle zwakke schakels langs de kust zijn aangepakt, evenals de steenbekleding
- de onlangs gesignaleerde onvoldoende sterkte of hoogte van waterkeringen (zie toetsingsronde 2006) is aangepakt en weggewerkt.

Samengevat: de afgesproken en wettelijk vastgelegde norm wordt overal gehaald.

Een kanttekening hierbij kan zijn dat we in de praktijk enigszins achter de feiten blijven aanlopen, omdat de hydraulische randvoorwaarden eveneens iedere 5 jaar worden herzien en het niet valt uit te sluiten dat die nog eens ergens met een relatief forse sprong omhoog zullen gaan – zoals laatstelijk in het rivierengebied. Naar het zich laat aanzien zal dat niet zo gauw het gevolg zijn van de feitelijke consequenties van de klimaatverandering (want die gaat geleidelijk), maar eerder van de afgesproken benadering: statistische extrapolatie op basis van gemeten waarden. Dat kan voor verrassingen zorgen, alhoewel die kans kleiner wordt en er bovendien tegenwoordig ‘robuust’ wordt ontworpen. Omdat dit feit inmiddels dus onderkend wordt, zal het achterlopen in de praktijk waarschijnlijk niet meer zo dramatisch zijn. Bovendien lijkt het erop dat de maatgevende (1/1250) afvoer die op dit moment is vastgesteld voor de Rijn en Maas eerder aan de hoge kant is dan aan de lage.

#### 4.4.1 Situatie 2020: waterkeringen op orde

Dat betekent dat we voor 2020 menen te mogen uitgaan van de aanname dat de waterkeringen 'op orde' zijn en er geen sprake is van significant hogere maatgevende omstandigheden.

Voor het schatten van de overstromingskansen bij deze situatie 'op orde' wordt in grote lijnen uitgegaan van de redenering zoals door Klijn et al. (2004) gebruikt voor *defaults*. Die gaat uit van:

- de geldende veiligheidsnorm;
- de ligging in Nederland (gebiedstypen); en
- een beredeneerde overstromingskans en bandbreedte voor de voor die gebiedstypen representatieve dijkringen.

De idee hierachter is dat de overstromingskans in hoofdzaak wordt bepaald door de hydraulische belasting en dat de waterkeringen daaraan zijn aangepast. In het bovenrivierengebied zijn de rivierafvoeren dus bepalend voor de hydraulische belasting, terwijl langs de kust juist stormvloed bepalend is. En er mag dus tevens aangenomen worden dat de primaire waterkeringen in hetzelfde gebied ongeveer eenzelfde sterkte hebben en slechts verschillen qua hoogte; een hoogte die direct is gerelateerd aan de geldende norm.

De overstromingskansen worden vervolgens geschat volgens de volgende *principes*:

- **bovengrens overstromingskans** = 2-3 maal groter dan de kans op overschrijding van de norm voor maatgevende omstandigheden, vanuit de gedachte dat de dijken de maatgevende belasting met 90% zekerheid moeten kunnen keren (men zou kunnen zeggen: bij wet vastgelegd) – dat is dus geen 100 % – en dat bovendien het verdisconteren van onzekerheden blijkt te leiden tot een grotere kans (zie berekeningsresultaten methode 2);
- **meest waarschijnlijke overstromingskans** (= *verwachtingswaarde*): 2-3 x kleiner dan de kans op overschrijding van de norm, op grond van de bevinding dat – waar de waterkeringen voldoen aan de normen – de overstromingskans over het algemeen enkele malen kleiner is dan de kans op overschrijding van die norm (en omdat de waterkeringen op in ieder geval de maatgevende omstandigheden worden ontworpen, met eerder overmaat dan ondermaats);
- **ondergrens overstromingskans**: nog eens 10 keer zo klein, vanwege het feit dat de harde waterkeringen zijn overbemeten (onbekend hoeveel) en mogelijk niet bezwijken en de duinen mogelijk ook een veel grotere afslag kunnen weerstaan voor er werkelijk een grote bres en een oncontroleerbare situatie ontstaat.

Aldus worden schattingen gegenereerd met een bandbreedte van een factor 2-5 aan de bovenkant (grote kansen) en een factor 10 aan de onderkant (kleine kans dat een overlopende waterkering toch niet bezwijkt). Dat doet enig recht aan het feit dat het uitintegreren van onzekerheden in kansen in het algemeen leidt tot een scheve kansverdeling, waarin het zwaartepunt dichter bij de bovengrens dan bij de ondergrens ligt.

Tot zover de principes, *nu de praktijk*, uitgaande van de huidige situatie als begin en enigszins verslechterende maatgevende omstandigheden (iets hogere zeespiegel, iets hogere rivierafvoeren, IJsselmeer grotere onzekerheid peilen):

- Voor alle dijkringen waarbij voor de *huidige* situatie de *kans groter is* geschat dan volgens deze principes (omdat afvoer hoger is of dijk te laag of zwak duinvak) worden de *kansen verkleind* naar de waarden volgens deze principe-redenering.
- Voor dijkringen waar de *overstromingskans kleiner is* door een *fysiek maximum* of *systeemwerking* wordt deze kleinere kans na rivierverruiming *gehandhaafd* (bijv. Kromme Rijn e.d.).
- Voor dijkringen waar *de belasting toeneemt* (benedenrivieren, meren, kust) en de kans kleiner was door *overdijking*, loopt deze iets op (Centraal-Holland), maar deze kan kleiner blijven dan de schatting op basis van de norm (IJsselmonde).

Het bovenstaande leidt tot een eerste schatting, die vervolgens is vergeleken met de resultaten van schattingen/ berekeningen in ander – meer gedetailleerd en geavanceerd – onderzoek voor een situatie die op orde is. Dat onderzoek is er alleen voor het (boven)rivierengebied. Ten eerste is dat het doorkijkje dat is gepresenteerd in Klijn et al. (2004) op basis van berekeningen door Duits & Stijnen (2003; bundel met memoranda bij de verkennende beleidsanalyse van Kok et al., 2003). Ten tweede is voor de verkenning Rampenbeheersingstrategie Overstromingen Rijn en Maas (RBSO; Ministeries van Verkeer & Waterstaat & Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2005) zeer gedetailleerd gerekend aan overstromingskansen in het rivierengebied door Alkyon (2006) en HKV (Silva et al., 2005). Bij deze studies is er eveneens van uitgegaan dat Ruimte voor Rivieren is uitgevoerd en dat de dijken op orde zijn gebracht waar deze nog een hoogtetekort zouden hebben gehad.

Het doorkijkje op basis van Duits & Stijnen (2003; in Klijn et al. 2004) laat zien dat in het rivierengebied:

- vrijwel alle dijkringen in de toekomst ruim aan de norm voldoen, met één uitzondering (dijkring 51: Gorssel);
- de dijkringen Gelderse Vallei (45) en Kromme Rijngebied (44) – en in mindere mate Arnhemse en Velpse Broek – een vele malen kleinere overstromingskansen hebben dan vereist.

De vele berekeningen van Alkyon (Alkyon, 2006; tabel 4.1 op blz. 24) laten zien dat:

- vrijwel alle *dijkvakken* aan de norm voldoen, met een klein aantal twijfelgevallen en 1 tekortsituatie (dijkring 51: Gorssel);
- de wijze van berekenen de kans kan laten dalen (aannahme van een fysisch maximum) of stijgen (rekening houden met onzekerheden in de waterstandsberekeningen), alles binnen een bandbreedte van ca. factor 1,5 (NB: dit achten wij hier verwaarloosbaar);
- de aannahme over het toelaatbare overslagdebiet ('*Begeeft de dijk het nu bij een overslaghoeveelheid van 1 l/m/s, bij 5 l/m/s of pas bij 50 l/m/s?*') de kans op falen van een dijkvak kan laten dalen met een factor van ca 2- 10 resp. 5- 50. (Bijvoorbeeld dijkkring 47 gaat van 1/3.300 → 1/15.152 → 1/288.758; wij interpreteren dit als: '*je kunt met iets andere aannames het resultaat sterk beïnvloeden*'); en
- de stap van dijkvak naar dijkkring leidt tot een grotere overstromingskans, vooral bij lange dijken.



Tenslotte zijn er de berekeningsresultaten van HKV voor de rapportage over RBSO (Silva et al., 2005) voor de situatie 2015. Deze zijn sterk richtinggevend geweest voor de uiteindelijke schattingen voor (alleen) het bovenrivierengebied, maar ze zijn niet volledig gevolgd omdat in RBSO andere aannames zijn gebruikt; zo is systeemwerking verwaarloosd en zijn dijkverhoogten van meer dan 0,5 m als niet kerend beschouwd. Dat leidt in RBSO vooral voor ver benedenstrooms gelegen dijkringen met dijken die nog stammen uit tijden met een hogere maatgevende afvoer (Kromme Rijn en Gelderse Vallei) tot grotere kansen. Omwille van de consistentie met hoe voor de huidige situatie de schattingen tot stand zijn gekomen gaan we hier wel uit van kerende overhoogten bij dergelijke zware dijken en van enige systeemwerking als het verschil met bovenstroomse of tegenovergelegen dijken groot is.

De uiteindelijke schattingen van overstromingskansen en bandbreedte in een 'situatie op orde' zijn weergegeven in de Tabel 4-1 in de kolom(men) voor 2020.

#### **4.4.2 Situatie 2040**

Voor 2040 kan ook worden aangenomen dat de situatie op orde is, omdat de maatgevende omstandigheden worden gevolgd, zoals de wet voorschrijft. Dat betekent dat in principe de overstromingskansen die gelden voor 2020 ook in 2040 nog van toepassing zijn.

Daar hoort echter één kanttekening bij: voor dijkringen die nu overdijkt zijn en ook in 2020 nog beter zijn beschermd dan de norm voorschrijft, zou de overstromingskans groter kunnen worden dan in 2020 door stijgende waterpeilen omdat de dijk van dergelijke dijkringen niet hoeft te worden verhoogd om aan de norm te voldoen. Aangezien het om weinig dijkringen gaat (Ooij & Millingen, Arnhemse & Velpsebroek, Gelderse Vallei, Kromme Rijn, IJsselmonde) worden de overstromingskansen van 'systeem op orde' 2020 ook van toepassing verklaard op 'systeem op orde' 2040; de aldus ontstane fout wordt geacht binnen de onzekerheidsmarges te liggen.

### **4.5 Strategische beleidsalternatieven 2020-2040**

#### **4.5.1 Alternatief I: (Extra) Bescherming 2040**

Dit beleidsalternatief betekent in grote lijnen een voortzetting van het huidige beleid, in die zin dat de waterkeringen voortdurend worden getoetst aan een norm voor de maatgevende omstandigheden, die op hun beurt iedere 5 jaar opnieuw worden vastgesteld –en waarbij de meest recente metingen worden betrokken evenals eventuele nieuwe inzichten.

Nieuw is echter dat de normen ook – en indien nodig herhaaldelijk – worden aangepast aan de toenemende kwetsbaarheid van elke dijkkring (bevolkingsomvang en economische waarde), zoals voorgesteld in Risico's in bedijkte termen (Ten Brinke & Bannink, 2004) en in lijn met de denktrant zoals die is uitgewerkt door het CPB voor een economische optimalisatie (Eijgenraam, 2005, 2006a).

We gaan hier echter niet uit van de getalswaarden van het CPB, omdat die gebaseerd zijn op een overschatting van de schade (met waterstand gelijk aan laagste dijk en 1 m in hellend deel van de dijkringen, cf. DWW, 2003), en omdat CPB aanneemt dat de overstromingskans

van een dijkkring gelijk is aan de overschrijdingskans van de maatgevende omstandigheden. Daarbij houdt CPB evenmin rekening met systeemwerking. Hierdoor wordt de 'norm' volgens CPB ons inziens vaak onnodig streng (NB: de meest recente getallen voor optimale kansen van Eijgenraam (2006a) zijn al ongeveer een factor 2 lager dan die van Eijgenraam, 2005).

Tenslotte berekent CPB zulke nauwkeurige optimale overstromingskansen dat deze niet aansluiten bij onze stellige overtuiging dat overstromingskansen slechts in orden van grootte kunnen worden vastgesteld, en dijkverhoging of rivierverruiming in forse stappen gaat en niet in luttele cm's per keer.

Voor de normen wordt hier uitgegaan van een clustering van dijkkringen zoals die is voorgesteld door Van der Most et al. (2006) in een discussiestuk in het kader van WV21 (Zie bijlage C4 en m.n. tabel C3 in Van der Most et al., 2006). Daarin is een clustering gemaakt volgens een economische optimalisatie, waarbij ook rekening is gehouden met verlies van mensenlevens. Een mensenleven is daarbij gewaardeerd op €10 Miljoen. Dat is een vrij hoge waarde (zei van der Most et al. (2006) voor gewoonlijk aangehouden waarden).

Uitgaande van de clustering van Van der Most et al. zijn vervolgens normen voor dijkkringen vastgesteld, waarbij is uitgegaan van het principe: '*Niet omlaag, alleen omhoog bijstellen!*' Dat om invulling te geven aan een uitgangspunt dat ons inziens goed past bij dit strategisch beleidsalternatief, namelijk dat '*het er niet slechter op mag worden*'.

Aldus zijn de normen voor overschrijding van maatgevende omstandigheden voor een aantal dijkkringen naar boven bijgesteld. Dat geldt voor dijkkringen 15, 16, 17 (Lopikerwaard, Alblasserwaard, IJsselmonde), 20, 21 (Voorne-Putten, Hoekse Waard), 35, 36 (Donge, Land van Heusden-Maaskant), 43, 44, 45 (Betuwe, Kromme Rijn, Gelderse Vallei), 48 en 50 (Rijn en IJssel en Zutphen). *En passant* is de norm 1/4000 afgerond naar 1/5000 voor Friesland-Groningen, Noordoostpolder en Flevoland).

Na aanpassing van de norm zijn de overstromingskansen weer vastgesteld zoals hierboven beschreven, dus met een bovengrens, een verwachtingswaarde en een ondergrens (zie Tabel 4-2). Voor die dijkkringen die grenzen aan de zee of de grote rivieren, en waarvan de kans kleiner was dan volgens de norm toelaatbaar, is de kans soms groter geschat dan in 2020, als gevolg van mogelijk verergerende maatgevende omstandigheden (hogere zeespiegel, grotere rivierafvoer). Daarbij is gebruik gemaakt van decimeringswaarden, voorzover die bekend waren (zie Klijn et al., 2004).

#### **4.5.2 Alternatief 2: Ruimte voor water/ Leven met water 2040**

Dit beleidsalternatief is te beschouwen als de consequente uitwerking van principes die al wel als beleidsvoornemens zijn geformuleerd of waaraan onderzoek wordt gedaan, maar waarvan de consequenties voor concrete beleidsuitvoering tot nu toe niet zijn aanvaard. Het gaat dan om:

- veel grotere differentiatie van normen;
- differentiatie naar risico in plaats van naar overschrijdingskans; dit kan in een aantal gevallen ook een geleidelijk (met veranderend klimaat) toenemende overstromingskans

betekenen als het optimale beschermingsniveau lager ligt dan het huidige (tot nu toe taboe);

- alle dijkringen voorzien van een overstroombaar deel, c.q. van een overlaat voorzien, opdat geen oncontroleerbare bres ontstaat: wel overlopen, niet breken (plaats en hoeveelheid instroom beheerst);
- volgorde van overstromen langs rivieren, en grote wateren binnen de kustlijn (IJsselmeergebied, noordelijk deltabekken) vastgelegd door overlaathoogte om optimaal gebruik te maken van systeemwerking (negatieve terugkoppelingen) rekening houdend met verschillen in kwetsbaarheid);

Aldus:

- ontstaat een situatie met een grote(re) differentiatie aan overstromingskansen;
- worden overschrijdingskansen en overstromingskansen vrijwel gelijk;
- wordt de onzekerheid rond de overstromingskans kleiner (minder onzekere factoren, zoals instabiliteit van de kering);
- is een overstroming veel beperkter qua hoeveelheden water en instroomsnelheid; en
- blijft de schade van een overstroming beperkt.

Kort samengevat: vaker onder (een beetje) water, maar zelden rampzalig.

Omdat een aantal grote dijkringen vanwege hun omvang zeer kwetsbaar zijn, zijn deze gecompartmenteerd. Aldus is het mogelijk de kwetsbare delen beter te beschermen en de minder kwetsbare delen juist frequenter onder te laten lopen om de systeemwerking optimaal te kunnen gebruiken. Voor de keuze wat en hoe te compartimenteren is gebruik gemaakt van verkennend onderzoek naar deze maatregel (o.a. in het kader van RBSO, 2005; zie ook Klijn, 2006). Daarbij is de vermoedelijke rentabiliteit (verhouding baten/kosten) mee in beschouwing genomen, in het licht van de ruimtelijke en bevolkingsontwikkeling. Er is gecompartmenteerd in Flevoland (extra bescherming Almere door Knardijk), de Betuwe (extra bescherming west door Amsterdam-Rijnkanaal), De Maaskant ('s-Hertogenbosch veiliger) en Voorne-Putten (Spijkenisse overdijkt).

Voor de meest wenselijke overstromingskans is dezelfde redeneerlijn gevolgd als bij het voorgaande beleidsalternatief (optimaliseren op economische gronden met inbegrip van slachtoffers), maar de overstromingskans hoeft niet *per se* kleiner te worden of gelijk te blijven – deze mag ook toenemen. En er wordt tevens beleid geïmplementeerd om de kwetsbaarheid (schadepotentieel en slachtofferpotentieel) te verlagen, in het bijzonder door RO-maatregelen en verbeterde rampenbeheersing. De overlaten laten ook een nauwkeuriger waarschuwing toe en bieden meer tijd voor evacuatie omdat geen bressen ontstaan en het gebied langzamer en minder diep volloopt (zie Dijkman et al., 2003).

De resultaten van de schattingen staan in Tabel 4-2 onder de betreffende kolom.

### 4.5.3 Alternatief 3: Terugtrekken 2040

In dit alternatief wordt vol ingezet op ruimtelijk beleid, gericht op het verschuiven van alle nieuwe bouwinvesteringen naar de hogere gronden. Dat zal geleidelijk ook een verplaatsing van al bestaande activiteiten en mensen teweeg kunnen brengen. De achtergrond van zo'n beleid is dat ruimtelijk beleid het meest effectief is. Bij de variant *voorzichtig* terugtrekken (1) geldt dat de waterkeringen op orde wordt gehouden. Bij de variant *volledig* terugtrekken (2) zullen geen verdere investeringen meer worden gedaan in het verhogen van waterkeringen.

Voor de schatting van overstromingskansen voor 2040 is de startsituatie: systeem op orde in 2020. Dat betekent een betere start dan de huidige situatie, (behalve voor dijkeringen die nu al zwaar oververdedigd zijn, zoals Gelderse Vallei en Kromme Rijn); maar in ieder geval een hele goeie start. Vanaf 2020 zijn er dan dus twee mogelijkheden:

1. de wettelijke bescherming blijven bieden, dat wil zeggen dijken verhogen en/of ruimte voor water scheppen zodat dat de wettelijke norm wordt gehaald (die iedere 5 jaar wordt geëvalueerd en indien nodig bijgesteld); respectievelijk
2. afzien van verder dijkverhoging, alleen nog maar onderhoud op stabiliteit en sterkte.

Ad 1: De overstromingskans in het eerste geval is vrijwel gelijk aan die in de situatie 2020, behalve voor overdijkte dijkeringen waar de kans nu veel kleiner is dan wettelijk voorgeschreven. We houden de waarden voor 2020 'systeem op orde' aan.

Ad 2: Voor de schatting van de toename van de overstromingskans in het tweede geval wordt zoveel mogelijk uitgegaan van de *decimeringshoogte*, dat is de hoogte waarbij de kans 10\* groter wordt. Bij het interpoleren moet rekening worden gehouden met de logaritmische schaal van dit begrip.

We weten enkele decimeringshoogten in het benedenrivierengebied en de IJsseldelta (uit Lodder, 2004). Voor de bovenrivieren gaan we uit van ca 0,4 m op de IJssel, ca 0,6 m op de Nederrijn en ca 1,0 m op de Waal (zie tabel in Bijlage A2 in Klijn et al., 2004). Voor de Zeeuwse en Zuid-Hollandse wateren nemen we als richtwaarde ca 0,3 m (gemiddelde waarde van enkele vergelijkbare gebieden rond Rotterdam en in de IJsseldelta). Ook hebben we enkele decimeringswaarden voor locaties aan de kust.

Vervolgens wordt voor 2040 aangenomen dat de belasting toeneemt door zeespiegelstijging en stijgende rivierafvoeren. Voor deze belastingtoename is uitgegaan van vrij grove aannamen; 2040 is immers ook maar een moment in de toekomst (of het wat eerder of wat later wordt, maakt uiteindelijk niet veel uit).

- **Kust:** verwachte absolute zeespiegelstijging tussen 1990 en 2050 (KNMI, 2006; zonder bodemdaling!): 15- 35 cm. Dat komt overeen met ca 2,5- 5,8 mm/yr. Dus in 2040 staat de zee ca 5- 12 cm hoger dan in 2020. In vergelijking met de decimeringshoogten voor de kust (van ca. 0,3-0,9 m, afhankelijk van de plek) levert dat een toename van de overstromingskans met gemiddeld ca. factor 2.
- **Benedenrivieren:** volgt vooral de zeespiegel. Aanname: even grote stijging als zeespiegel. Consequenties voor kansen: idem.

- **IJsselmeergebied:** uit WINN blijkt dat de zeespiegel voor 90 % bepalend is voor de waterstanden, de IJsselafvoer voor de rest; de 1/4000 maatgevende waterstand is op het moment + 0,95 cm NAP. Deze kan in 2100 stijgen naar ca. 1,55 m NAP als geen extra maatregelen worden genomen (zie Klijn et al., 2006, beredeneerd naar modeluitkomsten van Buiteveld & Lorenz (1999). Er is echter al tot maatregelen besloten om dit te voorkomen, of in ieder geval een tijdje uit te stellen: als extra spui in de Afsluitdijk en een groot gemaal in IJmuiden. Daarmee kan de stijging van het maatgevend peil tot 2050 worden beperkt tot max 20 cm. Daarna stijgt dit snel (even snel als de zeespiegel) met ca 40 cm tot 2100. Voor 2040 gaan we ervan uit dat dit geen toename betekent van de overstromingskansen langs het IJsselmeer en de Randmeren.
- **Rivieren:** voor de rivieren wordt uitgegaan van een toename van de maatgevende afvoer met ca. 4- 20 % in 2100 (Kwadijk et al., 2001) bij het middenklimaatsscenario (zoals dat toen bekend was), hetgeen overeen kwam met een stijging van de maatgevende afvoer met 600- 3000 m<sup>3</sup>/s (het gold ten opzichte van de toenmalige maatgevende afvoer van 15.000 m<sup>3</sup>/s). Inmiddels is de maatgevende afvoer wettelijk op 16.000 m<sup>3</sup>/s vastgesteld, gebaseerd op gemeten afvoeren. Om een indruk te geven van de bandbreedte van de maatgevende afvoer in 2100 gaan we uit van tenminste 16.600 en ten hoogste 19.000. Voor 2040 levert dat (bij lineaire extrapolatie) een gemiddelde 1/1250<sup>e</sup> afvoer van 16.700 m<sup>3</sup>/s (gemiddelde van 16.250 en 17.200). Op basis van de verandering van waterstand per 100 m<sup>3</sup>/s afvoertoe name op de Rijntakken (Silva et al., 2001; resp. 4, 8 en 9 cm voor Waal, Nederrijn en IJssel per 100 m<sup>3</sup>/s extra afvoer) vertaalt zich dat in een overschrijding van de maatgevende waterstand met zo'n 15- 20 cm op de Waal, 10-15 cm op Nederrijn/Lek en ca. 10 cm op de IJssel. Terugrekenen via decimeringshoogten ten opzichte van de schatting voor 2020 (systeem op orde met overal een overhoogte van de dijken van ca 0,5 m) en uitgaande van *ongewijzigde afvoerverdeling* betekent het dat de overstromingskans langs alle takken bijna 2 x groter wordt. Dat houden we voor de Maas ook aan.

Samengevat leidt dit tot de volgende aanname voor de toename van kansen: overal 2- 2,5 x groter (teneinde in de gebruikte klassenindeling te blijven van 1, 2, 5 en 10 x n), behalve langs het IJsselmeer. De onzekerheid wordt overal groter, omdat alleen nog de sterkte van de waterkering wordt gecontroleerd, maar de hydraulische randvoorwaarden niet meer worden aangepast (of in ieder geval niet meer leidend zijn voor de dijkhoogte). Dat uit zich nog niet in de geschatte waarden, omdat een vergroting van de verwachtingswaarde van 2- 2,5 x al aan de hoge kant is<sup>7</sup>. De resultaten van de schattingen staan in Tabel 4-2.

---

<sup>7</sup> Deze toename lijkt nog makkelijk op te vangen door dijkverzwaring en/of rivierversuiming, maar deze variant van dit beleidsalternatief gaat uit van RO aanpakken en 'handen af' van de wateren en waterkeringen.

Tabel 4-2 Overstromingskansen (uitgedrukt als noemer, dus kans = 1/ x) per dijkkring, met bandbreedte, in 2040 voor de beleidsopties Beschermen, Ruimte voor water en (Volledig) Terugtrekken. (Bij alternatief Ruimte voor water zijn sommige dijkringen gecompartmenteerd; dat is aangegeven met letter c en een extra regel). Rood: gevolg van aangepaste normen. Groen: sturen op systeemwerking.

nr	dijkkring	Beschermen 2040			Ruimte voor water 2040			Volledig terugtrekken 2040		
		max	ver-wacht	min	max	ver-wacht	min	max	ver-wacht	min
1	Schiermonnikoog	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
2	Ameland	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
3	Terschelling	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
4	Vlieland	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
5	Texel	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
6	Friesland en Groningen	2000	10000	20000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
7	Noordoostpolder	2000	10000	100000	2000	5000	20000	5000	10000	100000
8	Flevoland	2000	10000	100000	5000	10000	50000	10000	10000	100000
	c: Zuid-Flevoland				10000	20000	100000			
9	Vollenhove	500	2000	20000	500	1000	5000	200	1000	10000
10	Mastenbroek	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
11	IJsseldelta	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
12	Wieringen	2000	10000	100000	1000	2000	10000	2000	10000	100000
13	Noord-Holland	5000	20000	200000	5000	10000	50000	2000	10000	100000
14	Zuid-Holland	5000	20000	200000	5000	10000	50000	2000	10000	100000
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	2000	10000	100000	1000	2000	10000	500	2000	20000
16	Ablasserwaard en Vijfth.landen	2000	10000	100000	2000	5000	20000	500	2000	20000
17	IJsselmonde	5000	20000	200000	20000	50000	200000	2000	10000	100000
18	Pernis	5000	20000	200000	20000	50000	200000	2000	10000	100000
19	Rozenburg	5000	20000	200000	20000	50000	200000	2000	10000	100000
20	Voorne-Putten	5000	20000	200000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
	c: Spijkenisse				20000	50000	200000			
21	Hoeksche Waard	2000	10000	100000	500	1000	5000	500	2000	20000
22	Eiland van Dordrecht	1000	5000	50000	10000	20000	100000	500	2000	20000
23	Biesbosch									
24	Land van Altena	1000	5000	50000	1000	2000	10000	500	2000	20000
25	Goeree-Overflakkee	2000	10000	100000	1000	2000	10000	1000	5000	50000
26	Schouwen Duiveland	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
27	Tholen en St. Philipsland	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
28	Noord Beveland	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
29	Walcheren	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
30	Zuid Beveland west	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
31	Zuid Beveland oost	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
32	Zeeuwsch Vlaanderen	2000	10000	100000	2000	5000	20000	1000	5000	50000
34	West-Brabant	1000	5000	50000	5000	10000	50000	500	2000	20000
34 a	Geertruidenberg				5000	10000	50000	500	2000	20000
35	Donge	2000	10000	100000	5000	10000	50000	500	2000	20000
36	Land van Heusden/de Maaskant	2000	10000	100000	500	1000	5000	200	1000	10000
	c: Den Bosch				5000	10000	50000			
37	Nederhemert									
38	Bommelerwaard	500	2000	20000	2000	5000	20000	200	1000	10000
39	Alem									
40	Heerwaarden									

nr	dijkring	Beschermen 2040			Ruimte voor water 2040			Volledig terugtrekken 2040		
		max	ver-wacht	min	max	ver-wacht	min	max	ver-wacht	min
41	Land van Maas en Waal	500	2000	20000	1000	2000	10000	200	1000	10000
42	Ooij en Millingen	500	5000	20000	200	500	2000	500	2000	20000
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	1000	5000	50000	500	1000	5000	200	1000	10000
	c: westelijke helft				5000	10000	50000			
44	Kromme Rijn	10000	50000	500000	50000	100000	500000	5000	20000	200000
45	Gelderse Vallei	10000	100000	500000	20000	50000	200000	5000	20000	200000
46	Eempolder	500	2000	20000	500	1000	5000	500	2000	20000
47	Arnhemse- en Velpsebroek	5000	50000	200000	20000	50000	200000	5000	20000	200000
48	Rijn en IJssel (c: Rijnstrangen)	1000	5000	50000	100	200	1000	500	2000	20000
	c: restant				200	500	2000			
49	IJsselland	1000	5000	50000	500	1000	5000	500	2000	20000
50	Zutphen	2000	10000	100000	5000	10000	50000	500	2000	20000
51	Gorssel	1000	5000	50000	500	1000	5000	500	2000	20000
52	Oost Veluwe	500	2000	20000	1000	2000	10000	200	1000	10000
53	Salland	500	2000	20000	2000	5000	20000	200	1000	10000





## 5 Slachtoffers

### 5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt het verwachte aantal slachtoffers – en een bandbreedte daaromheen – geschat van overstromingen van dijkringen in Nederland, zowel in de huidige situatie als in toekomstige situaties. De schatting vindt plaats aan de hand van een redeneerlijn die rekening houdt met de factoren die bepalend zijn voor het verwachte aantal slachtoffers en de onderlinge afhankelijkheden daarin. De mogelijkheid van een succesvolle evacuatie is hier een voorbeeld van.

Na de watersnoodramp van 1953 zijn er in Nederland geen overstromingsrampen meer geweest. Daardoor ontbreken empirische gegevens over werkelijke aantallen slachtoffers van overstromingen in de huidige situatie. Voor het bepalen van het verwachte aantal slachtoffers van overstromingen zijn we daarom aangewezen op schattingen gebaseerd op verschillende aannamen en modellen. Omdat toetsing van de aannamen en modellen voor de Nederlandse situatie niet mogelijk is, blijven deze aannamen en modellen ter discussie staan. Door marges te hanteren bij de aannamen kan inzicht worden verkregen in de gevoeligheid van de uitkomsten voor de aannamen.

Bij het schatten van verwachte aantallen slachtoffers van overstromingen worden verschillende begrippen gebruikt; en niet altijd met dezelfde betekenis. Hier wordt aangegeven welke begrippen in dit rapport worden gebruikt en met welke betekenis:

- *Getroffenen*: inwoners van het gebied dat onder water loopt bij een overstroming. Getroffenen lijden daardoor schade, ook als ze niet *in persona* aanwezig zijn op het moment van onder water lopen. In het Engels worden getroffenen aangeduid met '*affected*'.
- *Achterblijvers*: personen die zich in het gebied bevinden als dat onder water loopt en daardoor kans lopen te overlijden. Achterblijvers worden in dit verband ook wel aangeduid met 'potentiële slachtoffers' of 'blootgestelden', of in het Engels '*exposed*'.
- *Sterftekans*: de (gemiddelde) kans dat achterblijvers door een overstroming komen te overlijden.
- *Mortaliteit*: de actuele sterfte onder een bepaalde bevolkingsgroep na een overstroming. De mortaliteit is afhankelijk van de bevolkingsgroep die wordt beschouwd en wordt achteraf bepaald, dit in tegenstelling tot de sterftekans. Zo is de mortaliteit onder de achterblijvers bij een overstroming meestal groter dan onder de getroffenen – waarvan immers een deel kan zijn geëvacueerd of gevlucht.

## 5.2 Beschikbare schattingen en kennis over slachtoffers

### 5.2.1 Recente schattingen slachtoffers

Klijn et al. (2004) hebben het verwachte aantal slachtoffers geschat van overstromingen van dijkringen in de huidige situatie. Zij gaven maximale en minimale schattingen op basis van deels conservatieve aannamen. Deze cijfers zijn vervolgens gebruikt voor het samenstellen van een Fn-curve voor overstromingsrisico's door Ten Brinke en Bannink (2004).

Daarna hebben Van der Klis et al. (2005) onderzoek gedaan naar de ontwikkeling van het aantal mogelijke slachtoffers per dijkkring sedert 1953. Daartoe hebben zij de schattingen van Klijn et al. (2004) voor de huidige situatie teruggeschaald naar 1950 aan de hand van provinciale cijfers over de bevolkingsgroei. De cijfers voor 1950 zijn vervolgens vergeleken met de werkelijke slachtofferaantallen van de watersnoodramp in 1953 (Tabel 5-1).

Tabel 5-1 Schatting van het verwachte aantal slachtoffers van een overstroming per dijkkring in 1950 in vergelijking met het werkelijke aantal slachtoffers van de watersnoodramp in 1953

nr	dijkkring	schatting 1950 uit Van der Klis et al. (2005) <sup>1</sup>		ramp in 1953 <sup>2</sup>
		min	max	
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	354	1.709	6
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	1.723	7.510	4
17	IJsselmonde	3.101	9.302	10
20	Voorne-Putten	2.136	3.307	27
21	Hoeksche Waard	827	3.307	137
22	Eiland van Dordrecht	345	2.136	2
25	Goeree-Overflakkee	345	1.034	490
26	Schouwen Duivenland	212	1.767	534
27	Tholen en St. Philipsland	71	566	168
28	Noord Beveland	14	57	50
29	Walcheren	566	4.948	5
30	Zuid Beveland west	353	2.616	96 <sup>3</sup>
31	Zuid Beveland oost	212	424	
32	Zeeuwsch Vlaanderen	57	4.666	11
34	West-Brabant	206	773	247

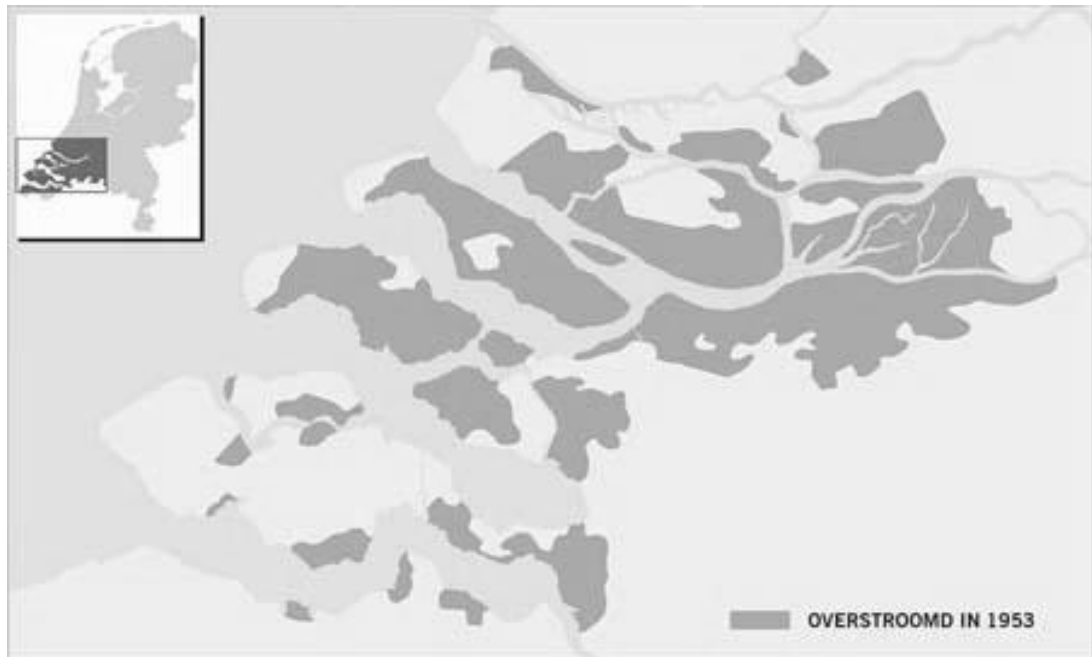
<sup>1</sup> Teruggeschaald uit schattingen van Klijn et al. (2004) aan de hand van cijfers voor bevolkingsgroei

<sup>2</sup> Bron: Delta 2003 cijfers van [www.ilankelman.org/disasterdeaths/1953DeathsNL.doc](http://www.ilankelman.org/disasterdeaths/1953DeathsNL.doc)

<sup>3</sup> Voor dijkkring 30 en 31 samen.

Met name de aantallen voor de dijkringen 25, 26, 27 en 28 zijn relevant voor deze vergelijking, omdat deze dijkringen in 1953 geheel onder water stonden, een uitgangspunt voor de schattingen van het aantal slachtoffers door Klijn et al. (2004). Voor deze vier dijkringen komen de geschatte minimum aantallen slachtoffers voor 1950 redelijk overeen met de werkelijke aantallen in 1953. Daarbij moeten we bedenken dat de relatief slechte kwaliteit van de woningen in 1953 in Zeeland heeft geleid tot verhoudingsgewijs grotere aantallen slachtoffers (Asselman, 2005). Voor de overige dijkringen ligt het werkelijke aantal slachtoffers ver beneden de maximumschattingen en – behalve voor dijkkring 34 –

zelfs beneden de minimumschattingen. Dit laatste kan worden verklaard doordat deze dijkringen in 1953 niet geheel onder water zijn gelopen (zie Figuur 5.1).



Figuur 5.1 Het overstroomde gebied in februari 1953

Rekening houdend met het bovenstaande hebben Van der Klis et al. aangenomen dat de minimumschattingen uit Klijn et al. (2004) reëler zijn dan de maximumschattingen. Dat lijkt ook bevestigd te worden door voor het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) uitgevoerde modelberekeningen voor dijkringen 7, 14 en 36 (Jonkman & Cappendijk, 2006). Voor deze drie dijkringen komen zij voor het aantal slachtoffers qua orde van grootte in de buurt van de minimumschattingen van Klijn et al. (2004).

Van der Klis et al. (2005) hebben de minimumschattingen uit Klijn et al. (2004) bijgesteld, consistent gemaakt en vervolgens afgerond, en die als 'verwachtingswaarde' beschouwd. De bijstelling betrof de te verwachten effectiviteit van preventieve evacuatie en de sterftkans bij een overstroming. Wat deze twee factoren betreft hebben van der Klis et al. (2005) gewerkt met uniforme percentages voor groepen dijkringen van vergelijkbaar karakter. Tabel 5-2 geeft een overzicht van de schattingen van de verwachte aantallen slachtoffers volgens de beide genoemde bronnen.

Tabel 5-2 Recente schattingen van aantallen getroffen en verwachte aantallen slachtoffers door overstroming per dijkkring

nr	dijkkring	maximum aantal getroffen	verwacht minimum aantal slachtoffers (Klijn et al., 2004)	verwacht maximum aantal slachtoffers (Klijn et al., 2004)	verwacht aantal slachtoffers (Van der Klis et al., 2005)
1	Schiermonnikoog	800	2	2	10
2	Ameland	3.500	20	50	20
3	Terschelling	1.800	10	40	10
4	Vlieland	300	0	0	10
5	Texel	14.000	100	460	100
6	Friesland en Groningen	1.046.400	2.500	12.300	1.000
7	Noordoostpolder	58.500	700	3.500	300
8	Flevoland	238.700	1.400	8.800	1.200
9	Vollenhove	83.000	80	700	200
10	Mastenbroek	32.200	20	170	100
11	IJsseldelta	45.400	40	90	100
12	Wieringen	20.100	500	660	100
13	Noord-Holland	949.300	300	19.000	900
14	Zuid-Holland	3.195.800	2.500	139.500	3.200
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	195.400	600	2.900	1.000
16	Alblasserwaard en Vijfh.landen	197.500	2.500	10.900	2.000
17	IJsselmonde	335.300	4.500	13.500	3.400
18	Pernis	4.400	200	270	50
19	Rozenburg	13.600	500	670	100
20	Voorne-Putten	149.900	3.100	4.800	1.500
21	Hoeksche Waard	82.900	1.200	4.800	800
22	Eiland van Dordrecht	98.200	500	3.100	1.000
23	Biesbosch	300	0	3	10
24	Land van Altena	51.100	400	1.200	500
25	Goeree-Overflakkee	46.300	500	1.500	200
26	Schouwen Duivenland	33.200	300	2.500	200
27	Tholen en St. Philipsland	22.700	100	800	100
28	Noord Beveland	6.400	20	80	20
29	Walcheren	110.500	800	7.000	600
30	Zuid Beveland west	69.900	500	3.700	300
31	Zuid Beveland oost	18.800	300	600	100
32	Zeeuwsch Vlaanderen	105.700	80	6.600	100
34	West-Brabant	215.300	400	1.500	200
35	Donge	87.400	300	700	400
36	Land van Heusden/de Maaskant	400.200	100	2.500	400
38	Bommelerwaard	45.200	4	600	50
41	Land van Maas en Waal	190.500	60	660	200
42	Ooij en Millingen	10.700	1	560	10
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	299.000	70	6.400	300
44	Kromme Rijn	592.700	20	2.200	300
45	Gelderse Vallei	247.300	90	600	100
46	Eempolder	3.500	2	10	20
47	Arnhemse- en Velpsebroek	35.200	7	280	200
48	Rijn en IJssel	186.100	50	690	200
49	IJsselland	13.600	5	330	100
50	Zutphen	39.500	10	160	200

nr	dijkring	maximum aantal getroffen	verwacht minimum aantal slachtoffers (Klijn et al., 2004)	verwacht maximum aantal slachtoffers (Klijn et al., 2004)	verwacht aantal slachtoffers (Van der Klis et al., 2005)
51	Gorssel	8.000	3	10	50
52	Oost Veluwe	85.100	20	260	100
53	Salland	185.900	30	480	200

### 5.2.2 Recente kennisontwikkeling

De kennisontwikkeling over de factoren die van invloed zijn op het verwachte aantal slachtoffers van een overstroming gaat door. Ervaringen met overstromingen in het buitenland (New Orleans) dragen daar mede aan bij. Dit leidt tot meer inzicht, waardoor de schattingen van het verwachte aantal slachtoffers van een overstroming in Nederland verbeterd kunnen worden.

Een paar factoren zijn voor het schatten van het verwachte aantal slachtoffers van een overstroming van bijzonder belang:

1. Hoe hoog het water komt (de lokale waterdiepte) en de stroomsnelheid ter plaatse.
2. De tijd die men heeft om een veilig heenkomen te zoeken of maatregelen te treffen om de kans op overlijden te beperken. De mate van voorbereid zijn en weten wat te doen in rampsituaties (zelfredzaamheid) speelt hierin ook een rol.
3. De stevigheid van de woningen en panden waarin mensen zich bevinden als het gebied onder water loopt.
4. De sterftekans onder degenen die in het overstroomde gebied zijn achtergebleven.

De verschillende factoren hangen deels met elkaar samen. Als er bijvoorbeeld niet tijdig gewaarschuwd wordt en de overstroming iedereen compleet verrast, is de sterftekans relatief hoog. Dat geldt temeer als de woningen van slechtere kwaliteit zijn waardoor de kans op instorten groter is dan bij kwalitatief betere woningen (Asselman, 2005).

### Over mortaliteit en sterftekans

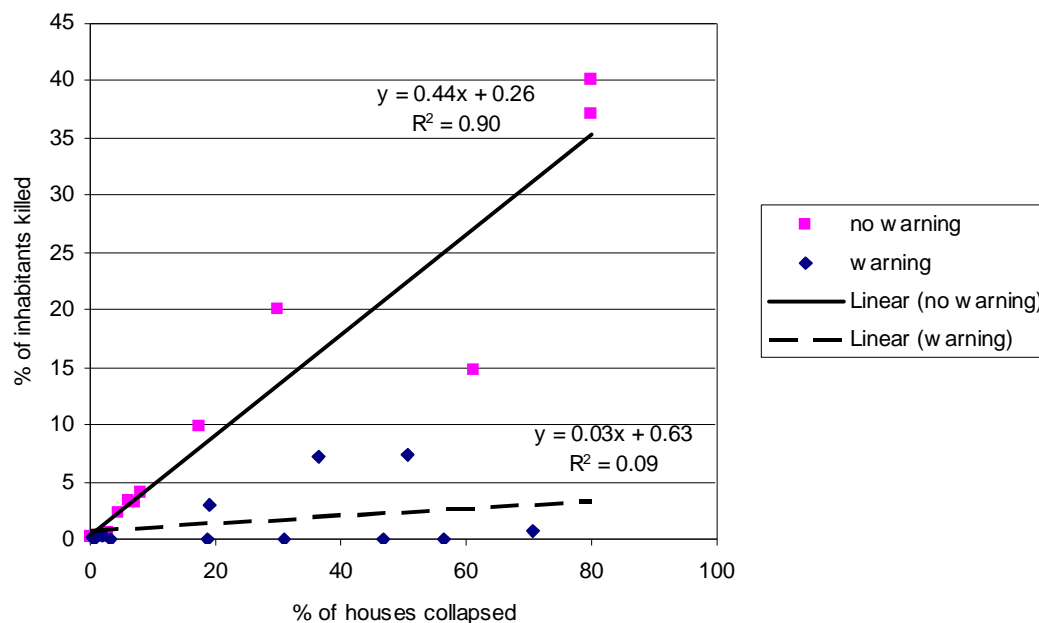
EM-DAT houdt een overzicht bij van natuurrampen en door menselijk handelen veroorzaakte rampen in de wereld en de gevolgen daarvan (zie [www.em-dat.net](http://www.em-dat.net)). De natuurrampen zijn verdeeld naar oorzaak. Overstromingen worden apart genoemd en daaruit is het aantal slachtoffers van rivieroverstromingen af te leiden. Maar voor de kust worden stormen en tsunami's apart beschouwd, terwijl die met overstromingen gepaard gaan. Dat maakt het lastiger om voor de kust een volledig overzicht te krijgen van de slachtoffers van overstromingsrampen.

Jonkman (2004) heeft de cijfers uit EM-DAT over slachtoffers nader geanalyseerd. Voor rivieroverstromingen kwam hij uit op een gemiddelde mortaliteit (als percentage slachtoffers onder de getroffen) van circa 1 %. Als 'flash floods' – die in Nederland niet voorkomen – buiten beschouwing worden gelaten, dan neemt de gemiddeld mortaliteit van rivieroverstromingen in Europa af tot circa 0,5 %, en voor Noord- en Zuid-Amerika en Azië komt deze op circa 0,3% (Jonkman, 2005). Aan de hand van een tiental overstromingen langs de kust schat Jonkman (2004) de mortaliteit bij kustoverstromingen op ongeveer 1 %.

De statistieken van EM-DAT geven mortaliteitscijfers ten opzichte van het aantal getroffen. Meestal is het aantal getroffen ongeveer gelijk aan het aantal achterblijvers, maar dat geldt niet als mensen de tijd hebben om te vluchten of wanneer er preventief geëvacueerd wordt. Dan is het aantal achterblijvers kleiner dan het aantal getroffen en dat werkt door in het verwachte aantal slachtoffers. New Orleans kan hier als voorbeeld dienen. Voorafgaand aan orkaan Katrina had New Orleans bijna 500.000 inwoners. Daarvan is 80% vertrokken voor de orkaan 'aanlandde'. Vooral de arme en meer kwetsbare mensen bleven achter (Link et al., 2006) en onder hen vielen circa 1.000 doden. Voor de achterblijvers komt de mortaliteit uit op 1 %, wat strookt met de mortaliteitscijfers voor overstromingen langs de kust.

In Nederland zijn er na 1953 geen overstromingen meer geweest met slachtoffers. Bij de watersnood in 1953 zijn in Nederland 1836 slachtoffers gevallen, waarvan 1796 direct en 40 later door de ontberingen als gevolg van de overstroming. Het aantal inwoners van de getroffen gemeenten bedroeg 468.000 (Rijksdienst voor het Nationale Plan, 1953). Voor deze bevolkingsgroep komt de mortaliteit uit op 0,4 %. Jonkman (2004) gaat uit van slechts 250.000 werkelijk getroffen in Zuidwest-Nederland en dan komt de mortaliteit uit op 0,7 %.

Uit de empirische gegevens over mortaliteit kunnen sterftekansen worden afgeleid. Zo heeft Jonkman (2004) de gegevens over aantallen slachtoffers van de watersnoodramp in 1953 gebruikt voor het vaststellen van functies voor sterftekansen. Die functies zijn onder meer gebruikt voor het berekenen van het verwachte aantal slachtoffers van overstroming van dijkeringen 7 (Noordoostpolder), 14 (Zuid-Holland) en 36 (Land van Heusden/ De Maaskant) (Jonkman & Cappendijk, 2006).



Figuur 5.2 Slachtoffers van de watersnood in 1953 als gevolg van het instorten van woningen met een onderscheid naar wel of niet gewaarschuwd zijn (overgenomen uit Asselman, 2005).

Asselman (2005) heeft nader onderzoek gedaan naar de slachtoffers van de watersnoodramp in 1953, waarbij zij meer in detail heeft gekeken naar de oorzaken van overlijden. Uit dit onderzoek bleek onder meer het volgende:

- De meeste slachtoffers zijn gevallen door het instorten van arbeidershuisjes. In Zeeland kwamen verhoudingsgewijs veel arbeidershuisjes voor. Als de mensen in 1953 kwalitatief betere woningen zouden hebben gehad, dan was het aantal slachtoffers waarschijnlijk onder de 900 gebleven.
- In Figuur 5.2 is de mortaliteit gegeven onder bewoners van huizen die zijn ingestort. Daarbij is onderscheid gemaakt naar al dan niet gewaarschuwd zijn. Een deel van de mensen werd 's nachts verrast door de eerste overstromingsgolf en had (bijna) geen tijd om een veilig heenkomen te zoeken. Anderen, die in gebieden woonden die later en overdag bij de tweede overstromingsgolf onder water liepen, hadden nog wel enige tijd om te reageren. Het instorten van de woning leidde bij de eerste groep tot een veel grotere mortaliteit dan bij de tweede groep. De tweede groep was er kennelijk in geslaagd om in de korte tijd die beschikbaar was een veilig heenkomen te vinden. Andere factoren, zoals verschillen in stroomsnelheid en stijgsnelheid van het water, kunnen hierin ook een rol hebben gespeeld. Dat is nu niet meer te achterhalen. Maar duidelijk is wel dat de waarschuwingstijd een groot effect kan hebben op de sterfttekans, ook als het maar om enkele uren gaat.

### **Over de relatie tussen waarschuwingstijd, evacuatie- vluchten, en sterfttekans**

Wat betreft de waarschuwingstijd spelen twee zaken. Ten eerste, als daar tijd voor is, kunnen mensen worden geëvacueerd danwel vluchten naar buiten de dijkkring. Ten tweede biedt zelfs een korte waarschuwingstijd de mogelijkheid om zich naar veilige plekken binnen de dijkkring – elders in het dorp of op de dijk – te begeven. Door het eerste neemt het aantal achterblijvers af en door het tweede de sterfttekans onder de achterblijvers. Een evacuatie is in dit verband beschouwd als een door de overheid 'georganiseerde' vlucht.

Het succes van evacuatie en vluchten is afhankelijk van de omstandigheden. Ten eerste moeten de mensen weten hoe te handelen gegeven de beschikbare tijd. Is het veiliger om op de bovenverdieping te blijven zitten? Is er een veilige plek in de buurt? Wat is de snelste en meest veilige vluchtweg? Ten tweede moet er voldoende tijd zijn om te evacueren of vluchten. Als er onvoldoende tijd blijkt of als het verkeer vastloopt, dan kunnen mensen in de auto verrast worden door het water. Dat kan leiden tot veel meer slachtoffers dan wanneer iedereen thuis was gebleven of snel een veilige plek had opgezocht. Ten derde is belangrijk wie er achterblijven. Als vooral kwetsbare mensen achterblijven, zoals in New Orleans (zie Link et al., 2006), dan zal de sterfttekans onder de achterblijvers groter zijn dan wanneer de overheid ervoor zorgt dat juist de kwetsbare mensen in ieder geval worden opgehaald. Als alleen gezonde en 'zelfredzame' mensen achterblijven dan kan de sterfttekans onder de achterblijvers na vluchten of evacuatie van een deel van de mensen zelfs lager zijn.

Dat alles onderstreept de belangrijkheid van goed uitvoerbare rampenplannen (logistiek van evacuatie als dat zinvol is) en van risico- en crisiscommunicatie om mensen duidelijk te maken hoe ze het beste kunnen handelen bij dreigend overstromingsgevaar.

Wat ook belangrijk is, is dat het gedrag van mensen in crisissituaties zich niet altijd zo laat sturen als vanuit het oogpunt van rampenbeheersing wenselijk is. Mensen kunnen verkiezen te vluchten terwijl ze bijvoorbeeld beter op de bovenverdieping van hun huis zouden kunnen blijven zitten. Ook kunnen mensen verkeerde vluchtwegen kiezen. Omgekeerd kunnen mensen in het bedreigde gebied er ook voor kiezen om in het gebied achter te blijven, zelfs als de overheid hen aanraadt om te vertrekken. Sommige mensen weigeren zelfs om te vertrekken als de overheid dat heeft bevolen en verbergen zich. In 1995 moesten alle mensen weg uit de Betuwe en toen zijn toch nog enkele tientallen mensen achtergebleven op een totaal van ongeveer 250.000 geëvacueerden. In New Orleans was in 2005 sprake van vrijwillige evacuatie en daar bleef ongeveer 20% van de inwoners achter. Bij een dreigende overstroming in Australië heeft zelfs 90% van de mensen een oproep tot evacuatie genegeerd (Pfister, 2002).

### 5.3 Schatting aantal slachtoffers in huidige situatie

In de voorgaande paragrafen is geschetst dat de inzichten en kennis over te verwachten aantallen slachtoffers bij overstromingen de laatste jaren zijn toegenomen. Kennis over de werkelijke aantallen slachtoffers uit empirische gegevens over overstromingen (Jonkman, 2004), ervaringen met schattingen vooraf en werkelijke aantallen slachtoffers in New Orleans, en de beschikbaarheid van een veel groter aantal simulaties van het overstromingsverloop in verscheidene dijkringen in Nederland zijn aanleiding om de eerdere schattingen – wederom – bij te stellen. Daarbij is gestreefd naar zo groot mogelijke consistentie van benadering en reproduceerbaarheid van de schattingen.

#### 5.3.1 Werkwijze

De schatting van het aantal mogelijke slachtoffers in de huidige situatie vindt plaats per dijkkring. De schatting van het aantal mogelijke slachtoffers loopt langs de volgende lijnen:

1. Schatten van het maximum aantal getroffen en per dijkkring.
2. Schatten van het aantal getroffen naar rato van de grootte van het gebied dat onder water loopt (percentage van maximaal aantal getroffen).
3. Schatten van het aantal achterblijvers (percentage van aantal getroffen).
4. Schatten van de sterfttekans onder de achterblijvers (percentage).

##### *Ad 1 Maximum aantal getroffen*

Het maximum aantal getroffen komt overeen met het aantal inwoners dat in het gebied woont dat maximaal onder water kan lopen. Sommige dijkringen kunnen geheel onder water lopen, maar veel dijkringen hebben hoger gelegen delen die altijd droog blijven. De inwoners van die hooggelegen delen tellen niet mee en daarom is het maximum aantal getroffen veelal kleiner dan het aantal inwoners van een dijkkring. Cijfers over het maximum aantal getroffen zijn ontleend aan Klijn et al. (2004) (zie Tabel 5-2).



**Ad 2 Bandbreedte in aantal getroffen: overstromingsverloop**

Voor veel dijkringen zijn overstromingssimulaties uitgevoerd. Daaruit blijkt dat sommige dijkringen, zoals Centraal Holland, altijd maar gedeeltelijk onder water lopen. Mede aan de hand van de kennis die is opgedaan met deze simulaties kan van andere dijkringen geschat worden welk percentage van het grondgebied onder water loopt. Klijn et al (2004) beschrijven dit per dijkkring. Deze informatie is hier gebruikt om per dijkkring een bandbreedte te schatten voor het aantal getroffen (als percentage van het maximaal aantal getroffen). Daarbij is een ondergrens van 5% aangehouden.

**Ad 3 Achterblijvers**

Of evacuatie danwel vluchten uit een gebied dat dreigt te overstromen mogelijk is, hangt onder meer af van tijdige waarschuwing van de bevolking (de beschikbare tijd om weg te komen), de ligging van het gebied, de beschikbare infrastructuur, de logistieke organisatie en het gedrag van bewoners in het gebied. Aan de hand van gebiedskarakteristieken is per dijkkring een bandbreedte van het waarschijnlijke percentage achterblijvers bepaald.

**Ad 4 Sterftkans onder achterblijvers**

De sterftkans onder de achterblijvers is afhankelijk van de lokale condities (waterdiepte, stroomsnelheid, stevigheid woningen, etc.), de groepsamenstelling van de achterblijvers (arme en kwetsbare mensen of juist niet) en daarmee samenhangend de mate van zelfredzaamheid.

Bij het schatten van de sterftkans moet rekening worden gehouden met de mate waarin evacuatie en vluchten effectief kunnen verlopen. Door gehaast (korte waarschuwingstijd) en ongecoördineerd vluchtgedrag kan de sterftkans toenemen. Als de rampenplannen daarentegen op orde zijn en de bevolking weet hoe te handelen in noodsituaties dan neemt de kans op grote aantallen slachtoffers af. Daarbij is het ook van belang dat de meest kwetsbare mensen (zieken, bejaarden, etc.) ook tijdig in veiligheid worden gebracht.

Als bovengrens voor de sterftkans is 1 % aangehouden. Die bovengrens moet in dit verband als conservatief (aan de hoge kant) worden gezien (zie ook paragraaf 5.2.2). Bij de watersnoodramp in 1953 kwam de gemiddelde mortaliteit al onder de 1 % uit en sindsdien is de kwaliteit van de woningen aanmerkelijk verbeterd, waardoor de kans op instorten van woningen is afgenomen. Ook is er nu op het gebied van communicatie en transport veel meer mogelijk dan in 1953. De bovengrens van 1 % komt overeen met de mortaliteit bij de overstroming in New Orleans waar vooral de arme en meer kwetsbare mensen achterbleven (zie Link et al., 2006). Bij het mortaliteitscijfer voor New Orleans moet bovendien de kanttekening worden gemaakt dat ook slachtoffers zijn gevallen door de orkaan zelf.

De groepsamenstelling van de achterblijvers is vooraf niet met zekerheid vast te stellen. Er mag verwacht worden dat naarmate er meer tijd beschikbaar is en de ramp meer bedreigend wordt, vooral de niet-kwetsbare en zelfredzame mensen achterblijven en dat die mensen bovendien relatief veilige plekken binnen de dijkkring zullen opzoeken. Dat betekent dat de sterftkans onder de achterblijvers kleiner wordt. Als ondergrens is een sterftkans van 0,1 % onder de achterblijvers aangenomen.

Als verwachtingswaarde voor de sterftkans is gerekend met 0,3 %, een waarde die onder het midden van de onder- en bovengrens ligt. Dat is ingegeven door de mortaliteitscijfers

van de watersnoodramp in 1953 en de vertaling daarvan naar de huidige situatie en de gemiddelde mortaliteitscijfers voor rivieroverstromingen in Europa en elders (zie paragraaf 5.2.2). Bovendien is de kansverdeling naar verwachting scheef.

Het aantal slachtoffers per dijkkring is hierna als volgt geschat:

- De dijkringen zijn in verschillende groepen ingedeeld op grond van de gebiedskarakteristieken (diepte, grootte, mogelijkheid om te evacueren en/of weg te vluchten), en de waarschuwingstijd (zie Tabel 5-3). Vervolgens zijn voor elke groep schattingen gedaan van:
  - de bandbreedte van het aantal getroffen en als percentage van het maximum aantal,
  - de bandbreedte van het aantal achterblijvers als percentage van de getroffen en,
  - de bandbreedte voor de sterftkans onder de achterblijvers.
- Het verwachte aantal slachtoffers is daarna berekend door het maximum aantal getroffen en te vermenigvuldigen met het percentage getroffen en, vervolgens met het percentage achterblijvers en daarna met de sterftkans. De minimumwaarde is berekend uit de ondergrenzen, de maximumwaarde uit de bovengrenzen, en de verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers uit het midden van de bandbreedtes of de verwachtingswaarde daarbinnen.

Tabel 5-3 Bandbreedte in factoren die van invloed zijn op het aantal mogelijke slachtoffers

groep dijkringen	onder water (%)	achterblijvers (%)	sterftkans (%)	karakteristieken
Waddeneilanden (nr. 1 t/m 5)	100	10 - 50	0,1 – 1,0	- waarschuwingstijd is relatief kort - mensen kunnen snel een veilig heenkomen zoeken in het nabij gelegen duingebied
grote dijkringen (nr. 6, 13 en 14)	5 – 30	20 - 40	0,1 – 1,0	- een deel van de dijkkring loopt onder water, volgens Jonkman en Cappendijk (2006) is het aantal getroffen en in dijkkring 14 maximaal circa 1 miljoen (circa 30% van het maximaal aantal getroffen en volgens Klijn et al. (2004) - bij overstroming vanuit zee is de waarschuwingstijd relatief kort, bij overstroming vanuit het IJsselmeer of rivieren langer - verspreiding van het water over de gehele dijkkring gaat relatief langzaam → dat biedt mogelijkheden om weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
dijkringen langs meer (nr. 7, 12)	95 - 100	10 – 40	0,1 – 1,0	- voldoende waarschuwingstijd voor een veilig heenkomen van een groot deel van de mensen
dijkkring langs meer met compartimentering (nr. 8)	50 - 100	10 - 40	0,1 – 1,0	- voldoende waarschuwingstijd voor een veilig heenkomen van een groot deel van de mensen - compartimentering langs Knardijk
diepe kleinere dijkringen (nr. 17, 18, 19, 22, 46)	100	10 - 40	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd → dat biedt mogelijkheden om weg te komen uit meest risicovolle plaatsen - uit kleine dijkringen kan men relatief snel weggelopen
dijkringen langs de kust (nr. 20, 25, 26, 28, 29, 30, 31)	50 – 100	25 - 75	0,1 – 1,0	- relatief korte waarschuwingstijd - enige 'compartimentering' waardoor verspreiding van water wordt afgeremd en niet altijd de gehele dijkkring onder water loopt (vergelijk 1953)
Zeeuws-Vlaanderen (nr. 32)	5 – 20	25 – 75	0,1 – 1,0	- relatief korte waarschuwingstijd - door aanwezigheid van secundaire waterkeringen loopt slechts een deel van het gebied onder water (vergelijk 1953)
dijkringen langs Rijn, Waal en Maas (nr. 38, 42)	100	1 – 20	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - voldoende tijd om weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
grote dijkkring langs	5 – 50	1 – 20	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd

groep dijkringen	onder water (%)	achterblijvers (%)	sterftekans (%)	kenmerken
Maas (nr. 36)				- hellend verloop en enige 'compartimentering' waardoor verspreiding van water wordt afgeremd - afhankelijk van de doorbraaklocatie loopt een meer of minder groot gebied onder water, volgens Jonkman en Cappendijk (2006) is het aantal getroffen maximaal circa 180.000 miljoen (circa 45% van het maximaal aantal getroffen volgens Klijn et al. (2004) en ligt het minimum onder de 4.000 (circa 1% van het maximaal aantal getroffen) - voldoende tijd om weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
grote dijkringen langs Waal en Maas (nr. 41)	90 – 100	1 – 20	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - hellend verloop en enige 'compartimentering' waardoor verspreiding van water wordt afgeremd - als overstroming vanuit westen plaatsvindt loopt niet de gehele dijkkring onder water - voldoende tijd om weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
grote dijkringen langs Rijn en Waal (nr. 43)	70 – 100	1 – 20	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - hellend verloop en enige 'compartimentering' waardoor verspreiding van water wordt afgeremd - als overstroming vanuit westen plaatsvindt loopt niet de gehele dijkkring onder water - voldoende tijd om weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
langgerekte dijkkring langs Lek (nr. 44)	10 – 30	10 - 30	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - meeste stedelijk gebied loopt niet onder water - smalle dijkkring → dat biedt mogelijkheden om relatief snel weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
langgerekte dijkkring langs Lek (nr. 45)	80 - 100	10 - 30	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - enige compartimentering' en daardoor wordt de verspreiding van water (in de lengterichting) afgeremd - dijkkring loopt niet geheel onder water - smalle dijkkring → dat biedt mogelijkheden om relatief snel weg te komen uit meest risicovolle plaatsen
dijkringen langs benedenrivieren (nr. 16, 23, 24, 35)	100	10 - 30	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - enige compartimentering waardoor verspreiding van water wordt afgeremd - vanwege ligging van dijkkring is weggelaten uit dijkkring logistiek lastig
dijkkring langs benedenrivieren (nr. 15)	80 – 100	10 - 30	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - enige compartimentering waardoor verspreiding van water wordt afgeremd - als overstroming vanuit westen plaatsvindt loopt niet de gehele dijkkring onder water - vanwege ligging van dijkkring is weggelaten uit dijkkring logistiek lastig
dijkringen langs benedenrivieren (nr. 21, 27, 34)	50 – 100	10 - 30	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - compartimentering waardoor niet altijd gehele dijkkring onder loopt - vanwege ligging van dijkkring is weggelaten uit dijkkring logistiek lastig
dijkringen langs IJssel en IJsseldelta (nr. 11, 47)	100	1 - 10	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - heenkomen naar hogere gronden is relatief gemakkelijk
dijkringen langs IJssel en IJsseldelta (nr. 9, 10, 48, 49, 50, 51, 52, 53)	50 – 100	1 - 10	0,1 – 1,0	- relatief lange waarschuwingstijd - vanwege reliëf (oplopende oevers) loopt niet altijd gehele dijkkring onder water - vanwege reliëf van IJsseldal is heenkomen naar hogere gronden gemakkelijk

### 5.3.2 Resultaten en discussie: verwacht aantal slachtoffers per dijkkring

De hierboven beschreven werkwijze levert een bandbreedte op voor het verwachte aantal slachtoffers per dijkkring. De bandbreedte is groot. Dat komt doordat ten eerste voor veel dijkkringen verschillende overstromingsscenario's mogelijk zijn en ten tweede de onzekerheidsmarges in de bepalende factoren groot zijn. Tabel 5-4 geeft een overzicht van de resultaten die de gevolgde werkwijze oplevert.

Het zou aardig zijn als we de cijfers uit Tabel 5-4 zouden kunnen verifiëren, al is het maar qua orde van grootte. Maar daarvoor ontbreken de empirische cijfers. Voor Nederland zijn alleen cijfers beschikbaar van de watersnood in 1953, maar de omstandigheden waren toen duidelijk anders dan nu. Als we daar rekening mee houden kunnen we voor de dijkkringen 25, 26, 27 en 28 een – enigszins arbitraire – vertaalslag maken. De bevolking in Zeeland en Zuid-Holland is sinds 1950 gegroeid met ruim 40 %. Verder is de kwaliteit van de woningen sinds 1953 sterk verbeterd, waardoor het verwachte aantal slachtoffers waarschijnlijk de helft minder is. Als er verder geen sprake is van veranderingen dan betekent dit een verwacht aantal slachtoffers in de huidige situatie van 70 % van het aantal in 1953. Maar verder moeten we er rekening mee houden dat er nu sprake is van een langere waarschuwingstijd – die was er in 1953 niet of nauwelijks – waardoor het verwachte aantal slachtoffers nog eens lager wordt (zie ook paragraaf 5.2.2). Ook zijn de communicatie- en transportmogelijkheden sterk verbeterd vergeleken met 1953. Zo beschouwd komen de in Tabel 5-4 berekende waarden voor het verwachte aantal slachtoffers qua orde van grootte overeen met de historische waarden van 1953.

De schattingen in Tabel 5-4 zijn beduidend lager dan de eerdere schattingen van Klijn et al. (2004) en van Van der Klis et al. (2005). Hierbij wordt opgemerkt dat voorafgaand aan de orkaan Katrina het dodental van een dergelijke ramp geschat werd op 60.000 of meer (Reichhart, 2005), dus vele malen groter dan het uiteindelijke aantal van circa 1.000 in New Orleans en minder dan 2.000 totaal. Verklaringen hiervoor liggen deels op het psychologische vlak: niemand wil er achteraf van beschuldigd worden het te verwachten aantal slachtoffers te laag te hebben geschat waardoor preventie te weinig aandacht zou krijgen. Daarom blijft men bij voorkeur aan de veilige (hoge) kant met schattingen.

Voor het project Veiligheid Nederland in Kaart (VNK) zijn drie dijkkringen in detail bestudeerd.

Tabel 5-5 geeft de aantallen slachtoffers die zijn berekend in het kader van VNK vergeleken met die uit Tabel 5-4. Het blijkt dat de schattingen in dezelfde orde van grootte liggen. De in dit project geschatte verwachtingswaarden liggen in het lagere bereik van VNK.

De onzekerheid in de schattingen van het verwachte aantal slachtoffers is groot. In dit verband is ook rampbeheersing belangrijk. Als er goed uitvoerbare rampenplannen liggen en als mensen goed weten wat ze moeten doen bij een dreigende overstroming, dan kan het aantal slachtoffers beperkt blijven. Juist over de adequaatheid van rampenplannen en hun uitvoering is de onzekerheid groot.

Tabel 5-4 Schattingen van het verwachte aantal slachtoffers door een overstroming per dijkkring

nr	dijkkring	maximum aantal getroffen	deel onder water (%)	achter- blijvers (%)	sterfte- kans (%)	schatting		
						min	verwacht	max.
1	Schiermonnikoog	800	100	10-50	0,1-1,0	0	<b>1</b>	4
2	Ameland	3.500	100	10-50	0,1-1,0	0	<b>3</b>	18
3	Terschelling	1.800	100	10-50	0,1-1,0	0	<b>2</b>	9
4	Vlieland	300	100	10-50	0,1-1,0	0	<b>0</b>	2
5	Texel	14.000	100	10-50	0,1-1,0	1	<b>13</b>	70
6	Friesland en Groningen	1.046.400	5-30	20-40	0,1-1,0	10	<b>165</b>	1.256
7	Noordoostpolder	58.500	95-100	10-40	0,1-1,0	6	<b>43</b>	234
8	Flevoland	238.700	50-100	10-40	0,1-1,0	12	<b>134</b>	955
9	Vollenhove	83.000	50-100	1-10	0,1-1,0	0	<b>10</b>	83
10	Mastenbroek	32.200	50-100	1-10	0,1-1,0	0	<b>4</b>	32
11	IJsseldelta	45.400	100	1-10	0,1-1,0	0	<b>7</b>	45
12	Wieringen	20.100	95-100	10-40	0,1-1,0	2	<b>15</b>	80
13	Noord-Holland	949.300	5-30	20-40	0,1-1,0	9	<b>150</b>	1.139
14	Zuid-Holland	3.195.800	5-30	20-40	0,1-1,0	32	<b>503</b>	3.835
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	195.400	80-100	10-30	0,1-1,0	16	<b>106</b>	586
16	Alblasserwaard en Vijfth.landen	197.500	100	10-30	0,1-1,0	20	<b>119</b>	593
17	IJsselmonde	335.300	100	10-40	0,1-1,0	34	<b>251</b>	1.341
18	Pernis	4.400	100	10-40	0,1-1,0	0	<b>3</b>	18
19	Rozenburg	13.600	100	10-40	0,1-1,0	1	<b>10</b>	54
20	Voorne-Putten	149.900	50-100	25-75	0,1-1,0	19	<b>169</b>	1.124
21	Hoeksche Waard	82.900	50-100	10-30	0,1-1,0	4	<b>37</b>	249
22	Eiland van Dordrecht	98.200	100	10-40	0,1-1,0	10	<b>74</b>	393
23	Biesbosch	300	100	10-30	0,1-1,0	0	<b>0</b>	1
24	Land van Altena	51.100	100	10-30	0,1-1,0	5	<b>31</b>	153
25	Goeree-Overflakkee	46.300	50-100	25-75	0,1-1,0	6	<b>52</b>	347
26	Schouwen Duiveland	33.200	50-100	25-75	0,1-1,0	4	<b>37</b>	249
27	Tholen en St. Philipsland	22.700	50-100	10-30	0,1-1,0	1	<b>10</b>	68
28	Noord Beveland	6.400	50-100	25-75	0,1-1,0	1	<b>7</b>	48
29	Walcheren	110.500	50-100	25-75	0,1-1,0	14	<b>124</b>	829
30	Zuid Beveland west	69.900	50-100	25-75	0,1-1,0	9	<b>79</b>	524
31	Zuid Beveland oost	18.800	50-100	25-75	0,1-1,0	2	<b>21</b>	141
32	Zeeuwsch Vlaanderen	105.700	5-20	25-75	0,1-1,0	1	<b>20</b>	159
34	West-Brabant	215.300	50-100	10-30	0,1-1,0	11	<b>97</b>	646
35	Donge	87.400	100	10-30	0,1-1,0	9	<b>52</b>	262
36	Land van Heusden/de Maaskant	400.200	5-50	1-20	0,1-1,0	0	<b>35</b>	400
38	Bommelerwaard	45.200	100	1-20	0,1-1,0	0	<b>14</b>	90
41	Land van Maas en Waal	190.500	90-100	1-20	0,1-1,0	2	<b>57</b>	381
42	Ooij en Millingen	10.700	100	1-20	0,1-1,0	0	<b>3</b>	21
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	299.000	70-100	1-20	0,1-1,0	2	<b>80</b>	598
44	Kromme Rijn	592.700	10-30	10-30	0,1-1,0	6	<b>71</b>	533
45	Gelderse Vallei	247.300	80-100	10-30	0,1-1,0	20	<b>134</b>	742
46	Eempolder	3.500	100	10-40	0,1-1,0	0	<b>3</b>	14
47	Arnhemse- en Velpsebroek	35.200	100	1-10	0,1-1,0	0	<b>6</b>	35
48	Rijn en IJssel	186.100	50-100	1-20	0,1-1,0	1	<b>44</b>	372
49	IJsselland	13.600	50-100	1-10	0,1-1,0	0	<b>2</b>	14
50	Zutphen	39.500	50-100	1-10	0,1-1,0	0	<b>5</b>	40
51	Gorssel	8.000	50-100	1-10	0,1-1,0	0	<b>1</b>	8
52	Oost Veluwe	85.100	50-100	1-10	0,1-1,0	0	<b>11</b>	85

nr	dijkkring	maximum aantal getroffen	deel onder water (%)	achter- blijvers (%)	sterfte- kans (%)	schatting		
						min	verwacht	max.
53	Salland	185.900	50-100	1-10	0,1-1,0	1	23	186

Tabel 5-5 Vergelijking van hier gemaakte schattingen met die uit Veiligheid Nederland in Kaart

Dijkkring	Veiligheid Nederland in Kaart <sup>1</sup>		dit project		
	laag	hoog	laag	verwachting	hoog
Noordoostpolder (dijkkring 7)	2 - 260	1.200	6	43	234
Zuid-Holland (dijkkring 14)	150 – 5.200	6.100	32	503	3.835
Land van Heusden/ de Maaskant (dijkkring 36)	1 - 40	800	0	35	400

<sup>1</sup> naar Jonkman & Cappendijk, 2006

### 5.3.3 Verwacht aantal slachtoffers bij een grote overstromingsramp

Bij een grote overstromingsramp kan meer dan één dijkkring betrokken zijn. Het verwachte aantal slachtoffers is dan groter. Voor het bepalen van de omvang van een grote overstromingsramp is het daarom niet voldoende om naar afzonderlijke dijkring te kijken, maar moeten we ook het grotere geheel in samenhang beschouwen. Dan gaat het om eventuele systeemwerking en de mogelijkheid dat verschillende dijkringen bij één gebeurtenis onder water lopen. Systeemwerking kan twee kanten uitwerken:

- Water kan achterlangs van de ene dijkkring naar de andere lopen. Daardoor neemt het aantal slachtoffers toe bij een gelijkblijvende kans op overstroming van deze ene dijkkring.
- Als een dijkkring langs een rivier onder water loopt, dan neemt de waterstand in de rivier af. Daardoor wordt de kans op overstroming van benedenstrooms gelegen dijkringen en dijkringen aan de andere kant van de rivier kleiner.

Het gelijktijdig onder water lopen van verschillende dijkringen speelt vooral langs de kust (vergelijk de situatie in 1953). Als dat gebeurt neemt het aantal slachtoffers toe bij een gelijkblijvende kans.

Om meer inzicht te krijgen in wat het bovenstaande betekent, worden drie overstromingsrampen beschouwd:

1. Een 'maximale' overstromingsramp langs de rivieren. Verschillende rampscenario's zijn hiervoor mogelijk, waarbij verschillende dijkringen onder water lopen. Het verwachte aantal slachtoffers is circa 1.000.
2. Een overstromingsramp zoals in 1953. Het verwachte aantal slachtoffers voor de huidige situatie wordt geschat op 70 % van het aantal in 1953 en komt uit op circa 1.300.
3. Een 'maximale' overstromingsramp langs de kust. Aangenomen wordt dat Noord- en Zuid-Holland (dijkringen 13 en 14) gelijktijdig onder water lopen. Het verwachte aantal slachtoffers is circa 5.000.

## 5.4 Schatting aantal slachtoffers in de toekomst

### 5.4.1 Relevante veranderingen

In de toekomst zal het verwachte aantal slachtoffers van een overstroming in dijkringen kunnen veranderen door:

- (verandering van) de bevolkingsomvang in de dijkkring;
- nieuwbouw (woonhuizen en bedrijfspanden) en de ligging daarvan binnen de dijkkring;
- (verandering in) het overstromingsverloop (snelheid van onder water lopen, stijgsnelheid, uiteindelijke diepte) in de dijkkring; en
- (verandering van) het gedrag van burgers en bedrijven bij een dreigende overstroming.

#### *Bevolkingsomvang*

Het Milieu en Natuur Planbureau (MNP) heeft projecties gemaakt van het landgebruik in de toekomst, uitgaande van ongewijzigd beleid (autonome ontwikkeling) en voor de verschillende strategische beleidsalternatieven met ruimtelijke ordeningsmaatregelen (zie hoofdstuk 3). Tevens heeft het MNP gegevens verstrekt over het aantal inwoners per ha per landgebruiksklasse (legenda-eenheid van de kaarten) in de verschillende zichtjaren (Tabel 5-6). Hiermee is de omvang van de bevolking in de dijkringen in de toekomst bepaald.

Tabel 5-6 Bevolking per ha per landgebruiksklasse voor verschillende jaren (Bron: MNP)

Klasse van landgebruik/ legenda-eenheid	ca 2002	2010	2020	2040
Wonen in centrum van steden en wijken net buiten en op enige afstand van het centrum met grote woondichtheid	71.2	69.4	66.7	62.6
Wonen in groen-stedelijke gebieden met een minder grote woondichtheid	37.8	37.5	36.3	34.5
Wonen in dorpen en landelijk gebied met verspreide bebouwing met een lage woondichtheid en weinig voorzieningen	55.3	53.0	50.3	47.1

#### *Nieuwbouw*

Uit de landgebruikskaarten valt af te leiden waar binnen de dijkringen de nieuwe woningbouwlocaties liggen. Vooral als nieuwbouw plaatsvindt op laaggelegen plekken zal het aantal mogelijke slachtoffers van een overstroming kunnen toenemen.

#### *Overstromingsverloop*

Door klimaatverandering neemt de hoogwaterafvoer van rivieren toe en stijgt de zeespiegel. Hogere buitenwaterstanden kunnen leiden tot grotere waterdieptes in en een grotere omvang van het overstroomde gebied. Dit kan leiden tot grotere schades en grotere aantallen slachtoffers (in het geval van een dijkdoorbraak). Omdat de toename van de hoogwaterpeilen tot 2040 relatief beperkt is, zal dit effect ook gering zijn; het wordt hier verwaarloosd.

#### *Zelfredzaamheid van burgers en evacuatie*

Naarmate de rampenbeheersing beter geregeld is, de burgers en bedrijven beter weten wat te doen bij een dreigende overstroming, en ook de evacuatie van kwetsbare mensen goed is geregeld, neemt de kans op slachtoffers af. Dit valt echter niet onder de noemer ruimtelijke ordeningsmaatregelen. Meenemen van dit aspect zou de analyse van wat met ruimtelijke

ordening kan worden bereikt op het vlak van het slachtofferrisico verstoren. Daarom is deze factor buiten beschouwing gelaten.

## 5.4.2 Werkwijze

Aangenomen is dat het overstromingsverloop niet verandert. En evenmin is rekening gehouden met verbetering en/of optimalisering van de rampenbeheersing. Dan blijven er nog twee te beschouwen factoren over: verandering van de omvang van de bevolking en verandering van het ruimtegebruik (vooral nieuwbouw). Deze twee factoren zijn samengenomen in een 'ontwikkelingsfactor' voor het aantal slachtoffers, die als volgt is bepaald.

Voor het schatten van het aantal slachtoffers is een slachtofferfunctie uit het HIS-schade- en slachtoffermodel (Kok et al., 2005) gebruikt. Het HIS geeft functies voor gebieden waar slachtoffers met name vallen door hoge stroomsnelheden, functies voor gebieden met hoge stijgsnelheden, en een functie voor overige gebieden. Die laatste functie is hier gebruikt, want in het overgrote deel van de dijkringen zijn geen hoge stroom- en stijgsnelheden te verwachten. Bovendien zijn hoge stroom- en stijgsnelheden sterk afhankelijk van de plaats van doorbraak en zijn gedetailleerde overstromingssimulaties nodig om hier iets over te zeggen. De gebruikte functie luidt:

$$\text{Sterftekans} = 0.00134 * e^{(0.59 * \text{diepte})}$$

Met deze formule zijn de slachtoffers bepaald voor zowel de huidige situatie (ergens tussen 2000 en 2005) als voor toekomstige situaties, om aldus een factor vast te stellen die de verandering van het aantal slachtoffers weergeeft. Voor deze stap is als invoer de landgebruikskaart gebruikt die hoort bij de betreffende situatie, alsmede de waterdieptekaart van de Dienst Weg- en Waterbouw (DWW) van Rijkswaterstaat. De waterdiepte op deze kaart komt overeen met een waterstand gelijk aan de hoogte van de laagste dijk. Uit de landgebruikskaart is afgeleid hoeveel mensen er in een dijkkring wonen en waar ze wonen. Daarvoor is gebruik gemaakt van de gegevens uit Tabel 5-6. Het resultaat is een kaart met het denkbare aantal slachtoffers als niet wordt geëvacueerd, noch gevluht.

Om te testen of en in welke mate de aldus verkregen schattingen afwijken van de schattingen uit paragraaf 5.3.2, zijn deze met elkaar vergeleken. De resultaten verkregen met de slachtofferfunctie voor de huidige situatie zijn hiertoe vermenigvuldigd met:

- de correctiefactor die afgeleid is uit de DWW-dieptekaart voor de schades;
- het percentage mensen dat geëvacueerd is.

Het resultaat komt dan redelijk overeen met de schattingen uit paragraaf 5.3.2.

De factoren die de ontwikkeling van het aantal mogelijke slachtoffers beschrijven voor de ruimtelijk autonome ontwikkeling en de beleidsopties zijn weergegeven in Tabel 5-7. In deze tabel zijn dijkringen, waar in de huidige situatie geen slachtoffers worden verwacht, weggelaten (zie Tabel 5-4). Dat zijn dijkkring 4 (Vlieland) en dijkkring 23 (Biesbosch).

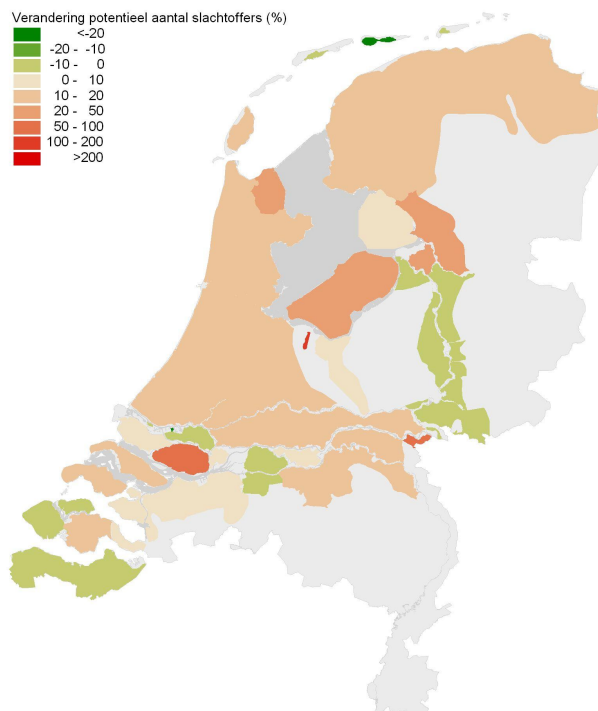


Tabel 5-7 Ontwikkelingsfactoren voor het verwachte aantal slachtoffers per dijkkring in toekomstige situaties ten opzichte van de huidige situatie

nr	dijkkring	trend 2020	trend 2040	bescher- men 2040	ruimte voor water 2040	terugtrek- ken 2040
1	Schiermonnikoog	0.91	0.86	0.86	0.86	0.86
2	Ameland	0.82	0.78	0.78	0.78	0.80
3	Terschelling	0.93	0.88	0.88	0.88	0.88
5	Texel	1.22	1.15	1.15	1.02	0.94
6	Friesland en Groningen	1.12	1.12	1.12	1.11	0.99
7	Noordoostpolder	0.98	1.07	1.07	0.92	0.92
8	Flevoland	1.30	1.40	1.40	1.38	1.10
9	Vollenhove	1.22	1.42	1.42	1.14	0.98
10	Mastenbroek	1.29	1.32	1.32	1.24	1.16
11	IJsseldelta	0.99	1.03	1.03	1.03	0.90
12	Wieringen	1.34	1.38	1.38	1.92	1.20
13	Noord-Holland	1.08	1.16	1.16	1.07	0.94
14	Zuid-Holland	1.14	1.20	1.20	1.22	1.00
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1.16	1.17	1.17	1.22	1.03
16	Alblasserwaard en Vijfth.landen	0.99	1.11	1.11	1.33	0.91
17	IJsselmonde	1.00	1.00	1.00	0.93	0.92
18	Pernis	0.84	0.82	0.82	0.82	0.82
19	Rozenburg	0.96	0.96	0.96	0.95	0.96
20	Voorne-Putten	1.06	1.08	1.08	0.94	0.95
21	Hoeksche Waard	1.21	1.51	1.51	1.02	1.03
22	Eiland van Dordrecht	1.06	1.02	1.02	0.92	0.93
24	Land van Altena	0.95	0.96	0.96	1.06	0.92
25	Goeree-Overflakkee	1.04	1.19	1.19	0.96	0.96
26	Schouwen Duivenland	1.11	1.11	1.11	1.00	0.97
27	Tholen en St. Philipsland	1.03	1.13	1.13	1.07	0.92
28	Noord Beveland	1.02	0.96	0.96	0.87	0.87
29	Walcheren	1.01	0.97	0.97	0.97	0.94
30	Zuid Beveland west	1.17	1.16	1.16	1.15	0.99
31	Zuid Beveland oost	1.06	1.11	1.11	1.03	0.95
32	Zeeuwsch Vlaanderen	1.04	1.01	1.01	0.97	0.94
34	West-Brabant	1.03	1.05	1.05	0.94	0.94
35	Donge	0.96	0.94	0.94	0.94	0.90
36	Land van Heusden/de Maaskant	1.13	1.16	1.16	1.14	0.98
38	Bommelerwaard	1.06	1.06	1.06	0.94	0.94
41	Land van Maas en Waal	1.13	1.16	1.16	0.98	0.98
42	Ooij en Millingen	1.44	1.63	1.63	0.88	0.88
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	1.10	1.15	1.15	0.97	0.97
44	Kromme Rijn	1.09	1.16	1.16	1.13	0.94
45	Gelderse Vallei	1.02	1.03	1.03	1.00	0.93
46	Eempolder	2.79	2.71	2.71	2.95	1.59
47	Arnhemse- en Velpsebroek	1.01	0.96	0.96	0.97	0.87
48	Rijn en IJssel	0.97	0.98	0.98	0.90	0.90
49	IJsselland	1.08	1.09	1.09	0.92	0.92
50	Zutphen	0.95	0.91	0.91	0.91	0.90
51	Gorssel	0.99	1.06	1.06	0.88	0.88
52	Oost Veluwe	0.95	0.99	0.99	0.89	0.89
53	Salland	1.03	0.99	0.99	0.90	0.90

De factoren voor beleidsalternatief beschermen zijn gelijk aan die voor de autonomen ruimtelijk ontwikkeling (trend) in 2040. Bij beleidsalternatief terugtrekken vindt nieuwbouw na 2010 alleen nog plaats buiten de overstromingsgevoelige gebieden. Dat betekent dat het verwachte aantal slachtoffers na 2010 afneemt in evenredigheid met de afname van de bevolkingsdichtheid per klasse van landgebruik (Tabel 5-6).

Voor de meeste dijkringen blijft bij autonome ontwikkeling de toename van het verwachte aantal slachtoffers in de toekomst beperkt tot 10 á 20 % meer (Figuur 5.3 ). Bij enkele dijkringen is dat significant meer. Zo is in Flevoland (dijkring 8) en de Hoeksche Waard (dijkring 21) veel nieuwbouw voorzien. Dat komt tot uitdrukking in een verwachte groei van het aantal mogelijke slachtoffers met 40 tot 50 %. Voor enkele kleine dijkringen met weinig inwoners is de procentuele verandering ook bovengemiddeld, maar het absoluut aantal slachtoffers nog steeds klein. Dat speelt bij Vollenhove (dijkring 9), Mastenbroek (dijkring 10), Wieringen (dijkring 12), en de Eempolder (dijkring 46).



Figuur 5.3 Verandering van het verwachte aantal slachtoffers bij autonome ruimtelijke ontwikkeling (trend), tussen nu en 2040.

Bij het beleidsalternatief ‘ruimte voor water/leven met water’ vindt compartimentering plaats van enkele dijkringen. De schatting van het aantal mogelijke slachtoffers moet dan ook per compartiment geschieden om latere risicoberekening mogelijk te maken; de overstromingskans per compartiment verschilt immers. Daarbij is uitgegaan van de volgende aannamen:

- Flevoland: tweederde van het aantal mogelijke slachtoffers woont in Zuid-Flevoland (kleine overstromingskans) en eenderde in Oost-Flevoland (grotere overstromingskans).
- Voorne-Putten, Land van Heusden/ de Maaskant en Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden: elk compartiment herbergt de helft van het verwachte aantal slachtoffers.
- Rijn en IJssel: 95 % van het verwachte aantal slachtoffers woont in het compartiment met de kleinste overstromingskans en 5 % in het Rijnstrangengebied.

### 5.4.3 Resultaten: verwachte aantallen slachtoffers per dijkkring

Met de factoren uit Tabel 5-7 is het verwachte aantal slachtoffers berekend in *toekomstige* situaties. Daartoe zijn de schattingen van het aantal mogelijke slachtoffers in de *huidige* situatie (zie Tabel 5-4) vermenigvuldigd met de ontwikkelingsfactoren voor iedere dijkkring. Bij deze 'projectie-berekeningen' is ervan uitgegaan dat het overstromingsverloop niet verandert, behalve bij beleidsalternatief 'Ruimte voor water/ Leven met water'. Bij dit strategisch beleidsalternatief is er immers sprake van overstroombare dijk(vakk)en, en ontstaat er geen bres in de dijk. De locatie van de overstroombare dijk(vakk)en wordt zodanig gekozen dat de overstroming relatief beperkte gevolgen heeft. Uit enkele simulaties blijkt dat het overstroomde gebied met overstroombare dijken ongeveer gehalveerd wordt. Ook stroomt minder water de dijkkring in, is de stroomsnelheid en stijgsnelheid kleiner en wordt de uiteindelijke waterdiepte minder groot. Voorts wordt de waarschuwingstijd in het verder van de overstroombare dijk gelegen gebied groter; de verspreiding van het water verloopt immers trager. En tenslotte is het moment van instromen goed te voorspellen. Het bovenstaande betekent dat het verwachte aantal slachtoffers significant lager is bij overstroombare dijken dan in geval van een dijkbreuk (ongecontroleerde overstroming). Daarom is bij beleidsalternatief 'Ruimte voor water' een vermenigvuldigingsfactor op het aantal mogelijke slachtoffers toegepast van 0,2.

Tabel 5-8 geeft de resultaten van de berekeningen van het verwachte aantal slachtoffers in toekomstige situaties. Uit deze tabel blijkt dat de verschillen tussen de verschillende toekomstige situaties relatief klein zijn. Het beleidsalternatief 'terugtrekken' leidt tot kleinere aantallen slachtoffers omdat er in dit beleidsalternatief na 2010 geen nieuwbouw meer plaatsvindt in overstromingsgevoelige gebieden. Bij beleidsalternatief 'Ruimte voor water' worden overstroombare dijken gemaakt en dat leidt tot significant lagere aantallen slachtoffers.

### 5.4.4 Slachtoffers bij een grotere overstromingsramp

Net als voor de huidige situatie kunnen we voor toekomstige situaties nagaan wat er kan gebeuren als meer dijkkringen tegelijk overstromen. Daarvoor worden weer dezelfde drie overstromingsrampen beschouwd (zie paragraaf 5.4.4).

- In de huidige situatie wordt het verwachte aantal slachtoffers van *een maximale rivierramp* geschat op circa 1.000. Met de ruimtelijk autonome ontwikkeling en in de beleidsalternatieven beschermen of terugtrekken neemt dat toe met circa 10 % tot ongeveer 1.100. Met 'Ruimte voor water' (met overstroombare dijken) neemt het aantal slachtoffers sterk af en komt het uit op ongeveer 200 (zie Tabel 5-9).

- Het aantal mogelijke slachtoffers van een *herhaling van de watersnoodramp van 1953* wordt voor de huidige situatie geschat op circa 1.300. Met de autonome ruimtelijke ontwikkeling en beleidsalternatief 'beschermen' neemt het aantal mogelijke slachtoffers toe tot naar schatting ongeveer 1.500. Beleidsalternatief 'terugtrekken' blijft daar wat op achter met ongeveer 1.400 verwachte slachtoffers. Bij 'ruimte voor water' worden overstroombare dijken toegepast en is de waarschuwingstijd groter, waardoor het verwachte aantal slachtoffers afneemt met circa 80 %. Maar omdat overstroombare dijk(vakk)en niet overal kunnen worden toegepast – bijvoorbeeld niet langs de duinkust – wordt het aantal slachtoffers in dit geval geschat op ongeveer 400 (zie Tabel 5-9).

Tabel 5-8 Verwacht aantal slachtoffers per dijkkring bij overstroming in toekomstige situaties

nr	dijkkring	trend 2020	trend 2040	beschermen 2040	ruimte voor water <sup>1</sup> 2040	terugtrekken 2040
1	Schiermonnikoog	1	1	1	0	1
2	Ameland	2	2	2	0	2
3	Terschelling	2	2	2	0	2
5	Texel	16	15	15	3	12
6	Friesland en Groningen	185	185	185	37	163
7	Noordoostpolder	42	46	46	8	40
8	Flevoland	175	188	188	37	147
9	Vollenhove	12	14	14	2	10
10	Mastenbroek	5	5	5	1	5
11	IJsseldelta	7	7	7	1	6
12	Wieringen	20	21	21	6	18
13	Noord-Holland	163	174	174	32	141
14	Zuid-Holland	574	601	601	122	502
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	123	124	124	26	109
16	Alblasserwaard en Vijfh.landen	117	132	132	32	109
17	IJsselmonde	250	250	250	47	232
18	Pernis	3	2	2	0	2
19	Rozenburg	10	10	10	2	10
20	Voorne-Putten	179	183	183	32	160
21	Hoeksche Waard	45	56	56	8	38
22	Eiland van Dordrecht	79	75	75	14	69
24	Land van Altena	30	30	30	7	28
25	Goeree-Overflakkee	54	62	62	10	50
26	Schouwen Duivenland	41	41	41	7	36
27	Tholen en St. Philipsland	10	11	11	2	9
28	Noord Beveland	7	7	7	1	6
29	Walcheren	126	120	120	24	116
30	Zuid Beveland west	93	92	92	18	78
31	Zuid Beveland oost	22	23	23	4	20
32	Zeeuwsch Vlaanderen	21	20	20	4	19
34	West-Brabant	100	102	102	18	91
35	Donge	50	49	49	10	47
36	Land van Heusden/de Maaskant	39	40	40	8	34
38	Bommelerwaard	15	15	15	3	13
41	Land van Maas en Waal	64	66	66	11	56
42	Ooij en Millingen	4	5	5	1	3
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	88	92	92	16	78
44	Kromme Rijn	78	83	83	16	67

nr	dijkring	trend 2020	trend 2040	beschermen 2040	ruimte voor water <sup>1</sup> 2040	terugtrekken 2040
45	Gelderse Vallei	137	138	138	27	125
46	Eempolder	8	8	8	2	5
47	Arnhemse- en Velpsebroek	6	6	6	1	5
48	Rijn en IJssel	42	43	43	8	40
49	IJsselland	2	2	2	0	2
50	Zutphen	5	5	5	1	5
51	Gorssel	1	1	1	0	1
52	Oost Veluwe	10	11	11	2	10
53	Salland	24	23	23	4	21

<sup>1</sup> Bij dit beleidsalternatief worden overstroombare dijken toegepast, waardoor het verwachte aantal slachtoffers lager is.

- Het aantal slachtoffers van een maximale overstromingsramp langs de kust wordt voor de huidige situatie geschat op circa 5.000. Dat aantal neemt in de toekomst toe bij autonome ruimtelijke ontwikkeling, maar ook in de beleidsalternatieven beschermen en 'ruimte voor water' met circa 20 % tot ongeveer 6.000. 'Ruimte voor water' komt hier niet lager uit omdat overstroombare dijken langs de duinkust niet aan de orde zijn en het aantal slachtoffers door toepassing daarvan dus ook niet kan worden beperkt; een kust-ramp blijft een 'verrassingsoverval'. Het verwacht aantal slachtoffers in Noord- en Zuid-Holland is voor beleidsalternatief terugtrekken wat lager dan in de andere beleidsalternatieven. Het verwachte aantal slachtoffers wordt hiervoor geschat op ongeveer 5.500 (zie Tabel 5-9).

Tabel 5-9 Verwacht aantal slachtoffers van grote overstromingsrampen, nu en in de toekomst

aard ramp	huidig <sup>1</sup>	trend 2040	beschermen 2040	ruimte voor water <sup>2</sup> 2040	terugtrekken 2040
Maximale rivierramp	1.000	1.100	1.100	200	1.100
Herhaling watersnoodramp 1953	1.300	1.500	1.500	400	1.400
Maximale kust-ramp	5.000	6.000	6.000	6.000	5.500

<sup>1</sup> Zie paragraaf 5.3.3

<sup>2</sup> Door overstroombare dijken is het verwachte aantal slachtoffers lager.



## 6 Economische schade

### 6.1 Achtergrond en voorgeschiedenis

De schade die een overstroming veroorzaakt, is ondermeer afhankelijk van de grootte van het ondergelopen gebied en de waterdiepte in het ondergelopen gebied. Deze beide zijn weer afhankelijk van de locatie van de dijkdoorbraak (of doorbraken) en van de hoeveelheid water die naar binnen stroomt.

DWW heeft in 2003 voor alle dijkringen in Nederland de orde van grootte van de maximale schade door overstromingen geschat. DWW (2003) baseerde haar schattingen voor alle dijkringen op 2 hypothetische situaties:

1. De waterstand in de hele dijkkring wordt gelijk aan de hoogte van de laagste dijk.
2. Ook het gebied wat droog blijft in de eerste situatie krijgt te maken met 1 m diep water.

Deze laatste situatie is met name relevant voor hellende gebieden waarbij in de eerste situatie een groot deel van de dijkkring droog zou blijven. Als in dergelijke gebieden een dijkdoorbraak plaats vindt in het hogere bovenstroomse deel zal het water door het hoger gelegen deel naar het lagere deel stromen. Er zal dan toch schade optreden in het hogere deel.

De twee situaties waar DWW (2003) vanuit gegaan is, zijn reëel voor kleine dijkringen met weinig reliëf. Voor die dijkringen leidt gebruik van deze benadering dan ook tot redelijke schattingen van de overstromingsschade. Voor grote dijkringen en voor dijkringen met een helling of met binnendijken of obstructies zijn de bovengenoemde twee situaties onwaarschijnlijk. Grote dijkringen, zoals Centraal Holland, zullen bij een overstroming niet geheel onderlopen. In hellende dijkringen is de schade sterk afhankelijk van de doorbraaklocatie en in dijkringen met binnendijken kunnen deze binnendijken het overstroomde oppervlak beperken. Het gebruik van bovengenoemde twee situaties voor een schatting van de schade leidt voor dergelijke dijkringen tot grote over- of onderschattingen.

Klijn *et al.* (2004) hebben in 2004 minimale, maximale en verwachte schadegetallen voor alle dijkringen opgeleverd. Op basis van beschikbare overstromingssimulaties en gebiedskennis hebben zij aannames gedaan over de te verwachten waterdieptes in een dijkkring en over de grootte van het gebied dat zal overstromen. De schades zijn vervolgens bepaald door correcties uit te voeren op schades die door DWW berekend zijn in 2003 (DWW, 2003). De precieze redenering per dijkkring voor de aanpassingen in de schade is gegeven in Klijn *et al.*, (2004). De resultaten zijn gebruikt door Ten Brinke & Bannink (2004).

In 2005 zijn de resultaten van de studie Veiligheid Nederland in Kaart gepubliceerd (Ministerie Verkeer en Waterstaat, 2005a, b, c, d). In deze studie is voor 3 dijkringen de schade ten gevolge van overstromingen bepaald met overstromingssimulaties en schademodelering (zie Tabel 6-1 ). Als randvoorwaarde bij de simulaties van overstromingen ten gevolge van doorbraken op verschillende locaties, zijn rivierafvoeren en

zeecondities gebruikt met een kans van voorkomen gelijk aan de faalkans van de betreffende doorbraaklocaties. Doordat de faalkansen vaak groter zijn dan de norm, zijn de gebruikte randvoorwaarden minder extreem dan de zee- en riviercondities die horen bij de norm. De resulterende schades bij deze minder extreme condities vallen hierdoor soms relatief laag uit, terwijl het risico door deze grote kansen juist hoog uitvalt. De resulterende schades voor deze dijkringen liggen binnen de door Klijn *et al.* (2004) gegeven bandbreedtes. Ze zijn echter veel lager dan de maximale schades die Klijn *et al.* (2004) hebben gegeven (zie Tabel 6-2).

In de VNK studie is – naast de gedetailleerde schadebepaling zoals hierboven besproken voor 3 dijkringen – voor 16 dijkringen ook nog de schade bepaald op dezelfde wijze als in 2003 door DWW gedaan is (door aan te nemen dat de waterdiepte in de dijkkring overeen zal komen met een waterstand gelijk aan de hoogte van de laagste dijk) (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005a). Zoals hierboven beschreven is, is deze aanname correct voor kleine dijkringen met weinig reliëf. Voor grote dijkringen of hellende dijkringen leidt deze aanname echter tot een onder- of overschatting van de schade.

Tabel 6-1 Schattingen voor de overstromingsschades (M€per dijkkring) uit het VNK project voor de drie dijkringen die in detail bestudeerd zijn (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005 a,b,c,d)

nr	Naam	Minimum	Gemiddeld	Maximum
7	Noordoostpolder	170	2100	4000
14	Centraal Holland	280	5800*	37000
36	Land van Heusden/de Maaskant	60	2800	7500

\*Gemiddelde volgens Ministerie Verkeer en Waterstaat, 2005d . Dit gemiddelde wijkt erg ver af van het midden tussen het minimum en het maximum. Hoe dit bepaald is, is niet beschreven. Waarschijnlijk is deze schade het rekenkundig gemiddelde van de schades horend bij alle bekeken simulaties. De schade lijkt erg laag.

In het project ‘Historische analyse van de gevolgen van overstromingen in Nederland’ (Van der Klis *et al.* (2005) zijn de schadegetallen uit Klijn *et al.* (2004) herzien, onder andere op basis van de resultaten uit het VNK-project (Ministerie Verkeer en Waterstaat, 2005). De bandbreedte van de schades is verkleind en de verwachte schade voor enkele dijkringen is bijgesteld. Bovendien zijn de getallen afgerond en ‘consistent gemaakt’.

Significante verschillen in de schadeschattingen van Van der Klis *et al.* (2005) ten opzichte van die van Klijn *et al.* (2004) zien we met name voor de volgende dijkringen (in *groen* weergegeven in Tabel 6-2):

- Dijkkringen die in de VNK-studie zijn bestudeerd (Zuid-Holland, Noordoostpolder en Land van Heusden/de Maaskant). Hier hebben Van der Klis *et al.* (2005) de VNK-resultaten overgenomen.
- Grote dijkringen en dijkringen die sterk gecompartmenteerd zijn, waarvan net als voor de drie VNK-dijkkringen de schade overschat lijkt te zijn: Groningen & Friesland (6), Noord-Holland (13), IJsselmonde (17), West-Brabant (34) en Donge (35).

Behalve deze aanpassingen zijn ook de in *rood* weergegeven getallen in Tabel 6-2 significant gewijzigd ten opzichte van Klijn *et al.* (2004). Van der Klis *et al.* (2005) nemen in tegenstelling tot Klijn *et al.* (2004) aan dat Vollenhove (9) helemaal onder water komt te staan in plaats van gedeeltelijk en dat de volgende dijkringen slechts voor 20-50% onder gaan in plaats van grotendeels zoals Klijn *et al.* (2004) hebben aangenomen: Wieringen (12), Alblasserwaard (16), Bommelerwaard (38) Land van Maas & Waal, Ooij-Millingen,



Betuwe en TCW (43), Gelderse Vallei (45) (0,2 in plaats van 0,5) en Rijn & IJssel (48) (0,5 in plaats van 0,7). De achtergronden van deze wijzigingen zijn niet gegeven.

Tabel 6-2 Verwachte schade in verschillende bronnen (M€per dijkkring). De groene getallen zijn correcties van Van der Klis *et al.* (2005) op de getallen van Klijn *et al.* (2004) op basis van nieuwe kennis. Ook de rode getallen wijken significant af van de schattingen van Klijn *et al.* (2004).

nr	Naam	DWW	Klijn <i>et al.</i>	Min. V&W	Van der Klis
		(2003) <sup>1</sup>	(2004)	(2005)	<i>et al.</i> (2005)
		2000	2004	2000	2004
1	Schiermonnikoog	84	90		100
2	Ameland	293	300		300
3	Terschelling	168	200		200
4	Vlieland	18	20		20
5	Texel	2.077	2.300		2.300
6	Groningen & Friesland	75.751	41.700		4.200
7	Noordoostpolder	9.324	5.150	2100	2100
8	Flevoland	34.487	7.000		7.600
9	Vollenhove	4.805	2.650		5.300
10	Mastenbroek	1.238	1.500		1.200
11	IJsseldelta	1.091	1.200		1.200
12	Wieringen	2.840	3.100		600
13	Noord-Holland	65.894	21800 <sup>2</sup>		2.900
14	Zuid-Holland	322.781	17.800	5800	18.500
15	Lopiker- & Krimpenerwaard	9.306	5.100		5.000
16	Alblasserwaard & Vijfheerenlanden	19.379	21.300		9.500
17	IJsselmonde	36.765	40.400		20.200
18	Pernis	495	500		500
19	Rozenburg	1.228	1.400		1.400
20	Voorne-Putten	16.238	8.950		9.000
21	Hoeksche Waard	5.689	3.150		3.200
22	Eiland van Dordrecht	8.170	9.000		9.000
23	Biesbosch	54	60		100
24	Land van Altena	2.183	2.400		2.400
25	Goeree-Overflakkee	3.749	2.100		1.900
26	Schouwen Duivenland	4.507	2.500		2.500
27	Tholen en St. Philipsland	2.294	1.300		1.300
28	Noord Beveland	592	400		400
29	Walcheren	14.571	8.000		8.000
30	Zuid Beveland west	9.529	5.300		5.300
31	Zuid Beveland oost	3.088	2.400		1.700
32	Zeeuwsch Vlaanderen	16.083	900		700
33	Kreekrakpolder	32	15		-
34	West-Brabant	10.200	5.600		2.200
35	Donge	3.150	3.500		1.800
36	Land van Heusden/de Maaskant	17.602 <sup>1</sup>	14.280 <sup>2</sup>	2800	2.800
37	Nederhemert	3	3		-
38	Bommelerwaard	2.539	2.800		1.300
39	Alem	27	30		-
40	Heerewaarden	34	40		-
41	Land van Maas en Waal	4.719	5.200		3.200
42	Ooij en Millingen	913	1.000		500
43	Betuwe & TCW	16.352 <sup>1</sup>	13.800 <sup>2</sup>		9.000
44	Kromme Rijn	21.972	5.500 <sup>2</sup>		5.400
45	Gelderse Vallei	8.169 <sup>1</sup>	4.500 <sup>2</sup>		1.800
46	Eempolder	132	100		100

nr	Naam	DWW (2003) <sup>1</sup>	Klijn <i>et al.</i> (2004)	Min. V&W (2005)	Van der Klis <i>et al.</i> (2005)
		2000	2004	2000	2004
47	Arnhemse- en Velpsebroek	597	700		700
48	Rijn en IJssel	5.453 <sup>1</sup>	6.600		3.400
49	IJsselland	396	400		400
50	Zutphen	1.636	1.800		1.800
51	Gorssel	297	300		300
52	Oost Veluwe	3114 <sup>1</sup>	1.650 <sup>2</sup>		1.600
53	Salland	7901 <sup>1</sup>	5.400 <sup>2</sup>		4.400

1. In deze kolom is het schadegetal weergegeven dat overeenkomt met een waterstand gelijk aan de hoogte van de laagste dijk, zonder 1 m water in de droge gebieden (DWW, 2003). Alleen voor dijkringen met een voetnootje (<sup>1</sup>) is het getal gebruikt waarbij in de hellende gebieden gerekend is met 1 m waterdiepte. Voor die gebieden levert de eerst genoemde hypothese een te klein overstroomd gebied op.
2. Voor deze dijkringen is het gemiddelde uitgerekend van de schades horend bij verschillende doorbraaklocaties (zeeën/meren en rivieren).

Tenslotte is er nog een onderzoek gedaan naar 'the worst credible scenario' voor dijkkring Zuid-Holland (dijkkring 14) (HKV, 2006). In deze studie zijn 3 scenario's bekeken:

- een scenario met een doorbraak bij Rotterdam-Alexanderpolder langs de Maas terwijl de Maasrivierwaterstand gelijk is aan de ontwerpwaterstand;
- een scenario met zowel een doorbraak bij Monster als bij Katwijk terwijl de zee condities heeft die overeenkomen met ontwerpcondities;
- een zeer extreem scenario waarin bovenstaande 2 scenario's zijn gecombineerd en de zee- en riviercondities nog 100 keer extremer zijn dan de ontwerpcondities.

In deze scenario's is aangenomen dat de Maeslantkering open blijft. Dit verergert de ramp, omdat de aanvoer van water naar de Maas dan onbeperkt wordt. De schade in de eerste twee scenario's is respectievelijk 38 en 11 miljard € In het derde zeer extreme scenario bedraagt de schade maar liefst 99 miljard € Bij dit scenario is gerekend met waterstanden die slechts een kans hebben van één miljoenste per jaar.

## 6.2 Aanpak op hoofdlijnen

Voor het bepalen van overstromingsschades in de huidige situatie en voor het bepalen van schades in verschillende toekomstscenario's is de volgende methode gevolgd.

### Bepalen van de verwachte overstromingsschade in de huidige situatie

In deze studie zijn zoveel mogelijk bestaande schattingen gebruikt. Voor de schade is uitgegaan van de schattingen uit Klijn *et al.* (2004). Alleen voor de dijkringen waarvoor nieuwe kennis en simulaties beschikbaar is gekomen, zijn de getallen aangepast. Voor de drie dijkringen die in detail bestudeerd zijn in het VNK project zijn de getallen uit dit project overgenomen (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005 a,b,c,d).

### Bepalen van de verwachte overstromingsschade voor toekomstscenario's

Om een beeld te krijgen van de toekomstige schades is een simpel schademodel ontwikkeld. Dit model is afgeleid uit het Standaard Schade- en Slachtoffermodel, maar het gebruikt als invoer de kaarten die in het project 'Nederland Later' door de Ruimtescanner voor ieder toekomstscenario worden geproduceerd. In paragraaf 6.4 wordt dit simpele model beschreven.

De toekomstige verwachte schades per dijkkring worden bepaald door de volgende stappen te doorlopen:

- Met het simpele model wordt de overstromingsschade voor zowel de huidige situatie als voor verschillende scenario's voor 2010, 2020 en 2040 berekend.
- Vervolgens wordt het verschil bepaald tussen de schade in de huidige situatie en in de toekomst. De schadegetallen voor de huidige situatie berekend met het simpele model worden verder niet meer gebruikt, deze dienden slechts om de verschilfactor te kunnen bepalen.
- De verschilfactoren worden vermenigvuldigd met die schadegetallen voor de huidige situatie die bepaald zijn door de uitgebreide analyse gebaseerd op de getallen van Klijn *et al.* (2004).
- Tenslotte wordt de economische groei van ieder scenario verdisconteerd in de schadegetallen.

### 6.3 Schatting overstromingsschade in de huidige situatie

In dit project is ervoor gekozen om de schadeschattingen in Klijn *et al.* (2004) grotendeels te volgen. De aanpassingen van Van der Klis *et al.* (2005) op de getallen uit Klijn *et al.* (2004) lijken voor een aantal dijkringen niet correct, daarom zijn die getallen niet verder gebruikt. Aangezien de resultaten van Van der Klis *et al.* (2005) grotendeels overeenkomen met die van Klijn *et al.* (2004) geldt dat ook voor de hier gegeven getallen. De nieuwe getallen uit dit project zijn gegeven in Tabel 6-3. Alleen de in rood weergegeven getallen wijken af van de getallen van Klijn *et al.* (2004).

De reden voor afwijkingen zijn de volgende:

- Voor dijkkring 7, 14 en 36 is gekeken naar de berekeningsresultaten uit de VNK-studie (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005 a,b,c,d). Omdat in de VNK-studie niet de ontwerpcondities gebruikt zijn, maar condities die passen bij de berekende faalkans, komen de schades vrij laag uit. De getallen zijn daarom niet klakkeloos overgenomen. De minimale en maximale waarden zijn wel overgenomen. Als gemiddelde is het midden tussen deze minimale en maximale schade genomen. Het blijkt dat dit qua orde van grootte overeenkomt met de schade die kan optreden bij een waterstand met een kans die lijkt op de norm. Ook bij die kans verschilt de schade natuurlijk nog per doorbraaklocatie. Een gedetailleerde bespreking per dijkkring is gegeven in bijlage A.
- Voor dijkkring 14 is ook gekeken naar de resultaten van de studie 'worst credible scenario' (HKV, 2006). De getallen berekend voor overstromingen door rivier- en zeecondities die overeenkomen met de norm (1/10000) zijn meegenomen. Het meest extreme scenario met de kans van één miljoenste per jaar is buiten beschouwing gelaten. De resultaten van de schattingen zullen immers gecombineerd worden met kansen die ook gebaseerd zijn op de overschrijdingsnormen. De gebeurtenis met een kans van één miljoenste per jaar en een schade van 100 miljard euro zal een geringe bijdrage hebben aan het totale risico, omdat de kans 100 keer kleiner is terwijl het gevolg slechts 3 keer groter is dan bij de andere scenario's.
- Wouters & Hofman (in voorber.) hebben dijkkring Groningen & Friesland (dijkkring 6) uitgebreid geanalyseerd. Hun resultaten zijn overgenomen in dit project.
- Om een consistent beeld te geven zijn op basis van de kennis uit het VNK-project ook andere dijkringen aangepast. De maximale schade voor dijkkring 14 in Klijn *et al.* (2004)

was 355.100 M€ In VNK (Ministerie V&W, 2005b) wordt deze geschat op ‘slechts’ iets meer dan 10% daarvan (37.000 M€). De verwachte en minimale schades van VNK liggen wel in de lijn van de schattingen van Klijn *et al.* (2004). Net als voor Zuid-Holland en voor Groningen & Friesland lijken ook voor Noord-Holland, Hoekse Waard, IJsselmonde en de Flevopolder de maximale schades in Klijn *et al.* (2004) – die zijn overgenomen uit DWW (2003) – onwaarschijnlijk hoog. Omdat het onwaarschijnlijk is dat meer dan de helft van het gebied onder zal lopen zijn de maximale schattingen voor die dijkringen gehalveerd. De bandbreedtes zijn dus kleiner geworden.

- Voor grote dijkringen, waar de schade afhangt van de locatie van doorbraak, zijn door Klijn *et al.* (2004) meerdere getallen gegeven. In Tabel 6-3 zijn deze getallen samengevoegd door voor het minimum en het maximum respectievelijk het minimum en maximum getal van de verschillende locaties te nemen en voor de verwachte schade het gemiddelde te berekenen van de verwachte schades horend bij verschillende dijkdoorbraaklocaties.

Tabel 6-3 Minimale, verwachte en maximale schade door een overstroming (in M€ per dijkkring).

nr	Naam	Minimum	Verwacht	Maximum
1	Schiermonnikoog	50	90	90
2	Ameland	150	300	300
3	Terschelling	100	200	200
4	Vlieland	10	20	20
5	Texel	1,200	2,300	2,300
6	Friesland & Groningen	55	600	1,200
7	Noordoostpolder	170	2,100	4,200
8	Flevoland	3,500	7,000	19,000
9	Vollenhove	1,300	2,650	5,300
10	Mastenbroek	750	1,500	1,500
11	IJsseldelta	600	1,200	1,200
12	Wieringen	1,550	3,100	3,100
13	Noord-Holland	1,800	3,600	36,300
14	Zuid-Holland	280	18,600 <sup>3</sup>	37,000
15	Lopiker- & Krimpenerwaard	2,600	5,100	10,200
16	Alblasserwaard & Vijfheerenlanden	10,700	21,300	21,300
17	IJsselmonde	5,100	10,100	20,200
18	Pernis	300	500	500
19	Rozenburg	700	1,400	1,400
20	Voorne-Putten	4,500	9,000	17,900
21	Hoeksche Waard	1,600	3,200	3,200
22	Eiland van Dordrecht	4,500	9,000	9,000
23	Biesbosch	30	60	60
24	Land van Altena	1,200	2,400	2,400
25	Goeree-Overflakkee	1,100	2,100	4,100
26	Schouwen Duivenland	1,300	2,500	5,000
27	Tholen en St. Philipsland	700	1,300	2,500
28	Noord Beveland	200	400	700
29	Walcheren	4,000	8,000	16,000
30	Zuid Beveland west	2,700	5,300	10,500
31	Zuid Beveland oost	1,200	2,400	3,400
32	Zeeuwsch Vlaanderen	500	900	17,700
33	Kreekrakpolder	0	15	30
34	West-Brabant	2,800	5,600	11,200
34a	Geertruidenberg	100	200	200

nr	Naam	Minimum	Verwacht	Maximum
35	Donge	1,800	3,500	3,500
36	Land van Heusden/de Maaskant	60	3,800	7,500
36a	Keent	0	0	0
37	Nederhemert	0	3	3
38	Bommelerwaard	1,400	2,800	2,800
39	Alem	20	30	30
40	Heerewaarden	20	40	40
41	Land van Maas en Waal	2,600	5,200	5,700
42	Ooij en Millingen	500	1,000	1,000
43	Betuwe & TCW	4,800	13,800	19,800
44	Kromme Rijn	2,400	5,500	17,000
45	Gelderse Vallei	900	5,400	9,000
46	Eempolder	50	100	100
47	Arnhemse- en Velpsebroek	400	700	700
48	Rijn en IJssel	1,600	4,900	6,600
49	IJsselland	200	400	400
50	Zutphen	900	1,800	1,800
51	Gorssel	200	300	300
52	Oost Veluwe	400	2,100	3,400
53	Salland	1,900	5,400	8,700

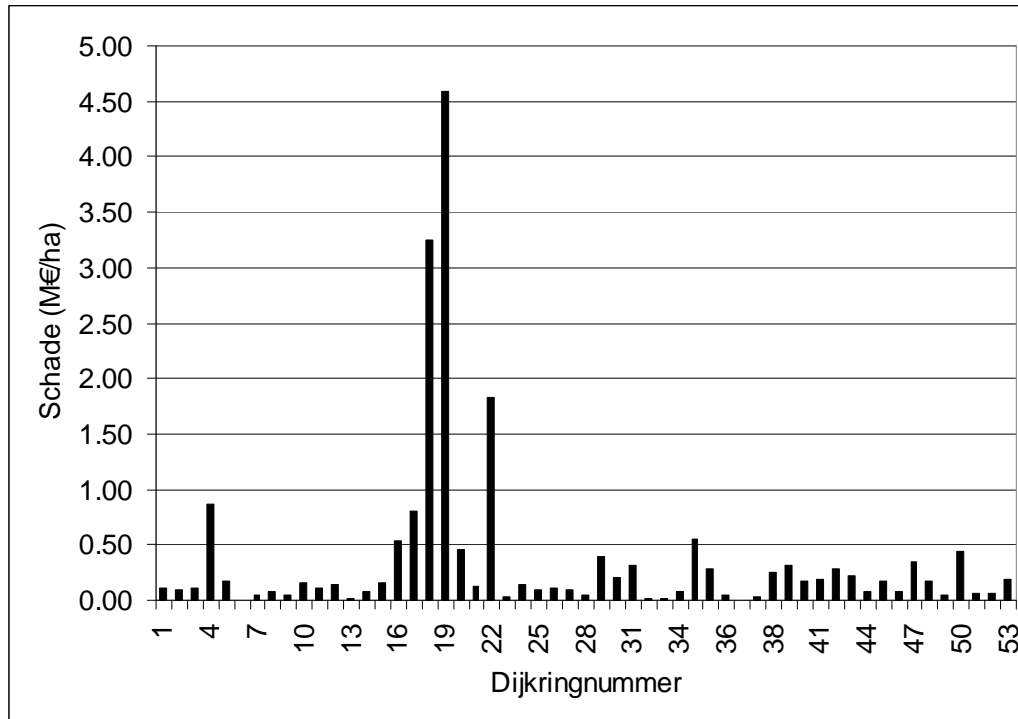
Figuur 6.1 toont per dijkkring de gemiddelde schade per hectare. De hoogste schade per oppervlak treedt op in de dijkringen IJsselmonde, Pernis en Rozenburg. De laagste schade per oppervlak wordt gevonden in Zeeuws-Vlaanderen en de Kreekrakpolder. In Zeeuws-Vlaanderen zal bij een overstroming slechts een heel klein deel van de dijkkring onder water komen te staan, waardoor de gemiddelde schade per hectare laag is, terwijl in de Kreekrakpolder de schade erg laag is doordat er nauwelijks kwetsbare landgebruiksfuncties in het gebied aanwezig zijn.

## 6.4 Schatting overstromingsschade in de toekomst

Voor de schatting van de schade in de toekomst zijn geen gedetailleerde gegevens beschikbaar, zoals die nodig zijn voor toepassing van het HIS Schade- en Slachtoffermodel. In plaats daarvan moeten we de schatting afleiden uit landgebruikskaarten van toekomstige situaties. Daartoe is als hulpmiddel een simpel schademodel ontwikkeld.

### 6.4.1 Ontwikkeling *damage scanner*

Dit schademodel (dat we voorlopig '*damage scanner*' hebben genoemd) is ontwikkeld in aansluiting bij de kaarten die met de Ruimtescanner voor de verschillende toekomstscenario's en beleidsalternatieven zijn geproduceerd. De damage-scanner is geijkt door de resultaten van dit model voor de huidige situatie te vergelijken met de resultaten van het Standaard Schade- en Slachtoffermodel van DWW, dat onderdeel uitmaakt van het HoogwaterInformatieSysteem (HIS) (Kok *et al.*, 2005).



Figuur 6.1 Gemiddelde schade per hectare voor alle 53 dijkkringen in Nederland (de dijkkringen in Limburg zijn buiten beschouwing gelaten).

## Schadeberekening met HIS

In het HIS wordt de schade door overstromingen berekend door de maximale schade *per object* te vermenigvuldigen met een schadefactor. De schadefactor varieert tussen 0 en 1 afhankelijk van de waterdiepte en de stroomsnelheid. De stroomsnelheid is alleen van invloed als deze groter is dan 2 m/s (Kok *et al.*, 2005). Deze stroomsnelheid treedt waarschijnlijk alleen zeer lokaal op bij dijkdoorbraaklocaties en bij obstructies. De totale schade per dijkkring wordt verkregen door de schade van alle objecten te sommeren. Het schademodel in het HIS gebruikt een uitgebreide lijst van verschillende typen objecten en gegevens bij die objecten. Zo worden bijvoorbeeld industrie, nutsbedrijven, bouw, handel, horeca, banken, zorg, 4 typen woningen en verschillende typen recreatiegebieden onderscheiden en is van bedrijven bijvoorbeeld kennis over het aantal arbeidsplaatsen nodig.

Het HIS berekent zowel directe schade – door beschadiging of bedrijfsuitval – als indirecte schade buiten het overstroomde gebied (Kok *et al.*, 2005). Primaire directe schade ontstaat het meest aan huizen (ongeveer 60 % van het totaal) en aan bedrijven (17 %). Landbouw (3 %) levert de minst belangrijke bijdrage aan de directe schade.

De belangrijke aannames en keuzes in het schademodel zijn (WL & HKV 2005; Kok *et al.*, 2005):

- de schadefuncties en maximale schadebedragen zijn gebaseerd op het prijspeil 2000 en zijn voor geheel Nederland gelijk;
- de maximale schadebedragen zijn gebaseerd op herbouwwaarde (gebouwen), vervangingswaarde (kapitaalgoederen, inboedels, voertuigen e.d.) of marktwaarde (landbouwproducten als gewassen en vee);

- De maximale schadebedragen door bedrijfsuitval zijn gebaseerd op de toegevoegde waarde van de bedrijven (omzet minus inkoopkosten);
- De indirecte schade is gebaseerd op een input-output analyse;
- Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen zee- en rivieroverstromingen;
- Factoren zoals temperatuur, verontreinigingen en waterkwaliteit zijn niet meegenomen in het schademodel.

De invloed van deze aannames op de berekende schadebedragen zijn bediscussieerd in WL & HKV (2005).

### Schadeberekening met de *damage scanner*

Het simpele schademodel is de '*damage scanner*' genoemd, omdat deze aansluit bij de kaartuitvoer van de 'ruimtescanner'. In de *damage scanner* wordt de schade niet per object, maar per landgebruiksklasse berekend afhankelijk van de verwachte waterdiepte. De grootste vereenvoudiging is dus dat er geen gegevens over individuele objecten nodig zijn zoals in het HIS-Schademodel, maar slechts een landgebruikskaart. De *damage scanner* gebruikt de landgebruiksklassen zoals weergegeven in Tabel 6-4. De *damage scanner* gaat net als het schademodel van het HIS uit van *een maximale schade* en vermenigvuldigt deze met een *factor* die een waarde heeft tussen de 0 en 1, afhankelijk van de waterdiepte. De invloed van de stroomsnelheid is verwaarloosd, omdat deze alleen lokaal van belang is voor de schade en niet op dijkkringniveau. De *damage scanner* is geprogrammeerd in PCRaster.

Tabel 6-4 Maximale schade per ha per landgebruiksklasse

ID	Landgebruiksklasse	M€/ ha	Functie	Naam
1	Centrum van steden en wijken net buiten en op enige afstand van het centrum met grote woondichtheid	9,65	1	Wonen
2	groen-stedelijke gebieden met een minder grote woondichtheid	4	1	Wonen
3	dorpen en landelijk gebied met verspreide bebouwing met een lage woondichtheid en weinig voorzieningen	3,9	1	Wonen
4	verblijfsrecreatie	0,11	2	Landbouw HIS
5	dagrecreatie	0,11	2	Landbouw HIS
6	werken	6,4	3	Werken
7	zeehaven	4,8	4	Zeehaven
8	natuur	0,09	2	Landbouw HIS
9	akkerbouw	0,02	2	Landbouw HIS
10	grondgebonden veeteelt	0,02	2	Landbouw HIS
11	glastuinbouw	0,7	7	glastuinbouw
12	intensieve veehouderij	0,9	8	intensieve veehouderij
13	infrastructuur	1,7	5	Infrastructuur
14	water	0	0	
15	zee	0	0	
16	bouwtterrein	1,4	6	bouwtterrein

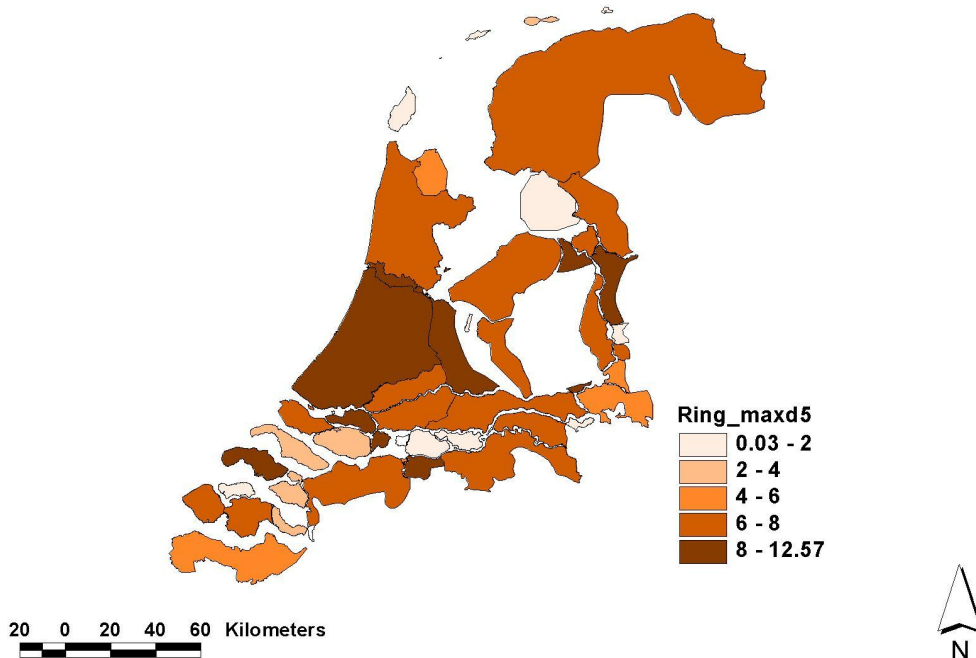
De *maximale schade* per landgebruiksklasse is bepaald door bij een waterdiepte van 20 m de schade per ha te berekenen met de schademodule van het HIS. Dit geeft de maximale schade die op kan treden voor iedere hectare in een dijkkring. Door een GIS-analyse is vervolgens

uit deze kaart de maximale schade per landgebruiksklasse van de ruimtescanner bepaald. Dit getal is gebruikt als maximale schade in de *damage scanner*.

De berekende maximale schade per hectare varieert binnen een landgebruiksklasse. Dit komt door variatie in het aantal objecten binnen verschillende hectares van eenzelfde landgebruiksklasse. Zo is er bijvoorbeeld in het centrum van steden als Leeuwarden en Goes minder waarde per hectare aanwezig, dan in het centrum van Rotterdam en Amsterdam. Deze verschillen worden in de *damage scanner* 'uitgemiddeld'. Een voorbeeld van de spreiding van schade binnen een landgebruiksklasse is gegeven in Figuur 6.2.

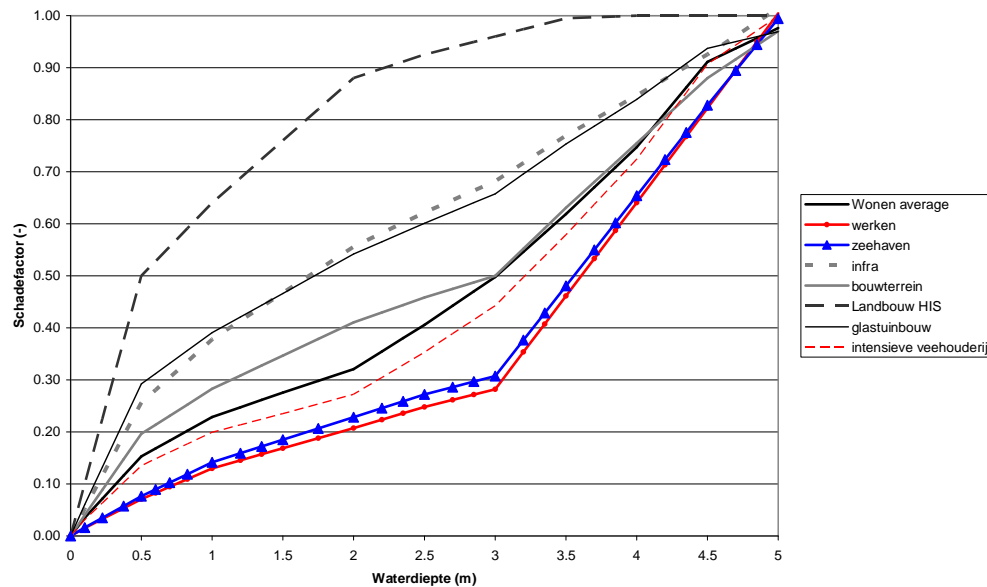
De maximale schade voor natuur lijkt hoog. De hoge waarde wordt veroorzaakt doordat in het HIS Schademodel 'natuur' niet apart wordt onderscheiden, maar onderdeel is van recreatie. In het HIS is het schadebedrag voor recreatie 90.000 € m<sup>2</sup>. Met de hier gevolgde methode wordt voor landgebruik 'natuur' dus ook 90.000 €/m<sup>2</sup> gevonden.

De functies voor de *schadefactoren* zijn vervolgens afgeleid door bij een waterdiepte van 0, 0,1, 0,5, 1, 1,5, 2, 2,5, 3, 3,5, 4, 4,5 en 5 meter de bijbehorende schade in het HIS te berekenen en terug te vertalen naar de gemiddelde schade per landgebruiksklasse. Door deze schade te delen door de maximale schade is de schadefactor bij die waterdiepte afgeleid. De resulterende schadefuncties zijn afgebeeld in Figuur 6.2.



Figuur 6.2 Maximale schade (M€ ha) binnen landgebruikscategorie 'wonen CSBC' berekend per dijkring met het HIS





Figuur 6.3 Schadefuncties in de *damage scanner*

Een uitzondering op bovenstaande methode om te komen tot maximale schades en schadefactoren is gemaakt voor landbouw en recreatie. Landbouwschade en schade in recreatiegebieden worden ook in het HIS per oppervlakte-eenheid berekend. Voor de berekening van landbouwschade en recreatieschade maakt de *damage scanner* gebruik van dezelfde schadebedragen en schadefuncties als het HIS.

Om een idee van de nauwkeurigheid van de *damage scanner* te krijgen, zijn de resultaten vergeleken met de resultaten van het HIS (versie 2.5 uit 2005). De verschillen in schade voor het jaar 2000 tussen het HIS versie 2.5 en de *damage scanner* zijn weergegeven in Tabel 6-5. De verschillen zijn gegeven per dijkkring voor een waterdiepte van 5 m (maximale schade) en voor een waterdiepte die overeenkomt met de waterstand gelijk aan de hoogte van de laagste dijk rond de dijkkring. De verschillen zijn substantieel, maar vallen in het niet bij de onzekerheden over overstromingskansen, overstromingsdieptes, maximale schade, e.d. We nemen daarom aan dat de *damage scanner* voldoende nauwkeurig is om een indruk te krijgen van de orde van grootte van de schade en de veranderingen in de schade. De verschillen zijn het grootst voor kleine dijkkringen met weinig schade.

Tabel 6-5 Schade in miljoen euro per dijkkring berekend met de *damage scanner* en met HIS en verschil <sup>8</sup>

n	d = 5 M			d = DWW-diepte		
	Damage scanner	HIS	Vershil (%)	Damage scanner	HIS	Vershil (%)
1	275	193	42	135	96	41
2	990	717	38	360	324	11
3	297	351	-15	156	169	-8
4	63	73	-14	18	20	-7
5	2417	2857	-15	1522	2113	-28
6	199171	183102	9	80532	77830	3
7	11188	9945	12	10637	9567	11
8	56232	38417	46	52696	36262	45
9	14750	15354	-4	5091	4918	4
10	5451	5354	2	1360	1361	0
11	6694	6249	7	1343	1166	15
12	4052	3712	9	3251	2761	18
13	143874	138188	4	68726	67550	2
14	444390	555246	-20	250684	323611	-23
15	29733	29667	0	9618	9358	3
16	25325	32384	-22	15805	19533	-19
17	49841	45789	9	39091	37137	5
18	487	597	-18	368	527	-30
19	1197	1532	-22	970	1333	-27
20	20982	19531	7	17200	16268	6
21	10348	11993	-14	5278	5977	-12
22	15872	14184	12	9523	8359	14
23	166	141	18	55	54	3
24	6506	7082	-8	2223	2307	-4
25	6518	6563	-1	3769	3856	-2
26	6548	5864	12	5016	4845	4
27	3095	3542	-13	1951	2343	-17
28	1205	1455	-17	585	653	-10
29	17880	17169	4	14659	14627	0
30	14358	12913	11	11048	10165	9
31	3046	3480	-12	2623	3172	-17
32	25492	21266	20	19003	17284	10
33	256	142	81	39	32	20
34	67519	66641	1	11274	11031	2
35	17083	15982	7	3667	3089	19
36	71819	73250	-2	10300	10260	0
37	2	8	-75	1	2	-29
38	6500	7225	-10	2510	2643	-5
39	54	65	-17	28	36	-23
40	227	157	45	49	33	50
41	41626	38512	8	5761	4914	17
42	1861	1712	9	1039	983	6
43	46407	48993	-5	10802	11071	-2
44	100897	121105	-17	18451	22360	-17

<sup>8</sup> In DWW(2003) is gewerkt met een schademodel uit 2002. De bedragen in deze tabel komen uit de versie van 2005. De verschillen tussen de versie van 2002 en 2005 bedragen ongeveer 2% en worden met name veroorzaakt door updates in de achterliggende bestanden.

n	d = 5 M			d = DWW-diepte		
	Damage scanner	HIS	Vershil (%)	Damage scanner	HIS	Vershil (%)
45	39148	42083	-7	1402	1557	-10
46	1079	1198	-10	101	140	-28
47	10506	13884	-24	585	743	-21
48	27370	28307	-3	3010	2934	3
49	3348	3534	-5	324	407	-20
50	8671	6392	36	2203	1647	34
51	2200	2105	4	338	296	14
52	16700	16841	-1	505	742	-32
53	35973	34680	4	4778	4350	10
som	<b>1627690</b>	<b>1717724</b>	<b>-5</b>	<b>712460</b>	<b>764813</b>	<b>-7</b>

## 6.5 Schatting overstromingsschade in de toekomst

De overstromingsschade in de toekomst wijkt af van de huidige door autonome ontwikkelingen in bevolking en economie en de invloed daarop van beleid, met name het ruimtelijke ordeningsbeleid. We zijn hier dan ook geïnteresseerd in de overstromingsschade in verschillende toekomstscenario's (trend en hoge-druktrend) bij ongewijzigd beleid en bij strategische beleidsalternatieven.

### 6.5.1 Werkwijze

In de toekomst kan de schade veranderen door demografische en economische ontwikkelingen, die zich manifesteren in:

- landgebruiksveranderingen;
- toename in roerende goederen, waardetoeename en toename in industriële productie en diensten.

Maar ook kan er sprake zijn van veranderingen in de verwachte waterdieptes in overstroomde gebieden door hogere waterstanden op zee, in de rivieren en in de meren.

Hieronder wordt beschreven hoe deze variabelen successievelijk meegenomen worden in de berekeningen van de toekomstige schade.

### Gevolg van landgebruiksveranderingen

Een eerste effect van bevolkingsgroei en economische groei manifesteert zich als nieuwbouw van huizen en bedrijven. Met de *damage scanner* kan het effect van landgebruiksveranderingen op de overstromingsschade meegenomen worden door de toekomstige landgebruikskaart als invoer te gebruiken. Het resultaat wordt vergeleken met het resultaat van de damage scanner voor de huidige situatie; aldus wordt de schadetoename door nieuwe bouwontwikkelingen berekend. De schadetoename is berekend voor een waterdiepte die gelijk is aan de DWW diepte (waterstand gelijk aan hoogte van de laagste dijk). De schadetoename *bij deze diepte* is representatief verondersteld voor de schadetoename binnen een dijkkring. Om de schades in de toekomst te berekenen wordt de schadetoename per dijkkring vermenigvuldigd met de huidige schadegetallen voor iedere dijkkring. De verwachte schade in 2010, 2020 en 2040 is dus berekend door de

schadetoename te vermenigvuldigen met de schadegetallen voor de huidige situatie (zie Tabel 6-6).

De gemiddelde schadetoename door landgebruiksveranderingen is weergegeven in Tabel 6-6, maar de verschillen per dijkkring zijn aanzienlijk: Pernis en Schiermonnikoog zijn relatieve dalers (factor 0,93 en 0,98 in het trendscenario), terwijl gebieden waarin veel nieuw wordt gebouwd bovengemiddeld sterk stijgen, zoals de Betuwe (33 % in trendscenario).

Tabel 6-6 Gemiddelde toename overstromingsschadepotentieel in procenten ten opzichte van huidig voor geheel Nederland bij trendscenario en hoge-druktrendscenario

Scenario	2010	2020	2040
Trend	8	17	22
Hoge-druktrend	12	26	45

### **Gevolg van waardevermeerdering en toename van goederen, productie en diensten**

Economische groei uit zich slechts deels in nieuwbouw; voor een ander – belangrijker – deel uit het zich in (1) extra consumptie van niet-duurzame goederen en diensten en (2) een toename van eigendommen, waardevermeerdering van eigendommen en in een toename van industriële productie en dienstverlening. Ook dit tweede element leidt tot meer schade bij overstroming.

Het effect van landgebruiksveranderingen is verdisconteerd door de landgebruikskaarten voor de toekomst als invoer te gebruiken voor overstromingsschadeberekeningen met de *damage scanner* (zie hierboven). De hier bedoelde *overige toename* van het schadepotentieel wordt meegenomen door de al berekende schades – nog naar huidig prijspeil – te vermenigvuldigen met een factor waarin een deel van de overige economische groei verwerkt is. Deze factor noemen we in het vervolg ‘toenamefactor’. We nemen hierbij aan dat de toename van eigendommen, waardevermeerdering en toename van productie en diensten resulteert in een even zo grote toename van de overstromingsschade.

De ‘toenamefactor’ is afgeleid uit Janssen *et al.* (2006). De in het onderhavige project gebruikte toekomstscenario's trend en hoge-druktrend komen in grote lijnen overeen met de scenario's ‘Transatlantic Market’ en ‘Global Economy’. Tabel 6-7 geeft voor deze beide scenario's een overzicht van de economische ontwikkelingen.

Tabel 6-7 Enkele kentallen van demografische en economische ontwikkeling tot 2040 (Naar Janssen *et al.*, 2006)

Grootheid	Trend (TM)	Hoge-druktrend (GE)
<i>Huishoudens:</i>		
- groei van 2001 tot 2040 (%)	23,2%	46,4%
- jaarlijkse groei van 2001 tot 2040 (%)	0,5%	1,0%
<i>Bedrijventerreinen:</i>		
- toename van 2002 tot 2040 (%)	23%	43%
- jaarlijkse groei van 2002 tot 2040 (%)	0,5%	0,9%
<i>Kantoren:</i>		
- toename van 2002 tot 2040 (%)	16%	34%
- jaarlijkse groei van 2002 tot 2040 (%)	0,4%	0,8%
<i>Index Bruto Binnenlands Product:</i>		
- groei van 2001 tot 2040 (%)	109%	172%
- jaarlijkse groei van 2001 tot 2040 (%)	1,9%	2,6%

Uit de tabel blijkt dat de toename van huizen (huishoudens), bedrijven en kantoren ongeveer 0,5 % per jaar is in het trendscenario (TM) en ongeveer 1 % per jaar in het hogedruktrendscenario (GE). De economische groei in deze scenario's bedraagt respectievelijk 1,9 en 2,6 % per jaar. Voorzover economische groei (toename BBP) tot uiting komt in enerzijds nieuwbouw en anderzijds waardevermeerdering en toename van eigendommen en productie, kan het effect van de laatste berekend worden door de nieuwbouw af te trekken van de economische groei. De jaarlijkse toenamefactor voor beide scenario's wordt dan ongeveer 1,5 % (zie Tabel 6-8).

Tabel 6-8 Groeifactor per scenario voor de periode 2000-2040

Scenario	Trend (TM)	Hoge-druktrend (GE)
Jaarlijkse groei BBP (%)	1,9	2,6
Jaarlijkse nieuwbouw (%)	0,5	1,0
<b>Toename factor (%/jaar)</b>	<b>1,4</b>	<b>1,6</b>

\*= midden trend scenario

Ter illustratie van de invloed van landgebruiksveranderingen en overige economische groei geeft Tabel 6-9 de respectievelijke bijdragen aan de schadetoename voor 2010, 2020 en 2040 ten opzichte van huidig. Uit de tabel blijkt dat gemiddeld voor Nederland als geheel de toename in schade door overige economische groei groter is dan door landgebruiksveranderingen. Omdat de mate van landgebruiksverandering sterk verschilt per dijkkring, geldt deze conclusie niet onverkort voor alle individuele dijkkringen.

Tabel 6-9 Resulterende schadetoename (in %) door landgebruiksverandering en door overige economische groei voor het trendscenario en het hogedruktrendscenario in 2010, 2020 en 2040

	Landgebruiksverandering		Overige economische groei	
	trend (TM)	hoge-druktrend (GE)	trend (TM)	hoge-druktrend (GE)
2010	8	12	15	17
2020	17	26	32	37
2040	22	45	74	89

## Effect van grotere waterdieptes

In de toekomst zullen dijken waar dat nodig is verhoogd worden, omdat maatgevende waterstanden hoger zullen worden. Dit betekent dat de waterdiepte bij overstromen groter kunnen worden. Bovendien zullen de waterpeilen en rivierafvoeren ook stijgen. Ook hierdoor kunnen in de toekomst grotere waterdieptes optreden, omdat meer water kan instromen. De toename in schade die dit met zich meebrengt is niet meegenomen in de berekeningen, omdat de onzekerheid over veranderingen in waterdiepte in het overstroomde gebied groot is en de bijdrage aan de schadetoename verwaarloosbaar geacht is – tegen de achtergrond van de hierboven besproken grote bijdrage van de economische groei.

### 6.5.2 Resultaten schade in de toekomst bij autonome groeiscenario's

In enkele tabellen en figuren worden hier de resultaten van de berekeningen van de schade in de toekomst weergegevens. Daarbij zijn de getalswaarden, in tegenstelling tot de geschatte schades voor de huidige situatie, niet afgerond. Het zijn slechts tussenresultaten, die hier allen voor de volledigheid worden weergegeven.

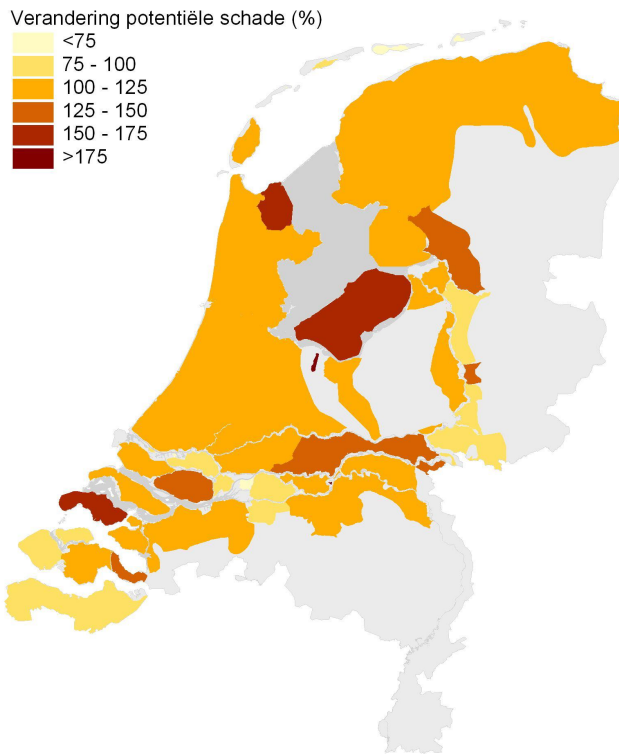
De verwachte, minimale en maximale schades bij overstroming voor 2020 en 2040 in het trendscenario zijn weergegeven in Tabel 6-10. De schadetoename tussen nu en 2040 in dit trendscenario is eveneens weergegeven in Figuur 6.4.

De verwachte, minimale en maximale schades bij overstroming voor 2020 en 2040 in het hoge-druktrendscenario zijn weergegeven in Tabel 6-11. Bij dit scenario gaan de ontwikkelingen in dezelfde richting, maar een stuk sneller.

Tabel 6-10 Schade in 2020 en 2040 in het trendscenario (TM) in miljoen €

	Dijkkring	Trend 2020			Trend 2040		
		min	verwacht	max	min	verwacht	max
1	Schiermonnikoog	66	119	119	87	157	157
2	Ameland	198	396	396	261	522	522
3	Terschelling	132	264	264	174	365	365
4	Vlieland	13	26	26	17	35	35
5	Texel	1927	3683	3683	2540	4889	4889
6	Friesland en Groningen	92	950	1888	122	1270	2540
7	Noordoostpolder	251	3115	6230	348	4350	8700
8	Flevoland	6217	12448	33779	8926	17870	48494
9	Vollenhove	2086	4250	8501	3010	6160	12302
10	Mastenbroek	1135	2257	2257	1531	3080	3080
11	IJsseldelta	884	1769	1769	1201	2419	2419
12	Wieringen	3010	6032	6032	4159	8317	8317
13	Noord-Holland*	2666	5333	53843	3724	7430	74924
14	Zuid-Holland	422	28406	56496	592	39481	78544
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	4066	7986	15972	5568	10927	21837
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	15233	30334	30334	22342	44474	44474
17	IJsselmonde	7062	13992	27984	9779	19384	38767
18	Pernis	370	620	620	487	818	818
19	Rozenburg	924	1848	1848	1235	2471	2471
20	Voorne-Putten	6508	13002	13002	9083	18166	18166
21	Hoeksche Waard	2534	5069	5069	3985	7969	7969

	<b>Dijkkring</b>	<b>Trend 2020</b>			<b>Trend 2040</b>		
		<b>min</b>	<b>verwacht</b>	<b>max</b>	<b>min</b>	<b>verwacht</b>	<b>max</b>
22	Eiland van Dordrecht	6640	13266	13266	8961	17939	17939
23	Biesbosch	40	79	79	52	104	104
24	Land van Altena	1729	3458	3458	2332	4663	4663
25	Goeree-Overflakkee	1676	3208	6270	2436	4646	9065
26	Schouwen Duivenland	2534	4871	9755	3358	6455	12928
27	Tholen en St. Philipsland	1016	1888	3643	1427	2662	5116
28	Noord Beveland	277	568	990	365	748	1305
29	Walcheren	5808	11629	23245	7691	15364	30728
30	Zuid Beveland west	4290	8422	16685	5794	11380	22550
31	Zuid Beveland oost	2138	4290	6072	2836	5672	8039
32	Zeeuwsch Vlaanderen	752	1346	26466	974	1757	34696
34	West-Brabant	4633	9266	18533	6212	12424	24847
35	Donge	2706	5254	5254	3567	6943	6943
36	Land van Heusden/de Maaskant	92	6085	12012	139	8404	16600
38	Bommelerwaard	2138	4277	4277	2906	5812	5812
39	Alem	40	66	66	70	104	104
40	Heerewaarden	26	66	66	35	87	87
41	Land van Maas en Waal	4237	8474	9293	5829	11658	12772
42	Ooij en Millingen	858	1716	1716	1235	2471	2471
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	8052	23364	33660	11136	32190	46458
44	Kromme Rijn	3564	8052	25080	4872	11310	34974
45	Gelderse Vallei	1452	8184	13596	1914	10962	18270
46	Eempolder	145	277	277	191	383	383
47	Arnhemse- en Velpsebroek	607	1056	1056	800	1409	1409
48	Rijn en IJssel	2376	6996	9636	3132	9396	12876
49	IJsselland	290	581	581	400	783	783
50	Zutphen	1201	2389	2389	1583	3167	3167
51	Gorssel	317	488	488	452	696	696
52	Oost Veluwe	528	3300	5412	870	4524	7482
53	Salland	2772	7788	12408	3654	10440	16878



Figuur 6.4 Verandering verwachte schade bij overstroming in procenten bij trendscenario (TM) in 2040 ten opzichte van huidig. Dijkringen met sterke uitbreiding van bebouwd gebied groeien bovengemiddeld.

Tabel 6-11 Schade in 2020 en 2040 in het hoge-druktrendscenario (GE) in miljoen €

	Dijkkring	Hoge-druktrend 2020			Hoge-druktrend 2040		
		min	verwacht	max	min	verwacht	max
1	Schiermonnikoog	69	124	124	94	170	170
2	Ameland	206	426	426	283	585	585
3	Terschelling	137	275	275	189	396	396
4	Vlieland	14	27	27	19	38	38
5	Texel	2019	3860	3860	2793	5359	5359
6	Friesland en Groningen	96	1003	2006	132	1491	2981
7	Noordoostpolder	275	3352	6703	453	5529	11057
8	Flevoland	6593	13173	35756	10152	20284	55079
9	Vollenhove	2253	4602	9190	3415	6944	13888
10	Mastenbroek	1181	2363	2363	1679	3378	3378
11	IJsseldelta	920	1841	1841	1340	2698	2698
12	Wieringen	3297	6580	6580	5283	10567	10567
13	Noord-Holland*	3146	6291	63435	5661	11321	114120
14	Zuid-Holland	495	32789	65221	774	51607	102666
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	4506	8833	17679	6906	13548	27077
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	17486	34808	34808	31473	62645	62645
17	IJsselmonde	7953	15756	31511	11755	23303	46588
18	Pernis	398	659	659	566	943	943
19	Rozenburg	962	1923	1923	1340	2698	2698
20	Voorne-Putten	7486	14973	14973	13472	26945	26945



	Dijkkring	Hoge-druktrend 2020			Hoge-druktrend 2040		
		min	verwacht	max	min	verwacht	max
21	Hoeksche Waard	2788	5563	5563	5283	10585	10585
22	Eiland van Dordrecht	7555	15110	15110	11265	22511	22511
23	Biesbosch	41	82	82	57	113	113
24	Land van Altena	1854	3709	3709	2962	5906	5906
25	Goeree-Overflakkee	1964	3764	7335	3849	7359	14378
26	Schouwen Duiveland	2926	5618	11236	4378	8416	16850
27	Tholen en St. Philipsland	1168	2184	4190	1944	3604	6925
28	Noord Beveland	302	591	1044	415	830	1434
29	Walcheren	6360	12720	25426	9265	18529	37059
30	Zuid Beveland west	4849	9506	18846	7076	13888	27511
31	Zuid Beveland oost	2253	4492	6374	3661	7302	10359
32	Zeeuwsch Vlaanderen	797	1429	28146	1132	2038	40059
34	West-Brabant	5124	10247	20495	7793	15567	31153
35	Donge	2898	5632	5632	4170	8114	8114
36	Land van Heusden/de Maaskant*	96	6497	12830	151	9963	19661
38	Bommelerwaard	2321	4643	4643	3359	6736	6736
39	Alem	55	69	69	75	113	113
40	Heerewaarden	27	55	55	38	94	94
41	Land van Maas en Waal	4574	9148	10028	7189	14359	15756
42	Ooij en Millingen	1016	2019	2019	1962	3925	3925
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden*	8791	25687	37226	13586	39625	57362
44	Kromme Rijn	3984	9066	27885	6227	14340	44531
45	Gelderse Vallei	1511	8929	14835	2264	12642	21133
46	Eempolder	151	302	302	264	528	528
47	Arnhemse- en Velpsebroek	646	1140	1140	906	1585	1585
48	Rijn en IJssel	2747	7692	10302	3774	11321	15473
49	IJsselland	302	618	618	472	962	962
50	Zutphen	1250	2500	2500	1717	3434	3434
51	Gorssel	467	701	701	717	1076	1076
52	Oost Veluwe	549	3434	5632	943	5283	8680
53	Salland	2885	8242	13324	3962	11699	18869

### 6.5.3 Resultaten schade in de toekomst bij verschillende beleidsalternatieven

Bij sommige van de in hoofdstuk 3 beschreven strategische beleidsalternatieven wordt ook ruimtelijke-ordeningsbeleid ingezet, teneinde de kwetsbaarheid van overstroombare gebieden niet te snel te laten toenemen. Dat geldt voor 'ruimte voor water/ leven met water' en voor 'terugtrekken'. Bij die beleidsalternatieven zal Nederland er in 2040 heel anders uitzien; dat is met de ruimtescanner gesimuleerd en in hoofdstuk 3 beschreven.

Bij beleidsalternatief (extra) '**beschermen**' is de ruimtelijke ontwikkeling gelijk aan die in het trendscenario (of hoge-druktrendscenario). De te verwachten schades in 2040 zijn dan ook gelijk.

In de variant '**kustuitbreiding**' is de ruimtevrage van Noord- en Zuid-Holland ondervangen in een nieuwe kuststrook. Er is daardoor een kleinere ruimtevrage in deze twee dijkringen zelf (zie Tabel 6-12). Voor economische groei is het trendscenario aangehouden. De schades voor de dijkringen Noord- en Zuid- Holland zijn voor deze variant op dezelfde wijze

bepaald als voor de trendscenario's, maar met de aangepaste landgebruikskaart. De resulterende schades in 2040 in Noord- en Zuid-Holland zijn dan iets lager dan in het trendscenario (zie Tabel 6-13).

Tabel 6-12 Groei van het schadepotentieel (%) in 2040 ten opzichte van huidig door *alleen* landgebruiksverandering voor variant kustuitbreiding in vergelijking met de groei in het trendscenario (TM).

Dijkkring	trendscenario 2040	kustuitbreiding 2040
Noord-Holland	19	8
Zuid-Holland	22	14

Tabel 6-13 Verwachte schade in het trendscenario en bij verplaatsing van nieuwbouwlocaties naar een hoogwatervrije kustuitbreiding in 2040.

	trendscenario 2040			kustuitbreiding 2040		
	Min	Verwacht	Max	Min	Verwacht	Max
Noord-Holland	3724	7430	74924	3383	6749	68081
Zuid-Holland	592	39481	78544	558	36936	73487

In beleidsalternatief '**ruimte voor water/ leven met water**' worden overstrombare dijkvakken gerealiseerd, waardoor minder water instroomt en kleinere oppervlakken minder diep onderlopen. Tevens zijn enkele grote dijkringen opgedeeld in 2 compartimenten. De landgebruiksontwikkelingen na 2010 zijn aangepast aan de vooraf opgelegde differentiatie van overstromingskansen.

De schades bij dit beleidsalternatief zijn als volgt bepaald:

- Eerst is de schade berekend volgens dezelfde procedure als bij de trendscenario's, maar met een andere invoerkaart (zie hoofdstuk 3). Hierbij is aangenomen dat de economie zich ontwikkelt conform het trendscenario.
- Vervolgens is de schade vermenigvuldigd met een factor 0,4, omdat er minder water binnen zal stromen (over een overlaat in plaats van door een groeiende bres) en dus een kleiner gebied onder zal lopen en de waterdiepte kleiner zal zijn;
- Voor gecompartmenteerde dijkringen is de schade verdeeld over de beide compartimenten zoals beschreven in bijlage C.

In de beleids optie '**Retreat**' wordt er na 2010 niet meer bijgebouwd in de dijkringen. De landgebruikskaart blijft daardoor vrijwel gelijk aan die van het trendscenario in 2010. Deze is dan ook als invoer gebruikt voor de *damage scanner*. Voor de overige economische waarde stijging zijn de getallen uit het trendscenario gebruikt.

Tabel 6-14 Verwachte schade in 2040 met bandbreedte bij 3 verschillende beleidsopties (schade bij alternatief 'beschermen' is gelijk aan die in het trends scenario (TM); in miljoen €

	Dijkkring	Beschermen 2040			Leven met water 2040			Terugtrekken 2040		
		min	ver-wacht	max	min	ver-wacht	max	min	ver-wacht	max
1	Schiermonnikoog	87	157	157	35	63	63	87	157	157
2	Ameland	261	522	522	105	209	209	244	471	471
3	Terschelling	174	365	365	70	146	146	175	349	349
4	Vlieland	17	35	35	7	14	14	17	35	35
5	Texel	2540	4889	4889	1004	1925	1925	2181	4171	4171
6	Friesland en Groningen	122	1270	2540	49	516	1025	105	1152	2321
7	Noordoostpolder	348	4350	8700	160	1974	3941	314	3892	7766
8	Flevoland <sup>1</sup>	8926	17870	48494	2162	4325	5873	7260	14502	39371
	Zuid-				5050	10101	13700			
9	Vollenhove	3010	6160	12302	1214	2469	4932	2548	5201	10384
10	Mastenbroek	1531	3080	3080	614	1235	1235	1431	2845	2845
11	IJsseldelta	1201	2419	2419	481	970	970	1134	2251	2251
12	Wieringen	4159	8317	8317	1514	3034	3034	3735	7469	7469
13	Noord-Holland	3724	7430	74924	1353	2700	27233	3298	6579	66351
14	Zuid-Holland	592	39481	78544	223	14774	29395	524	34868	69370
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	5568	10927	21837	2148	4213	8419	5096	9982	19965
16	Alblasserwaard en Vijftheerenlanden	22342	44474	44474	8008	15939	15939	19546	38900	38900
17	IJsselmonde	9779	19384	38767	3718	7366	14732	9162	18132	36265
18	Pernis	487	818	818	195	328	328	489	820	820
19	Rozenburg	1235	2471	2471	495	984	984	1222	2443	2443
20	Voorne-Putten <sup>1</sup>	9083	18166	18166	3383	6766	6766	8185	16387	16387
	Spijkenisse				3383	6766	6766			
21	Hoeksche Waard	3985	7969	7969	1297	2595	2595	3124	6265	6265
22	Eiland van Dordrecht	8961	17939	17939	3495	6996	6996	8272	16544	16544
23	Biesbosch	52	104	104	21	42	42	52	105	105
24	Land van Altena	2332	4663	4663	935	1869	1869	2251	4520	4520
25	Goeree-Overflakkee	2436	4646	9065	893	1702	3327	2164	4136	8063
26	Schouwen Duiveland	3358	6455	12928	1346	2581	5169	2618	5026	10035
27	Tholen en St. Philipsland	1427	2662	5116	579	1074	2065	1257	2339	4485
28	Noord Beveland	365	748	1305	146	300	523	349	698	1222
29	Walcheren	7691	15364	30728	3118	6236	12472	7469	14939	29877
30	Zuid Beveland west	5794	11380	22550	2288	4492	8894	5270	10331	20471
31	Zuid Beveland oost	2836	5672	8039	1123	2253	3188	2653	5323	7539
32	Zeeuwsch Vlaanderen	974	1757	34696	391	712	13944	942	1710	33647
34	West-Brabant	6212	12424	24847	2483	4974	9947	5567	11134	22286
34a	Geertruidenberg									
35	Donge	3567	6943	6943	1430	2783	2783	3368	6527	6527
36	Land van Heusden/de Maaskant <sup>1</sup>	139	8404	16600	56	3369	6648	122	7330	14467
	Den Bosch				56	1242	2434			
38	Bommelerwaard	2906	5812	5812	1165	2330	2330	2688	5375	5375
39	Alem	70	104	104	28	42	42	35	52	52
40	Heerwaarden	35	87	87	14	35	35	35	70	70
41	Land van Maas en Waal	5829	11658	12772	2337	4674	5120	5166	10349	11344
42	Ooij en Millingen	1235	2471	2471	495	991	991	873	1745	1745
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden <sup>1</sup>	11136	32190	46458	3795	7582	9480	9947	28621	41186
	westelijke helft				4395	8789	10980			

	Dijkring	Beschermen 2040			Leven met water 2040			Terugtrekken 2040		
		min	ver-wacht	max	min	ver-wacht	max	min	ver-wacht	max
44	Kromme Rijn	4872	11310	34974	1953	4464	14021	4363	10122	31064
45	Gelderse Vallei	1914	10962	18270	767	4325	7255	1745	10122	16928
46	Eempolder	191	383	383	84	160	160	122	262	262
47	Arnhemse- en Velpsebroek	800	1409	1409	321	565	565	733	1274	1274
48	Rijn en IJssel (a: Rijnstrangen) <sup>1</sup>	3132	9396	12876	119	119	119	2967	8900	12216
	b: restant				1235	2393	2393			
49	IJsselland	400	783	783	160	321	321	349	698	698
50	Zutphen	1583	3167	3167	635	1270	1270	1571	3141	3141
51	Gorssel	452	696	696	181	279	279	401	593	593
52	Oost Veluwe	870	4524	7482	349	1604	2651	698	4014	6457
53	Salland	3654	10440	16878	1465	3976	6278	3316	9598	15532

<sup>1</sup> Dijkkring is gecompartmenteerd in alternatief Ruimte voor water/ leven met water: schade is verdeeld over beide compartimenten.

## 7 Overstromingsrisico's en hun ontwikkeling: overzicht van resultaten en discussie

### 7.1 Inleiding

In de voorgaande hoofdstukken is gesproken over de ontwikkeling in de tijd van achtereenvolgens de overstromingskansen, het verwachte aantal slachtoffers van een overstroming, en de verwachte overstromingsschade. Bij het beoordelen van risico's gaat het niet om deze aspecten afzonderlijk maar juist om de combinatie, aangezien risico wordt gedefinieerd als het product van kans en gevolg(en). In die zin kunnen we spreken over slachtofferrisico (kans op overstroming x verwacht aantal slachtoffers)<sup>9</sup> en schaderisico (kans op overstroming x verwachte schade).

Een punt van maatschappelijke discussie hierbij is of overstromingsrampen met een gelijk risico (kans x gevolg) ook even erg zijn. Daar zijn de meningen over verdeeld. Vaak wordt gesteld dat rampen met grotere aantallen slachtoffers maar met een kleine kans ernstiger zijn dan rampen met een relatief grote kans en minder slachtoffers ook al is het product van kans en gevolg bij beide gelijk.

De kans op een overstroming enerzijds en het aantal slachtoffers en de schade anderzijds zijn niet onafhankelijk van elkaar. Extreem hoge waterstanden in de rivier en langs de kust hebben een zeer kleine kans op voorkomen. Maar als dan een overstroming plaatsvindt zijn de gevolgen ook zeer groot. Omgekeerd geldt dat minder extreme waterstanden vaker voorkomen en wel degelijk kunnen leiden tot een overstroming. Maar van zo'n overstroming zijn de gevolgen meestal minder ernstig. Daarmee moeten we rekening houden met het bepalen van het slachtofferrisico en het schaderisico.

Hieronder wordt eerst de historische ontwikkeling geschetst van het slachtofferrisico van overstromingen in Nederland en daarna de ontwikkeling daarvan in de tijd met verschillende strategische beleidsalternatieven. Datzelfde gebeurt daarna met het schaderisico. Slachtofferrisico en schaderisico zijn steeds per dijkkring bepaald, maar er worden ook totalen gegeven voor geheel Nederland. Deze totalen zijn verkregen door het slachtofferrisico respectievelijk het schaderisico per dijkkring op te tellen tot totalen voor Nederland. Omdat de risico's zijn berekend als product van kans en gevolg en voor alle dijkkringen afzonderlijk is dat toegestaan, ook al zijn de overstromingsgebeurtenissen natuurlijk niet helemaal onafhankelijk.

---

<sup>9</sup> We doelen hier op het slachtofferrisico dat ook wel wordt aangeduid als groepsrisico, en niet op het individueel risico. Dat laatste is de individuele kans op overlijden.

Tabel 7-1 Slachtofferrisico <sup>1</sup> per dijkkring in 1950 en 1975

nr	dijkkring	1950			1975		
		overstromingskans	verwacht aantal slachtoffers	gemiddeld aantal slachtoffers per jaar <sup>2</sup>	overstromingskans	verwacht aantal slachtoffers	gemiddeld aantal slachtoffers per jaar <sup>2</sup>
1	Schiermonnikoog	2.E-02	1	0.020	2.E-04	1	0.000
2	Ameland	2.E-02	2	0.040	2.E-02	3	0.060
3	Terschelling	2.E-02	1	0.020	2.E-03	2	0.004
5	Texel	2.E-02	9	0.180	3.E-03	11	0.031
6	Friesland en Groningen	2.E-02	126	<b>2.520</b>	2.E-02	148	<b>2.960</b>
7	Noordoostpolder	2.E-03	4	0.008	2.E-03	29	0.058
8	Flevoland				2.E-03	14	0.028
9	Vollenhove	1.E-02	6	0.060	1.E-02	8	0.080
10	Mastenbroek	1.E-02	2	0.020	1.E-02	3	0.030
11	IJsseldelta	1.E-02	4	0.040	1.E-02	6	0.060
12	Wieringen	1.E-02	11	0.110	1.E-02	13	0.130
13	Noord-Holland	3.E-03	107	0.306	1.E-03	132	0.132
14	Zuid-Holland	3.E-03	352	<b>1.006</b>	1.E-03	441	0.441
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	2.E-02	62	<b>1.240</b>	1.E-02	85	0.850
16	Alblasserwaard en Vijfh.landen	2.E-02	82	<b>1.640</b>	1.E-02	104	<b>1.040</b>
17	IJsselmonde	2.E-02	173	<b>3.460</b>	3.E-03	220	0.629
18	Pernis	2.E-02	2	0.040	3.E-03	3	0.009
19	Rozenburg	2.E-02	7	0.140	3.E-03	9	0.026
20	Voorne-Putten	2.E-02	116	<b>2.320</b>	3.E-03	148	0.423
21	Hoeksche Waard	2.E-02	25	0.500	3.E-03	32	0.091
22	Eiland van Dordrecht	1.E-02	51	0.510	3.E-03	65	0.186
24	Land van Altena	2.E-02	16	0.320	1.E-02	25	0.250
25	Goeree-Overflakkee	2.E-02	36	0.720	1.E-03	45	0.045
26	Schouwen Duivenland	2.E-02	26	0.520	3.E-03	32	0.091
27	Tholen en St. Philipsland	2.E-02	7	0.140	3.E-03	9	0.026
28	Noord Beveland	2.E-02	5	0.100	3.E-03	6	0.017
29	Walcheren	2.E-02	88	<b>1.760</b>	3.E-03	107	0.306
30	Zuid Beveland west	2.E-02	56	<b>1.120</b>	3.E-03	68	0.194
31	Zuid Beveland oost	2.E-02	15	0.300	3.E-03	18	0.051
32	Zeeuwsch Vlaanderen	2.E-02	14	0.280	3.E-03	17	0.049
34	West-Brabant	2.E-02	50	1.000	3.E-03	78	0.223
35	Donge	2.E-02	27	0.540	3.E-03	42	0.120
36	Land van Heusden/de Maaskant	1.E-02	18	0.180	1.E-02	28	0.280
38	Bommelerwaard	1.E-02	8	0.080	1.E-02	12	0.120
41	Land van Maas en Waal	1.E-02	31	0.310	1.E-02	47	0.470
42	Ooij en Millingen	5.E-03	2	0.010	5.E-03	2	0.010
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	1.E-02	44	0.440	1.E-02	66	0.660
44	Kromme Rijn	1.E-02	43	0.430	1.E-02	57	0.570
45	Gelderse Vallei	1.E-02	69	0.690	1.E-02	104	<b>1.040</b>
46	Eempolder	1.E-02	1	0.010	1.E-02	2	0.020
47	Arnhemse- en Velpsebroek	1.E-02	3	0.030	1.E-02	5	0.050
48	Rijn en IJssel	1.E-02	24	0.240	1.E-02	36	0.360
49	IJsselland	1.E-02	1	0.010	1.E-02	2	0.020
50	Zutphen	1.E-02	3	0.030	1.E-02	4	0.040
51	Gorssel	1.E-02	1	0.010	2.E-03	1	0.002
52	Oost Veluwe	1.E-02	6	0.060	1.E-02	9	0.090
53	Salland	1.E-02	14	0.140	5.E-03	19	0.095
	<b>totaal</b>			<b>23.65</b>			<b>12.47</b>

<sup>1</sup> Slachtofferrisico = kans op overstroming x aantal mogelijke slachtoffers<sup>2</sup> Slachtofferrisico's groter dan 1 per jaar zijn met rood aangegeven.

## 7.2 Ontwikkeling van slachtofferrisico in de tijd

### 7.2.1 Slachtofferrisico in 1950 en 1975

Van der Klis et al. (2005) hebben (terug)schalingsfactoren bepaald waarmee uit het aantal slachtoffers in de huidige situatie het aantal slachtoffers in het verleden (in 1950 en 1975) kan worden geschat. Met deze schalingsfactoren zijn de in tabel 5.4 gegeven aantallen mogelijke slachtoffers in de huidige situatie teruggerekend naar 1950 en 1975.

Knoeff et al. (2005) hebben de kans op overstromingen van alle dijkringen in 1950 en 1975 geschat. Deze kansschattingen zijn hier gebruikt om het slachtofferrisico per dijkkring in 1950 en 1975 te berekenen, waarbij kansen groter dan één keer per honderd jaar op één keer per 50 jaar zijn gesteld (zie Tabel 7-1). Gesommeerd over geheel Nederland komt het slachtofferrisico in 1950 uit op gemiddeld 23,7 slachtoffers per jaar. Het slachtofferrisico blijkt vooral hoog te zijn in dijkringen langs de kust en in enkele dijkringen in het benedenrivierengebied. In 1975 is het slachtofferrisico afgenomen tot gemiddeld 12,5 slachtoffers per jaar voor het hele land. Een betere bescherming resulterend in een kleinere overstromingskans heeft daar voor gezorgd, want de verwachte aantallen slachtoffers zijn in 1975 groter door de bevolkingsgroei.

### 7.2.2 Slachtofferrisico in de huidige situatie

Tabel 7-2 geeft het huidige slachtofferrisico per dijkkring als resultante van de geschatte kansen en het verwachte aantal slachtoffers. Uit deze tabel blijkt dat het slachtofferrisico in de meeste dijkringen kleiner is dan gemiddeld 0,01 slachtoffer per jaar. Enkele dijkringen langs de rivieren (15 Lopiker – en Krimpenerwaard, 16 Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, 20 Voorne-Putten, 41 Land van Maas en Waal, en 43 Betuwe, Tieler en Culemborgerwaarden) springen er in ongunstige zin uit. In die dijkringen komt het slachtofferrisico uit op gemiddeld meer dan 0.1 slachtoffer per jaar. Dat is in de meeste gevallen te wijten aan de momenteel relatief grote overstromingskans.

Figuur 7.1 geeft het slachtofferrisico (kans en gevolgen) per individuele dijkkring weer. Voor elke dijkkring zijn drie punten weergegeven (indien het slachtofferrisico > 0):

- De 'minimum' waarde verkregen uit de grootste kans en het kleinste aantal slachtoffers.
  - De verwachtingswaarde verkregen uit de verwachtingswaarde van de kans en het verwachte aantal slachtoffers.
  - De 'maximum' waarde verkregen uit de kleinste kans en het grootste aantal slachtoffers.
- Tevens zijn in de figuur drie grotere rampen weergegeven, namelijk een grote rivierramp, een grote kustramp en een herhaling van de ramp van 1953 (zie paragraaf 5.3.3).

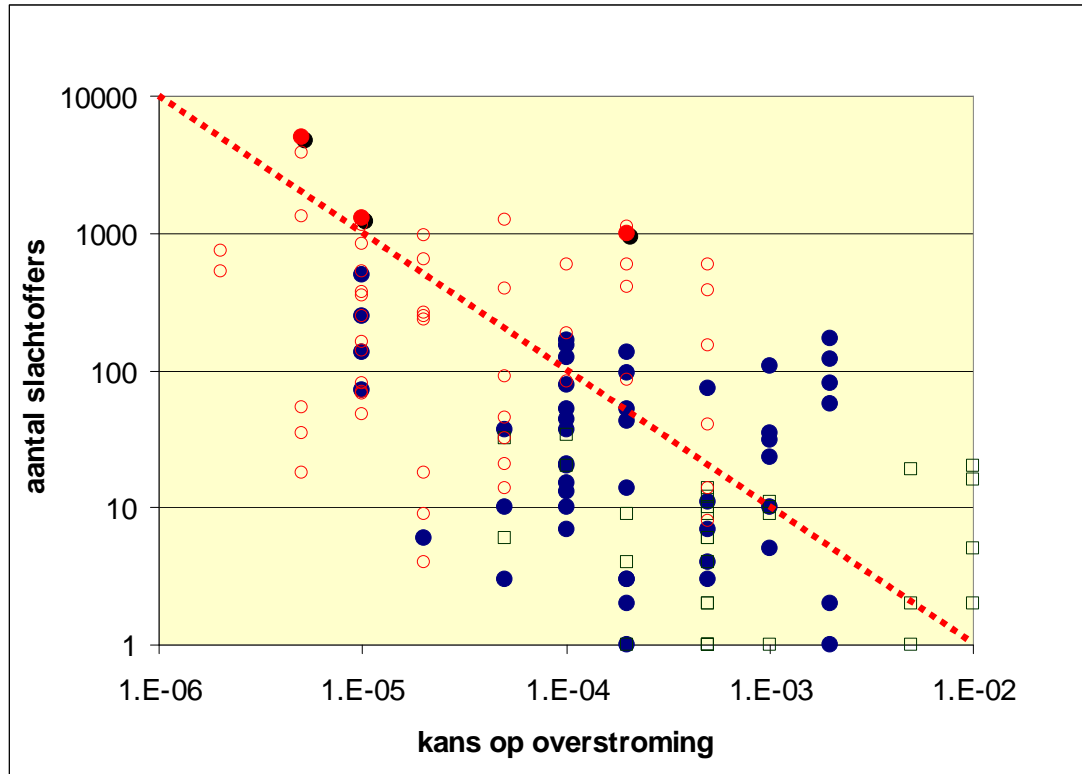
In Figuur 7.1 is tevens een equivalentielijn of indifferentielijn weergegeven. Dat is een lijn waarlangs de kansen en de aantallen slachtoffers veranderen, maar het risico (kans x gevolg) gelijk blijft. In de figuur is een tamelijk willekeurige lijn getekend als voorbeeld van rechtsonder (1 slachtoffer met een kans van eens per 100 jaar) naar linksboven (10.000 slachtoffers eens per miljoen jaar).

Tabel 7-2 Slachtofferrisico per dijkkring in huidige situatie

nr	dijkkring	overstromings- kans	aantal mogelijke slachtoffers	gemiddeld aantal slachtoffers per jaar <sup>1</sup>
1	Schiermonnikoog	2.E-04	1	0.000
2	Ameland	2.E-04	3	0.001
3	Terschelling	2.E-04	2	0.000
5	Texel	1.E-04	13	0.001
6	Friesland en Groningen	1.E-04	165	<b>0.017</b>
7	Noordoostpolder	2.E-04	43	0.009
8	Flevoland	2.E-04	134	<b>0.027</b>
9	Vollenhove	1.E-03	10	0.010
10	Mastenbroek	5.E-04	4	0.002
11	IJsseldelta	5.E-04	7	0.004
12	Wieringen	1.E-04	15	0.002
13	Noord-Holland	1.E-04	150	<b>0.015</b>
14	Zuid-Holland	1.E-05	503	0.005
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	1.E-03	106	<b>0.106</b>
16	Alblasserwaard en Vijfh.landen	2.E-03	119	<b>0.238</b>
17	IJsselmonde	1.E-05	251	0.003
18	Pernis	5.E-05	3	0.000
19	Rozenburg	5.E-05	10	0.001
20	Voorne-Putten	2.E-03	169	<b>0.338</b>
21	Hoeksche Waard	5.E-05	37	0.002
22	Eiland van Dordrecht	5.E-04	74	<b>0.037</b>
24	Land van Altena	1.E-03	31	<b>0.031</b>
25	Goeree-Overflakkee	1.E-04	52	0.005
26	Schouwen Duivenland	1.E-04	37	0.004
27	Tholen en St. Philipsland	1.E-04	10	0.001
28	Noord Beveland	1.E-04	7	0.001
29	Walcheren	1.E-04	124	<b>0.012</b>
30	Zuid Beveland west	1.E-04	79	0.008
31	Zuid Beveland oost	1.E-04	21	0.002
32	Zeeuwsch Vlaanderen	1.E-04	20	0.002
34	West-Brabant	2.E-04	97	<b>0.019</b>
35	Donge	2.E-04	52	0.010
36	Land van Heusden/de Maaskant	1.E-03	35	<b>0.035</b>
38	Bommelerwaard	2.E-04	14	0.003
41	Land van Maas en Waal	2.E-03	57	<b>0.114</b>
42	Ooij en Millingen	2.E-04	3	0.001
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	2.E-03	80	<b>0.160</b>
44	Kromme Rijn	1.E-05	71	0.001
45	Gelderse Vallei	1.E-05	134	0.001
46	Eempolder	5.E-04	3	0.002
47	Arnhemse- en Velpsebroek	2.E-05	6	0.000
48	Rijn en IJssel	1.E-04	44	0.004
49	IJsselland	2.E-03	2	0.004
50	Zutphen	1.E-03	5	0.005
51	Gorssel	2.E-03	1	0.002
52	Oost Veluwe	5.E-04	11	0.006
53	Salland	1.E-03	23	<b>0.023</b>
	<b>totaal</b>			<b>1.27</b>

<sup>1</sup> Slachtofferrisico's groter dan 0.01 zijn met blauw aangegeven en groter dan 0.1 met rood.





Figuur 7.1 Kansen en aantal mogelijke slachtoffers van overstromingen per dijkkring in de huidige situatie (blauwe open vierkantjes = minima, blauwe opgevulde cirkels = verwachtingswaarde, rode open cirkels = maxima, drie rode opgevulde cirkels met schaduw = grote rampen)

In Figuur 7.1 neemt het slachtofferrisico naar rechtsboven (loodrecht op de indifferentielijn) toe en naar linksonder af. De prioriteit voor het aanpakken van het slachtofferrisico per dijkkring zou daarop afgestemd moeten worden: eerst beleid voor dijkringen rechtsboven.

De bovengebruikte formele interpretatie en beoordeling van het slachtofferrisico (kans op overstroming x aantal mogelijke slachtoffers) staat maatschappelijke ter discussie. Een overstroming met een groot aantal slachtoffers leidt veelal tot een meer dan evenredige toename van de maatschappelijke ontwrichting en andere sociaal-economische effecten. New Orleans kan daarbij als voorbeeld dienen. Dit kan tot uitdrukking worden gebracht door het aantal slachtoffers zwaarder te gaan beoordelen, bijvoorbeeld met de formule:

$$R_S \approx K \times S^a$$

waarin  $R_S$  = beoordeling slachtofferrisico

$K$  = overstromingskans

$S$  = aantal mogelijke slachtoffers

$a$  = exponent ( $a > 1$ ).

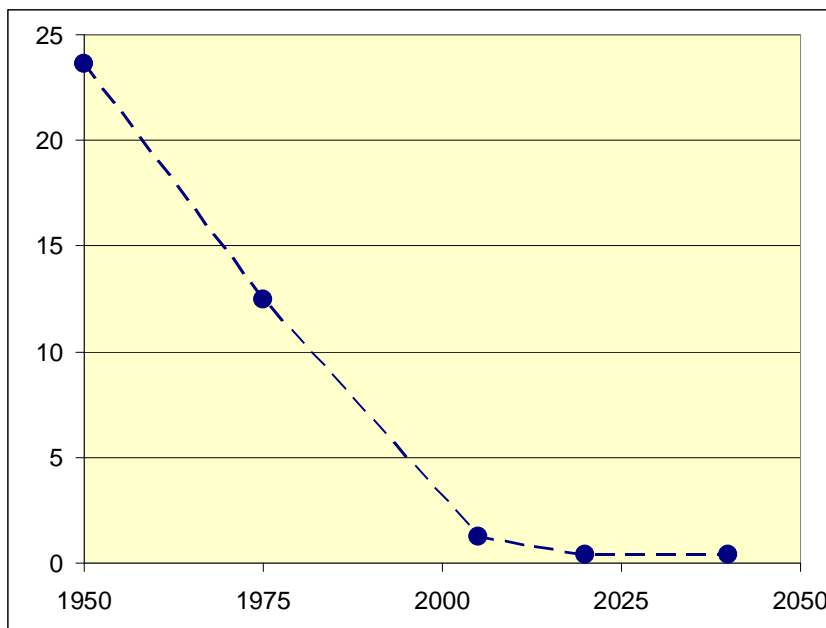
Als we dat doen krijgt de indifferentielijn een andere helling en gaat in Figuur 7.1 bijvoorbeeld lopen van rechtsonder (1 slachtoffer met een kans van eens per 100 jaar) naar minder ver linksboven (1.000 slachtoffers met een kans eens per miljoen jaar). Dat betekent dat dijkringen met grotere aantallen mogelijke slachtoffers (in de linkerbovenhoek van Figuur 7.1) ook meer prioriteit moeten krijgen in de aanpak.

Uit Figuur 7.1 blijkt dat de bewegingsrichting van 'minimum' naar verwachtingswaarde en vervolgens naar 'maximum' min of meer parallel loopt aan de getekende indifferentielijn. Dat betekent dat het gemiddelde slachtofferrisico niet echt toeneemt. Het aantal slachtoffers neemt weliswaar toe maar de kans neemt af. Dat compenseert elkaar en geeft vertrouwen in de benadering van kleinste kans x grootste gevolg en omgekeerd.

### 7.2.3 Slachtofferrisico in de toekomst

In Tabel 7-3 is het berekende slachtofferrisico weergegeven voor verschillende situaties in de toekomst en in vergelijking met de huidige situatie. De slachtofferrisico's zijn verkregen door de kansen uit Tabel 4-2 te vermenigvuldigen met het verwachte aantal slachtoffers uit Tabel 5-8.

In Figuur 7.2 is de ontwikkeling van het slachtofferrisico in de tijd weergegeven als gemiddeld aantal slachtoffers per jaar voor het hele land. Uit deze figuur blijkt duidelijk dat het slachtofferrisico sinds 1950 sterk is teruggelopen en dat dit in de nabije toekomst nog verder terugloopt.



Figuur 7.2 Ontwikkeling van het gemiddelde verwachte aantal slachtoffers per jaar van overstromingen voor heel Nederland vanaf 1950 tot heden en bij het trendscenario in de nabije toekomst

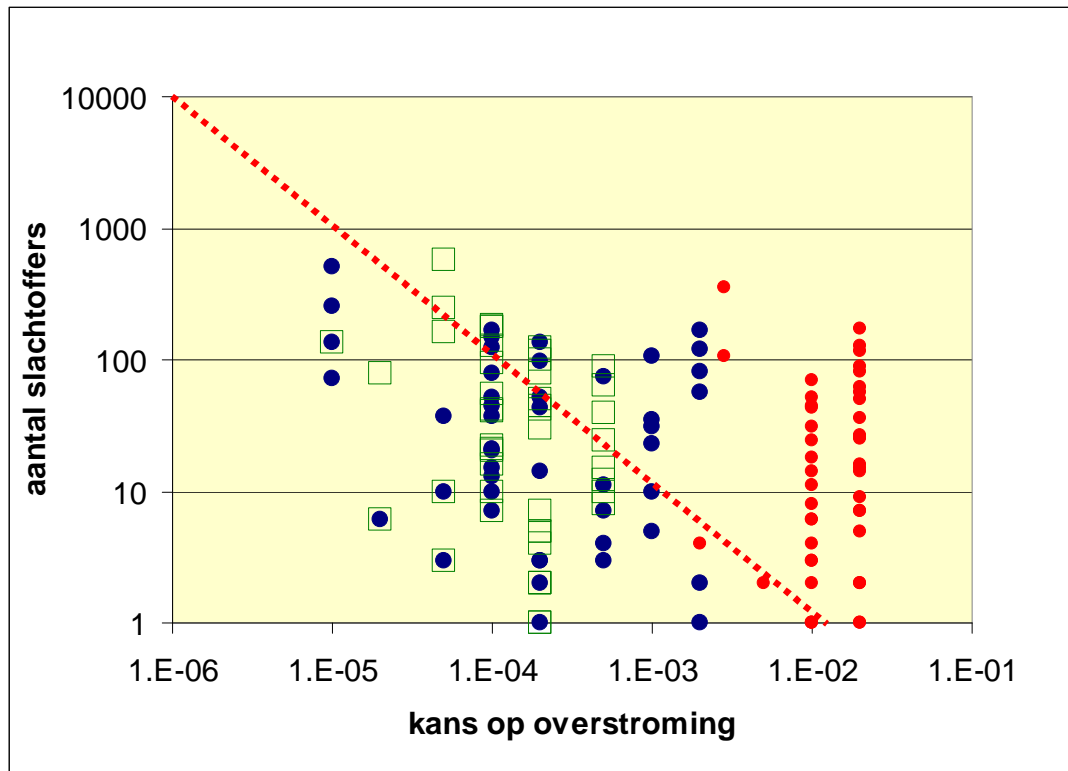
Uit deze figuur en uit Tabel 7-3 blijkt dat het slachtofferrisico van het land als geheel tot 2020 in het trendscenario – bij huidig beleid – nog fors afneemt door de kleinere overstromingskansen die voortvloeien uit dijkverbetering, de aanpak van zwakke schakels en uitvoering van Ruimte voor de Rivier; daarna blijft het systeem 'op orde', en loopt het slachtofferrisico nog slechts heel langzaam op met de – geringe – bevolkingsgroei.

Tabel 7-3 Slachtofferrisico per dijkkring in de huidige en in toekomstige situaties

nr	dijkkring	huidig	trend 2020	trend 2040	beschermen 2040	ruimte voor water <sup>1</sup> 2040	voorzichtig terugtrekken <sup>2</sup> 2040	volledig terugtrekken <sup>3</sup> 2040
1	Schiernonnikoog	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
2	Ameland	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
3	Terschelling	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
5	Texel	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002
6	Friesland en Groningen	0.017	0.019	0.019	0.019	0.009	0.016	0.033
7	Noordoostpolder	0.009	0.004	0.005	0.005	0.002	0.004	0.004
8	Flevoland	0.027	0.018	0.019	0.019	0.002	0.015	0.015
9	Vollenhove	0.010	0.006	0.007	0.007	0.002	0.005	0.010
10	Mastenbroek	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003
11	IJsseldelta	0.004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.003
12	Wieringen	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
13	Noord-Holland	0.015	0.008	0.009	0.009	0.003	0.007	0.014
14	Zuid-Holland	0.005	0.029	0.030	0.030	0.012	0.025	0.050
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	0.106	0.025	0.025	0.012	0.013	0.022	0.055
16	Alblasserwaard en Vijfth.landen	0.238	0.023	0.026	0.013	0.006	0.022	0.055
17	IJsselmonde	0.003	0.013	0.013	0.013	0.001	0.012	0.023
18	Pernis	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	Rozenburg	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
20	Voorne-Putten	0.338	0.018	0.018	0.009	0.004	0.016	0.032
21	Hoeksche Waard	0.002	0.009	0.011	0.006	0.008	0.008	0.019
22	Eiland van Dordrecht	0.037	0.016	0.015	0.015	0.001	0.014	0.035
24	Land van Altena	0.031	0.006	0.006	0.006	0.004	0.006	0.014
25	Goeree-Overflakkee	0.005	0.005	0.006	0.006	0.005	0.005	0.010
26	Schouwen Duivenland	0.004	0.004	0.004	0.004	0.001	0.004	0.007
27	Tholen en St. Philipsland	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.002
28	Noord Beveland	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.001	0.001
29	Walcheren	0.012	0.013	0.012	0.012	0.005	0.012	0.023
30	Zuid Beveland west	0.008	0.009	0.009	0.009	0.004	0.008	0.016
31	Zuid Beveland oost	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004
32	Zeeuwsch Vlaanderen	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	0.004
34	West-Brabant	0.019	0.020	0.020	0.020	0.002	0.018	0.046
35	Donge	0.010	0.010	0.010	0.005	0.001	0.009	0.024
36	Land van Heusden/de Maaskant	0.035	0.020	0.020	0.004	0.004	0.017	0.034
38	Bommelerwaard	0.003	0.008	0.008	0.008	0.001	0.007	0.013
41	Land van Maas en Waal	0.114	0.032	0.033	0.033	0.006	0.028	0.056
42	Ooij en Millingen	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002
43	Betuwe, Tieler- en Cul.waarden	0.160	0.044	0.046	0.018	0.009	0.039	0.078
44	Kromme Rijn	0.001	0.002	0.001	0.002	0.000	0.001	0.003
45	Gelderse Vallei	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.006
46	Eempolder	0.002	0.004	0.004	0.004	0.002	0.003	0.003
47	Arnhemse- en Velpsebroek	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	Rijn en IJssel	0.004	0.008	0.004	0.009	0.017	0.004	0.020
49	IJsselland	0.004	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
50	Zutphen	0.005	0.001	0.003	0.001	0.000	0.003	0.003
51	Gorssel	0.002	0.000	0.001	0.000	0.000	0.001	0.001
52	Oost Veluwe	0.006	0.005	0.006	0.006	0.001	0.005	0.010
53	Salland	0.023	0.012	0.012	0.012	0.001	0.011	0.021
	<b>totaal</b>	<b>1.27</b>	<b>0.41</b>	<b>0.42</b>	<b>0.33</b>	<b>0.13</b>	<b>0.36</b>	<b>0.76</b>

<sup>1</sup> Door toepassing van overstroombare dijken neemt het aantal slachtoffers sterk af.<sup>2</sup> Beschermingsniveau wordt wel gehandhaafd.<sup>3</sup> Beschermingsniveau wordt niet gehandhaafd.

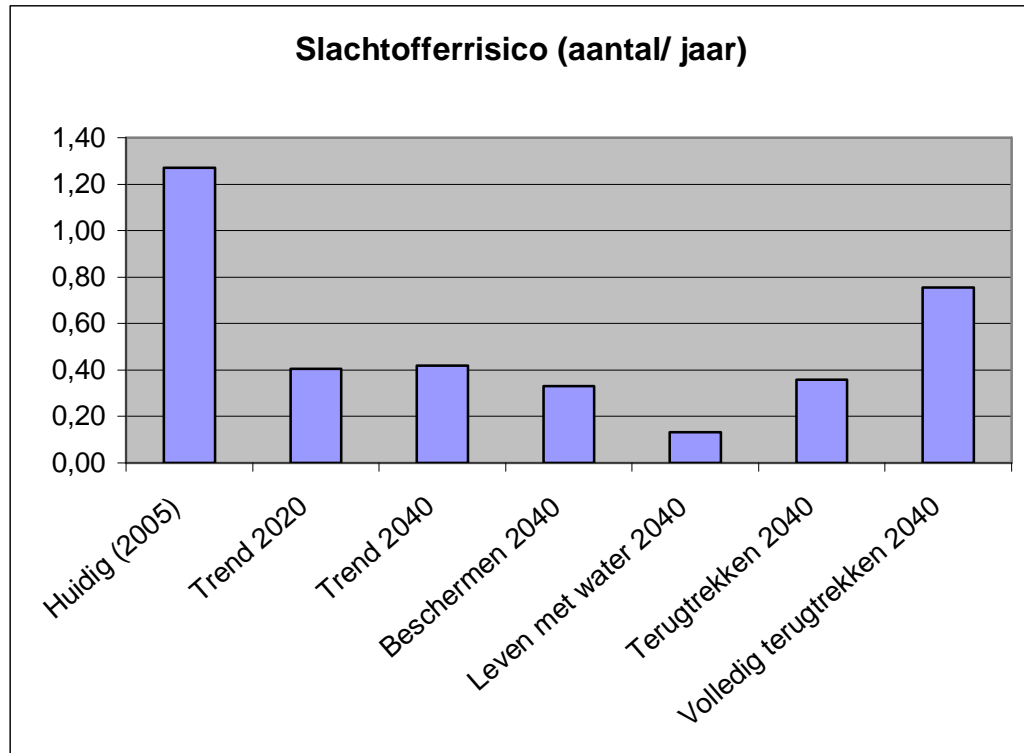
In Figuur 7.3 is de ontwikkeling van het slachtofferrisico per dijkkring nog eens voor een drietal zichtjaren weergegeven. De situatie in 1950, het heden en 2020 – met het ‘systeem op orde’ – zijn weergegeven. Duidelijk waarneembaar is een verschuiving van de puntenwolken naar links in de figuur van verleden via heden naar toekomst (naar kleinere kansen). Daardoor neemt het slachtofferrisico af.



Figuur 7.3 Kansen en verwachte aantallen slachtoffers van overstromingen per dijkkring in 1950 (rode opgevulde cirkels), de huidige situatie (blauwe gevulde cirkels) en in 2020 (groene open vierkantjes)

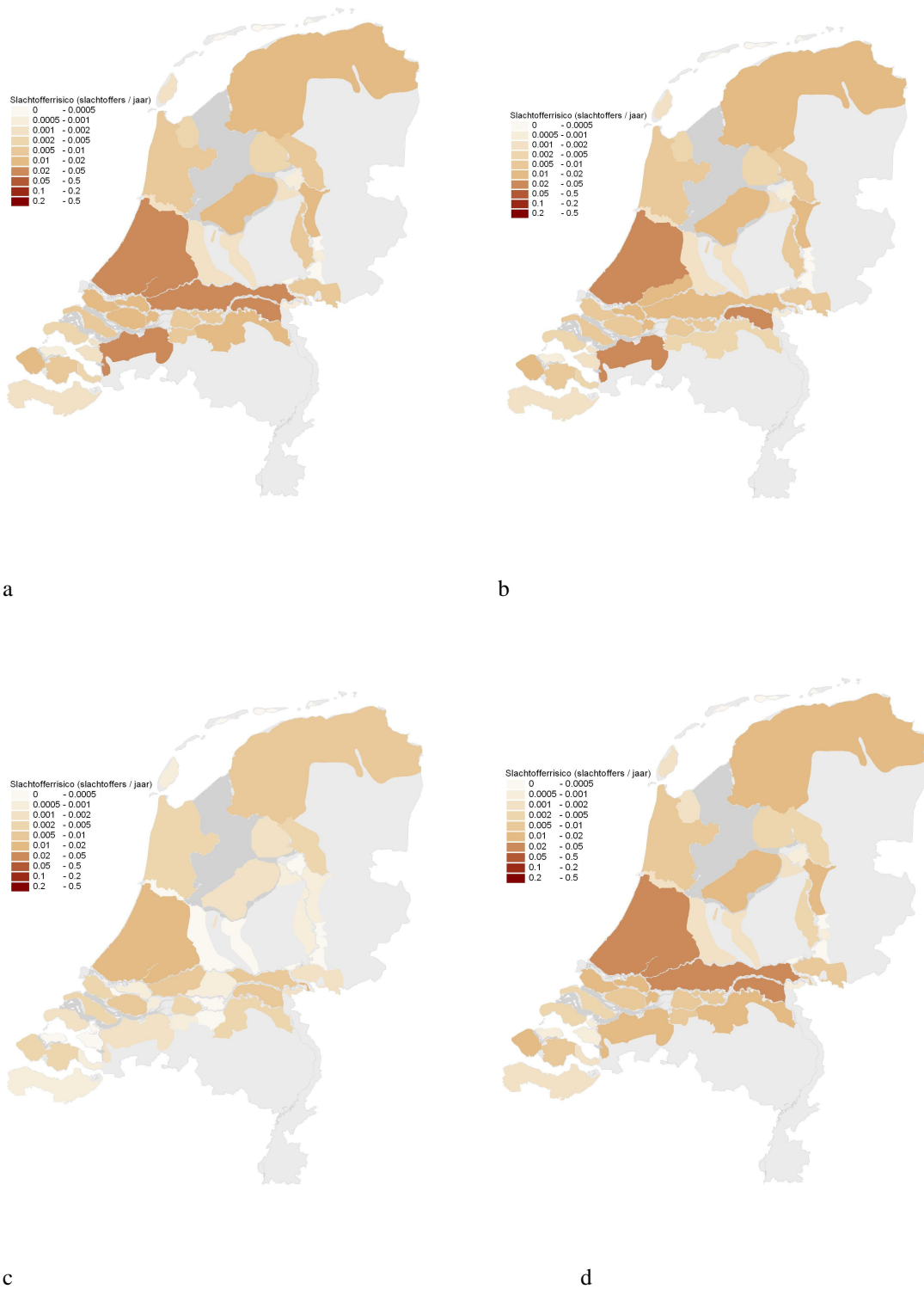
### Het effect van de verschillende beleidsalternatieven

Figuur 7.4 geeft een beeld van het slachtofferrisico – in een index die het gemiddeld aantal slachtoffers van overstromingen per jaar is – bij de verschillende beleidsalternatieven in 2040. Hieruit blijkt dat met alle alternatieven, behalve terugtrekken zonder wettelijke handhaving van het beschermingsniveau, het slachtofferrisico nog kan worden verkleind. Het alternatief ruimte voor water resulteert in het laagste slachtofferrisico, omdat de overstroombare dijkvakken het moment van instromen voorspelbaar maken en gemakkelijk vluchten mogelijk. ‘Volledig terugtrekken’, dat wil zeggen zonder handhaving van het wettelijk beschermingsniveau na 2020 (geen dijkverhogingen meer), resulteert in het hoogste slachtofferrisico door de toenemende overstromingskansen als gevolg van de verwachte klimaatverandering. Het risico is in dit alternatief ruim vijf keer groter dan bij ‘leven met water’ en bijna 2 x zo hoog als in de referentie met het ‘systeem op orde’ (trend 2040), maar nog altijd significant lager dan het huidige niveau.



Figuur 7.4 Slachtofferrisico, uitgedrukt als gemiddeld aantal slachtoffers van overstromingen per jaar, in 2040 bij verschillende beleidsalternatieven in vergelijking met huidig en trend

Welke de bijdrage van de verschillende dijkeringen aan het slachtofferrisico is bij de verschillende beleidsalternatieven valt af te lezen uit Figuur 7.5. Daaruit blijkt dat sommige dijkeringen een grote bijdrage leveren aan het slachtofferrisico en andere een heel kleine. Dat kan zowel het gevolg zijn van het grote aantal slachtoffers, als van een relatief grote kans op overstromen. Ook blijkt uit de figuur dat alle alternatieven tot een gelijkmatiger verdeling leiden en dat de meest bijdragende dijkeringen steeds andere zijn. Dat maakt interpretatie lastig. Mogelijk ten overvloede –maar toch wordt er hier nog eens nadrukkelijk op gewezen dat de kaarten van het schaderisico tot andere inzichten kunnen leiden, en het er ook bij betrekken van de kosten en overige implicaties van de alternatieve strategieën tot weer een geheel andere gevolgtrekking; men leze verder.



Figuur 7.5 Slachtofferrisico per dijkkring in 2040 bij (a) trend en bij verschillende beleidsalternatieven: (b) beschermen, (c) ruimte voor water en (d) voorzichtig terugtrekken.

## 7.3 Schaderisico's huidig en toekomstig

Door vermenigvuldiging van de kans op overstroming met het gevolg van overstroming kan het schaderisico per dijkkring worden vastgesteld. Dat is in dit geval verantwoord omdat de blootstelling deels is verdisconteerd in de kansschatting (kans op dijkbreuk zonder gevolgen niet te zwaar gewogen) en deels is verdisconteerd in de bepaling van gevolgen (door gebruik te maken van alle beschikbare overstromingsscenario's). Dan kan de volgende formule worden toegepast:

$$\text{Schaderisico} = \text{kans} * \text{gevolg (in termen van schade)}$$

Deze risicoschatting is uitgevoerd voor de huidige situatie, 2020 (trend en hoge-druktrend), 2040 (trend en hoge-druktrend), alsmede voor de strategische beleidsopties in 2040.

Om een indruk te krijgen van de onzekerheidsband is de lage schatting van de kans (kleine kans) gecombineerd met de hoge schatting van het gevolg (groot gevolg), omdat grote rampen in het algemeen een kleine kans van optreden hebben – en omgekeerd.

### 7.3.1 Ontwikkeling schaderisico

De potentiële schade van overstromingen sedert 1950 is met een factor 6 tot 13 toegenomen (afhankelijk van hoe dit is berekend), maar de kans op een overstroming is over het algemeen 10- 100 maal kleiner geworden. Voor het land als geheel betekent dit dat het schaderisico is afgenomen. Op het moment is het risico ongeveer 140 miljoen € jaar. De verschillen tussen dijkringen zijn echter groot. Deze zijn weergegeven in Tabel 7-4.

Tabel 7-4 Schaderisico<sup>1</sup> per dijkkring in huidige situatie. De hoge schaderisico's in dijkringen in het rivierengebied worden voor een groot deel veroorzaakt door de (nu nog) grote overstromingskansen.

nr	dijkkring	bovengrens	verwachtingswaarde	ondergrens
1	Schiermonnikoog	0,05	0,02	0,00
2	Ameland	0,15	0,06	0,01
3	Terschelling	0,10	0,04	0,00
4	Vlieland	0,01	0,00	0,00
5	Texel	0,60	0,23	0,02
6	Friesland en Groningen	0,03	0,06	0,06
7	Noordoostpolder	0,09	0,42	0,08
8	Flevoland	1,75	<b>1,40</b>	0,38
9	Vollenhove	2,60	<b>2,65</b>	0,53
10	Mastenbroek	0,75	0,75	0,08
11	IJsseldelta	0,60	0,60	0,06
12	Wieringen	0,78	0,31	0,03
13	Noord-Holland*	0,36	0,36	0,36
14	Zuid-Holland	0,01	0,19	0,19
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	26,00	<b>5,10</b>	1,02
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	107,00	<b>42,60</b>	4,26
17	IJsselmonde	0,51	0,10	0,10
18	Pernis	0,06	0,03	0,00
19	Rozenburg	0,14	0,07	0,01
20	Voorne-Putten	22,50	<b>18,00</b>	1,80
21	Hoeksche Waard	0,32	0,16	0,06

nr	dijkring	bovengrens	verwachtingswaarde	ondergrens
22	Eiland van Dordrecht	4,50	<b>4,50</b>	0,45
23	Biesbosch	0,30	0,30	0,03
24	Land van Altena	12,00	<b>2,40</b>	1,20
25	Goeree-Overflakkee	0,55	0,21	0,04
26	Schouwen Duivenland	0,65	0,25	0,05
27	Tholen en St. Philipsland	0,35	0,13	0,03
28	Noord Beveland	0,10	0,04	0,01
29	Walcheren	2,00	0,80	0,16
30	Zuid Beveland west	1,35	0,53	0,11
31	Zuid Beveland oost	0,60	0,24	0,03
32	Zeeuwsch Vlaanderen	0,25	0,09	0,18
34	West-Brabant	2,80	<b>1,12</b>	0,22
34a	Geertruidenberg	0,10	0,04	0,00
35	Donge	1,80	0,70	0,07
36	Land van Heusden/de Maaskant*	0,60	<b>3,80</b>	1,50
37	Nederhemert	0,00	0,00	0,00
38	Bommelerwaard	1,40	0,56	0,14
39	Alem	0,04	0,03	0,00
40	Heerwaarden	0,20	0,08	0,01
41	Land van Maas en Waal	13,00	<b>10,40</b>	2,85
42	Ooij en Millingen	1,00	0,20	0,05
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerw.	48,00	<b>27,60</b>	9,90
44	Kromme Rijn	0,12	0,06	0,03
45	Gelderse Vallei	0,09	0,05	0,02
46	Eempolder	0,10	0,05	0,01
47	Arnhemse- en Velpsebroek	0,08	0,01	0,00
48	Rijn en IJssel	1,60	0,49	0,07
49	IJsselland	1,00	0,80	0,20
50	Zutphen	4,50	<b>1,80</b>	0,90
51	Gorssel	2,00	0,60	0,15
52	Oost Veluwe	2,00	<b>1,05</b>	0,68
53	Salland	9,50	<b>5,40</b>	0,87
	<b>totaal</b>		<b>137</b>	

<sup>1</sup> Schaderisico = kans op overstrooming x schade

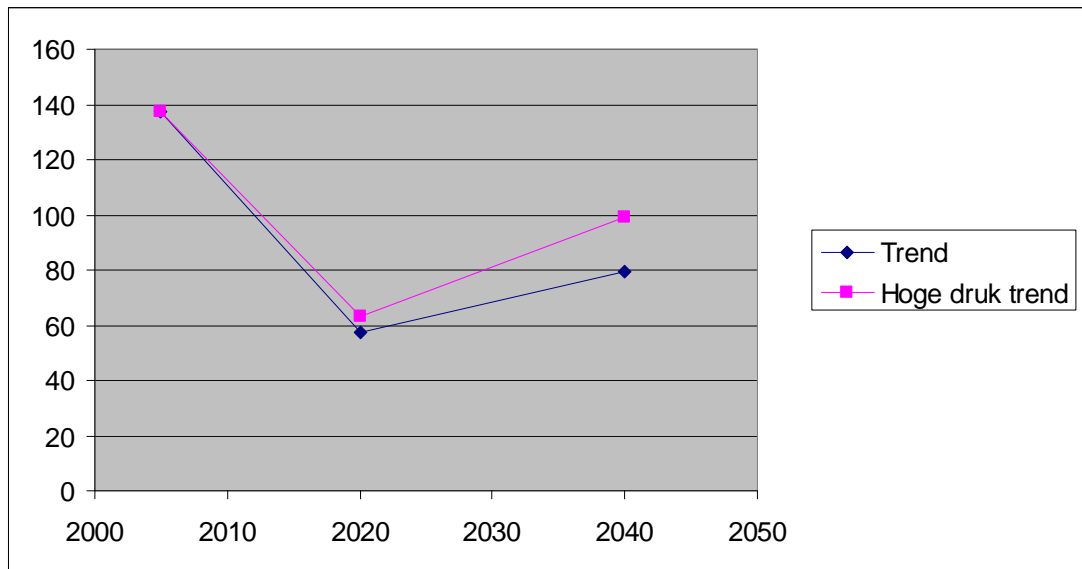
<sup>2</sup> Schaderisico's met verwachtingswaarde groter dan 1 miljoen € jaar zijn met blauw aangegeven en groter dan 10 miljoen € jaar met rood.

Bij autonome ontwikkeling nemen de kansen op overstrooming tot 2020 nog sterk af door uitvoering van Ruimte voor Rivieren, doordat dijken op orde worden gebracht die bij de laatste toetsing onvoldoende zijn bevonden, en door de aanpak van de zwakke schakels aan de kust. Het effect hiervan is zo groot dat de toename van de kwetsbaarheid door ruimtelijke ontwikkeling en economische groei meer dan teniet wordt gedaan. Bij een hoge-druktrend is deze risicodaling iets minder, omdat de kwetsbaarheid sneller toeneemt.

Tussen 2020 en 2040 neemt de kwetsbaarheid door de (langzamere) bevolkingsontwikkeling en de doorgaande economische groei nog voortdurend toe terwijl de kansen bij ongewijzigd beleid gelijk blijven; de schaderisico's lopen dan weer langzaam op (Tabel 7-5 en Figuur 7.6). Ook nu sterker bij een hoge-druktrend.



We zien bij een aantal dijkringen in het rivierengebied dat de bijdrage aan het schaderisico in Nederland hoog is, soms zelfs oploopt als het dijkringen betreft die op dit moment beter beschermd zijn dan volgens de norm noodzakelijk; de overstromingskans kan dan vanaf nu oplopen. Belangrijkst is echter dat de kwetsbaarheid in deze dijkringen sterk toeneemt door de vele bouwactiviteiten (voorbeelden: Salland, Rijn & IJssel, Betuwe, Alblasserwaard, etc.). Andere sterke stijgers in trend- en hoge-druktrendscenario zijn onder meer Flevoland (Almere), Zuid-Holland, Krimpenerwaard, Hoekse Waard, Voorne-Putten en Eiland van Dordrecht, vooral door hun bovengemiddelde groei.



Figuur 7.6 Ontwikkeling van het schaderisico van geheel Nederland bij trendgewijze ontwikkeling en hoge-druktrend (miljoenen euro's per jaar).

Tabel 7-5 Schaderisico per dijkkring in huidige en toekomstige situaties bij ontwikkeling volgens trend respectievelijk hoge-druktrend (alleen verwachtingswaarden). In veel gevallen is er een daling van huidig naar 2020 door kleinere kansen en in alle gevallen is er daarna een stijging door de economische groei.

nr	dijkkring	huidig	trend		hoge druktrend	
			2020	2040	2020	2040
1	Schiermonnikoog	0,02	0,02	0,03	0,02	0,03
2	Ameland	0,06	0,08	0,10	0,09	0,12
3	Terschelling	0,04	0,05	0,07	0,05	0,08
4	Vlieland	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
5	Texel	0,23	0,37	0,49	0,39	0,54
6	Friesland en Groningen	0,06	0,10	0,13	0,10	0,15
7	Noordoostpolder	0,42	0,31	0,44	0,34	0,55
8	Flevoland	1,40	1,24	1,79	1,32	2,03
9	Vollenhove	2,65	2,13	3,08	2,30	3,47
10	Mastenbroek	0,75	0,45	0,62	0,47	0,68
11	IJsseldelta	0,60	0,35	0,48	0,37	0,54
12	Wieringen	0,31	0,60	0,83	0,66	1,06
13	Noord-Holland	0,36	0,27	0,37	0,31	0,57
14	Zuid-Holland	0,19	1,42	1,97	1,64	2,58

nr	dijkkring	huidig	trend		hoge druktrend	
			2020	2040	2020	2040
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	5,10	1,60	2,19	1,77	2,71
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	42,60	6,07	8,89	6,96	12,53
17	IJsselmonde	0,10	0,70	0,97	0,79	1,17
18	Pernis	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05
19	Rozenburg	0,07	0,09	0,12	0,10	0,13
20	Voorne-Putten	18,00	1,30	1,82	1,50	2,69
21	Hoeksche Waard	0,16	1,01	1,59	1,11	2,12
22	Eiland van Dordrecht	4,50	2,65	3,59	3,02	4,50
23	Biesbosch	0,30				
24	Land van Altena	2,40	0,69	0,93	0,74	1,18
25	Goeree-Overflakkee	0,21	0,32	0,46	0,38	0,74
26	Schouwen Duivenland	0,25	0,49	0,65	0,56	0,84
27	Tholen en St. Philipsland	0,13	0,19	0,27	0,22	0,36
28	Noord Beveland	0,04	0,06	0,07	0,06	0,08
29	Walcheren	0,80	1,16	1,54	1,27	1,85
30	Zuid Beveland west	0,53	0,84	1,14	0,95	1,39
31	Zuid Beveland oost	0,24	0,43	0,57	0,45	0,73
32	Zeeuwsch Vlaanderen	0,09	0,13	0,18	0,14	0,20
34	West-Brabant	1,12	1,85	2,48	2,05	3,11
35	Donge	0,70	1,05	1,39	1,13	1,62
36	Land van Heusden/de Maaskant	3,80	3,04	4,20	3,25	4,98
38	Bommelerwaard	0,56	2,14	2,91	2,32	3,37
41	Land van Maas en Waal	10,40	4,24	5,83	4,57	7,18
42	Ooij en Millingen	0,20	0,34	0,49	0,40	0,78
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	27,60	11,68	16,10	12,84	19,81
44	Kromme Rijn	0,06	0,16	0,23	0,18	0,29
45	Gelderse Vallei	0,05	0,08	0,11	0,09	0,13
46	Eempolder	0,05	0,14	0,19	0,15	0,26
47	Arnhemse- en Velpsebroek	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03
48	Rijn en IJssel	0,49	1,40	1,88	1,54	2,26
49	IJsselland	0,80	0,12	0,16	0,12	0,19
50	Zutphen	1,80	0,48	0,63	0,50	0,69
51	Gorssel	0,60	0,10	0,14	0,14	0,22
52	Oost Veluwe	1,05	1,65	2,26	1,72	2,64
53	Salland	5,40	3,89	5,22	4,12	5,85
	<b>totaal</b>	137	58	80	63	99

<sup>1</sup> Schaderisico's met verwachtingswaarde groter dan 1 miljoen € jaar zijn met blauw aangegeven en groter dan 10 miljoen € jaar met rood.

De schaderisico's voor de beleidsalternatieven zijn weergegeven in Tabel 7-6 en **Error! Reference source not found.** Bij extra *Beschermen* nemen ze af doordat de overstromingskansen van dijkringen met een verhoudingsgewijs groot risico is verkleind, omdat voor die dijkringen de normen zijn verscherpt.

In *Leven met water* nemen ze voor Nederland als geheel af door de compartimentering en de geringere waterdiepten en kleinere overstroomde arealen; de schades zijn over het algemeen lager, maar treden vaker op; in sommige dijkringen neemt het risico dan ook toe door de grotere kans op overstroming via de overstroombare dijkvakken, in andere af door de geïntroduceerde systeemwerking (kleinere kansen benedenstrooms). De onzekerheidsbanden zijn hier niet weergegeven, maar die zijn kleiner in dit

beleidsalternatief doordat het moment van instromen nauwkeuriger vastligt (geen bresvorming).

Bij **Terugtrekken** met handhaving van het beschermingsniveau loopt het risico op door dat deel van de economische groei dat niet leidt tot verandering van landgebruik; daarom is de groei van het schaderisico tussen 2020 en 2040 geringer (van 58 naar 71 miljoen € jaar) dan in het trendscenario (van 58 naar 80 miljoen € jaar).

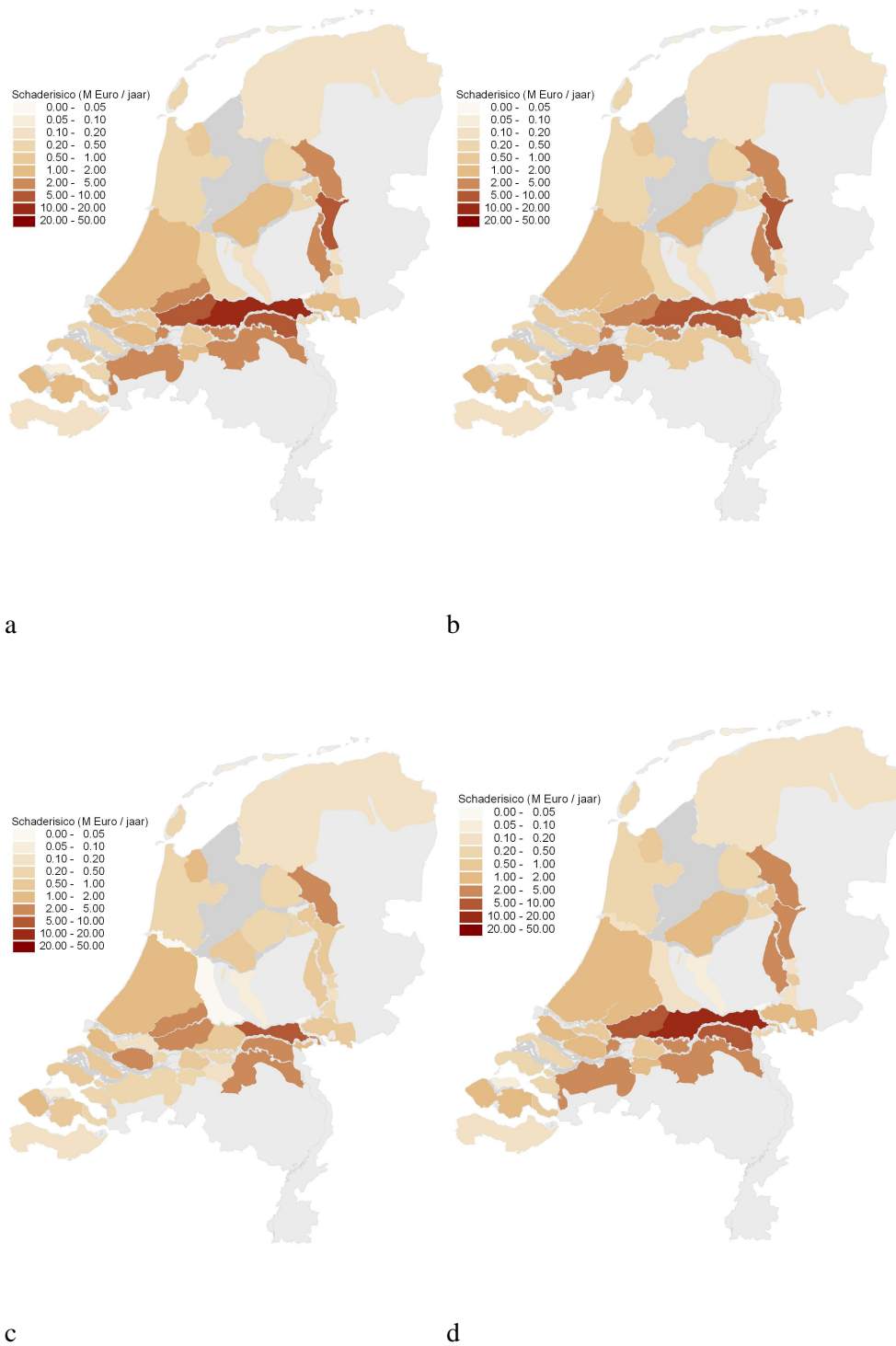
Bij **Terugtrekken zonder handhaving** van het beschermingsniveau loopt het risico heel snel op, bijna tot het huidige niveau (waarbij we achterlopen op de normen doordat Ruimte voor Rivieren en de aanpak van de zwakke schakels nog niet zijn geïmplementeerd).

Tabel 7-6 Schaderisico per dijkkring bij 4 verschillende beleidsalternatieven in 2040 in vergelijking met de huidige situatie en de trend.

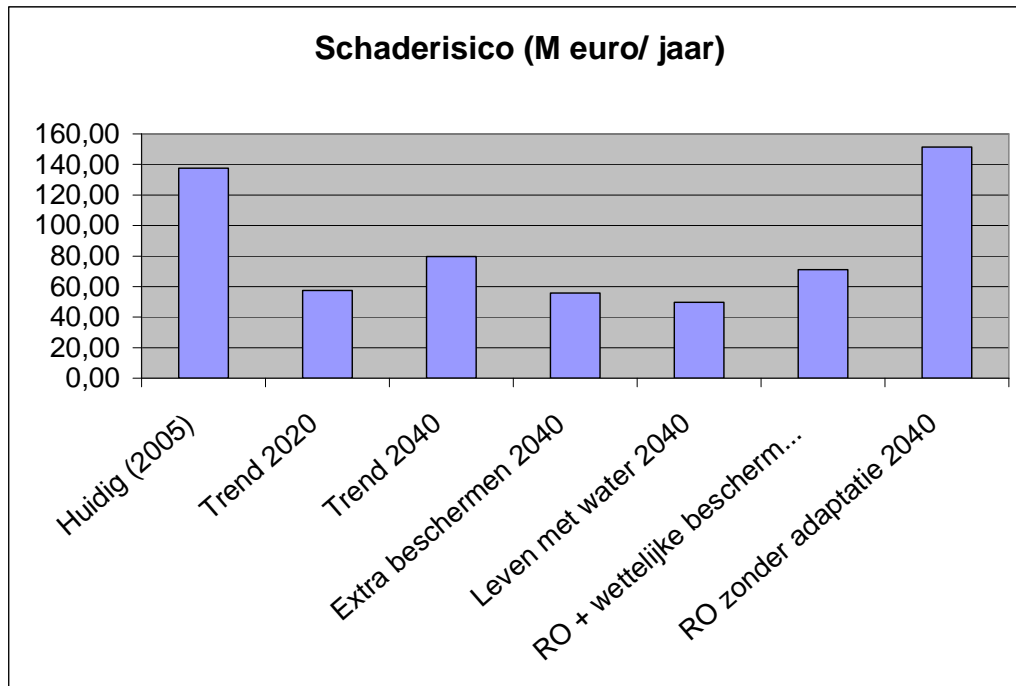
nr	dijkkring	huidig	trend 2040	extra beschermen	leven met water	voorzichtig terugtrekken	volledig terugtrekken
1	Schiermonnikoog	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,08
2	Ameland	0,06	0,10	0,10	0,10	0,09	0,24
3	Terschelling	0,04	0,07	0,07	0,07	0,07	0,17
4	Vlieland	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
5	Texel	0,23	0,49	0,49	0,39	0,42	0,83
6	Friesland en Groningen	0,06	0,13	0,13	0,10	0,12	0,23
7	Noordoostpolder	0,42	0,44	0,44	0,39	0,39	0,39
8	Flevoland	1,40	1,79	1,79	0,43	1,45	1,45
	Zuid Flevoland				0,51		
9	Vollenhove	2,65	3,08	3,08	2,47	2,60	5,20
10	Mastenbroek	0,75	0,62	0,62	0,62	0,57	1,42
11	IJsseldelta	0,60	0,48	0,48	0,48	0,45	1,13
12	Wieringen	0,31	0,83	0,83	1,52	0,75	0,75
13	Noord-Holland*	0,36	0,37	0,37	0,27	0,33	0,66
14	Zuid-Holland	0,19	1,97	1,97	1,48	1,74	3,49
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	5,10	2,19	1,09	2,11	2,00	4,99
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	42,60	8,89	4,45	3,19	7,78	19,45
17	IJsselmonde	0,10	0,97	0,97	0,15	0,91	1,81
18	Pernis	0,03	0,04	0,04	0,01	0,04	0,08
19	Rozenburg	0,07	0,12	0,12	0,02	0,12	0,24
20	Voorne-Putten	18,00	1,82	0,91	1,35	1,64	3,28
	Spijkenisse				0,14		
21	Hoeksche Waard	0,16	1,59	0,80	2,59	1,25	3,13
22	Eiland van Dordrecht	4,50	3,59	3,59	0,35	3,31	8,27
23	Biesbosch	0,30					
24	Land van Altena	2,40	0,93	0,93	0,93	0,90	2,26
25	Goeree-Overflakkee	0,21	0,46	0,46	0,85	0,41	0,83
26	Schouwen Duivenland	0,25	0,65	0,65	0,52	0,50	1,01
27	Tholen en St. Philipsland	0,13	0,27	0,27	0,21	0,23	0,47
28	Noord Beveland	0,04	0,07	0,07	0,06	0,07	0,14
29	Walcheren	0,80	1,54	1,54	1,25	1,49	2,99
30	Zuid Beveland west	0,53	1,14	1,14	0,90	1,03	2,07
31	Zuid Beveland oost	0,24	0,57	0,57	0,45	0,53	1,06

nr	dijkkring	huidig	trend 2040	extra bescher- men	leven met water	voor- zichtig terug- trekken	volledig terug- trekken
32	Zeeuwsch Vlaanderen	0,09	0,18	0,18	0,14	0,17	0,34
34	West-Brabant	1,12	2,48	2,48	0,50	2,23	5,57
34 a	Geertruidenberg	0,04					
35	Donge	0,70	1,39	0,69	0,28	1,31	3,26
36	Land van Heusden/de Maaskant*	3,80	4,20	0,84	3,37	3,66	7,33
	Den Bosch				0,12		
37	Nederhemert	0,00					
38	Bommelerwaard	0,56	2,91	2,91	0,47	2,69	5,38
39	Alem	0,03					
40	Heerwaarden	0,08					
41	Land van Maas en Waal	10,40	5,83	5,83	2,34	5,17	10,35
42	Ooij en Millingen	0,20	0,49	0,49	1,98	0,35	0,87
43	Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden*	27,60	16,10	6,44	7,58	14,31	28,62
	westelijke helft				0,88		
44	Kromme Rijn	0,06	0,23	0,23	0,04	0,20	0,51
45	Gelderse Vallei	0,05	0,11	0,11	0,09	0,10	0,51
46	Eempolder	0,05	0,19	0,19	0,16	0,13	0,13
47	Arnhemse- en Velpsebroek	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,06
48	Rijn en IJssel* (a: Rijnstrangen)	0,49	1,88	1,88	0,59	1,78	4,45
	b: restant				4,79		
49	Ijsselland	0,80	0,16	0,16	0,32	0,14	0,35
50	Zutphen	1,80	0,63	0,32	0,13	0,63	1,57
51	Gorssel	0,60	0,14	0,14	0,28	0,12	0,30
52	Oost Veluwe*	1,05	2,26	2,26	0,80	2,01	4,01
53	Salland	5,40	5,22	5,22	0,80	4,80	9,60
	<b>totaal</b>	137	80	58	50	71	151

\* Schaderisico's met verwachtingswaarde groter dan 1 miljoen € jaar zijn met blauw aangegeven en groter dan 10 miljoen € jaar met rood.



Figuur 7.7 Schaderisico per dijkkring in 2040 bij (a) trend en bij verschillende beleidsopties: (b) beschermen, (c) ruimte voor water en (d) voorzichtig terugtrekken.



Figuur 7.8 Overzicht van het totale overstromingsschaderisico bij de verschillende beleidsalternatieven in 2040 in vergelijking met de huidige situatie en bij ongewijzigd beleid (trend) in 2020 en 2040.

## 7.4 Reflectie op de beleidsalternatieven

In dit hoofdstuk zijn de risico's van overstroming van verschillende beleidsalternatieven gepresenteerd in vergelijking met de autonome ontwikkeling van de overstromingsrisico's bij voortzetting van het huidige beleid en bij respectievelijk trendgewijze ontwikkeling en een hoge-druktrend.

Uit de resultaten blijkt dat zowel het slachtofferrisico als het schaderisico nog daalt door uitvoering van al ingezet beleid, maar dat daarna weer een toename optreedt: een geringe voor slachtofferrisico en een forse voor schaderisico. Ook blijkt dat strategische beleidsalternatieven het mogelijk maken zowel het slachtoffersrisico als het schaderisico verder te verkleinen; deze gaan overigens niet gelijk op, omdat slachtoffers ook kunnen worden voorkomen zonder overstromingen te voorkomen, namelijk door adequate waarschuwing en evacuatie, of door langere vluchttijden te bieden – met overstroombare dijken bijvoorbeeld. Implementatie van deze alternatieven is overigens wel duurder dan voortzetting van het huidige beleid, met uitzondering van 'volledig terugtrekken' zonder verdere (wettelijke) aanpassingen van de waterkeringen, want dat kost 'niks'; maar dat is meteen het enige alternatief waarin het risico sterk toeneemt (voor velen is dit dan ook geen alternatief, maar slechts een referentie).

Nu moeten beleidsalternatieven idealiter worden beoordeeld op een aantal criteria, waaronder kosten, baten en consequenties voor economie, mens en milieu (ook wel aangeduid als People, Profit en Planet), alsmede op robuustheid en flexibiliteit (Kwadijk et al., 2006; zie ook De Bruijn, 2005). Daarbij kunnen resultaten per criterium worden samengevat in een eenvoudige *score-card* (tabel met uitkomsten in hun eigen eenheden); anderen zullen grijpen naar het instrument van de multi-criteria-analyse (MCA), of spreken

van een Maatschappelijke Kosten-Baten-analyse (MKBA). In elk geval vergt dat een analyse die buiten het bestek van de onderhavige verkenning gaat. In plaats daarvan zullen we hier even kort ingaan op de kosten van de alternatieven in relatie tot de de baten in eveneens monetaire termen: het verminderde schaderisico (verwachte schade per jaar). Gegeven de beperkingen van zo'n benadering wordt deze gevolgd door een korte beschouwing van de overige voors- en tegens van de alternatieven.

#### 7.4.1 Kosten en effecten van beleidsalternatieven vergeleken

Aan het implementeren van de verschillende beleidsalternatieven zijn kosten verbonden, voor aanleg en onderhoud. Maar ze leveren ook baten op, namelijk een afname van het overstromingsrisico in termen van de jaarlijks verwachte overstromingsschade. De vermeden schade en de vermeden slachtoffers zijn dan als baat op te vatten. Dat vergt wel een referentie, en daarvoor wordt uitgegaan van de situatie 'op orde' die wordt bereikt in 2020. In dat jaar zijn immers alle voorgenomen dijkverbeteringen, Ruimte-voor-Rivierenmaatregelen en de nodige kustverzwaren uitgevoerd en voldoen alle waterkeringen aan de wettelijk vereisten.

Om de baten en kosten met elkaar te kunnen vergelijken zijn een aantal uitgangspunten nodig:

- De kosten voor de verschillende beleidsalternatieven zijn in paragraaf 3.3 op landelijk niveau bepaald. Daarom vindt de vergelijking van baten en kosten alleen op landelijk niveau plaats en niet op het niveau van de individuele dijkkringen<sup>10</sup>.
- Zowel het slachtofferrisico als het schaderisico zijn weergegeven in (gemiddelde) jaarlijkse eenheden. Om een vergelijking mogelijk te maken met de kosten moeten hetzij beide naar Contante Waarden worden omgerekend, hetzij de investeringskosten van de beleidsalternatieven (zie paragraaf 3.3) ook naar (gemiddelde) jaarlijkse bedragen worden omgerekend. Hier is voor het laatste gekozen. De jaarlijkse kosten van investeringen bestaan uit afschrijvingen, rentelasten en kosten van onderhoud en exploitatie. De levensduur van de verschillende investeringen is meestal zodanig lang dat de jaarlijkse afschrijving (op basis van annuïteit) kan worden verwaarloosd. De reële rente (zonder inflatie) wordt op 2,5 % gesteld<sup>11</sup> en het jaarlijkse onderhoud op 1 % van het investeringsbedrag. De jaarlijkse kosten van een alternatief komen dan uit op 3,5 % van de investeringskosten.
- Als referentie (vergelijkingsbasis) voor de beleidsalternatieven in 2040 wordt de situatie in 2020 genomen. Aldus kunnen ook van het huidig beleid de kosten en effecten in beeld worden gebracht.

Tabel 7-7 geeft een overzicht van de kosten en effecten van de verschillende beleidsalternatieven. De vergelijking van kosten en effecten wordt vergemakkelijkt als alle posten in geld worden uitgedrukt, ook de waarde van een mensenleven. Of dat ethisch verantwoord is laten we hier gemakshalve buiten beschouwing. Gauderis (2006) heeft voorgesteld om het verlies van een mensenleven door overstromingen gelijk te stellen aan het verlies aan een mensenleven in het verkeer. Economen hebben die waarde berekend uit

<sup>10</sup> Aldus wordt ook de val vermeden van een 'tragedy of the commons', zoals die kan voortvloeien uit een kosten-baten analyse op dijkkringniveau.

<sup>11</sup> Conform kabinetsbesluit van maart 2007. Voorheen was dit 4 %, waardoor maatregelen minder snel rendabel/verantwoord waren dan bij 2,5 %.

de kosten die worden gemaakt om verkeersslachtoffers te voorkomen. Zij kwamen uit op een gemiddelde waarde van op 2,2 miljoen euro. Wanneer deze waarde voor een mensenleven wordt gebruikt om de monetaire waarde van het slachtofferrisico te berekenen, dan blijkt deze economische waarde beduidend kleiner dan die van het schaderisico.

Het overzicht van kosten en effecten (Tabel 7-7) laat zien dat geen der alternatieven geld oplevert, dat wil zeggen dat de kosten in alle gevallen de vermeden schade te boven gaan, ook die van het huidige beleid. Soms komt dat vooral door de kosten van de maatregelen (bij 'beschermen' of 'ruimte voor water'), soms uitsluitend door de toename van het schaderisico door klimaatverandering ('volledig terugtrekken'), soms door beide. Hierbij wordt echter opgemerkt dat de onzekerheidsmarges in de getallen in Tabel 7-7 groot zijn. Daarom is voorzichtigheid geboden met conclusies over het al dan niet rendabel zijn van beleidsalternatieven. Voor onderlinge vergelijking van alternatieven kan de tabel wel als indicatief worden beschouwd.

De tabel laat ook zien dat beleidsalternatief 'voorzichtig terugtrekken' (met handhaven van het beschermingsniveau) de laagste netto kosten heeft, alhoewel slechts weinig lager dan huidig beleid of extra beschermen. Het slachtofferrisico neemt bij voorzichtig terugtrekken wel af, in tegenstelling tot bij huidig beleid of extra beschermen. Volledig terugtrekken kost 'niks' (aan nieuwe maatregelen), maar leidt tot een dermate grote toename van het schaderisico door klimaatverandering en economische waardevermeerdering dat de nettokosten hoger zijn dan die van huidig beleid; het slachtofferrisico neemt in dit alternatief ook flink toe. Een daling van het slachtofferrisico wordt alleen bereikt met de alternatieven 'extra beschermen', 'ruimte voor water' en 'voorzichtig terugtrekken'. Een zeer sterke daling van het slachtofferrisico wordt bereikt met 'ruimte voor water', waar echter ook de hoogste netto kosten aan verbonden zijn, doordat de investering voor dit alternatief vrij groot is.

Tabel 7-7 Kosten en directe effecten van beleidsalternatieven vergeleken met de situatie 2020

	<b>huidig beleid</b>	<b>bescher- men</b>	<b>ruimte voor water</b>	<b>voorzichtig terug- trekken</b>	<b>volledig terug- trekken</b>
kosten en effecten (miljoen €/jaar):					
- kosten <sup>1</sup>	53	81	109	53	0
- verandering schaderisico <sup>2</sup>	22	0	- 8	13	93
netto kosten	75	81	102	66	93
verandering slachtofferrisico (aantal per jaar) <sup>3,4</sup>	0.01	- 0.08	- 0.28	- 0.05	0.35

<sup>1</sup> Jaarlijkse kosten zijn gesteld op 5% van de investeringskosten. De toename van de kosten is vanuit het perspectief van kosten en baten negatief.

<sup>2</sup> Schaderisico = jaarlijkse kans op overstroming x schade.

<sup>3</sup> Slachtofferrisico = jaarlijkse kans op overstroming x aantal mogelijke slachtoffers.

<sup>4</sup> Als het verlies van één mensenleven bij overstromingen wordt gewaardeerd op 2.2 miljoen euro (bron: Gauderis, 2006), dan kan het slachtofferrisico in geld worden uitgedrukt. De bedragen zijn dan echter klein en hebben een verwaarloosbaar effect op de erboven gepresenteerde netto kosten.



## 7.4.2 Voors en tegens van de alternatieven

De voorgaande tabel legt bloot wat de beperkingen van strikt (smal) financieel-economisch denken zijn: slachtofferaantallen tellen nauwelijks mee als deze worden gemonetariseerd, zelfs niet als de waarde van een slachtoffer heel hoog wordt gesteld (op 10 miljoen € of meer). Dat strookt niet met de historie van beleidsvorming inzake overstromingsrisico's, noch met de perceptie bij grote delen van de bevolking van waar het eigenlijk om gaat: namelijk het voorkomen van (grote aantallen) slachtoffers.

Daarom hier enkele overwegingen rond de beleidsalternatieven:

Extra *bescherming* leidt tot een kleinere kans op een overstroming in de kwetsbare dijkkringen in vergelijking met voortzetting van het huidige beleid. Dat vergt een relatief kleine extra investering. Het is dus efficiënt. Maar dit alternatief biedt geen enkele stimulans tot behoedzaamheid bij verder investeren in woningen en bedrijvigheid in kwetsbare gebieden. Dat leidt tot een voortgaande kwetsbaarheidstoename en kans op spijt op lange termijn.

Uit **Error! Reference source not found.** en Figuur 7.5 blijkt dat de bijdrage aan het totaal van slachtofferrisico en schaderisico van de individuele dijkkringen minder 'oneerlijk' verdeeld is dan bij voortzetting van het huidige beleid. Dat komt doordat de normen zijn aangepast aan de huidige kwetsbaarheid, in plaats van deels relicten te zijn uit de 50-er jaren.

De onzekerheid over de standzekerheid van de waterkeringen blijft groot en wordt alleen maar groter als de belasting toeneemt (hogere waterstanden). De onzekerheid over mogelijk falen blijft eveneens groot, hetgeen de roep om sterkere (bredere/ hogere) waterkeringen zal aanwakkeren. In dit verband wordt wel gesproken van een opwaartse spiraal. Daar staat tegenover dat ruimtelijk-economische ontwikkelingen geen strobreed in de weg wordt gelegd; maar ook is er geen enkele synergie met – bij voorbeeld – beoogde ruimtelijke consequenties gericht op landschaps- en/of natuurbehoud en/of -ontwikkeling in het rivierengebied.

*Ruimte voor water/ leven met water* impliceert slechts zelden kleinere overstromingskansen, en in veel gevallen grotere. Daar staat tegenover dat de gevolgen van overstromingen evenredig veel of zelfs meer-dan-evenredig veel kleiner zijn. Het totale schaderisico voor Nederland is het laagst van alle alternatieven en fors lager lager dan bij huidige beleid, maar de bijdrage van individuele dijkkringen is ook een geheel andere; hetzelfde geldt in nog veel sterkere mate voor het slachtofferrisico dat zeer laag is. Dit alternatief betekent dus wel vaker water op het land, maar met minder gevolgen.

Voor sommige dijkkringen lijkt dit een achteruitgang, maar in dit alternatief is er geen sprake meer van een onevenredig grote bijdrage van slechts enkele dijkkringen aan het totale risico van geheel Nederland (zie **Error! Reference source not found.** en Figuur 7.5). De verdeling van de risicobijdrage over de dijkkringen lijkt 'eerlijker'.

Qua slachtofferrisico heeft dit alternatief duidelijk het meest voor, doordat de overstromingen beheersbaar worden. En frequente overstromingen houden het gevoel van een waterdreiging levend. Aldus is het een alternatief dat voor het (boven- en beneden-) rivierengebied en het merengebied veel voordelen heeft. De toegepaste compartimentering lijkt kosten-effectief als deze combineerbaar is met andere functies of aan oude structuren wordt gekoppeld: kanaal, oude dijk, geluidswal, e.d.).

**Terugtrekken** is een relatief goedkoop alternatief, waarbij de kwetsbaarheid het langzaamst toeneemt van alle alternatieven. Dat uit zich bij 'voorzichtig terugtrekken' vooral in een lager slachtofferrisico, omdat de bevolkingsomvang in het overstroombare deel van het land iets kleiner wordt (verduunningseffect). Het uit zich minder sterk in een lager schaderisico, omdat schadetoename veel sterker van waardetoename – en dus economische groei *sec* – afhangt, dan van uitbreiding van woonlocaties en bedrijventerreinen. Op dit punt valt door gericht beleid (ontkoppeling van schadetoename van waardetoename) nog veel te winnen. Bij volledig terugtrekken – zonder aanpassing van de waterkeringen of extra ruimte voor de rivieren – loopt de kans op een overstroming zo snel op dat het risico in ca 20-30 jaar verdubbelt. Dat geeft aan dat het niet volgen van de zeespiegelstijging en hogere waterpeilen op rivieren en meren forse consequenties heeft voor de bewoonbaarheid van ons land op lange termijn. De kans op maatschappelijke acceptatie lijkt daardoor gering. Het ruimtelijke ordeningsadagium achter 'terugtrekken', namelijk niet meer nieuw bouwen in overstroombare delen van het land, lijkt iets waar men nauwelijks spijt van kan krijgen, indien men ervan uitgaat dat de economische kansen elders in het land worden gegrepen en aldus op nationale schaal worden gecompenseerd. Bovendien kan de maatregel bijdragen aan het open houden van delen van het land die later nog van nut kunnen zijn om het water meer ruimte te verschaffen (corridors in het rivierengebied, IJsselmeerpolders bij stijgende zeespiegel, droogmakerijen bij toenemende grondwaterdruk, e.d.).

## 8 Bevindingen

### 8.1 Ten geleide

In dit rapport zijn zeer veel zaken de revue gepasseerd. Daar kunnen op veel verschillende niveaus conclusies uit getrokken worden: over de uitkomsten van deze analyse, over wat allemaal kan worden afgeleid uit de vele tabellen en kaarten, maar ook over wat het allemaal betekent voor de houdbaarheid van Nederland op lange termijn, over wat veranderd zou moeten worden in het beleid inzake ruimtelijke ordening en waterveiligheid, of over methodische problemen bij het leveren van schattingen gegeven alle onzekerheden. Kortom, teveel om hier even kort weer te geven.

Daarom is gekozen voor een 50-tal conclusies, zoals die direct zijn af te leiden uit het voorliggende rapport – dat toch vooral een technisch-inhoudelijke karakter heeft. Het hadden er ook 50 meer kunnen zijn, of 150. Ze zijn vooral bedoeld als uitnodiging om dieper te duiken in de tabellen en kaarten die in dit rapport zijn opgenomen, waar nog veel meer uit af te leiden valt.

### 8.2 Conclusies

#### De dreiging: klimaatverandering en de zeespiegel

1. De dreiging van overstromingen vanuit zee, rivieren en meren neemt toe door de verandering van het klimaat. Klimaatverandering leidt tot een stijgende zeespiegel en frequentere hoogwaters op de rivieren.
2. De zeespiegel zal volgens het KNMI in 2050 naar verwachting zo'n 15-35 cm hoger staan dan nu. Dat betekent voor 2100 tussen ca 30 en 70 cm hoger.
3. Er kan niet worden uitgesloten dat Groenland versneld zal afsmelten, waardoor de zeespiegel sneller kan gaan stijgen. Dat wordt ook door het IPCC onderkend, maar niet meebegroot.
4. Een forse bijdrage van Antarctica aan een versnelde zeespiegelstijging wordt vooralsnog onwaarschijnlijk geacht; momenteel wordt daar juist water opgeslagen door een neerslagoverschot.
5. De maximaal te bereiken waterstand zónder bijdragen van Groenland en Antarctica is 5-6 m boven huidig, hetgeen pas bereikt wordt na het jaar 3000. We moeten dan rekening houden met 3 m stijging in het jaar 2500. Dit is waarschijnlijk.
6. Met het ook afsmelten van Groenland kan de zeespiegel 12 m hoger komen te staan; en als dat deze eeuw begint wordt 4 m stijging al voor het jaar 2300 bereikt. Dit is denkbaar, maar niet waarschijnlijk.
7. Mocht Antarctica instabiel worden (losraken van grote delen van de ijsskape) dan kan de zeespiegel 19 m stijgen. De 4 m stijging wordt dan al voor 2200 bereikt. Dit is zeer onwaarschijnlijk.

8. De rivierafvoeren zullen in het winterhalfjaar groter worden en in de zomer kleiner.
9. Extreme hoogwaters zullen frequenter worden, maar hoeveel water Nederland kan bereiken via Rijn en Maas hangt mede af van maatregelen in Duitsland en België.
10. Er wordt desalniettemin verwacht dat de maatgevende rivierafvoeren in Nederland zullen toenemen en een grotere dreiging zullen vormen.
11. Daar kan met dijkverhoging of met rivierverruiming op worden gereageerd. Bij dijkverhoging wordt het verschil tussen buitenwaterstand en maaiveld binnendijks groter; bij rivierverruiming niet.
12. Het water van de Rijn, Maas en Schelde kan bij een hogere zeestand niet meer vrij naar zee stromen en wordt opgestuwd. Zonder maatregelen leidt dat tot hogere waterstanden op het IJsselmeer, in de grote wateren van Zeeland en Zuid-Holland, en op de benedenrivieren.
13. Deze hogere waterstanden kunnen met waterkeringen worden buitengehouden, of ze moeten worden uitgemalen. Dat laatste is technisch mogelijk (met tenminste 17 megagemalen), maar het vergt het uitmalen van de wateraanvoer van een stroomgebied dat zich uitstrekt tot de Italiaanse grens, waarbij heel Laag-Nederland één grote polder wordt en de rivieren en het IJsselmeer tussenboezems worden.
14. De invloed van een stormvloed op de waterstand reikt bij 1 m hogere zeespiegel op de Waal tot Tiel en bij 6 m hogere zeespiegel tot Pannerdense Kop (de splitsing van Waal, Rijn en IJssel).
15. Het deel van Nederland dat zich onder de zeespiegel bevindt loopt op van ca 30 % nu, via 40, 45, 50, 55, en 60 % tot 65 % bij iedere meter zeespiegelstijging.
16. Hogere waterstanden op de rijkswateren (de grote wateren rond de dijkringen) maken spuien van boezemwater (uit de polderboezems) uit dit deel van het land onder vrij verval onmogelijk. Er zal meer moeten worden gemalen. Bij 5 m zeespiegelstijging naar schatting 2x zoveel als nu; en op lange termijn zal vrijwel permanent moeten worden gemalen in plaats van periodiek.
17. Hogere waterstanden betekenen ook een grotere druk op het grondwater. Dat kan leiden tot het opbarsten van deklagen, een tot-nu-toe onvoldoende breed onderkend en gekend fenomeen waar nader onderzoek aan dient plaats te vinden. Dit zal vooral optreden in de droogmakerijen van Noord- en Zuid-Holland en in de IJsselmeerpolders.

### **Overstromingskansen en blootstelling.**

18. Er kan – voor kust, rivieren, meren en andere grote wateren – bij de *verwachte* zeespiegelstijging worden uitgegaan van gemiddeld een verdubbeling van de kans op de huidige maatgevende omstandigheden iedere ca 20-30 jaar en ongeveer een vertienvoudiging iedere eeuw. Zonder maatregelen betekent dat ook een verdubbeling–respectievelijk vertienvoudiging – van de kans op een overstroming.
19. Sedert 1950 is de kans op een overstroming door de aanleg van de deltawerken, dijkverbeteringen en goed kustonderhoud sterk gedaald.
20. De kans op overstroming van een aantal dijkringen is desalniettemin hoger dan volgens de vigerende norm wenselijk is, vooral als gevolg van het achterlopen bij nieuwe inzichten, waaronder hogere maatgevende omstandigheden. Dit was reeds bekend.
21. Tussen nu en 2020 zal de kans op een overstroming in veel gebieden nog verder afnemen door verdere dijkverbetering, het maken van ruimte voor de rivieren en

- versterking van zwakke schakels langs de kust (steenbekleding, zwakke duinvakken e.d.).
22. Bij voortzetting van het huidige beleid – met vijfjaarlijkse toetsing aan herhaaldelijk herziene normen voor maatgevende omstandigheden – zal de kans op overstroming na 2020 ongeveer gelijk blijven, omdat dat bij wet is vastgelegd.
  23. Het vaststellen van de kans op een overstroming blijkt uiterst lastig en kan alleen met een grote bandbreedte van onzekerheid.
  24. De blootstelling wordt vooral bepaald door de plaats waar een bres in de waterkering ontstaat en hoe snel deze groeit, maar ook door de eigenschappen van het overstromende land. Oude dijken, wegen, spoorlijnen en kades van regionale boezemwateren remmen het overstromingsverloop, waterlopen versnellen het.
  25. In theorie zullen hogere buitenwaterstanden tot grotere waterdiepten leiden bij overstroming; de eerstkomende decennia is dit effect vrijwel te verwaarlozen, omdat de buitenwaterstanden slechts langzaam stijgen. Op lange termijn wordt dit een belangrijk aandachtspunt.

### De kwetsbaarheid van Nederland

26. Door bevolkingsgroei en economische groei neemt de kwetsbaarheid voor overstromingen toe.
27. Sedert 1950 is de bevolking sterk gegroeid en de economie bovengemiddeld; dat leidt tot een gemiddeld 6-13 keer grotere schade bij overstroming in de huidige situatie ten opzichte van die in 1950.
28. Het aantal *slachtoffers* van een overstroming in de huidige situatie wordt echter lager geschat dan in de situatie 1950 door betere waarschuwing, betere evacuatie- en vluchtmogelijkheden, een nog sterker gecompartmenteerd landschap en steviger panden met meer verdiepingen. Daardoor is het verdrinkingsgevaar onder de door een overstroming getroffen en kleiner.
29. Het aantal slachtoffers van een herhaling van de 1953-ramp wordt geschat op ca 1300 (in 1953 waren het er ong. 1836); een grote ramp langs de rivieren zal naar schatting ca. 1000 slachtoffers veroorzaken, een grote ramp langs de kust ca. 5000. In deze gevallen zullen enkele dijkringen tegelijkertijd door een overstroming worden getroffen.
30. De kwetsbaarheid in termen van te verwachten aantallen slachtoffers (> 150) is het grootst in dijkringen in de kuststreek: Groningen-Friesland, Noord-Holland, Zuid-Holland, IJsselmonde en Voorne-Putten
31. De bevolking groeit nu nog slechts langzaam, waardoor het aantal te verwachten slachtoffers ook slechts langzaam toeneemt.
32. De groei van de bevolking is echter niet gelijk verdeeld over Nederland; sommige dijkringen worden extra kwetsbaar, waaronder de laaggelegen dijkringen Noord-Holland, Zuid-Holland, de Hoekse Waard, Krimpenerwaard, Alblasserwaard en Betuwe, en ook Flevoland.
33. De verwachte *schade* van overstromingen is het grootst in grote dijkringen met intensief landgebruik, vooral als ze ook nog diep onder water kunnen gaan: Zuid-Holland, IJsselmonde, Flevoland, Lopiker- en Krimpenerwaard, Alblasserwaard, Voorne-Putten,

Eiland van Dordrecht, Walcheren, West-Brabant, Betuwe, Gelderse Vallei, Kromme Rijngebied.

34. De verwachte schade van een overstroming neemt in iedere dijkkring toe door economische groei, die deels leidt tot nieuwbouw van woningen en bedrijven en deels tot waardevermeerdering van het bestaande met bijbehorende inboedels.
35. De gemiddelde groei van de verwachte schade is in 20 jaar tijd ongeveer 30 % bij groei volgens de huidige trend (BBP 1,9 % groei), maar kan ook meer dan 50 % zijn (in 20 jaar) bij groei volgens een hoge-druktrend (BBP 2,6 % groei per jaar)
36. Het laatste betekent een verdubbeling van de verwachte economische schade iedere 30 jaar, het eerste binnen iedere 40 jaar. Daarmee is de groei van de kwetsbaarheid ongeveer even sterk als de toename van het gevaar door de klimaatverandering.
37. De berekende groei van de verwachte overstromingsschade tussen nu en 2040 is in het trendsceario ongeveer 110%; daarvan is 20 % het gevolg van nieuwbouw en 90 % het gevolg van waardevermeerdering van het bestaande en toename van roerende goederen.
38. Die 20 % toename door nieuwbouw kan door gerichte ruimtelijke ordeningsmaatregelen worden voorkomen; de overige 90 % vergen een andere vorm van 'ontkoppeling'.
39. De groei van de verwachte schade is verre van gelijk verdeeld over Nederland. Met name in de IJsselmeerpolders, de Hoekse Waard, de Alblasserwaard en de Betuwe neemt de verwachte schade sterk toe als gevolg van daarop gericht ruimtelijke-ordeningsbeleid (o.a. Noordvleugel), c.q. autonome ruimtelijke ontwikkeling in reactie op nieuwe infrastructuur (A15, Betuwelijn).

### **Overstromingsrisico's: autonome ontwikkeling bij huidig beleid**

40. Door ruimte voor rivieren, dijkverbetering en de aanpak van zwakke schakels neemt de kans op overstromingen de komende tijd nog zodanig af dat zowel het totale slachtofferisico als het schaderisico in 2020 nog significant lager zijn dan nu.
41. Voor het slachtofferisico geldt dat het veel lager is dan het ooit in de afgelopen eeuw is geweest.
42. Het 'sturen op kansen' door adequaat waterkeringsbeleid is hier verantwoordelijk voor. Er lijkt echter geen relatie tussen overstromingskansen en te verwachten aantallen slachtoffers (Tabel 7-2)
43. Na 2020 zal – bij voortzetting van het huidige beleid, dus handhaving van de normen en overstromingskansen – het slachtofferisico langzaam stijgen met de – meer dan gemiddelde – bevolkingsgroei in Laag-Nederland. Met name in de beide Hollanden (incl. de Hollandse eilanden) en het centrale rivierengebied neemt het slachtofferisico toe.
44. Na 2020 zal – bij voortzetting van het huidige beleid, dus handhaving van de normen en overstromingskansen – het schaderisico fors stijgen, vooral bij forse economische groei (hoge-druktrend).

### **Overstromingsrisico's: strategische alternatieven**

45. Als alternatieven voor het huidige beleid zijn 3 mogelijkheden onderzocht die respectievelijk sturen op kansen (extra '*beschermen*'), mikken op vermindering van de kwetsbaarheid ('*terugtrekken*', dat wil zeggen nieuwe woon- en bedrijventerreinen alleen in Hoog-Nederland) danwel sturen op beheersing van het overstromingsverloop met daarop toegesneden ruimtelijke ordening ('*ruimte voor water/ leven met water*').

46. Met extra **bescherming** kan het slachtofferrisico tussen 2020 en 2040 verder verlaagd worden, en het schaderisico verlaagd of tenminste gelijk gehouden worden. Het vergt betere bescherming (waterkeringen) en gaat gepaard met verdere autonome groei van de kwetsbaarheid, dus ook behoud van de opwaartse spiraal.
47. Met **terugtrekken** kan de groei van de kwetsbaarheid zodanig worden beperkt dat bij voortzetting van het huidige beschermingsbeleid het slachtofferrisico zelfs nog iets daalt (vooral door minder bewoners per huishouden) en het schaderisico slechts half zo snel groeit als bij autonome ontwikkeling.
48. Terugtrekken zonder wettelijke aanpassing van de waterkeringen leidt tussen 2020 en 2040 tot bijna een verdubbeling van het slachtofferrisico en een ruime verdubbeling van het schaderisico; alleen ruimtelijke-ordeningsmaatregelen en het niet-aanpassen aan de klimaatverandering door waterbouwkundige werken leidt aldus tot een snelle verslechtering van de risicosituatie.
49. Met **ruimte voor water** kan het slachtofferrisico tussen 2020 en 2040 meer dan gehalveerd worden en het schaderisico nog substantieel verlaagd; dat is vooral het gevolg van de voorspelbaarheid van overstromingen – die wel frequenter optreden – door overstroombare dijkvakken. Aldus ontstaan er langere vluchttijden en blijft de overstroming qua diepte beperkt en eveneens beperkt tot kleinere oppervlakken.
50. Ruimte voor water is het duurste alternatief, maar het leidt als enige tot een afname van zowel het slachtoffer- als het schaderisico. Voorzichtig terugtrekken kost het minst en leidt vermoedelijk tot de minste spijt op lange termijn; wel zal het economisch zwaartepunt zich verplaatsten naar Hoog-Nederland.

### 8.3 Wat er nog volgt of zou moeten volgen

De hierboven gegeven conclusies passen bij het technisch-wetenschappelijke karakter van dit rapport. Het onderzoek voor dit rapport is echter uitgevoerd in de context van de 2<sup>e</sup> Duurzaamheidsverkenning door het MNP. Boodschappen aan beleidsmakers en politici – over de houdbaarheid van Nederland op lange termijn en over welke beleidskeuzen welke onontkoombare implicaties hebben – zullen in die 2<sup>e</sup> Duurzaamheidsverkenning worden verwoord.

Aangezien in die 2<sup>e</sup> Duurzaamheidsverkenning veel meer beleidssectoren (landbouw, natuur, etc.) aan de orde zullen komen dan alleen water, zal slechtst beperkt aandacht kunnen worden besteed aan overstromingsrisico's. Daarom overwegen MNP en WL | Delft Hydraulics een – niet-technisch – rapport te schrijven gericht op wat uit de onderhavige analyse geleerd is inzake overstromingsrisicobeheersing in de komende eeuw(en). Daarin kan dan uitgebreid ingegaan worden op de voors en tegens van de verschillende beleidsalternatieven, waaronder synergieën met natuurbeleid, landschapsbeleid, verkeersbeleid en dergelijke.

#### 8.3.1 Concrete aanbevelingen

In hoofdstuk 2 is geconstateerd dat eigenlijk slecht bekend is of hogere kweldrukken door een hogere waterstand in zee, rivieren en meren (en eventueel boezemwateren) tot onbeheersbare situaties kunnen leiden door het opbarsten van de deklaag in diepe droogmakerijen en polders. Aan dat onderwerp zal in de nabije toekomst extra aandacht worden besteed door de Deltares-partners TNO, GeoDelft en WL | Delft Hydraulics.

De risicoschattingen voor huidige en toekomstige situaties hebben ons nog weer eens met de neus gedrukt op de complexiteit hiervan. Met name de schattingen van overstromingskansen en gevolgen in samenhang (kansen op gebeurtenissen met specifieke gevolgen) voor alle dijkringen in Nederland vraagt voortdurende verbetering. Verbetering die in VNK (Ministerie van Verkeer & Waterstaat, 2005 a,b,c,d) al was voorgenomen, maar die erg tijdrovend blijkt en ook conceptueel niet eenvoudig, zodat de resultaten niet altijd bevredigend zijn en slechts langzaam beschikbaar komen (zie hoofdstuk 4). Verbeterde risicoschattingen zijn op het moment voorgenomen in VNK2 en relevant voor een hele reeks andere projecten van – of met betrokkenheid van – Verkeer en Waterstaat (WV21, Aandacht voor Veiligheid). Een herbezinning op de aanpak en/of organisatie van dit onderzoek wordt in overweging gegeven.

De – zeer globale – verkenning van strategische beleidsalternatieven die in dit rapport is beschreven geeft aanleiding te pleiten voor een verdergaande analyse. De verkenning wijst immers uit dat sommige strategische alternatieven voor het huidige beleid op een aantal punten beter scoren en niet-onbetaalbaar zijn. Met name alternatieven waarbij ruimtelijke-orderingsmaatregelen worden ingezet om de kwetsbaarheid van Laag-Nederland niet te snel te laten stijgen lijken relatief goedkoop (vestiging elders met behoud van economische ontwikkeling) en aldus kosten-effectief. Maar ook technische maatregelen om slachtofferrisico's te beperken (overstroombare dijkvakken) verdienen meer aandacht. Een uitgebreide verkenning van welke strategische alternatieven in welk landsdeel perspectiefrijk zijn wordt sterk aanbevolen. Het ligt in de rede dat zo'n onderzoek door Deltares (WL | Delft Hydraulics) en MNP wordt uitgevoerd.

### 8.3.2 Overdenking tot slot

Het onderhavige rapport leert eens te meer dat het lastig is ontwikkelingen op middellange termijn (van nu tot 2040; hoofdstukken 3 t/m 7) blijvend te plaatsten in het perspectief van lange-termijnontwikkelingen in klimaat, demografie en economische ontwikkeling (hoofdstuk 2), vooral vanwege de grote onzekerheden daarover. De urgentie van adaptatie aan klimaatverandering blijkt niet onmiddellijk uit de analyses van de ontwikkeling van overstromingsrisico's. Het lijkt of wachten nog kan, het lijkt of traditionele oplossingen (dijkverhoging) nog lang zullen kunnen voldoen, en het is niet ondubbelzinnig vast te stellen wanneer de situatie onhoudbaar wordt. Dit gebrek aan urgentiegevoel (*sense of urgency*) is niet bevorderlijk voor de tijdige vormgeving van adequaat beleid (binnen enkele jaren), ondanks het alom gedeelde gevoel van belangrijkheid (*sense of importance*) voor de lange termijn.



## 9 Referenties

- Adviescommissie Water, 2006. *Advies Veiligheid tegen overstromen*. AcW-2006/103, Den Haag.
- Alkyon, 2006. *Bepaling overstromingskansen referentiesituatie 2015 RBSO en bepaling te versterken dijken voor bovenmaatgevende omstandigheden*. Rapport A1637R1, Alkyon, Emmeloord.
- Asselman, N.E.M. (2001). *Modellerings rampenscenario's Vallei en Eem*. Rapport nr. Q2903. WL|Delft Hydraulics, Delft.
- Asselman, N.E.M. (2002). *Overstromingsmodellering dijkkring 44*. WL|Delft Hydraulics, Delft.
- Asselman, N.E.M. (2003). *HIS-Simulatie Delta 2003*. WL|Delft Hydraulics, Delft.
- Asselman, N. (2005). *Consequences of floods. Damage to buildings and casualties*. WL- rapport Q3668, februari 2005
- Asselman N.E.M. & Heynert, K. (2003). *Consequences of floods: 2D hydraulic simulations for the case study area Central Holland*. Delft Cluster Publication DC1-233-5, Delft, The Netherlands.
- Baan, P.J.A. (2005). *Kostendocument Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas*, WL | Delft Hydraulics nr. Q3869, oktober 2005
- Buitenveld, H. & N.N. Lorenz, 1999. *The impact of climate change on the IJsselmeer area*. RIZA report 99.066, Lelystad.
- Buiteveld, H. & M. Schropp, 2003. *Klimaatscenario's voor de Maatgevende Afvoer van Rijn en Maas*. Rijkswaterstaat Memo WSR 2003-002
- CPB, MNP & RPB (Janssen, L.H.J.M., Okker, V.R., Schuur, J.), 2006. *Welvaart en leefomgeving*. Centraal Planbureau, Milieu en Natuurplanbureau & Ruimtelijk planbureau.
- Crebas, J. 2001. *Inundatieberekeningen Oostelijk en Zuidelijk Flevoland*. Rapport Q2884. WL | Delft Hydraulics, Delft.
- Crebas, J., 2003. *Inundatieberekeningen Dronten en Zeewolde*. WL | Delft Hydraulics, Delft.
- De Bruijn, K.M, 2002. *Consequences of extreme discharges for the downstream part of the Rhine River*. Delft University of Technology, WL | Delft Hydraulics, Delft. Project R3470
- De Bruijn, K.M., 2005. *Resilience and flood risk management; a systems approach applied to lowland rivers*. Delft Hydraulics Select Series 6/2005, Delft University Publishers.
- Dedel, C.P.A. (2003). *Overstromings- en risicoanalyse van een duindoorkraak in de Kop van Noord-holland*. Afstudeerrapport Technische Universiteit Delft, Delft.
- Dijkman, J.P.M., H.J.M. Ogink, F. Klijn & H van der Most, 2003. *Aanvullend deskundigenoordeel noodoverloopgebieden*. WL-rapport Q3570 a, Delft, met bijlage: Dijkman, J.P.M., H.J.M. Ogink, F. Klijn, H van der Most en anderen, 2003. *Toelichting aanvullend deskundigenoordeel noodoverloopgebieden*. WL-rapport Q3570 b, Delft
- Duits, M.T. & Stijnen, J.W., 2003. *Gebundelde memoranda voor verkennende beleidsanalyse*. HKV-rapport PR740, HKV LIJN IN WATER, Lelystad.
- DWW, 2003. *Schade na een grootschalige overstroming*. Rapport DWW-2003-05. Delft, Nederland.
- Eijgenraam, C.J.J., 2005. *Veiligheid tegen overstromen. Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivier, deel 1*. CPB document no. 82, Centraal Planbureau, Den Haag.
- Eijgenraam, C.J.J., 2006. *Optimal safety standards for dike-ring areas*. CPB-discussion paper no 62, Den Haag.
- FLOODsite, 2005. *Language of Risk – Project Definitions*. FLOODsite Consortium Report T32-04-01.
- GeoDelft (Knoeff), 2006. zie Knoeff et al., 2006
- Heuer, L. & Vervoorn, H. (2003). *Overstromingsberekeningen Provincie Overijssel, calibratie en bouw modellen dijkkring 10 en 11*. Rapport 4H1707. Provincie Overijssel. (Ook de bijbehorende berekeningsresultaten zijn gebruikt).
- HKV Lijn in Water (2003). *Resultaten Overstromingsberekeningen dijkkring 15*. CD van Marcel van de Doef van DWW met filmpjes.
- Hooijer, A., F. Klijn, J. Kwadijk & B. Pedroli (eds.), 2002. *Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse River basins; main results of of the IRMA-SPONGE research program*. NCR-publication 18-2002. ISSN 1568-234X. 39 pp.

- Hooijer, A.; Klijn, F.; Pedroli, G.B.M. & van Os, A.G. 2004. Towards sustainable flood risk management in the Rhine and Meuse river basins: synopsis of the findings of IRMA-SPONGE. *River Research & Applications* 20(2004)/3 343-357
- Janssen, L.H.J.M., Okker, V.R., Schuur, J. (2006). *Welvaart en leefomgeving*. Centraal Planbureau, Milieu en Natuurplanbureau & Ruimtelijk planbureau.
- Jonkman, B. (2004). *Methodie voor de bepaling van het aantal slachtoffers ten gevolge van een grootschalige overstroming. Onderbouwing van de slachtofferfuncties voor de Standaardmethode Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen*. DWW-rapport 2004-042, mei 2004
- Jonkman, S.N. (2005). Global Perspectives on Loss of Human Life Caused by Floods. *Natural Hazards* (2005) 34 151-175
- Jonkman, B. & P. Cappendijk (2006). *Veiligheid Nederland in Kaart – Inschatting van het aantal slachtoffers ten gevolge van overstroming*. DWW rapport 2006-012, januari 2006
- Van der Klis, H. van der, Baan, P. & N. Asselman (2005). *Historische analyse van de gevolgen van overstromingen in Nederland. Een globale schatting van de situatie rond 1950, 1975 en 2005*. WL rapport Q4005.11, december 2005
- Klijn, F. et al. (2004). *Overstromingsrisico dijkringen in Nederland. Betooglijen en deskundigenoordeel*. Rapport HKV LIJN IN WATER & WL nr. Q3503.10, april 2004.
- Klijn, F., 2006. *Is nadere compartimentering van dijkringen in Nederland perspectiefrijk? Een overzicht van de stand van kennis en inzichten*. WL-notitie Q4217.03, Delft.
- Klijn, F., G. van Meurs, M. Haasnoot, E. Vastenburger, J. van den Akker, H. Sas, G. Zwolsman, M. Vis & S. van Eekelen, 2006. *Herinrichting van het IJsselmeergebied? fase 1: Haalbaarheidsstudie; probleemanalyse en oplossingsrichtingen vanuit geo-ecologisch perspectief*. Delft-Clusterrapport CT 04.41.11 – 01/ WL-rapport Q3917.10/Q3923, Delft.
- Klijn, F., P.G. Samuels & A. van Os, 2007. Towards Flood Risk Management in the EU: state of affairs with examples from various European countries. *JRBM*, in press.
- Kok N. et al., 2002. *Standaardmethode 2002 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen*. HKV Lijn in Water & TNO Bouw. In opdracht van DWW.
- Kok, M., Stijnen, J.W., Barendregt, A., Heynert, K., Hooijer, A. & Dijkman, J., 2003. *Beperking van overstromingsrisico's in het bovenrivierengebied; Een verkennende beleidsanalyse van rampenbeheersing en structurele maatregelen langs de Rijntakken*. Hoofdrapport en Bijlagenrapport, HKV-rapport PR640, Lelystad.
- Kok, M., Huizinga, H.J., Vrouwenvelder, A.C.W.M., Van den Braak, W.E.W. (2005). *Standaardmethode 2005 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen*. HKV Lijn in Water en TNO Bouw. PR999.10. Lelystad, Nederland
- KNMI (Van den Hurk, B., A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G.J. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger & S. Drijfhout), 2006. *KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands*. KNMI Scientific Report WR 2006-01, De Bilt.
- Knoeff, J.G., E.O.F. Calle, J. Dekker & T.P. Stoutjesdijk (2005). *Ontwikkelingen van overstromingskansen sinds 1950*. GeoDelft rapport nr. CO-422010-0006, december 2005
- Kuiper, R. & A. Bouwmeester, in voorber. *Trendscenario 2040. Intern achtergrondrapport voor project "Duurzaamheidsverkenning 2/ Nederland Later"*. MNP rapport M500127 /2006
- Kwadijk, J.C.J., 2001. *Living with floods. Discharge scenarios for the river Rhine*. WL | Delft Hydraulics report R3470.10
- Kwadijk, J., F. Klijn & M. van Drunen, 2006. *Klimaatbestendigheid van Nederland: nulmeting. Routeplanner deelproject 1*. WL | Delft Hydraulics & IVM-VUA. WL-rapport Q4183, Delft.
- Link, E. et al. (2006). *Performance Evaluation of the New Orleans and Southeast Louisiana Hurricane Protection System. Draft Final Report of the Interagency Performance Evaluation Task Force*. USACE, USA.
- Middelkoop, H., M.B.A. van Asselt, S.A. van 't Klooster, W.P.A. van Deursen, J.C.J. Kwadijk & H. Buiteveld, 2004. Perspectives on flood management in the Rhine and Meuse Rivers. *River Research and Applications*. 20: 327-342
- Mierlo, M.C.L.M. van (1999). *Onderzoek naar het inundatieverloop in de Noordoostpolder. Een voorstudie*. WL | Delft Hydraulics, Delft

- Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 1996. *Beleidslijn Ruimte voor de Rivier*. Den Haag.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005a). *Veiligheid Nederland in Kaart. Hoofdrapport Onderzoek Overstromingsrisico's*. DWW rapport: DWW-2005-081. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Delft.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005b). *Veiligheid Nederland in Kaart. Overstromingsrisico dijkring 14 Zuid-Holland*. DWW, Delft.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005c). *Veiligheid Nederland in Kaart. Overstromingsrisico dijkring 7 Noordoostpolder*. DWW, Delft.
- Ministerie van Verkeer en Waterstaat (2005d). *Veiligheid Nederland in Kaart. Overstromingsrisico dijkring 36 Land\_van\_Heusden, De Maaskant*. DWW, Delft.
- Ministerie van Verkeer & Waterstaat & Ministerie van Binnenlandse Zaken (2005). *Syntheserapport Onderzoeksprogramma Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas* (RBSO).
- Pfister, N. (2002). Community response to flood warnings: the case of an evacuation from Grafton, March 2001. *Australian Journal of Emergency Management*, Vol. 17, no. 2, pp. 19-29
- RBSO, 2005. zie Ministerie van Verkeer & Waterstaat & Ministerie van Binnenlandse Zaken (2005)
- Reichhardt, T., E. Check & E. Marris (2005). *After the flood*. Nature Publishing Group
- Rijksdienst voor het nationale plan (1953). *Het rampgebied in zuidwest-Nederland. Voorlopige planologische documentatie*. Supplement, maart 1953
- Rijkswaterstaat-DWW, 2005. *VNK Tussenstand onderzoek overstromingsrisico's*. Brochure DWW-2005-074, Ministerie V&W, Delft.
- RIVM-MNP, 2004. zie Ten Brinke & Bannink, 2004
- Samuels, P., F. Klijn & J.P.M. Dijkman, 2005. River Flood Risk management Policies in different parts of the world: synthesis of a special session by NCR. In: *Proc. of the International Symposium on Flood Defence 3*, Nijmegen, The Netherlands.
- Silva, W., F. Klijn & J.P.M. Dijkman, 2000. *Ruimte voor Rijntakken; wat het onderzoek ons heeft geleerd*. RIZA nota 2000.026, Arnhem/ WL-rapport R3294, Delft. 162 blz.
- Silva, W., R.M. Slomp, E. van Velzen & J. Stijnen, 2005. *Rampenbeheersingsstrategie Overstromingen Rijn en Maas, Achtergrondrapportage Veiligheid en Rivierkunde*. RWS-RIZA rapport 2005.024.
- Stone, K. (2003). Bijlage bij HIS-Simulatie Delta 2003. Rapportnummer Q3641, WL|Delft Hydraulics, Delft.
- TAW, 2000. *Van Overschrijdingskans naar Overstromingskans. Achtergrondrapport*. Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen., Delft.
- Ten Brinke, W. & B. Bannink (2004). *Risico's in bedijkte termen, een evaluatie van het beleid inzake de veiligheid tegen overstromen*. Rapport Milieu- en Natuurplanbureau - RIVM nr. 500799002, mei 2004
- Van Asselt et al., 2001. *Integrated Water management strategies for the Rhine and Meuse basins in a changing environment*. Dutch National Research Programme on Global Air Pollution and Climate Change. Report 410 200 081. RIVM, Bilthoven, The Netherlands.
- Van der Linde, M., R. van Lier & S.R. Prins (2004). *Kostenschattingen, PKB/MER Ruimte voor de Rivier*. 23 maart 2004
- Van der Most, H., P. Baan & F. Klijn, 2006. *Differentiatie in bescherming tegen overstroming? Discussiestuk voor 'Waterveiligheid 21e eeuw'*. WL-rapport Q4044/Q4143, Delft.
- Van Manen, S., M. van der Doef, K. Slijkhuys, M. Brinkhuis-Jak, J.E. Venema & M. Husaarts, 2001. *Pilot Case Overstromingsrisico*. Directoraat Generaal Rijkswaterstaat / Bouwdienst / DWW, WB-1595, PICASO-4-00.020. Delft.
- Vis, M., F. Klijn & M. van Buuren (eds.), 2001. *Living with floods. Resilience strategies for flood risk management and multiple land use in the lower Rhine River basin. Executive summary*. NCR-report 10-2001, Delft.
- WB21 (Commissie Waterbeheer 21e eeuw), 2000. *Waterbeleid voor de 21<sup>e</sup> eeuw*.
- WL | Delft Hydraulics (2001). *Case study naar effecten en consequenties van noodoverloopgebieden*. Rapport Q2902. WL | Delft Hydraulics, Delft.
- WL & HKV, 2004. Zie Klijn et al., 2004



## A Redeneerlijn bepalen huidige schade

*De tekst is gebaseerd op Klijn et al. (2004). Alleen voor de rode getallen in Tabel 6-3 is de tekst aangepast aan de nieuwe inzichten.*

*Verklaring:*

*DWW-diepte = Waterdiepte die overeenkomt bij een waterstand gelijk aan de hoogte van de laagste dijk.*

### **Werkwijze**

Voor het bepalen van de economische schades als gevolg van een dijkdoorbraak is in Klijn et al. (2004) uitgegaan van de schade per dijkkring zoals berekend door DWW (DWW, 2003). Deze schade is berekend op basis van het standaard schade en slachtoffer model versie 2.02 uitgaande van een waterdiepte corresponderend met een waterstand gelijk aan de laagste dijkhoogte (in het vervolg DWW-diepte genoemd) (Kok et al., 2002). Ook is er een schadegetal berekend waarbij voor de hellende gebieden die droogvallen bij bovengenoemde waterstand een waterdiepte van 1 m is genomen.

Om de economische schade als gevolg van een dijkdoorbraak te bepalen zijn in Klijn et al. (2004) het te verwachten overstromingsverloop bekeken. Eerst is beoordeeld of bovenstaande aangenomen waterdieptes (een waterstand gelijk aan de laagste dijkhoogte, of in hellende gebieden een waterdiepte van 1 m) representatief zijn voor het te verwachten overstromingsverloop bij dijkdoorbraken op verschillende locaties binnen een dijkkring. Dit wordt gedaan door resultaten van bestaande overstromingssimulaties te bekijken of door op basis van hoogte- en landgebruikskaarten de mogelijke overstromingspatronen en de onzekerheid hierin te schatten. Op basis hiervan wordt vervolgens een indicatie gegeven van de verwachte onder- of overschatting van de schade per dijkkring in het rapport van DWW (2003).

De invloed van het overstromingsverloop is samen te vatten in het volgende rijtje factoren:

- Locatie van de doorbraak
- Beschikbare hoeveelheid water en bresgrootte
- Helling/reliëf in de dijkkring
- Aanwezigheid van secundaire dijken en andere obstructies.

*Locatie van de doorbraak:*

In een aantal dijkkringen is de locatie zeer bepalend voor het volume water in het gebied en het overstromde oppervlak en dus ook voor de schade. Zo loopt de Gelderse Vallei bijvoorbeeld grotendeels onder bij een doorbraak van de Grebbedijk langs de Nederrijn, terwijl bij een doorbraak van de dijk langs het Eemmeer slechts het meest noordelijke gebied zal vollopen. De verwachte schade is dan dus veel lager. De locatie van de doorbraak is met name van belang voor de dijkkringen: Land van Heusden/ de Maaskant (36), Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaard (43), Kromme Rijn (44), Gelderse Vallei (45), Rijn en IJssel (48) en Salland (53).

*Beschikbare hoeveelheid water en bresgrootte:*

De hoeveelheid water die naar binnen kan stromen bepaalt in sommige gevallen of de gehele dijkkring of een gedeelte zal onderlopen. Dit geldt voor een aantal dijkkringen langs de zee, waar de instroom beperkt is door de getijdenbeweging: bij laagtij zal de instroom (tijdelijk) stoppen of zal het water zelf naar buiten stromen (zie bv. Noord-Holland, dijkkring 13). Ook in hellende dijkkringen langs de rivier zoals de Betuwe is bij een doorbraak bovenstrooms de waterdiepte in het hellende gebied afhankelijk van het debiet door de bres. Dit debiet hangt natuurlijk af van de bresgrootte en de afvoer in de rivier. In andere kleine dijkkringen is de hoogte van de laagste dijk bepalend voor de maximale waterdiepte. Dijkkringen waarbij de bresgrootte en de beschikbare hoeveelheid water bepalend is voor de schade zijn met name: Friesland en Groningen (6), Noord Oostpolder (7), Flevoland (8), Vollenhove (9), Noord-Holland (13), Zuid Holland (14), Lopiker en Krimpener waard (15), Land van Heusden/de Maaskant (36), Land van Maas en Waal (41), Ooij en Millingen (42), Betuwe, Tieler en Culemborgerwaard (43), Kromme Rijn (44), Gelderse Vallei (45) en Rijn en IJssel (48).

#### *Helling/reliëf in dijkkring:*

De helling van een gebied bepaalt mede de overstromingsdiepte en de richting van de stroming over het oppervlak. Een helling kan ook het overstroomde oppervlak beperken, bv. bij een overstroming benedenstrooms (zie Betuwe/TCW (dijkkring 43)). Deze factor hangt nauw samen met de hoeveelheid beschikbaar water en de invloed van de bresgrootte. In hellende gebieden is bij een bovenstroomse doorbraak vaak het schadegetal van DWW (2003) gebruikt dat uitgaat van een waterdiepte van 1 m in het hellende gebied, terwijl bij een benedenstroomse dijkdoorbraak het getal dat uitgaat van een vlakke waterstand gelijk aan de minimale kruinhoogte is gebruikt. Bij de laatste aanname blijft het hoger gelegen gebied in de dijkkring droog. Dijkkringen waar de helling zeer belangrijk is, zijn: Land van Heusden/de Maaskant (36), Betuwe, Tieler en Culemborgerwaard (43), Kromme Rijn (44), Gelderse Vallei (45), Arnhemse- en Velpsebroek (47), Rijn en IJssel (48), Zutphen (50), Gorssel (51), Oost Veluwe (52) en Salland (53).

#### *Secundaire dijken/obstructies*

Secundaire dijken/obstructies reduceren in sommige gevallen het overstroomde oppervlak, ook kan de waterdiepte in bepaalde gebieden hoger of lager zijn door obstructies zoals dijken en wegen. Zo is het in Zeeland zeer onwaarschijnlijk dat een gehele dijkkring onderloopt omdat een aantal van de talloze secundaire dijken het water zullen keren en een deel van het gebied zullen beschermen. De dijkkringen waarvoor secundaire dijken van belang is, zijn: Flevoland (8), Noord Holland (13), Voorne-Putten (20), Hoekse Waard (21), alle Zeeuwse eilanden, Zeeuwsch Vlaanderen (32), de Kreekrakpolder (33), West-Brabant (34), Betuwe, Tieler en Culemborgerwaard (43), Kromme Rijn (44), Gelderse Vallei (45) en Rijn en IJssel (48).

De redenering per dijkkring wordt hieronder weergegeven. Indien geen goede gegevens beschikbaar waren is als maximale schade altijd de DWW (2003) schade genomen, en als minimale waarde de helft daarvan.

## Dijkringen langs rivieren

### 42: Ooij & Millingen

- Situatie bij DWW diepte: Waterstand 15.70 m + NAP. Maximale waterdieptes in het overstroomde gebied 3-5 m.
- Bruijn (2002) heeft een doorbraak bij Kalkar (Duitsland) gesimuleerd bij een afvoer bij Lobith van 16000 m<sup>3</sup>/s te Lobith. Hierbij ontstaat een waterstand van 16.05 m + NAP. De maximale waterdieptes liggen dan rond de 4.5- 6.5 m. (boven de 5 m is de schade maximaal). De kruinhoogte van de Waaldijk bij Nijmegen is beperkend voor de waterdiepte en niet de bresgrootte of de hoeveelheid instromend water. In het gebied zijn geen belangrijke grote obstructies of andere elementen aanwezig. De DWW waterdiepte kan dus gebruikt worden voor de inschatting van de schade.
- *Geen reden voor schade correctie. De schade is gelijk aan de schade in het HIS bij DWW-waterdiepte.*

### 48: Rijn en IJssel

- Situatie bij DWW diepte: Waterstand: 11.80 m + NAP. De waterdiepte in het Rijnstrangengebied is 1 m (volgens aanname van 1 m waterdiepte in het hellende gebied). De laagste dijk ligt langs de IJssel.
- **Overstroming vanuit IJssel** (geen simulaties van bekend): Waarschijnlijk blijft het Rijnstrangengebied droog. De schadeschatting is daarom gebaseerd op die van het HIS bij DWW diepte. Het hellende gebied blijft hierbij droog. *Geen correctie gedaan op dat getal.*
- **Overstroming vanuit Bovenrijn:** Bruijn (2002) simuleerde afvoergolven met pieken van 16000 m<sup>3</sup>/s en 18000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith en een doorbraak bij Spijk (Bovenrijn).
  - Het Rijnstrangengebied kreeg bij deze simulaties een waterdiepte variërend tussen de 3.5 en 5 m. In dit gebied liggen de plaatsjes: Pannerden, Spijk, Lobith, Herwerth en Aerdt. DWW (2003) neemt voor dit gebied een waterdiepte aan van 1 m, wat een ongeveer 40% te lage schade oplevert. (De schadefactor van huizen wordt namelijk ongeveer 0.6 i.p.v. 0.2, en die van landbouw 1 i.p.v. 0.6). De schade in het Rijnstrangengebied is ongeveer 20% van de totale schade bij een inundatie waarbij de schade wel goed is meegenomen. Om deze reden is een correctie van ongeveer +10 procent nodig.
  - Bij de simulaties vond Bruijn (2002) waterstanden van 10.36 m in het gebied langs de IJssel. De waterdieptes in steden als Zevenaar, Westervoort en Duiven varieerden hierbij tussen de 0 en 0.8 m. Volgens de DWW-diepte liggen deze waterdieptes rond de 1.4 m. De oppervlakte is echter beperkt en de invloed op de schade ook. Daarom is geen correctie voorgesteld.
  - *Samenvattend: De verwachte schade en maximale schade zijn met een factor van 10% verhoogd t.o.v. de schade waarbij voor hellend gebied een waterdiepte van 1 m is aangenomen (DWW-diepte2).*
- **Overstroming vanuit het Pannerdens Kanaal:** Als overstroming plaats vindt aan de zuidkant en het Rijnstrangengebied (RS) onderloopt, dan is de orde van grootte gelijk aan schade bij een doorbraak langs de Bovenrijn. Als het Rijnstrangengebied niet onderloopt doordat de doorbraak noordelijk van de dijk om dit gebied plaats vindt, dan zal de orde van grootte gelijk zijn aan de schade bij een doorbraak langs de IJssel.

#### 41: Land van Maas en Waal

- Situatie bij DWW –diepte: Waterstand 8.70 m + NAP. Waterdieptes: 4.6 m benedenstrooms, 1 m bovenstrooms (als aanname van 1 m waterdiepte in hellende gebieden gebruikt wordt, anders 0 m).
- Eindwaterstand in De Bruijn (2003): 9.03 m + NAP. De hoogte van de Maasdijk is beperkend voor de waterdiepte, niet de instroom door de bres.
- Als de aanname van 1 m waterdiepte in hellende gebieden NIET gebruikt wordt is het overstroomde oppervlak iets te klein (5% op zijn hoogst). Ook zijn de waterdieptes iets onderschat vergeleken met De Bruijn (2003) (0,5 tot 1 m).
- *Gekozen: Schadecorrectie van + 10 % op de maximale schade: De verwachte schade blijft ongecorrigeerd.*

#### 43 Betuwe

- **Overstroming helemaal bovenstrooms in Betuwe**
  - DWW (2003): Oostelijk gebied krijgt 1 m water, verder is de waterstand in het westen tot voorbij het Amsterdam-Rijn kanaal gelijk aan de laagste dijkhoogte.
  - Bruijn (2002) heeft simulaties gedaan met afvoeren van 16.000 en 18.000 m<sup>3</sup>/s bij Lobith en een doorbraak helemaal bovenstrooms. Hierbij was de oppervlakte overstromd kleiner dan in DWW (2003) door de aanwezigheid van secundaire dijken (ongeveer 10%). De waterdieptes in Bruijn (2002) zijn westelijk van het AR kanaal 0.5-1 m hoger dan in DWW (2003). De oorzaak hiervan is de hogere eindwaterstand (6.54 m i.p.v. 5.9 m + NAP) De Diefdijk is zeker hoger dan deze 5.9 m. Het is zeer aannemelijk dat de waterstanden door DWW (2003) onderschat zijn. Oostelijk van het AR kanaal zijn de waterdieptes in Bruijn (2003) beduidend hoger (1 tot 2 m) dan die van DWW (2003). (De waterstand is 7,03 m i.p.v. 5,9 m + NAP). Het AR kanaal zorgt voor een opstuwing van de waterdieptes. Deze onderschatting van waterstanden en waterdieptes leidt tot een onderschatting van de schade van ongeveer 10%
  - Conclusie: door onterechte overstroming van oostelijke en noordelijke delen is de schade van DWW (2003) ongeveer 10 % te hoog, door onderschatting van waterdieptes echter weer ongeveer 10 % te laag.
  - *Gekozen correctie: Verwachte schade: getal DWW (2003), maximale schade en minimale schade: respectievelijk 10 % meer en minder.*
- **Overstroming westelijk van AR kanaal**
  - Het gebied ten oosten van AR kanaal blijft droog (WL, 2001). Het geïnundeerde oppervlak van DWW (2003) is ongeveer 16 a 20% te groot. Daarom is er een schade correctie van -20% gekozen. *De verwachte schade is dus het DWW (2003) getal \*0.8, de maximale schade is de schade bij d = laagste kruinhoogte.*

#### 38 Bommelerwaard

- DWW (2003): Schade 2500 M€ maximale waterstand 5.30 m + NAP.
- Het gebied is vrij vlak: het hele gebied loopt onder als water tot aan de laagste kruin staat. Het gebied is relatief klein, dus waarschijnlijk is er voldoende water om het hele gebied onder te zetten. De bres zal vermoedelijk niet beperkend zijn. De MHW's zijn hoger dan de gekozen waterstand in DWW (2003), waarschijnlijk doordat de laagste dijk van dit gebied langs de afgedamde Maas ligt. (de laagste MHW langs Maas ligt op 5.7 m bij kmr 226). Stel dat de waterdiepte toeneemt met 40 cm dan levert dit een



schadetoename van maximaal 10% op. Echter, de maximale waterstand lijkt goed gekozen. *Geen schade correctie nodig*

### 36 Land van Heusden/de Maaskant

- DWW (2003): Schade met hellende gebieden 17.602 miljoen euro. Schade zonder hellende gebieden 10.047 miljoen euro. Maximale waterstand: 5,20 m + NAP. Het grootste deel van het gebied valt droog bij deze waterstand.
- De dijkring is erg groot en helt sterk naar het westen en naar het zuiden. De bovenstroomse MHW's (kvr 150 bij Boxmeer) liggen rond de 14, 5 m. De bodemhoogte daar is ruim 14m. De bodemhoogte in het noordwesten is slechts rond de 0,8 m (Heusden). Het landgebruik bestaat uit de steden Den Bosch en Oss (westen) en veel landbouwgebieden (oosten). Een bovenstroomse dijkdoorbraak leidt tot een watergolf door het gebied richting het westen en het noorden. Een benedenstroomse doorbraak leidt tot het onderlopen van met name het benedenstroomse gebied.
- Er is in het kader van VNK (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005) een gedetailleerde analyse van de overstromingsschade gedaan m.b.v. simulaties van doorbraken op verschillende locaties.. Als randvoorwaarden bij deze simulaties is de rivierafvoer gebruikt met een kans van voorkomen gelijk aan de faalkans van de betreffende locaties. Het risico komt in VNK hoog uit, doordat de faalkansen door piping groot zijn. In deze studie zoeken we naar schades die optreden bij gebeurtenissen met een kans van voorkomen die ligt rond de norm. Bovendien kijken we naar scenario's met een bovenstroomse, midden en benedenstroomse doorbraak. Bij benedenstroomse scenario's is de schade i.h.a. lager, terwijl die bij scenario's met breuken tussen Nijmegen en Oss meestal wel rond de verwachte waarde ligt. De minimale schade die wij uit onderstaande tabellen hebben afgeleid is 60M€ en de maximale schade 7.500 M€ Voor de verwachte schade is het midden van deze bedragen (3.800 M€) aangehouden.

### 36a, Keent, 37 Nederhemert, 39 Alem, 40 Heerewaarden en 47 Arhemse en Velpsebroek

Op dijkring 47 na betreffen dit eilanden in of tussen de Maas en Waal met weinig potentiële schade. Voor dijkring 47 is het getal horend bij de DWW diepte gebruikt. *Geen schadecorrecties toegepast.*

### 45 Gelderse Vallei

- DWW (2003): De waterdiepte in het grootste deel van het gebied is gelijk aan 1 m (de overstromingsdiepte is afgeleid uit de waterstand bij het Eemmeer). Alleen ten noorden van de lijn noordpunt Amersfoort – centrum Nijkerk variëren waterdieptes tussen 1 en 2 m. De gebruikte waterstand is: 1.8 m + NAP.
- *Overstroming vanuit het Eemmeer:* In simulaties (Asselman, 2001) overstroomt bij een doorbraak van de dijk langs het Eemmeer slechts een klein gebied langs het Eemmeer. Amersfoort en de rest van de Gelderse Vallei blijven droog. De inschatting in DWW (2003) zonder hellende gebieden lijkt redelijk. *Geen correctie toegepast.*
- *Overstroming door doorbraak van de Grebbedijk:* De waterdieptes door een doorbraak in de Grebbedijk worden ter plaatse van het Binnenveld en Veenendaal groter dan 3 m (Asselman, 2001). Boven de A12 zijn de resulterende waterdieptes echter veel kleiner, eerder 0.1 tot 0.5 m. In DWW (2003) is voor het gehele gebied gerekend met een waterdiepte van 1 m. *Geen correctie toegepast.*

#### 44 Kromme Rijn

- DWW (2003): Maximale waterstand is 1.9 m + NAP. Het oostelijk deel en het uiterste zuiden zijn hellend en hebben een waterdiepte van 1 m. De waterdiepte in het overige gebied varieert van 0.6 m in het zuiden tot ruim 3 m in het noordwesten.
- Bij een doorbraak bij Amerongen (Nederrijn/Lek) zijn de waterdieptes sterk afhankelijk van de locatie van de bres (A27/ Amerongen), de breedte van de bres en het debiet door de Lek. Verder is het spui-regiem belangrijk. Waterdieptes in het zuiden variëren tussen de 0.5 en 2 m afhankelijk van het scenario. Utrecht en Amsterdam lopen niet onder (Asselman, 2002). De schade komt op 2-4 miljard euro (email Marcel van de Doef). *Dit is een correctie van 80%! Voor de maximale schade is een waarde van 0.5 \* de schade van DWW gebruikt.*
- Bij een doorbraak langs het randmeer richting Utrecht, blijven ook zowel Utrecht als Amsterdam droog. *De gekozen schadereductie voor die situatie is 80% Voor de maximale schade is een waarde van 0.5 \* de schade van DWW gebruikt.*
- Doorbraak Randmeer of Noordzee waardoor gebied rond Amsterdam overstroomd: Overstroomt oppervlak waarschijnlijk overschat met ruim 80% (getal: d = minimale kruinhoogte gebruiken) *Er is hier een schadecorrectie van -80% gekozen. Voor de maximale schade is een waarde van 0.5 \* de schade van DWW gebruikt.*

#### 49 IJsselland, 50 Zutphen en 51 Gorssel

Dit gebied helt van oost naar west, terwijl de rivier van zuid naar noord stroomt. Komberging is dan geen onredelijke aanname. *Geen correcties gedaan.*

#### 52 Oost-Veluwe & 53 Salland

Bij een bovenstroomse dijkdoorbraak zal een groot gedeelte van het zuidelijke dijkkringgebied onderlopen, bij een benedenstroomse doorbraak niet. Om deze reden is voor een bovenstroomse doorbraak het DWW getal horend bij een waterdiepte gebaseerd op de laagste kruinhoogte of 1 m in de hellende gebieden genomen, terwijl bij een benedenstroomse dijkdoorbraak het getal gekozen is waarbij het zuidelijk gedeelte droog blijft.

#### Beneden rivieren

##### 15 Lopiker- en Krimpenerwaard

- DWW (2003): Maximale waterstand: 1.90 m + NAP. Resulterende waterdieptes: in het grootste gedeelte tussen de 3 en 5 m. In het westen soms groter dan 5. In het uiterste oosten, langs de rivieren tussen de 1 en 3 m. Landgebruik: grotendeels landbouw. Alleen in het oosten en zuiden ligt stedelijke bebouwing.
- HKV(2003) heeft simulaties gedaan voor verschillende doorbraken.
- Bij een doorbraak bij Nieuwegein in het oosten bij maatgevende condities ontstaat een waterdiepte van 0-0.5 m in het westen en 0.5-1.5 in het oosten. Ten noorden van de Hollandse IJssel en ten zuiden van de A12 (buiten dijkkring 15) worden waterdieptes van 1-2 m bereikt. De eindbresbreedte is hier 40 m.
- Bij een doorbraak bij IJsselstein ontstaan waterdieptes van 2.5 m in het westen, 2 meter in het oosten en 1.5 m ten noorden van de IJssel. De eindbresbreedte is hier 85 m.
- Bij een doorbraak bij Lopik ontstaan waterdieptes tussen de 2.5 m (westen) en de 1.75 m (oosten) in het gebied. De eindbresbreedte is hier 90 m.

- Bij een doorbraak bij Lekkerkerk ontstaan waterdieptes die van west naar oost variëren van 2.5 naar 1.25 aflopen. Ten noorden van de Hollandse IJssel komt nauwelijks water terecht. De bres groeit tot ongeveer 65 m.
- Een doorbraak bij Krimpen aan de Lek resulteert in waterdieptes die van west naar oost variëren van 0.5 m ten westen van de Vlist en 0-0.3 ten oosten van de Vlist. Slechts een gedeelte van dijkkring 15 loopt onder. De bres groeit tot een breedte van ongeveer 50 m.
- Bij een doorbraak bij Capelle aan de IJssel loopt slechts een heel klein gebied onder tot een maximale diepte van 30 cm. De bres groeit tot een breedte van ongeveer 28 m.
- Samenvattend: de schade volgens het DWW getal lijkt een bovengrens. De waterdiepte is erg groot. *Als correctie wordt een factor van 50% geschat voor een doorbraak langs de Lek. Bij een doorbraak langs de Hollandse IJssel is de verwachte schade echter veel lager.*

### **16 Alblasserwaard en Vijfheerenlanden, , 18 Pernis, 19 Rozenburg, 22 Eiland van Dordrecht, 23 Biesbosch, 24 Land van Altena, 34a Geertruidenberg:**

Dit zijn diepe polders die onderlopen met waterdieptes van 3 tot 5. Er is waarschijnlijk voldoende water om deze gebieden helemaal onder water te zetten. *Er zijn geen correcties gedaan.*

### **20 Voorne-Putten en 21 Hoekse Waard**

- Voorne-Putten kan vanuit zee of vanuit Hartelkanaal/Oude Maas/Haringvliet overstromen. De Hoekse Waard kan vanuit zee of vanuit Hollands Diep, Oude Maas, de Dordtse Kil en het Spui overstromen. Het is niet zeker of er voldoende water beschikbaar is om het gehele gebied onder te zetten ook is de ligging en sterkte van eventuele binnendijken niet bekend. Het gaat te ver in dit project om dit uit te zoeken. Waarschijnlijk loopt niet het hele gebied onder.
- *Er is gekozen om uit te gaan van een verwachte schade gelijk aan  $0.5 * \text{de schade van DWW (2003)}$ . De maximale schade is gelijk gehouden aan de schade van DWW (2003) (wel gecorrigeerd voor prijspeil 2004 t.ov. 2000).*

### **9: Vollenhove**

- DWW (2003): Schade bij waterdiepte gelijk aan laagste kruinhoogte of 1 m in hellende gebieden: 5,175 miljard euro, schade met waterdiepte gelijk aan laagste dijk: 4,805 miljard euro. Maximale waterstand: 2.80 m + NAP. Een groot deel van het gebied loopt onder met een waterdiepte > 4 m.
- Ten westen van deze dijkkring ligt de Noordoostpolder. Vanuit die polder is geen water te verwachten. Ten zuidwesten liggen het Zwarte Meer, het Zwarte Water en de Vecht. Het lijkt onwaarschijnlijk dat een dergelijk groot gebied zo diep onder water gaat door een overstroming uit een relatief kleine rivier als de Vecht of door een overstroming vanuit het Zwarte meer of het Zwarte Water. Bovendien lopen er in het gebied compartimenteringsdijken, zoals de dijk langs het Meppelerdiep. *Om die reden is het getal van DWW als bovengrens genomen en is een schade van 50% als de verwachte schade gekozen.*

## 10 Mastenbroek

- DWW (2003): Schade verwacht door DWW is 1 miljard euro bij een maximale waterstand van 1.70 m + NAP. De waterdiepte varieert van 4 tot 1.3 m.
- Dit is een laaggelegen gebied met veel sloten en weinig binnendijken. Uit de studie Heuer & Vervoorn (2003) blijkt dat de waterdieptes in het gebied afhangen van de doorbraaklocatie en variëren van 4.20 tot ruim 5 in de diepste polder en 0-5 m in de rest van het gebied. Bij een overstroming vanuit IJsselmuiden varieert de diepte van 5 tot 1.5, bij een doorbraak te Veecaten tussen de 5.3 en ruim 2 en bij een doorbraak te Westenholtte blijft ruim de helft van het gebied droog.
- *Als verwachte schade is de schade van DWW aangehouden, de maximale schade is 10% hoger gekozen en de minimale schade 50% lager.*

## 11 IJsseldelta

- DWW (2003): De schade verwacht door DWW is 1 miljard euro bij een maximale waterstand van 1.40 m + NAP. Bij deze waterstand blijft het zuiden van de dijkkring droog en is de waterdiepte in het grootste gebied rond de 1.5.
- Uit de simulaties van Heuer & Vervoorn (2003) blijkt dat de resulterende waterdiepte bij een doorbraak te Kampen in het centrum van het gebied rond de 2.2 m bedraagt, in het grootste gedeelte van het gebied tussen de 1 en 2 ligt en naar de randen toe afneemt tot 0. Bij een doorbraak te Zalk ontstaat een vergelijkbaar patroon.
- *Het DWW getal waarbij de hellende gebieden droog blijven is gebruikt zonder een correctie hierop toe te passen.*

## Kustgebieden

### 27 Tholen en St. Philipsland en 30 Zuid Beveland West

- DWW (2003): Het gehele gebied komt diep onder water te staan.
- In 1953 liep bijna geheel St Philipsland onder water en ongeveer de helft van Tholen door de aanwezigheid van veel secundaire waterkeringen. In Zuid-Beveland liep in 1953 slechts een klein gedeelte onder. In extremere stormen kan er wel meer onderlopen, maar het is niet waarschijnlijk dat de hele dijkkring onder loopt.
- Waarschijnlijk zou nu weer slechts een gedeelte van de dijkkring onderlopen. *Daarom is het DWW (2003) als bovengrens gekozen en is de verwachte schade geschat op 50% van dit getal.*

### 31 Zuid Beveland oost

- DWW 2003: Waterstand 5.10 m. Hele gebied diep onder water.
- In 1953 liep slechts 1/5 deel onder met een waterdiepte van 1 tot maximaal 4 m. In simulaties met nieuwe maatgevende omstandigheden en de dijkdoorbraaklocaties van 2003 loopt een groter gebied onder dan in 1953: ongeveer 70% van de dijkkring loopt nu onder (Asselman, 2003). Het DWW getal, gebaseerd op het onderlopen van het gehele gebied is dus een bovengrens. De waterstand van DWW (2003) lijkt aan de hoge kant (in Asselman, 2003) bedraagt deze maximaal 4.5 m.
- *Correctie: De verwachte schade is geschat als het getal van DWW (2003) \* 0.7.*

### 32 Zeeuwsch Vlaanderen

- DWW (2003): Waterstand 5.5 m + NAP. Het gehele gebied komt diep onder water te staan.
- In 1953 liep slechts 1% onder door de aanwezigheid van veel secundaire waterkeringen. Bovendien was de waterstand veel lager (eerder 3.5 m maximaal). Bij simulaties voor Delta 2003 liep maximaal 5 % onder.
- *Correctie van 95% genomen. DWW getal is een bovengrens.*

### 17 IJsselmonde, 25 Goeree-Overflakkee, 26 Schouwen Duiveland, 28 Noord Beveland, 29 Walcheren, 33 Kreekrakpolder, 34 West-Brabant, 35 Donge.

Veel secundaire waterkeringen. DWW getal is een bovengrens. *Getal van 50% gekozen op basis van andere gebieden in Zeeland.*

#### Waddeneilanden (1, 2, 3, 4 en 5)

Binnen de dijkringen op de waddeneilanden liggen geen hoge delen. Komberging lijkt aannemelijk. De DWW-diepte kan dus gebruikt worden om de schades te schatten. *Geen reden tot correcties.*

#### Friesland en Groningen (6):

DWW (2003): De waterstand corresponderend met de DWW-diepte is 2.80 m + NAP. Bij deze waterstand loopt bijna de hele dijkkring onder water. Dit is onwaarschijnlijk. Wouters & Hoffman (in prep) hebben een serie dijkdoorbraken gesimuleerd om een beeld te krijgen van de mogelijke gevolgen van overstromingen. Zij concludeerden het volgende:

- Enkelvoudige doorbraken leiden niet tot een overstroming van het hele dijkkringgebied;
- Regionale of secundaire waterkeringen hebben grote invloed op het overstromingspatroon;
- Als het water het boezemsysteem bereikt, dan overstroomt het op plaatsen waar de kades laag zijn. Dat kan zijn op een locatie die vele kilometers van het instroompunt ligt. Er liggen bijvoorbeeld lage kades ten westen van Groningen.
- De schade ten gevolge van overstromingen varieert van 55 tot 1200 M€

### 13 Noord-Holland

- Als de DWW diepte gebruikt wordt, staat de gehele dijkkring onder water op de duinen na. *Doorbraak vanuit Noordzee: Noord-Hollandse Kop (ten noorden van de duinen) volgens Dedel (2003): Bij een waterstand gelijk aan 5.40 m + NAP (ongeveer 1/100000 jaar), een stormopzet gedurende 48 uur en breuk bij Callantssoog overstroomt slechts 6.6 km<sup>2</sup> (660 ha). Indien er twee breuken zijn, 1 bij Groote Keeten en 1 bij Callantssoog loopt slechts 3800 ha onder (2 % van de dijkkring). Dedel (2003) berekent bij deze laatste situatie een schade van 401 miljoen € (schade & Slachtoffermodule versie 1, prijspeil 1999). Dit is slechts 0.6% van het getal van DWW. Bij een doorbraak vanuit de Noordzee is de schade dus waarschijnlijk veel lager dan het getal van DWW. Ook achter de Hondsbosche Zeewering liggen oude compartimenteringsdijken die de schade zouden kunnen beperken, zoals de Oude Schoorlse zeedijk, en de dijken langs de Hondsbosche Vaart en het Noordhollands Kanaal. *Voorstel correctie: schade getal DWW \*0.5 als maximum bedrag, verwachte schade 10% van DWW bedrag, minimum schade 5%.**
- *Doorbraak van de duinen:* Dit lijkt zeer onwaarschijnlijk.
- *Doorbraak vanuit IJsselmeer:* Geen simulaties bekend. Waarschijnlijk loopt een deel van het gebied onder. Omdat het oosten lager ligt dan het westen, kan de schade hoger

worden dan bij een doorbraak vanuit de Noordzee. *Voorgestelde correctie: minimum bedrag 10% van DWW, maximum bedrag schade van DWW, verwachte bedrag: 50% van DWW.*

#### 14 Zuid-Holland

- Algemeen: De hoogteligging in dijkkring 14 varieert sterk. De kuststrook heeft een hoogte van NAP +0 m. De Alexanderpolder, juist ten noorden van Rotterdam ligt lokaal lager dan NAP -6 m. Ook de Haarlemmermeerpolder, waar Schiphol in ligt, ligt lager dan NAP -5 m. Het dijkkringgebied heeft ruim 3,2 miljoen inwoners. De belangrijkste woonkernen in het gebied zijn Amsterdam, Rotterdam, Den Haag, Haarlem, Leiden en Delft. Daarnaast is er veel industrie aanwezig en ligt Schiphol in deze dijkkring. In het VNK project is de overstromingsschade geschat op 230 tot 37000 M€ afhankelijk van de locatie van de doorbraak en de gebruikte randvoorwaarden (Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005). Deze gegevens waren nog niet beschikbaar in 2004. Met het gebruik van deze getallen wordt dus afgeweken van Klijn *et al.* (2004).
- Meren

#### 7. Noordoostpolder

De resultaten van VNK zijn aangehouden.

#### 8 Flevopolder

- DWW (2003): Maximale waterstand: 1.5. Hierbij staat het gehele gebied onder water. De waterdiepte is in het overgrote gedeelte van het gebied > 5. In een klein gebied langs de noordoost rand is deze 'slechts' 1.7 m.
- Crebas (2001, 2003) heeft doorbraak simulaties berekend voor een doorbraak bij Dronten, bij Zeewolde, Lelystad en bij Almere. Er is rekening gehouden met een 'worst case situation': het waterstandsverloop heeft een kans van 1/4000 per jaar. Er is gerekend met scenario's waarin de sluizen in de knardijk gesloten zijn en waarbij dit niet gebeurt. Bresgroei is berekend en niet opgelegd.
  - Bij een doorbraak bij Dronten waarbij het gat van 0 tot 683 m groeide in 114 uur (doorbraaklocatie: 177350 m oost, 511200 m noord) waarbij aangenomen is dat de sluizen in de Knardijk open waren, wordt de waterdiepte ongeveer 2 - 2.5 m in het noorden en 0.2 - 2 in het zuiden. De steden en dorpen (Lelystad, Almere, Swifterbant, Dronten en Zeewolde staan ongeveer 1 a 1.2 m onder water. Is de knardijk gesloten dan krijgt het noordelijk gedeelte een waterdiepte van rond de 3, en de woonkernen een waterdiepte van maximaal 2. Het zuidelijk gebied blijft droog.
  - Bij een doorbraak bij Zeewolde worden de waterdieptes slechts 0.2-0.5 m en blijft ruim de helft van het gebied droog (waaronder een groot deel van de woonkernen).
  - Een dijkdoorbraak te Almere resulteert, indien de Knardijk sluizen geopend zijn tot een waterdiepte van 1.5-2 m in het gehele gebied. Als de Knardijk sluizen gesloten zijn wordt de waterdiepte 1.8 tot 2.5 in het zuidelijke gebied en blijft het noordelijke gebied droog. De bresgroei die bij dit laatste scenario is aangenomen: 0-322 m in 54 uur, locatie: 141188 m oost en 491672 m noord.
  - Een dijkdoorbraak bij Lelystad onder maatgevende omstandigheden leidt tot een waterdiepte van 1.5-2 m in het noordelijk gebied en 0.2-1.5 m in het zuidelijk gebied wanneer de Knardijksluizen open staan en een waterdiepte van 2-2.5 m in het noordelijke gedeelte als de sluizen dicht zijn. (bresgroei 0-460 m in 76 uur)

- Samenvattend kunnen we stellen dat de schade door DWW waarschijnlijk is overschat omdat de waterdieptes zijn overschat. Indien we aannemen dat slechts het zuidelijk of het noordelijk gebied zal overstromen dan reduceert de schade al met een dergelijk 40-60%. Indien we bovendien lagere waterdieptes verwachten in met name de stedelijke gebieden dan kunnen we de verwachte schade nogmaals verlagen. Stel de steden worden 2.5 diep in plaats van 5 dan reduceert de schadefactor voor huizen van 1 naar 0.35. Stel dat ongeveer 7% stad is en dat de maximale schade van huizen per m<sup>2</sup> is: 172.000 euro per huis /350 (m<sup>2</sup>/huis) = 500 euro/m<sup>2</sup>. De landbouwschade is ongeveer 3 euro/m<sup>2</sup>. Een waterdiepte van 1.5 i.p.v. 5 leidt dan tot een schade van 13 miljard euro. Een combinatie van zowel een lagere waterdiepte en een kleiner overstroomd oppervlak leidt tot *een verwachte schade van ongeveer 50% van 13 miljard is 7 miljard euro. Als bovengrens is 50% van het DWW getal aangehouden..*

### **12 Wieringen:**

Wieringen is een kleine diepe polder. Waarschijnlijk komt de hele dijkring onder water te staan en is de aanname van DWW toepasbaar. Bij deze waterstand blijft alleen de noordrand droog, in de rest van het gebied staat ongeveer 5 water. *Geen reden tot schadecorrectie.*





## B Vergelijking schade berekend met HIS-SM 2002 en 2005

Schade (miljoen € dijkkring) berekend met het schademodel in het HIS uit 2002 (DWW, 2003) en met het HIS uit 2005.

Dijkkring	HIS 2002	HIS 2005	Vershil (%)	
1	Schiermonnikoog	84	96	14
2	Ameland	293	324	11
3	Terschelling	168	169	1
4	Vlieland	18	20	8
5	Texel	2.077	2.113	2
6	Friesland en Groningen	75.751	77.830	3
7	Noordoostpolder	9.324	9567	3
8	Flevoland	34.487	36.262	5
9	Vollenhove	4.805	4.918	2
10	Mastenbroek	1.238	1.361	10
11	IJsseldelta	1.091	1.166	7
12	Wieringen	2.840	2.761	-3
13	Noord-Holland	65.894	67.550	3
14	Zuid-Holland	322.781	323.611	0
15	Lopiker- en Krimpenerwaard	9.306	9.358	1
16	Alblasserwaard en Vijfheerenlanden	19.379	19.533	1
17	IJsselmonde	36.765	37.137	1
18	Pernis	495	527	6
19	Rozenburg	1.228	1.333	9
20	Voorne-Putten	16.238	16.268	0
21	Hoeksche Waard	5.689	5.977	5
22	Eiland van Dordrecht	8.170	8.359	2
23	Biesbosch	54	54	0
24	Land van Altena	2.183	2.307	6
25	Goeree-Overflakkee	3.749	3.856	3
26	Schouwen Duivenland	4.507	4.845	7
27	Tholen en St. Philipsland	2.294	2.343	2
28	Noord Beveland	592	653	10
29	Walcheren	14.571	14.627	0
30	Zuid Beveland west	9.529	10.165	7
31	Zuid Beveland oost	3.088	3.172	3
32	Zeeuwsch Vlaanderen	16.083	17.284	7
33	Kreekrakpolder	32	32	2
34	West-Brabant	10.200	11.031	8
35	Donge	3.150	3.089	-2
36	Land van Heusden/de Maaskant	10.047	10.260	2
37	Nederhemert	3	2	-48
38	Bommelerwaard	2.539	2.643	4
39	Alem	27	36	35

Dijkkring	HIS 2002	HIS 2005	Vershil (%)
40 Heerwaarden	34	33	-4
41 Land van Maas en Waal	4.719	4.914	4
42 Ooij en Millingen	913	983	8
43 Betuwe, Tieler- en Culemborgerwaarden	10.901	11.071	2
44 Kromme Rijn	21.972	22.360	2
45 Gelderse Vallei	1.512	1.557	3
46 Eempolder	132	140	6
47 Arnhemse- en Velpsebroek	597	743	25
48 Rijn en IJssel	2.861	2.934	3
49 IJsselland	396	407	3
50 Zutphen	1.636	1.647	1
51 Gorssel	297	296	-1
52 Oost Veluwe	746	742	0
53 Salland	4.359	4.350	0
<b>Totaal</b>	<b>751,844</b>	<b>764.813</b>	<b>2</b>

## C Berekening schades in compartimenten bij beleidsalternatief 'ruimte voor water/ leven met water'

In dit beleidsalternatief is sprake van compartimentering. De schades voor de afzonderlijke compartimenten zijn geschat zoals hieronder beschreven.

Tabel C.1 Dijkkringen die verdeeld zijn in 2 compartimenten

Nr.	Naam	Compartimentering
43	Betuwe TCW	Westen van Amsterdam-Rijnkanaal
		Oosten van ARK
20	Voorne-Putten	Westen van Spijkenisse
		Spijkenisse
8	Flevoland	Noorden van Knardijk
		Zuiden van Knardijk
36	Land van Heusden en Altena	Oosten van Den Bosch
48	Rijn & IJssel	Den Bosch en het westelijk deel

### *Dijkkring 8:*

Op basis van analyse van de schadekaart is berekend dat in het zuidelijke deel 70% van de schade optreedt en in het noordelijke deel 30%. In de huidige verwachte en minimale schade is er al vanuit gegaan dat vaak slechts de helft van de polder onder zal lopen doordat de knardijk ook nu al als compartimentering werkt. De compartimentering zit dus al in het verwachte schade bedrag. De verwachte schade per helft is daarom als volgt bepaald: De verwachte en minimale schade zijn eerst berekend op de normale manier en vervolgens vermenigvuldigd met 2 en vervolgens met 0.3 voor de noordelijke polder en met 0.7 voor de zuidelijke polder. De maximale schade is alleen vermenigvuldigd met 0.3 en 0.7 en niet met 2, omdat in dat getal er wel vanuitgegaan was dat de gehele polder zou onderlopen.

### *Dijkkring 20:*

Op basis van analyse van de schadekaart is berekend dat in de beide helften 46 en 53 % van de schade optreedt. Aangezien waterdieptes e.d. onzeker zijn zijn deze percentages afgerond naar 50 % schade in beide helften.

De huidige verwachte schade was 50% van de DWW-diepteschade, met het idee dat maximaal de helft zou onderlopen. De maximale schade was gelijk aan DWWdiepteschade en minimale schade was de helft van de verwachte schade.

De verwachte en minimale schade in beide helften is gelijk gesteld aan de verwachte en minimale schade berekend volgens de huidige redenering, en voor beide delen is de helft van de maximale schade genomen.

### *Dijkkring 43:*

Schade wordt nu berekend als het gemiddelde van een bovenstroomse en benedenstroomse overstroming: Bovenstroomse schade wordt geschat met behulp van de DWW-dieptekaart met 1m water in de hellende delen. De benedenstroomse schade wordt geschat met behulp

van de DWW-dieptekaart zonder 1m water in de hellende delen. Dit laatste bedrag wordt ook nog met 0,8 vermenigvuldigd.

In dit alternatief wordt de benedenstrooms schade op dezelfde wijze geschat als in de huidige situatie. Voor het bovenstroomse deel is de schade berekend voor een uniforme waterdiepte van 2m. Dit is 8288 M€ (in 2000, dit is nog gecorrigeerd voor economische groei). Dat schadebedrag is gebruikt.

*Dijkring 36:*

Voor dit alternatief is de schade in het benedenstroomse deel berekend op basis van VNK resultaten. De resultaten zijn: 1400 M€ gemiddeld en 60 M€ minimaal en 2750 M€ maximaal (op basis van de resultaten voor dijkvak 9 t/m 13). Voor het bovenstroomse deel zijn de oorspronkelijke bedragen gehandhaafd ook al zou het benedenstroomse deel er nu afgehaald moeten worden. Het bovenstroomse deel wordt immers veel dieper. In de oorspronkelijke schadebedragen is niet overal een overstrooming van Den Bosch inbegrepen.

*Dijkring 48:*

Voor overstroomingen vanuit PK en IJssel van het noordelijke gebied zijn de getallen voor de huidige situatie gebruikt.

Voor het Rijnstrangengebied is de schade berekend bij een uniforme waterdiepte van 5m. (150 Meuro). Dit bedrag is gebruikt voor de verwachte, minimale en maximale schade.

