



Centraal Planbureau

CPB Notitie | 19 juni 2013

Aanvullende berekeningen voor het winterpeilbeheer van het IJsselmeer

*Uitgevoerd op verzoek van
Deltaprogramma
IJsselmeergebied
(onderdeel van het ministerie
van Infrastructuur en Milieu)*



CPB Notitie

Aan: Deltaprogramma IJsselmeergebied.

Datum: 19 juni 2013

Betreft: Aanvullende berekeningen voor het winterpeilbeheer van het IJsselmeer

Centraal Planbureau

Van Stolkweg 14
Postbus 80510
2508 GM Den Haag

T (070)3383 334

I www.cpb.nl

E peter.zwaneveld@cpb.nl

Contactpersonen

Gerard Verweij
Peter Zwaneveld

1 Inleiding en doel van de studie

Het CPB heeft vorig jaar een KEA uitgevoerd naar het toekomstig peilbeheer van het IJsselmeergebied (Bos en Zwaneveld, 2012). Hieruit volgde onder andere de duidelijke conclusie, dat meestijgen van het IJsselmeerpeil met de zeespiegelstijging veel duurder is dan handhaving van het huidige peil door middel van (grote) pompen op de Afsluitdijk.

Bij beperkte of tijdelijke peilstijgingen is de conclusie mogelijk minder hard. Deze tussenvarianten worden in deze studie dan ook nader bekeken. De conclusie kan ook anders worden omdat een deel van de dijken in het gebied overhoogte heeft, waardoor ze mogelijk slechts beperkt aangepast hoeven te worden bij een kleine peilverhoging.

Het CPB is door Deltaprogramma IJsselmeergebied (onderdeel van het ministerie van Infrastructuur en Milieu, I&M) gevraagd om op basis hiervan een aanvullende analyse te maken van de kosten die gemaakt moeten worden om de dijken zodanig aan te passen dat beperkte peilstijging mogelijk is. Het beschikbaar komen van gegevens over de actuele dijkhoogtes is een verdere aanleiding om die analyses nu uit te voeren.

Deze studie bouwt voort op een aantal voorafgaande studies: de studie naar de Maatschappelijk kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (MKBA WV21; Kind, 2011); de Kosteneffectiviteitsanalyse naar de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk (KEA Afsluitdijk, Grevers en Zwaneveld, 2011); de KEA naar de kosten en veiligheidsbaten van wel of niet meestijgen met de zeespiegel en extra zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied (KEA DPIJ, Bos en Zwaneveld, 2012); en de MKBA optimale waterveiligheid in het IJsselmeergebied (MKBA WV IJ'meer, Zwaneveld en Verweij, 2013). Zo mogelijk wordt voor achterliggende informatie naar deze studies verwezen.

1.1 Doel van de studie

De hoofdvraag van deze studie betreft de economische gevolgen van beperkt en tijdelijk meestijgen van het *streefpeil* van het IJsselmeer met de zeespiegel. We beperken ons in deze analyse tot de kosten van dijkverhogingen (a-keringen langs het IJsselmeer, de IJssel- en Vechtdelta en het Markermeer, en de Houtribdijk) en het restrisico voor overstromen.

In de KEA DPIJ zijn alle relevante (welvaarts) effecten in kaart gebracht. De kosten voor de pompen, de spuisluizen en de effecten op natuur, grondwaterstanden, scheepvaart en andere watergerelateerde infrastructuur worden in deze notitie NIET in beschouwing genomen. De voorliggende notitie betreft dus géén integrale welvaartstudie van de gepresenteerde (tussen)varianten, maar behelst slechts ‘aanvullende berekeningen’ op de met name genoemde twee aspecten. Deze twee effecten waren in de KEA DPIJ overigens veelal goed voor het overgrote deel van (de som van) alle welvaartseffecten.

Hiertoe worden op verzoek van het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) extra alternatieven voor peilbeheer van het IJsselmeer ‘doorgerekend’. In de KEA DPIJ zijn de volgende twee alternatieven (‘varianten’) geanalyseerd:

1. **Pompen.** Bij deze variant wordt direct in 2020 een pompcapaciteit van 2.000 m³/s geïnstalleerd op de Afsluitdijk. Met deze pomp wordt het huidige winterstreefpeil van – 40cm NAP voor het IJsselmeer nagestreefd.
2. **Meestijgen/spuien.** Bij deze variant wordt de huidige spuicapaciteit op de Afsluitdijk uitgebreid (lees: verdubbeld) in 2020 met ESA (Extra Spui Afsluitdijk). Met deze spuien wordt in het W+-scenario tot 2035 (23cm zeespiegelstijging sinds 1990) het huidige winterstreefpeil gehandhaafd. Daarna stijgt het winterstreefpeil van het IJsselmeer mee met de zeespiegelstijging opdat het streefpeil in 2100 +30cm NAP bedraagt.

In beide varianten is tevens een pompcapaciteit van 100 m³/s verondersteld op de Houtribdijk in 2020 (in plaats van de nu aanwezige spuisluizen die verondersteld worden te zijn gesloten) en blijft het huidige streefpeil van het Markermeer gehandhaafd.

In aanvulling op deze eerdere varianten wordt in deze studie een drietal ‘tussen’-varianten beschouwd:

3. **Beperkt meestijgen: 10, 20 of 30cm.** In deze varianten wordt ervan uitgegaan dat tot 10cm meestijgen (of 20 dan wel 30cm) van het streefpeil van het IJsselmeer, dit peil wordt beheerst door middel van spuien (huidige spuien plus ESA). In het jaar dat het streefpeil 10cm is meegestegen (in 2046, en voor 20 en 30cm resp. 2056 en 2066), wordt alsnog overgegaan op het wegpompen van het IJsselmeerwater met een capaciteit van 2.000 m³/s en wordt het winterstreefpeil weer teruggebracht op – 40cm NAP.

De genoemde varianten worden daarbij geanalyseerd voor het W+-klimaatscenario en het sociaaleconomische Transatlantic Market (TM) scenario. Als extra gevoeligheidsvariant

bekijken we het (pseudo) G-klimaatsscenario met een streefpeilstijging van 14 cm in 2100 voor meestijgen/spuien.

De kosten voor dijkverhogingen en het bijbehorende restrisico wordt bepaald onder twee investeringsstrategieën:

- i. **Optimaal.** Zowel de timing van dijkverhogingen/versterkingen als de mate van verhoging/versterking worden 'economisch optimaal bepaald'. In dit geval laten we toe dat een dijkkringdeel niet aan de wettelijke norm voldoet.
- ii. **Minimaal voldoen aan wettelijke norm.** Een dijkkringdeel MOET worden versterkt op het moment dat de dijkkringdeel als geheel een overschrijdingskans heeft die gelijk is aan of groter is dan geïmpliceerd door de huidige wettelijke norm. Daarnaast wordt een dijkkringdeel 'eerder' worden opgehoogd/versterkt, indien dit economisch optimaal blijkt.

De bovengenoemde varianten worden geanalyseerd uitgaande van de volgende uitgangssituaties voor de veiligheid van dijkringen:

- a. **Wettelijke norm**, ofwel geen onder- en geen overhoogte. Alle dijkringen voldoen in 2015 (exact) aan de wettelijke (overschrijdings)normen.
- b. **Overhoogte=oversterkte.** Alle dijkringen voldoen in 2015 minimaal aan de wettelijke (overschrijdings)normen. Hier bovenop maken we de *aanname* dat eventuele "overhoogte" (dijken die in werkelijkheid hoger zijn dan ze volgens de wettelijke normen zouden behoren te zijn) zich voor 100% vertaalt in extra veiligheid. Zo krijgen we een inschatting in welke mate de aanwezige overhoogte *maximaal* voor besparing kan zorgen. De aanname 'overhoogte= oversterkte' vraagt nader onderzoek. In meerdere gevallen lijkt die aanname trouwens aantoonbaar fout (zie Eernink en Schelfhout, 2012; van der Zwan, 2013).

De analyses worden uitgevoerd met het door het CPB ontwikkelde model Dique-Opt. Dit model is ontwikkeld ten behoeve van de KEA DPIJ en de MKBA WV IJ'meer. Het model beschrijft de overstromingskansen van alle dijkringen in het IJsselmeergebied (i.e. Afsluitdijk, Houtribdijk en alle dijkringen - a-keringen - rond het IJsselmeer, de IJssel- en Vechtdelta en het Markermeer). Het model bevat informatie welke schade (materieel, persoonlijk en evacuatie) optreedt indien een dijk(ringdeel) overstroomt. Het model kent ook de kosten voor het verhogen/versterken van de genoemde dijken en dijkringen. Het model bevat tevens informatie over de onderlinge afhankelijkheid van de voorliggende b-keringen (Afsluitdijk en de Houtribdijk) en de achterliggende keringen én over de mate waarin de overstromingskansen kunnen worden gereduceerd door dijkversterkingen van b- en/of a-keringen.

Gegeven deze informatie kan het model een economisch optimaal investeringspatroon bepalen voor alle dijken en dijkringen, waarbij de (contante) kosten voor dijkverhogingen plus de verwachte schade als gevolg van restrisico worden geminimaliseerd. Dit gebeurt in de bovengenoemde optie *i*.

Het model kan uiteraard ook gebruikt worden om allerlei 'what-if analyses' uit te voeren. Bovengenoemde optie *ii* is hiervan een voorbeeld. Gegeven de gespecificeerde beslisregel voor wettelijke veiligheidsnormen, zal het model het investeringspatroon bepalen en de bijbehorende effecten berekenen ten aanzien van de timing en mate van dijkversterkingen, de daarbij behorende kosten en de verwachte schade van restrisico. Voor meer informatie over het Dique-Opt model verwijzen we naar Zwaneveld en Verweij (2013).

Uit bovenstaande beschrijving valt op te maken dat het in totaal om een dertigtal berekeningen gaat: 5 varianten \times 2 uitgangssituaties \times 2 strategieën voor het W+-scenario en 3 varianten \times 2 uitgangssituaties \times 2 strategieën voor het G-scenario. Omdat voor elke strategie voor de in totaal 19 dijk(ringdel)en voor de komende 300 jaar wordt bepaald of een dijk wordt verhoogd en zo ja wanneer, in welke mate en welke overstromingskansen dan resulteren, worden in deze notitie de resultaten op hoofdlijnen weergegeven. Gedetailleerde resultaten van de berekeningen zijn opvraagbaar bij de auteurs.

De uitgevoerde berekeningen worden door het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) gebruikt als input voor hun strategiebepaling om tot een optimale inrichting en beheer van het IJsselmeergebied te komen. De weergegeven berekeningen zijn dus echt een 'tussenproduct': ze bouwen voort op eerdere CPB-studies en zullen worden gebruikt in toekomstige DPIJ-studies. We gaan ervan uit dat de lezer minimaal op hoofdlijnen kennis heeft genomen van de eerder uitgevoerde studies KEA DPIJ en MKBA WV IJ'meer. Deze notitie heeft derhalve een 'technisch' karakter.

1.2 Leeswijzer

Hoofdstuk 2 gaat kort in op de gegevens en uitgangspunten van de berekeningen. Voor een uitgebreidere toelichting op het model Dique-Opt en de gebruikte data wordt verwezen naar eerdere studies.

Hoofdstuk 3 presenteert de resultaten van de berekeningen voor het W+ en G-klimaatscenario.

In Hoofdstuk 4 beschrijven we het verband tussen deze studie en de KEA DPIJ.

Hoofdstuk 5 geeft de analyses van Hoofdstuk 3 zonder de dijkringen gelegen aan het Markermeer. De resultaten uit Hoofdstuk 3 worden beïnvloed door de verschillen rond het Markermeer. Doordat deze verschillen door aanvullende maatregelen zijn te reduceren, worden ook de resultaten zonder de effecten op dijkringdelen rond het Markermeer gepresenteerd.

Hoofdstuk 6 vat de voorgaande hoofdstukken samen in de vorm van conclusies.

In de bijlagen wordt nadere detailinformatie gegeven. In Bijlage A wordt ingegaan op de wijze waarop de overstromingskansen in de periode 2020-2035 zijn bepaald bij het scenario meestijgen/spuien. Bijlage B geeft een overzicht van hydraulische gegevens uit de MKBA WV21 en Deltares (2012) en bespreekt mogelijke verklaringen voor de geconstateerde verschillen. In Bijlage C worden de uitkomsten voor de technische exercitie 'overhoogte=oversterkte' gegeven. Bijlage D geeft nog enkele gedetailleerde uitkomsten.

2 Uitgangspunten bij de berekeningen

Versterking van dijken en kunstwerken verlaagt de faalkans van dijken en daarmee de verwachte economische schade (inclusief slachtoffers en evacuatie). Versterking van dijken en kunstwerken zijn dan de directe kosten van extra veiligheid. Verlaging van verwachte economische schade zijn de bijbehorende baten van extra veiligheid. De economisch optimale manier van versterking van dijken en kunstwerken is daarom, deze dijken en kunstwerken precies zo te versterken dat deze extra kosten zichzelf terugverdienen door een lagere verwachte economische schade.

In deze notitie gaan we niet in op de wiskundige vergelijkingen van het Dike-Opt model. Het model wordt - net als alle eerdere modellen voor waterveiligheid - gekarakteriseerd door keuzes op de volgende vier aspecten: ruimtelijke eenheden, overstromingskansen, kosten van dijkversterking en schade (materieel, persoonlijk en evacuatie) bij falen van een dijk(ringdeel).

De belangrijkste uitbreiding van dit model ten opzichte van eerdere soortgelijke modellen (Eijgenraam, 2005 voor Ruimte voor Rivieren en Brekelmans et al. 2012 voor de MKBA WV21) is, dat expliciet rekening wordt gehouden met de extra faalkans als gevolg van het falen van de Afsluitdijk en de Houtribdijk. Extra veiligheid kan dus worden verkregen door de Afsluitdijk en/of de Houtribdijk te versterken, dan wel de dijken rond individuele dijkeringen te versterken. De onderlinge afhankelijkheden tussen deze dijken worden in de analyse meegenomen.

In principe volgen we de gemaakte aannames in de MKBA WV IJ'meer (Zwaneveld en Verweij, 2013). Afwijkingen en/of aanvullende aannames worden in dit hoofdstuk toegelicht.

2.1 Structuurvisie Toekomst Afsluitdijk

In deze studie wordt conform de Structuurvisie Toekomst Afsluitdijk (STA) het dijklichaam overslagbestendig gemaakt en worden de kunstwerken ingrijpend versterkt. De dijk en alle kunstwerken hebben dan in 2020 een veiligheid van 1/100.000. Deze variant is grotendeels gebaseerd op de variant Basisalternatief uit de KEA Afsluitdijk. Uit een analyse in de MKBA waterveiligheid van het IJsselmeergebied is gebleken, dat het uitvoeren van de Structuurvisie

Toekomst Afsluitdijk onder alle onderzochte scenario's welvaartsverhogend is t.o.v. het niet uitvoeren van deze structuurvisie.

Onder STA bestaat tot 2050 de mogelijkheid enkel de kunstwerken te vernieuwen op een veiligheidsniveau van het overslagbestendige dijklichaam (1/100.000 in 2020). In alle onderzochte situaties blijkt deze mogelijkheid economisch optimaal. Het is in 2050 economisch niet rendabel om de Afsluitdijk op dat moment verder te versterken. Daadwerkelijke versterkingen/verhogingen van de Afsluitdijk op basis van economische argumenten zijn - afhankelijk van het scenario dan wel de beleidsuitgangspunten- pas aan de orde aan het begin van de 22ste eeuw of zelfs pas nadat de technische levensduur van de Afsluitdijk (wederom) is verstreken. Dit laatste lijkt ook pas aan het begin van de 22ste eeuw aan de orde te zijn.

Onderstaande tabel geeft het antwoord op de vraag: Hoe relevant is de kans dat een dijkkringdeel aan het IJsselmeer faalt door het falen van de Afsluitdijk en/of Houtribdijk, uitgaande van een veiligheid van de Afsluitdijk van 1:100.000 per jaar in 2020?

Tabel 2.1 Tabel met P1 (=overstromingskans bij oneindig sterke Afsluitdijk en Houtribdijk) als percentage van totale overstromingskans bij een optimaal investeringspatroon van de variant 'pompen' in een aantal steekjaren.

Dijkkringdelen:	2020	2050	2100
IJsselmeer			
Zuidwest Friesland	67	48	8
Noordoostpolder	63	56	39
Flevoland-Noordoost	67	57	32
West-Friesland (NH)	72	47	15
Wieringen IJsselmeer	96	74	3
IJssel- en Vechtdelta			
IJsseldelta	84	84	75
Mastenbroek	89	89	84
Vollenhove	93	88	86
Salland	90	84	67
Oost Veluwe	100	100	100
Markermeer			
Flevoland-Zuidwest	99	99	98
West-Friesland (NH)	100	96	7
Noord-Holland-Waterland	75	27	0
Marken	4	0	0
Gooi en Vechtstreek	99	99	99
Eempolder	99	99	80
Gelderse Vallei-Meren	100	100	100
B-keringen			
Afsluitdijk	100	100	100
Houtribdijk	40	27	7

Nadere uitleg: economisch optimale timing en mate van verhoging bij W+-scenario en zonder overhoogte. De P1 betreft de overstromingskans van een dijkkring onder de veronderstelling van een oneindig sterke Afsluitdijk (en Houtribdijk). De totale overstromingskans van een dijkkringdeel wordt bepaald door additionele faalkansen door het al dan niet falen van de Afsluitdijk en/of Houtribdijk. Deze extra faalkansen worden P1 t/m P7 genoemd. Zie MKBA WV IJ'meer (Zwaneveld en Verweij, 2013) voor nadere uitleg.

Uit de tabel blijkt dat de P1-overstromingskans niet zomaar gelijk te stellen is aan de totale overstromingskans. De P1-overstromingskans is de kans dat een dijkkringdeel faalt onder de veronderstelling dat de Afsluitdijk (en de Houtribdijk) oneindig sterk zijn. Deze kans heeft een directe relatie met de hoogte/sterkte van het betreffende dijkkringdeel en wordt in de praktijk gebruikt om de sterkte/faalkans van een dijk te typeren.

In het in Tabel 2.1 weergegeven scenario wordt de Afsluitdijk niet versterkt voor 2100 en de Houtribdijk pas in 2096 (vanwege het veronderstelde einde technische levensduur, niet op basis van economische argumenten). Het aandeel van de overige kanscomponenten (genaamd: P2 t/m P7) neemt hierdoor in de tijd toe, vooral bij waterpeil gedomineerde locaties.

2.2 Klimaatscenario en peilbeheervarianten

Bij de meeste hydraulische berekeningen is uitgegaan van (de bovenkant van) het W+-scenario. Enkele kenmerken van dit scenario zoals die wordt gehanteerd:

- De zeespiegelstijging van 1990 tot 2050 bedraagt 35 cm.
- De zeespiegelstijging van 2050 tot 2100 bedraagt 50 cm. De totale zeespiegelstijging bedraagt dus 85 cm tussen 1990 en 2100.
- We veronderstellen dat de zeespiegelstijging de afgelopen twee decennia (1990-2010) even hard is gestegen als de afgelopen ruim 100 jaar¹ (PBL, 2011). Dit betekent dat de zeespiegel in de periode 1990-2010 met (afgerond) 4 cm is gestegen. De stijging tussen 2010 en 2050 conform het W+-scenario bedraagt dan nog 31 cm ($31/40 = 0,78$ cm/jaar).

De raming voor het W+ klimaatscenario is door het CPB gebruikt om ook de effecten bij een gematigd klimaatscenario, het (pseudo) G-scenario, te bepalen. Hierbij is verondersteld dat deze effecten kunnen worden gezien als een vertraagde versie van die van het W+ klimaatscenario. Hiermee lijkt een zeer redelijke benadering te zijn verkregen van het echte KNMI G Klimaatscenario (35cm zeespiegelstijging 1990-2100, zie Bos et al., 2012, p.62).

¹ Conform PBL (2011, Figuur B1) is de zeespiegel in de periode 1900-2010 gestegen met (circa) 20 cm. Dit is dus een stijging van 0,182 cm per jaar. De zeespiegel is volgens deze trend in de periode 1990-2010 gestegen met 3,62 cm, afgerond 4 cm. De zeespiegel stijgt volgens het W+-scenario in de periode 2010-2050 met 0,775cm (=31/40) per jaar. De zeespiegel is dus in 2035 met 19,4 cm (afgerond 19 cm) gestegen t.o.v. 2010. De zeespiegel stijgt tussen 2035 en 2100 dus nog met 66 cm. Als het IJsselmeer in deze periode één-op-één meestijgt met de zee, dan zou het streefpeil in 2100 +0,26 m NAP bedragen (huidig streefpeil in -0,40 NAP). Toch wordt een streefpeil van +0,30m NAP gehanteerd. Argumenten hiervoor zijn: (i) het huidige streefpeil wordt nu ook veelal niet gehaald bij spuien, dus is het verstandig iets hoger te zitten en (ii) ook in het Deltaprogramma IJsselmeergebied (DPIJ) wordt bij meestijgen in 2100 een streefpeil van +0,30m NAP gehanteerd.

Gegeven deze twee klimaatscenario's zijn in de KEA peilbeheer IJsselmeergebied en de MKBA waterveiligheid in het IJsselmeergebied een tweetal varianten voor het peilbeheer van het IJsselmeer onderscheiden.

Bij '**variant pompen**' wordt uitgegaan van een pomp van 2.000 m³/s in de Afsluitdijk in 2020. Uit eerste berekeningen van Deltares en de CPB-inschatting in de KEA Afsluitdijk (Grevers en Zwaneveld, 2011, p.43, voetnoot 26) blijkt, dat een dergelijke pomp ruim voldoende moet zijn om het huidige meerstreefpeil te handhaven. De capaciteit van de huidige spuisluizen bij Den Oever (DO) en Kornwerderzand (Kwz) blijft in alle hydraulische berekeningen in stand, al verliezen die in de loop der tijd hun functie door de verdergaande zeespiegelstijging. Bij versterking van de Afsluitdijk worden ze niet vernieuwd. Bij deze variant wordt een pomp van 100 m³/s geïnstalleerd op de Houtribdijk in 2020 (in plaats van de nu aanwezige spuisluizen die verondersteld worden te zijn gesloten) en blijven de huidige streefpeilen van het Markermeer gehandhaafd.

Bij '**variant meestijden**' wordt uitgegaan van de bouw van ESA (Extra Spui Afsluitdijk), waardoor de spui capaciteit verdubbelt (KEA Afsluitdijk, Grevers en Zwaneveld, 2011, paragraaf 2.2). De capaciteit van de huidige spuisluizen bij Den Oever (DO) en Kornwerderzand (Kwz) blijft - net als in alle andere varianten en jaren - in stand. Ze zijn onderdeel van de nieuwbouw of versterking van de Afsluitdijk. De huidige streefpeilen van het IJsselmeer blijven bij het W+-scenario tot 2035 gehandhaafd. Daarna stijgt het IJsselmeerpeil mee met de zeespiegelstijging. Het peil van het Markermeer wordt ontkoppeld van het peil van het IJsselmeer door het installeren van een pomp (100 m³/s) op de Houtribdijk. Ook hier worden de spuisluizen in de Houtribdijk verondersteld te zijn gesloten. De huidige streefpeilen van het Markermeer (nu: identiek aan het IJsselmeer, dus -0,40 NAP in de winter) blijven gehandhaafd.

Varianten voor beperkt meestijden

In deze studie bekijken we een drietal varianten voor peilbeheer, die tussen niet meestijden (pompen) en volledig meestijden (spuien) liggen. Deze drie varianten voor beperkt meestijden/spuien veronderstellen de installatie van ESA in 2020, waardoor het huidige streefpeil van het IJsselmeer van -40cm NAP kan worden gehandhaafd tot 2035. De huidige spuisluizen bij Den Oever en Kornwerderzand blijven in alle jaren functioneren. Na 2035 stijgt dit streefpeil mee met de zeespiegel. Bij de drie varianten onder het W+-klimaatscenario stijgt het streefpeil voor het IJsselmeer met respectievelijk 10cm, 20cm en 30cm. Deze streefpeilstijgingen worden in het W+-scenario bereikt in de jaren 2046, 2056 en 2066². In deze jaren worden direct pompen van 2.000 m³/s geïnstalleerd en wordt het streefpeil weer teruggebracht naar -40cm NAP. Onder het G-scenario bekijken we slechts één variant voor beperkt meestijden namelijk met 14 cm, hetgeen wordt bereikt in 2100. Ook in

² Wanneer we heel exact zouden zijn, dan worden de streefpeilstijgingen in het W+-scenario in de jaren 2048, 2057 en 2066 bereikt. Echter, investeringsbeslissingen (wel of niet verder versterken/verhogen en zo ja in welk mate) worden in de huidige versie van het Dique-Opt model om de 5 jaar genomen, te beginnen in 2021.

deze variant wordt direct na 2100 een pomp van 2.000 m³/s geïnstalleerd en het streefpeil weer teruggebracht naar -40cm NAP.

2.3 Aannee overhoogte = oversterkte en dataperikelen

In het kort beschrijven we in deze paragraaf op welke wijze we de eventuele overhoogte hebben vertaald naar oversterkte. We bespreken de genomen rekenstappen op hoofdlijnen. Een uitgebreidere, maar technischere, notitie (Verweij, 2013) is beschikbaar bij de auteurs. Ook kan bij hen mondeling om toelichting worden gevraagd. Tevens benoemen wij enkele aspecten die ons opvielen en mogelijk nuttig zijn.

Van Deltares (van der Zwan, 2013) hebben wij gegevens ontvangen voor de (gemiddelde) kruinhoogtes per dijkvak, zoals vastgesteld door de dijkbeheerders. Daarbij is informatie ontvangen uit de MKBA WV21 waarmee het verband tussen de hoogte van de dijk en de overschrijdingskans kan worden bepaald.

Een of meer dijkvakken vormen samen een dijktraject. Een of meer dijktrajecten vormen samen een dijkringdeel. De analyse vindt (net als in de KBA WV21, KEA DPIJ, MKBA WV IJ'meer) plaats op het niveau van dijkringdelen. Onderstaande tabel geeft een overzicht van de beschouwde dijkringdelen.

Tabel 2.2 Dijkring(deel) namen in KEA DPIJ/MKBA WV IJ'meer (Dike-Opt) en MKBA WV21 (Optimalisering).

Naam Dike-Opt (KEA DPIJ en MKBA WV IJ'meer)	WV21	Dijkringdeelnummer Dike-Opt en WV21
IJsselmeer		
Zuidwest Friesland	Friesland-Groningen-IJsselmeer	6-4
Noordoostpolder		7-1
Flevoland-Noordoost		8-1
West-Friesland (NH)	Noord-Holland-West_Friesland	13-2-1
Wieringen IJsselmeer		12-1
IJssel- en Vechtdelta		
IJsseldelta		11-1
Mastenbroek		10-1
Vollenhove		9-1
Salland		53-1
Oost Veluwe		52-1
Markermeer		
Flevoland-Zuidwest		8-2
West-Friesland (NH)	Noord-Holland-West_Friesland	13-2-2
Noord-Holland-Waterland		13-4
Marken		13b-1
Gooi en Vechtstreek	Kromme Rijn-Meren	44-2
Eempolder		46-1
Gelderse Vallei-Meren		45-2

Bij het bepalen van de overhoogte per dijkvak gaan we uit van de in Deltares 2012 (en daarmee Dique-Opt) beschouwde representatieve locaties per dijkringdeel. We wijzen elk dijkvak toe aan één van deze locaties. Vervolgens berekenen we voor elk van deze representatieve locaties welke kruinhoogte 'hoort' bij de wettelijke overschrijdingskans³. Deze 'normatieve' kruinhoogte wordt van toepassing verklaard op alle bijbehorende dijkvakken. Omdat we de 'echte' kruinhoogte per dijkvak hebben, volgt hieruit de overhoogte per dijkvak. We veronderstellen dat onderhoogte afwezig is, hoewel de data suggereert dat die onderhoogte wel aanwezig is. In onderstaande tabel zijn de resultaten van de berekeningen weergegeven.

Tabel 2.3 Kruinhoogtes en overhoogtes per Hydra locatie rond 2010

Hydra locaties-dijkvakken	Code	Kruinhoogte op orde		Kruinhoogte volgens beheerders	Overhoogte	
		WV21	CPB o.b.v. Deltares 2012		WV21	CPB o.b.v. Deltares 2012
		m+NAP	m+NAP	m+NAP	meter	meter
IJsselmeer						
F100 Gaast	6-4-1	3,77	3,97	3,92	0,15	0,00
F280 Stavoren Noord	6-4-3	2,61	6,13	4,25	1,64	0,00
F425 Marderhoek	6-4-4	7,10	5,93	7,01	0,00	1,08
N223 Westermeerdijk	7-1-1	5,50	8,40	4,95	0,00	0,00
N375 ZuidermeerdijkO	7-1-2	4,76	6,13	3,25	0,00	0,00
F095 Ketelmeerdijk	8-1-2	4,78	6,50	4,75	0,00	0,00
F235 IJsselmeerdijk	8-1-3	5,57	8,84	4,80	0,00	0,00
04A Onderdijk Nespolderdijk	13-2-1	1,66	4,85	3,84	2,18	0,00
06A Andijk WRK	13-2-1	4,38	5,72	5,60	1,22	0,00
01B Dijkgatbos	12-1-2	3,09	4,55	4,40	1,31	0,00
IJssel en Vechtdelta						
Kampen	11-1-1	4,85	3,26	3,97	0,00	0,71
Wilsum	10-1-4	5,33	4,97	4,90	0,00	0,00
Zwartsluis	9-1-1	2,55	2,99	3,82	1,27	0,85
Hessenpoort	9-1-2	2,92	3,44	3,10	0,18	0,00
Langenholte	53-1-6	2,98	2,71	3,89	0,91	1,19
Hattem	52-1-2	7,31	5,61	7,28	0,00	1,67
Markermeer						
hm19.0 Oostvaardersdijk	8-2-1	3,95	4,76	3,14	0,00	0,00
06A Kroonhoeve Noord	13-2-2	2,95	1,72	4,10	1,15	2,39
30 Zuidpolder	13-4-1	2,90	1,45	3,85	0,95	2,42
45B Marken Nordoost	13b-1-1	1,51	0,95	2,00	0,49	1,05
gav7 Muiden Haven	44-2-1	2,64	4,05	4,10	1,46	0,05
dp17.6 Eemdijk	46-1-2	1,90	1,17	1,93	0,03	0,77
dp7.3 Wielse Sluis	45-2-1	2,68	2,52	3,21	0,53	0,69

Toelichting: de hoogtes zijn bepaald voor het dijkvak waarin de Hydra-locatie (uit Deltares 2012) ligt. De andere dijkvakken zijn in deze tabel niet weergegeven. Soortgelijke berekeningen zijn echter ook voor die dijkvakken gemaakt en opvraagbaar bij de auteurs.

³ De in door Deltares aangevende WV21 gegevens is deze normatieve hoogte per dijktraject reeds door hen berekend door en voor ons dus gegeven. Indien wordt uitgegaan van deze gegevens dan hoeft de normatieve hoogte niet te worden berekend. Die hoogte kan dan 'gewoon' worden overgenomen. De over- en onderhoogte worden dan ook per *traject* vastgesteld i.p.v. per *representatieve locatie*.

In tabel 2.3 staat ook de 'normatieve' hoogte weergegeven (kruinhoogte op orde) zoals deze is bepaald in het kader van de MKBA WV21. De overhoogte per dijkvak kan worden bepaald op basis van deze gegevens (zie een-na-laatste kolom uit onderstaande tabel). De overhoogte gegevens kunnen ook worden afgeleid uit soortgelijke data uit Deltares (2012); die berekeningen zijn door ons uitgevoerd en staan weergegeven in de laatste kolom van onderstaande tabel.

In Bijlage B geven wij verder inzicht in (enkele verschillen tussen) de hydraulische data uit de MKBA WV21 en Deltares (2012). Hiermee hopen wij een bijdrage te leveren aan het ontwikkelen van een 'standaard boekhouding' voor overschrijdings- en overstromingskansen, zoals eerder gesuggereerd in Zwaneveld en Verweij (2013).

Gegeven de in de tabel berekende overhoogte (in cm) per dijkvak wordt deze overhoogte - voor 100% - omgerekend naar oversterkte (gemeten in overschrijdingskans). Zoals eerder gezegd: dit is een aanname en deze aanname behoeft nader onderzoek. In meerdere gevallen lijkt die aanname zelfs aantoonbaar fout (zie Eernink en Schelfhout, 2012; van der Zwan, 2013).

Qua overhoogte data kunnen we gebruik maken van de een-na-laatste kolom ('WV21') of de laatste kolom ('CPB o.b.v. Deltares 2012') van bovenstaande tabel. De verschillen tussen beide kolommen is een direct gevolg van verschillen in 'kruinhoogtes op orde'. Die verschillen zijn weer het gevolg doordat op onderdelen andere berekeningswijzen zijn gebruikt. Beiden starten met als uitgangspunt ('een aanname!') dat een dijkkringdeel als geheel voldoet aan de wettelijke overschrijdingsnorm (lees: kans). Die kans wordt omgerekend naar een trajectafhankelijke kans. Omdat per dijktraject andere oorzaken het overschrijden kunnen veroorzaken, zal in de meeste gevallen de overschrijdingskans per dijkkringtraject kleiner moeten zijn dan de wettelijke norm die van toepassing is op de dijkkring als geheel. Deze kans wordt weer gebruikt om de 'kruinhoogte op orde' te bepalen. Volgens Deltares (van Meurs, 2013) komen de verschillen in 'kruinhoogte op orde' vooral doordat in de MKBA WV21 zoveel als mogelijk gebruik is gemaakt van de actuele of verwachte dijkprofielen en dat in Deltares 2012 gebruik is gemaakt van het standaard 1:3 profiel. Andere verschillen in berekeningswijzen kunnen hierbij ook een rol spelen. Zie voor een nadere bespreking van dit punt bijlage B.

De over- en onderhoogte gegevens roepen bij beide datasets veel vragen op. Met name de onderhoogtes bij beide datasets roepen bij specialisten van het Deltaprogramma IJsselmeergebied veel vragen op indien ze deze gegevens vergelijken met de resultaten van de formele toetsing van de dijken. Daarin worden namelijk geen dijken op hoogtetekort afgekeurd terwijl dat volgens beide datasets wel zou moeten. Overhoogte volledig vertalen in overveiligheid leidt bij beide datasets tot een veiligheidsniveau voor enkele dijkkringdelen die vragen oproepen over de plausibiliteit van de data. Hetzelfde geldt voor de onderhoogte cijfers. De basisgegevens roepen dus dermate veel vragen op dat geen betrouwbare locatiespecifieke analyse kan worden uitgevoerd. De berekeningen met 'overhoogte' moeten daarom vooral worden gezien als een technische 'what if' analyse.

We veronderstellen tevens dat nergens sprake is van 'onderhoogte' in 2015, hoewel de data in bovenstaande tabel dit wel degelijk suggereert. Onderhoogte conform een van beide datasets zijn dan ook op 'nul gezet' zoals te zien is in de laatste twee kolommen van bovenstaande tabel. In Zwaneveld en Verweij (2013) worden (andere) argumenten gegeven waarom de aanwezigheid van onderhoogte (=lagere veiligheid dan volgens wettelijke norm) waarschijnlijk is.

De overschrijdingskans per dijkkringdeeltraject wordt vervolgens bepaald door het dijkvak met de *hoogste* overschrijdingskans (i.e. het maximum over de vakken die gezamenlijk een traject vormen). Bij deze overschrijdingskans wordt de additionele faalkans als gevolg van wegschuiven en 'piping' opgeteld, zoals eerder berekend in de KEA DPIJ en MKBA WV IJ'meer. Beide kansen samen bepalen de totale overstromingskans van een dijkkringdeeltraject.

Vervolgens dient op basis van de overstromingskans per traject de overstromingskans van een gehele dijkkringdeel te worden bepaald. Indien alle trajecten falen onder identieke omstandigheden, dan wordt de overstromingskans van een dijkkringdeel bepaald door de hoogste overstromingskans van een traject. In veel gevallen falen dijkkringdelen onder verschillende omstandigheden. In die gevallen moeten de overstromingskansen van de verschillende trajecten worden opgeteld (zie Zwaneveld en Verweij, 2013).

Soms is er geen verschil tussen overstromingskans en overschrijdingskans. Indien dat wel het geval is, kan door extra maatregelen (denk aan het verlengen van de berm of het slaan van een damwand) de additionele faalkans door wegschuiven en piping tot 'nihil' worden gereduceerd. Het Dique-Opt model bepaalt zelf wanneer (en of) het economische rendabel is om deze maatregelen te nemen. Wel wordt deze berm altijd aangelegd indien tot daadwerkelijke verhoging wordt overgegaan (conform ook de 2de referentiesituatie uit de MKBA WV21). Zie voor een nadere toelichting de MKBA WV IJ'meer (Zwaneveld en Verweij, 2013, paragraaf 3.1).

Samengevat roepen de basisgegevens zoveel vragen op, dat geen betrouwbare locatiespecifieke analyse kan worden uitgevoerd op basis van de 'overhoogte'-gegevens. De berekeningen met 'overhoogte' moeten daarom vooral gezien worden als een technische 'what if' analyse. Om dit te benadrukken worden de resultaten van deze berekeningen niet in de hoofdtekst van de notitie weergegeven, maar in bijlage C.

3 Resultaten aanvullende berekeningen DPIJ

Bij de resultaten veronderstellen we - net als in de MKBA WV21, de KEA DPIJ en de MKBA WV IJ'meer - dat in 2015 de beschouwde dijkkringdelen een *overschrijdingskans*⁴ hebben die gelijk is aan de huidige wettelijke veiligheidsnormen. De overschrijdingskans per locatie wordt zo gekozen dat de overschrijdingskans van de dijkkringdeel als geheel gelijk is aan de wettelijke norm. Een voorbeeld ter illustratie: als een dijkkringdeel een wettelijke (overschrijdingskans)norm heeft van 1:2.000 (per jaar) en de dijkkringdeel kan 'falen' door drie *verschillende* oorzaken, die ook op drie verschillende locaties kunnen optreden, dan krijgt elk van deze drie locaties een individuele overschrijdingskans van 1:6.000. De overschrijdingskans van het dijkkringdeel als geheel wordt dan bepaald door de sommatie van de overschrijdingskans van de drie locatie, i.e. $1/6.000 + 1/6.000 + 1/6.000 = 1/2.000$. Op deze manier wordt dus de eerder genoemde norm exact bereikt.

3.1 Resultaten voor het W+-scenario

Onderstaande tabel vat de resultaten samen van alle 10 berekeningen met het Dique-Opt model voor het W+-scenario.

Tabel 3.1 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discontovoet, W+-scenario.

	Economisch optimaal	Wettelijke minimumnorm
Pompen	1.832	1.836
- w.v. CW investeringen	726	754
- w.v. CW verwachte schade	1.106	1.082
Spuien tot 2046	2.421	3.165
- w.v. CW investeringen	1.245	2.291
- w.v. CW verwachte schade	1.176	874
Spuien tot 2056	2.602	3.322
- w.v. CW investeringen	1.373	2.349
- w.v. CW verwachte schade	1.230	973
Spuien tot 2066	2.744	3.442
- w.v. CW investeringen	1.547	2.473
- w.v. CW verwachte schade	1.197	969
Spuien	3.005	3.662
- w.v. CW investeringen	1.808	2.696
- w.v. CW verwachte schade	1.197	966

⁴ De overschrijdingskans in 2015 wordt gebaseerd op de berekende kansen voor 2010 gecorrigeerd voor de bodemdaling tussen 2010 en 2015. Deze jaarlijkse daling is dijkkringdeel specifiek.

Het Dique-Opt model bepaalt de economisch optimale investeringsstrategie op basis van de minimale netto contante waarde (NCW). Deze netto contante waarde bestaat enerzijds uit de investeringskosten in dijkveiligheid en anderzijds uit de kosten als gevolg van restrisiko⁵. In bovenstaande tabel wordt voor alle varianten de totale netto contante waarde in vet weergegeven met daaronder een uitsplitsing in investeringskosten en resterende verwachte schade.

Uit bovenstaande tabel blijkt duidelijk, dat direct pompen in contante waarde aanmerkelijk goedkoper is dan de andere strategieën van IJsselmeer peilbeheer. Voor een economisch optimale investeringsstrategie (tweede kolom) stijgen de kosten in contante waarde bij gedeeltelijk meestijgen met 600 tot 900 miljoen euro t.o.v. direct pompen. Volledig spuien is nog duurder, n.l. 1.200 miljoen euro. Wanneer we de samenstelling van de NCW bekijken, blijkt dat het verschil tussen de strategieën voor peilbeheer vooral wordt bepaald door de investeringskosten. De resterende verwachte schade verschilt minder tussen de strategieën. Eenzelfde patroon zien we voor het geval van afdwingen wettelijke minimale veiligheidsnormen (derde kolom): direct pompen is veel goedkoper dan de andere strategieën als gevolg van de extra benodigde investeringen in veiligheid.

Het minimaal willen voldoen aan de (huidige) wettelijke normen leidt in vergelijking met economisch optimaal investeren in vrijwel alle gevallen tot fors hogere totaalbedragen. Vergelijking van de tweede en derde kolom in bovenstaande tabel laat een verschil zien van 600 tot 700 miljoen euro in NCW tussen economisch optimaal investeren en wettelijke minimale veiligheidsnormen opleggen. De enige uitzondering is de variant pompen, waar deze 'extra restrictie' vrijwel zonder additionele 'kosten' kan worden opgelegd. Uitsplitsing van de totale NCW in investeringskosten en verwachte restschade laat zien, dat de kosten voor deze 'extra restrictie' vooral voortkomen uit hogere investeringskosten. Bovengenoemde conclusies komen overeen met de conclusies uit soortgelijke berekeningen in Bos et al. (2012).

Met nadruk melden wij, dat de getallen niet moeten worden geïnterpreteerd als de uitkomsten van een volledige MKBA van de projectalternatieven. Belangrijke additionele kosten en baten zijn de kosten voor de Afsluitdijk (incl. kosten voor spuien en/of pompen) en de effecten op natuur, grondwaterstanden, scheepvaart en zoetwater. Overigens blijkt het investeringspatroon voor de Afsluitdijk in alle doorgerekende varianten identiek te zijn. In 2051 wordt de Afsluitdijk gerenoveerd op het dan geldende veiligheidsniveau (geen extra versterking) en pas 75 jaar later wordt de Afsluitdijk extra versterkt wegens einde technische levensduur.

⁵ Restrisico is een technische term voor de resterende verwachte schade na dijkversterking. De verwachte schade is het product van de schade en de kans op optreden van deze schade (overstromen van een dijkkring).

Onderstaande tabel laat de nominale investeringsbedragen zien voor de doorgerekende varianten voor de periode tot 2150. De bovengenoemde contante waarde betreft de periode tot en met het jaar 2300. Vanwege de gebruikte discontovoet van 5,5% tellen investeringen en verwachte schades op de lange termijn nauwelijks mee. De bedragen na 100 jaar (dus vanaf 2120) tellen bijvoorbeeld maar voor 0,4% mee in de getoonde contante waarde totaalbedragen.

Tabel 3.2 Nominale investeringsbedragen voor de berekende varianten, in mln euro, prijspeil 2009, excl. opslag bouwrente.

	Periode									Totaal 2021- 2150
	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050	2051- 2060	2061- 2070	2071- 2080	2081- 2090	2091- 2100	2101- 2150	
Economisch Optimaal verhogen (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	297	368	232	0	698	833	0	2.250	1.795	6.474
Spuien tot 2046	969	87	0	0	400	989	0	2.581	1.477	6.503
Spuien tot 2056	953	130	494	233	0	409	222	2.537	1.152	6.130
Spuien tot 2066	953	130	721	1.138	0	0	0	1.983	1.729	6.654
Spuien	1.030	130	721	1.436	269	657	1.094	2.663	4.666	12.666
Minimaal voldoen aan de wettelijke normen (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	297	455	145	0	951	579	0	2.250	1.795	6.474
Spuien tot 2046	1.570	950	0	315	281	156	222	1.880	1.850	7.224
Spuien tot 2056	1.570	950	0	548	426	156	0	1.880	2.097	7.627
Spuien tot 2066	1.570	1.001	0	1.211	422	141	0	1.004	2.894	8.243
Spuien	1.646	1.027	0	1.378	781	0	1.053	2.298	5.306	13.489

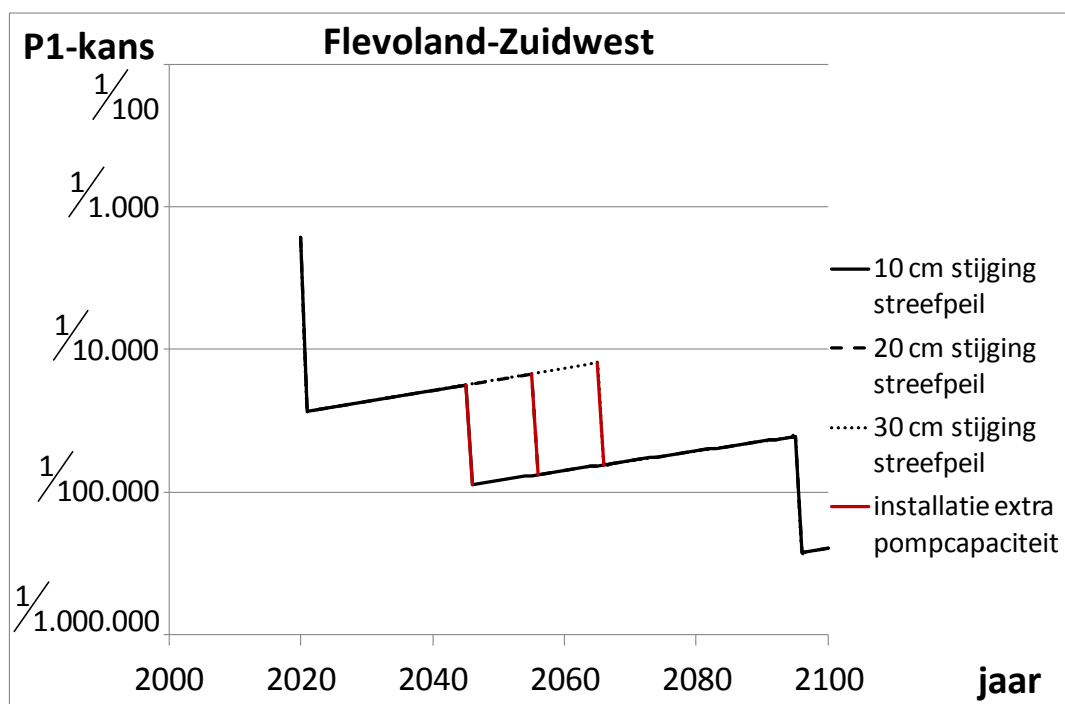
De eerder geconstateerde verschillen in contante waarde blijken op hoofdlijnen ook van toepassing op de nominale investeringsbedragen in de periode tot 2150. Wel valt op, dat de totale (nominale) investeringsbedragen van tijdelijk spuien (met na 2046/2056/2066 pompen) in de beschouwde periode min of meer gelijk zijn aan de kosten van pompen. Doordat die kosten wel eerder gemaakt moeten worden (door de grotere onveiligheid in de periode tot de pompen worden geïnstalleerd), leidt dat tot (aanmerkelijk) hogere contante waarden.

In overstaande figuren laten we grafisch zien wat het effect is van beperkt meestijgen op de (economisch optimale) timing en mate van dijkverhogingen/versterkingen. Soortgelijke effecten worden gevonden bij de beslisregel 'minimaal voldoen aan de huidige wettelijke normen'. Deze beslisregel dwingt het eerder verhogen/versterken van dijken af, waarbij de onderlinge verhoudingen tussen niet of beperkt meestijgen vergelijkbaar blijven.

De meest eenvoudige gevolgen van beperkt meestijgen worden aangetroffen bij het dijkringdeel Flevoland-Zuidwest (zie onderstaande figuur). In de figuur staan de optimale overstromingskansen (lees: de optimale investeringspatronen) weergegeven van de scenario's 10, 20 en 30 cm meestijgen. De grafiek laat zien dat langer meestijgen (20 of 30 cm t.o.v. 10 cm) leidt tot een grotere onveiligheid. Desondanks is het economisch niet rendabel om het dijkringdeel eerder of extra te versterken. Kortom: het is economisch optimaal om de

extra onveiligheid door beperkt meestijgen (t.o.v. direct pompen) bij Flevoland-Zuidwest voor lief te nemen.

Figuur 3.1 De optimale investeringspatronen voor Flevoland-Zuidwest in het IJsselmeergebied bij 10, 20 en 30 cm tijdelijke stijging streefpeil IJsselmeer



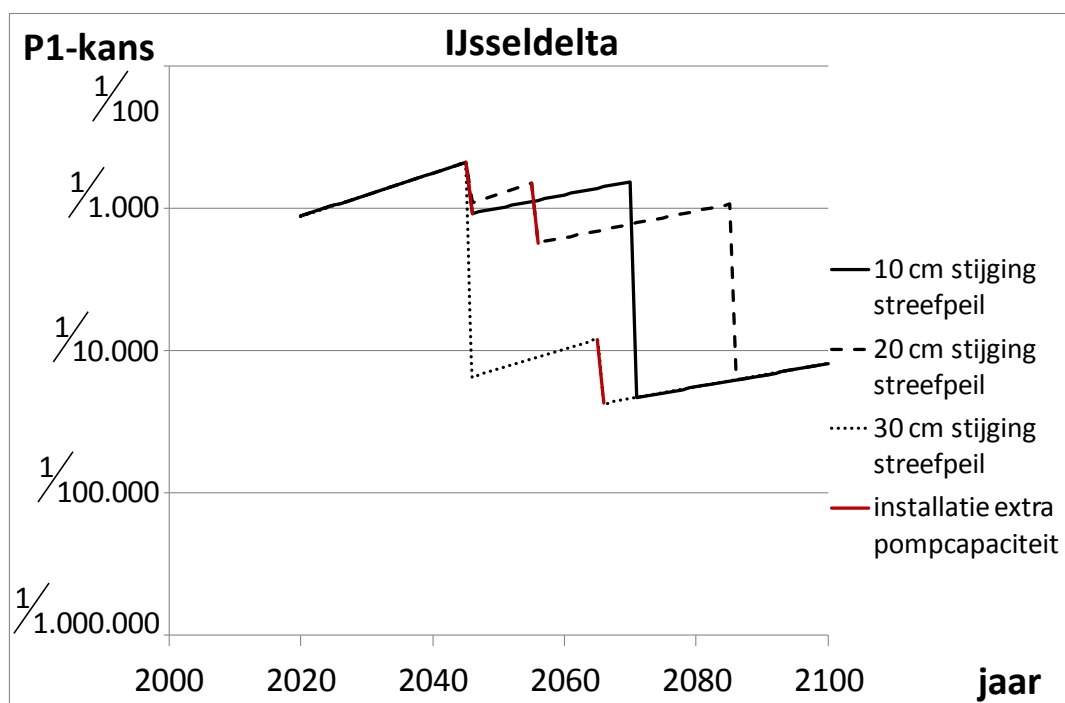
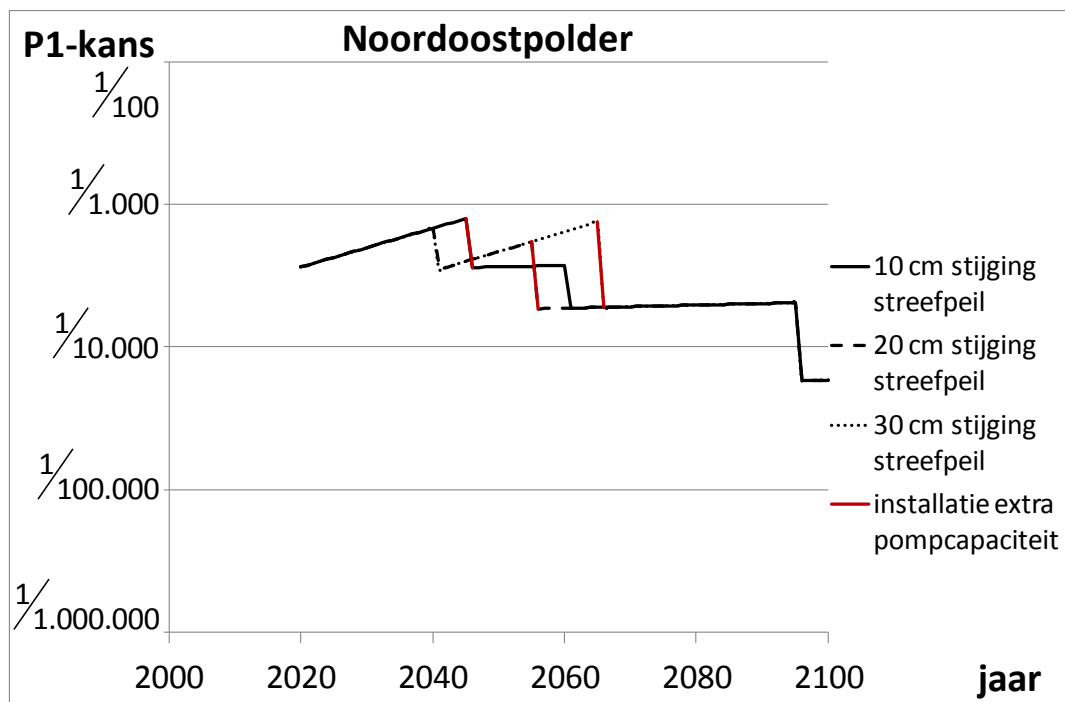
Uitleg: De P1 kans is de directe kans op overstroom van het dijkkringdeel, ofwel de overstroomingskans gegeven een veronderstelde oneindig sterke Afsluitdijk en Houtribdijk. De P1-overstroomingskans is in 2015 conform de huidige wettelijke normen

Bij de onderstaand weergegeven dijkkringdelen Noordoostpolder en IJsseldelta is de situatie gecompliceerder. In die situaties is het wederom economisch optimaal om bij 10 cm meestijgen de extra onveiligheid (t.o.v. pompen) voor lief te nemen. Bij langer en meer meestijgen (20 en 30 cm) wordt de extra onveiligheid zo groot, dat het economisch rendabel is om eerder te investeren.

Uit alle grafieken blijkt duidelijk, dat het wegpompen van IJsselmeerwater (met 2.000 m³/s) in alle situaties en jaren de veiligheid rond het IJsselmeer aanmerkelijk vergroot (zie rode lijnen).

In bijlage D worden de resultaten van de varianten in gedetailleerde tabellen en figuren gepresenteerd.

Figuur 3.2 De optimale investeringspatronen voor Noordoostpolder en IJsseldelta in het IJsselmeergebied bij 10, 20 en 30 cm tijdelijke stijging streefpeil IJsselmeer



Uitleg: De P1 kans is de directe kans op overstromen van een a-kering, ofwel de overstromingskans gegeven een oneindig sterke Afsluitdijk en Houtribdijk. De P1-overstromingskans is in 2015 conform de huidige wettelijke normen

3.2 Resultaten voor het G-scenario

Op verzoek van het Deltaprogramma IJsselmeergebied is ook gekeken naar de variant beperkt meestijgen onder het G-klimaatsscenario. Gekozen is voor spuien tot 2100 (correspondeert met 14 cm peilstijging van het IJsselmeer) en daarna overgaan op pompen met terugkeren tot het oorspronkelijke IJsselmeerpeil van -40 cm NAP. Ter vergelijking zijn ook de varianten volledig pompen en spuien onder het G-klimaatsscenario doorgerkend.

Onderstaande tabel vat de resultaten samen van alle 6 berekeningen met het Dique-Opt model voor het (pseudo) G-scenario.

Tabel 3.3 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discontovoet, G-scenario.

	Economisch optimaal.	Wettelijke minimumnormen
Pompen	1.489	1.489
- w.v. CW investeringen	495	495
- w.v. CW verwachte schade	994	994
Spuien tot 2101	2.177	2.285
- w.v. CW investeringen	1.153	1.343
- w.v. CW verwachte schade	1.024	941
Spuien	2.195	2.303
- w.v. CW investeringen	1.161	1.342
- w.v. CW verwachte schade	1.034	961

De resultaten in bovenstaande tabel verschillen nauwelijks tussen spuien tot 2100 en volledig spuien. De reden is, dat de bedragen na 100 jaar (dus na 2120) maar voor ongeveer 0,4 % meetellen in de getoonde contante waarde totaalbedragen.

Direct pompen is ook onder het G-scenario aanzienlijk goedkoper in netto contante waarde dan spuien. Een economisch optimaal investeringsverloop laat een verschil tussen pompen en spuien zien van 600 miljoen euro in NCW (tweede kolom), waarbij dit verschil weer grotendeels voor rekening komt van de extra investeringskosten t.b.v. eenzelfde mate van veiligheid. Indien we wettelijke veiligheidsnormen voor de dijkringen opleggen (derde kolom), dan blijkt direct pompen 700 miljoen euro goedkoper dan spuien, wederom veroorzaakt door de extra benodigde investeringen in veiligheid.

Onder het G-klimaatsscenario is het opleggen van wettelijke veiligheidsnormen relatief goedkoop in vergelijking met het W+-scenario. Vergelijking van de tweede en derde kolom in bovenstaande tabel laat zien dat de 'extra restrictie' bij direct pompen 'gratis' is en bij spuien 100 miljoen euro (in contante waarde) extra kost.

Tabel 3.4 Nominale investeringsbedragen voor de berekende varianten, in mln euro, prijspeil 2009, excl. opslag bouwrente.

	Periode									Totaal 2021- 2150
	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050	2051- 2060	2061- 2070	2071- 2080	2081- 2090	2091- 2100	2101- 2150	
Economisch Optimaal verhoging (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	211	265	0	87	145	640	530	2.354	677	4.908
Spuien tot 2100	882	0	109	349	326	487	903	1.686	611	5.352
Spuien	882	0	109	349	326	487	885	2.032	1.421	6.491
Minimaal voldoen aan wettelijke normen (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	211	265	0	87	145	640	530	2.354	677	4.908
Spuien tot 2101	979	698	0	307	864	233	719	1.073	1.430	6.303
Spuien	979	698	0	307	753	233	657	1.641	2.086	7.354

Bovenstaande tabel geeft de nominale investeringskosten voor de verschillende varianten van IJsselmeer peilbeheer weer. De investeringskosten voor direct pompen zijn opnieuw substantieel lager dan voor volledig of tijdelijk meestijgen/spuien.

Opvallend is het grote verschil in nominale investeringskosten tussen spuien tot 2100 en volledig spuien in de beschouwde periode. Dit verschil in nominale investeringskosten treedt pas op na 2081, waardoor ze vrijwel niet zichtbaar zijn in de contante waarde in tabel 3.3.

4 Vergelijking met uitkomsten KEA DPIJ

De huidige studie is een aanvulling op de CPB-studie van september 2012 (Bos en Zwaneveld, 2012) naar de kosten en veiligheidsbaten van wel of niet meestijgen met de zeespiegel en extra zoetwaterbuffer in het IJsselmeergebied. In die studie is net als in deze studie het Dige-Opt model gebruikt om de economisch (of anderszins) optimale mate van dijkverhogingen en restrisico te bepalen voor het gehele IJsselmeergebied. Waar in de voorliggende studie enkel de directe kosten van veiligheid worden bekeken, zijn in de KEA DPIJ ook andere kosten en baten bekeken die gemoeid zijn met het bereiken van deze veiligheid in de varianten 'Pompen' (L.1 genaamd in de KEA DPIJ) en 'Meestijgen/spuien' (L.4 in KEA DPIJ).

Tabel 4.1 MKBA: 'Pompen (L.1)' en 'Meestijgen/spuien (L.4)' uit KEA DPIJ voor de scenario's W+ en G.

	W+-scenario		G-scenario	
	L.1	L.4	L.1	L.4
contante waarde, discontovoet 5,5% periode 2020-2100, miljoen euro				
IJsselmeer + Houtribdijk				
Investerings veiligheid	545	1.292	377	641
Restrisico	809	1.073	698	939
Totaal	1.354	2.365	1.075	1.580
Markermeer				
Investerings veiligheid	39	430	16	404
Restrisico	162	183	137	150
Totaal	201	613	153	554
IJsselmeergebied (excl. Afsluitdijk)				
Totaal	1.555	2.978	1.228	2.134
Overige kosten, incl. veiligheid	514	292	210	79
Afsluitdijk				
Totale kosten	2.069	3.270	1.438	2.213

Noot: bij realisatie Structuurvisie Toekomst Afsluitdijk (STA, 1:100.000 per jaar in 2020).

In de KEA DPIJ keken we naar de periode 2020-2100 (zie Tabel 4.2d, p. 60, Bos et al., 2012). In deze studie kijken we naar de periode 2020-2300 en zijn ook enkele inputgegevens van het Dique-Opt model aangepast op basis van recentere inzichten. Het belangrijkste verschil betreft de geringere invloed van waterpeil op de schade bij overstromen in de huidige studie. De variant meestijgen/spuien wordt hierdoor relatief minder duur t.o.v. pompen. Het is een interessante vraag hoe de cijfers uit de KEA DPIJ zich verhouden tot de cijfers in de voorliggende studie.

In de huidige studie komen we bij het W+-scenario tot een totale netto contante waarde van de veiligheidskosten voor a-keringen (en Houtribdijk) voor pompen van 1832 mln euro over de periode 2020-2300 (zie Tabel 3.1). Bij Meestijgen/spuien bedragen deze kosten 3.005 mln euro (Tabel 3.1). Kortom: het grote verschil in kosten blijft grotendeels gehandhaafd. Op basis van de huidige studie bedraagt deze 1.173 mln euro (= 3.005 - 1.832), hetgeen redelijk vergelijkbaar is met het verschil van 1.423 mln euro (= 2.978 - 1.555, zie tabel 4.1) uit de KEA DPIJ.

Wanneer we de resultaten onder het G-klimaatscenario in de voorliggende studie vergelijken met de KEA DPIJ, dan komen we tot dezelfde conclusie als voor het W+-scenario. Het verschil in netto contante waarde voor veiligheid (excl. Afsluitdijk en overige kosten) is in deze studie 706 mln euro (tabel 4.1) tegen 906 mln euro in de KEA DPIJ (bovenstaande tabel). Redelijk vergelijkbare uitkomsten.

5 Resultaten exclusief de dijkringen rond het Markermeer

In de KEA DPIJ studie 2012 (Bos en Zwaneveld, 2012) wordt gesignaleerd dat dijkringen rond het Markermeer onder pompen een stuk veiliger blijken te zijn dan onder spuien/meestijgen. Dit verschil wordt gevonden ondanks dat in beide peilbeheerstrategieën een pomp van 100 m³/s op de Houtribdijk wordt geïnstalleerd⁶ en het Markermeerpeil daardoor wordt losgekoppeld van het IJsselmeerpeil. In de KEA DPIJ studie wordt dan ook geconcludeerd (p.66): 'Nadere analyse moet aangeven of dit (veiligheidsverschil) op te lossen is door andere regelstrategieën van de pompen op de Houtribdijk en bij IJmuiden dan wel dat er extra pompcapaciteit nodig is op de Houtribdijk bij de variant meestijgen/spuien.' Wanneer dit het geval is, dan is het nuttig om de kosten en baten van veiligheid rond het Markermeer apart te beschouwen en te relateren aan de eventuele extra kosten voor peilbeheer van het Markermeer.

Kortom: de gerapporteerde verschillen uit hoofdstuk 3 kunnen mogelijk vertekend zijn door de verschillen die optreden rond het Markermeer. De verschillen rond het Markermeer tussen pompen en (tijdelijk) spuien kunnen door beter peilbeheer mogelijk geheel of gedeeltelijk worden vermeden. Daarom presenteren onderstaande tabellen de verschillen tussen de beschouwde varianten zonder eventuele verschillen rond het Markermeer. De onderstaand weergegeven verschillen hebben dus alleen betrekking op het IJsselmeer en de IJssel- en Vechtdelta.

Tabel 5.1 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk en Markermeer), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discontovoet, W+-scenario.

	Economisch optimaal	Wettelijke minimumnormen
Pompen	1.537	1.541
- w.v. CW investeringen	613	641
- w.v. CW verwachte schade	924	900
Spuien tot 2046	1.902	2.596
- w.v. CW investeringen	906	1.850
- w.v. CW verwachte schade	997	746
Spuien tot 2056	2.049	2.729
- w.v. CW investeringen	1.034	1.909
- w.v. CW verwachte schade	1.016	820
Spuien tot 2066	2.164	2.828
- w.v. CW investeringen	1.200	2.033
- w.v. CW verwachte schade	963	795
Spuien	2.359	3.008
- w.v. CW investeringen	1.348	2.168
- w.v. CW verwachte schade	1.011	840

⁶ Flevoland-zuidwest heeft in 2020 bij pompen een P1-overschrijdingskans van 1/10.000 en bij spuien een P1-overschrijdingskans van 1/1.600. De P1-overschrijdingskans is de kans op falen door overslag/overloop bij een oneindig sterke Afsluitdijk en Houtribdijk. Dit duidt op een gebrekkige ontkoppeling van het Markermeer en IJsselmeer bij spuien.

Uit bovenstaande tabel blijkt dat indien het Markermeer wordt genegeerd het verschil in netto contante waarde tussen pompen en volledig meestijgen/spuien van 1200 tot 600 mln euro wordt teruggebracht Dit resultaat geldt bij een investeringspatroon dat economisch optimaal is. Bij meestijgen/spuien tot 2046 daalt het verschil met (direct) pompen van 600 mln. euro tot 400 mln euro door het negeren van het Markermeer.

Door het negeren van dijkkringdelen rond het Markermeer daalt bij opleggen van wettelijke minimumnormen het verschil tussen pompen en volledig meestijgen/spuien van 1.800 mln euro naar 1.500 mln euro. Het verschil tussen pompen en spuien tot 2046 daalt van 1.300 mln euro naar 1.000 mln euro.

De volgende tabel geeft de kosten in netto contante waarde voor het G-scenario, waarbij wederom alleen de verschillen rond het IJsselmeer en de IJssel- en Vechtdelta worden weergegeven.

Tabel 5.2 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk en Markermeer), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discontovoet, G-scenario.

	Economisch optimaal	Wettelijke minimumnormen
Pompen	1.248	1.248
- w.v. CW investeringen	418	418
- w.v. CW verwachte schade	830	830
Spuien tot 2101	1.621	1.692
- w.v. CW investeringen	803	904
- w.v. CW verwachte schade	818	788
Spuien	1.637	1.708
- w.v. CW investeringen	809	901
- w.v. CW verwachte schade	827	807

Onder het G-scenario en economisch optimaal investeren levert het negeren van het Markermeer een kleiner verschil op tussen pompen en spuien, dan onder het W+-scenario. Het verschil in contante waarde tussen pompen en tijdelijk of geheel meestijgen/spuien bedraagt dan 400 mln euro. Indien ook naar de dijkkringdelen rond het Markermeer wordt gekeken, bedraagt het verschil 700 mln euro. Bij het opleggen van wettelijke minimale veiligheidsnormen worden soortgelijke verschillen tussen pompen en (tijdelijk) meestijgen/spuien gevonden.

Samengevat wordt het verschil tussen pompen en (tijdelijk) meestijgen/spuien fors kleiner indien het Markermeer wordt genegeerd. De verschillen blijven wel aanwezig en bedragen zo'n 400 mln euro (contante waarde) bij het G-scenario en tussen de 400 en 800 mln euro bij het W+-scenario.

6 Conclusies

Deze notitie vergelijkt de kosten voor het verhogen van dijkringdelen rond het IJsselmeer, de IJssel- en Vecht delta en het Markermeer en het restrisico voor overstromen van deze dijkringdelen voor een vijftal varianten om het IJsselmeerpeil te beheersen. Doordat alleen naar deze twee effecten wordt gekeken, betreft deze notitie geen volledige MKBA van de doorgerekende varianten.

De twee meest onderscheidende varianten betreffen het volledig wegpompen van het IJsselmeerwater vanaf 2020 en het altijd blijven spuien van het IJsselmeerwater waardoor het streefpeil van het IJsselmeer meestijgt met de zeespiegel. Nieuw zijn een drietal 'tussenvarianten' waarbij de komende decennia het IJsselmeerwater wordt gespuid (en dus het streefpeil tijdelijk meestijgt met de zeespiegel). Nadat het streefpeil respectievelijk 10, 20 of 30 cm is meegestegen wordt alsnog overgestapt op het volledig wegpompen van het IJsselmeerwater.

Onder het W+-klimaatscenario en een economisch optimale investeringsstrategie is tijdelijk meestijgen (i.e. 10, 20 of 30 cm) in netto contante waarde 600 tot 900 miljoen euro duurder dan direct pompen. Het verschil tussen pompen en volledig meestijgen/spuien is nog groter, namelijk 1.200 mln euro. Eenzelfde en zelfs versterkt patroon zien we voor de situatie waarbij de dijkversterkingen zodanig worden afgedwongen, dat altijd aan de huidige wettelijke veiligheidsnormen wordt voldaan. Direct pompen is ook dan aanmerkelijk goedkoper dan de andere strategieën.

Onder het G-klimaatscenario is het verschil in netto contante waarde tussen meestijgen/spuien tot 2100 en volledig meestijgen/spuien nihil. Direct pompen is ook onder het G-scenario aanzienlijk goedkoper in netto contante waarde dan (volledig of tijdelijk) meestijgen/spuien. Bij een economisch optimaal investeringsverloop is het verschil tussen pompen en (tijdelijk of volledig) meestijgen/spuien 600 miljoen euro. Het verschil tussen beiden bij het afdwingen van wettelijke veiligheidsnormen voor de dijkringen is van eenzelfde orde van grootte.

De bovengenoemde verschillen komen voor een deel door verschillen rond het Markermeer tussen de doorgerekende varianten pompen en (tijdelijk of volledig) meestijgen/spuien. Een nadere beschouwing hiervan leert dat dit mogelijk te vermijden is door beter beheer van het Markermeer bij (tijdelijk of volledig) spuien.

De uitkomsten van deze aanvullende berekeningen zijn in lijn met de uitkomsten uit de KEA DPIJ studie (Bos en Zwaneveld, 2012).

Een oorspronkelijk doel van deze studie was om de vijf varianten ook door te rekenen uitgaande van een zo goed mogelijke inschatting van de 'echte' overstromingskans van elk dijkringdeel in 2015. Hierbij zou dan dus rekening worden gehouden met eventuele

'overhoogte' (=extra veiligheid) of 'onderhoogte' (=minder veiligheid) dan de huidige wettelijke normen impliceren. Helaas bleken tijdens de uitvoering van dit project dat de beschikbare basisgegevens dermate veel vragen oproepen, dat geen betrouwbare locatiespecifieke analyse kon worden uitgevoerd. In bijlage C zijn enkele technische 'what if' analyses uitgevoerd om gevoel te krijgen van de invloed van overhoogte op de resultaten. De uitgevoerde berekeningen geven aan dat indien 'theoretisch veronderstelde' oversterkte aanwezig is, verwacht mag worden dat de benodigde kosten voor dijkversterkingen in alle varianten aanmerkelijk omlaag gaan. De onderlinge *verschillen* tussen de varianten blijven min of meer in tact.

7 Referenties

Bos, F. en P. Zwaneveld, 2012, Een snelle kosten-effectiviteitsanalyse voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied, CPB Notitie 27 september 2012.

Bos, F., P. Zwaneveld en P. van Puijenbroek, 2012, Een snelle kosten-effectiviteitsanalyse voor het Deltaprogramma IJsselmeergebied; Wat zijn de kosten en veiligheidsbaten van wel of niet meestijden met de zeespiegel en extra zoetwaterbuffer?, CPB Achtergronddocument 27 september 2012.

Brekelmans R, D. den Hertog, K. Roos, C. Eijgenraam, 2012, Safe Dike Heights at Minimal Costs: the Nonhomogeneous Case, Operations Research, Vol. 60, No. 6, November - December 2012, pp. 1342-1355.

Deltares, 2011, Overstromingskansen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21e eeuw. Project 1204144-002, Deltares, Delft, maart 2011.

Deltares (Kramer, N en J. Beckers), 2012, Toelevering aan het CPB; Norm van de Afsluitdijk, Deltares.

Eernink, N en H. Schelfhout, 2012, Verkenning validatie aanname overhoogte= oversterkte, memo voor Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden, 13 november 2012.

Eijgenraam, C.J.J., 2005, Veiligheid tegen overstromen; Kosten-batenanalyse voor Ruimte voor de Rivieren, deel 1, CPB document 82.

W. Grevers en P. Zwaneveld, 2011, Een kosteneffectiviteitsanalyse naar de toekomstige inrichting van de Afsluitdijk, CPB Boek 2.

Kind, J., 2011, Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw (MKBA WV21), Deltares.

Meurs, G. van, 2013, E-mailbericht van 11 april 2013.

RWS-DIJ, 2012, Nota Voorkeursbeslissing Pompen-Spuien; Extra Spuicapaciteit Afsluitdijk; Besluit Pompen - Spuien, door Projectteam ESA Besluit Pompen-Spuien, definitief, 21 november 2012.

Verweij, G., 2013, Implementatie overhoogte in Dique-Opt, intern CPB memo, 6 februari 2013. Op te vragen bij de auteurs.

Zwan, I. van der, 2013, Opmerkingen bij levering kruinhoogtes IJsselmeergebied, Memo 16 januari 2013, Deltares.

Zwaneveld, P. en G. Verweij, 2013, Economisch optimale waterveiligheid in het IJsselmeergebied, MKBA Waterveiligheid: Afsluitdijk, Houtribdijk, IJsselmeer, IJssel- en Vechtdelta en Markermeer, CPB Notitie, concept.

8 Bijlage A: Bepalen 'P1' overstromingskans in 2020-2035

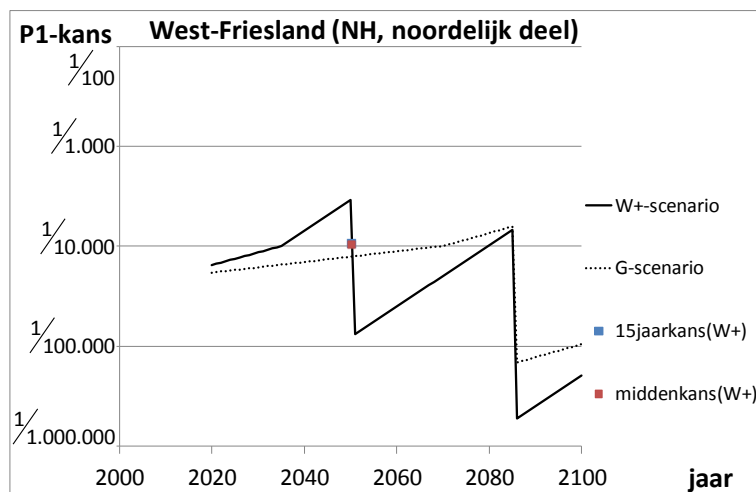
Door Deltares (Kramer en Becker, 2012) zijn met hydraulische modellen de overschrijdingskansen bepaald voor de keringen in het IJsselmeergebied. Een dijkkring kan onder verschillende hydraulische omstandigheden falen. Een belangrijk hydraulisch gegeven voor het falen van a-keringen in het IJsselmeergebied is het al dan niet intact zijn van de Afsluitdijk en/of de Houtribdijk.

De overschrijdingskansen zijn bepaald onder verschillende hydraulische omstandigheden voor de jaren 2035 en 2100. Daarnaast zijn er data beschikbaar voor het jaar 2010⁷. In het Dique-Opt model zijn de overschrijdings- en overstromingskansen voor alle jaren bepaald door interpolatie en extrapolatie van deze twee jaren. Het beschikbare budget voor hydraulische berekeningen was beperkt zodat slechts voor een gegeven aantal jaren (en de representatieve locaties) gegevens beschikbaar zijn.

Meestal lijkt extrapolatie buiten het interval 2035-2100 geen probleem. Echter bij het scenario spuien/meestijgen zijn twee logische aanpakken mogelijk. Het winterstreefpeil van het IJsselmeer blijft in dit scenario tot 2035 gelijk (-40cm NAP) en stijgt na 2035 mee met de zeespiegel. De eerste manier om de data in de periode 2020-2035 bij dit scenario te bepalen is om gebruik te maken van de data uit het jaar 2010 en het jaar 2035 en de tussenliggende jaren te interpoleren. Het logische gevolg is dat in elk jaar na 2010 de overstromingskans hoger is dan in het jaar 2035 omdat de overstromingskans voor 2035 hoger ligt dan voor 2010. Deze aanpak is gevolgd in de KEA DPIJ en MKBA WV IJ'meer. Door deze wijze van 'interpoleren', wordt bereikt dat de overstromingskansen tot 2035 minder hard stijgen dan na 2035 (zie onderstaande figuur). Dit is logisch omdat na 2035 ook de *streefpeilen* mee gaan stijgen met de zeespiegel zodat de overstromingskansen dan ook sneller stijgen.

⁷ Voor een belangrijke component van de faalkans, de kans 'P1', zijn ook simulatie resultaten voor 2010 beschikbaar. De kans 'P1' betreft de faalkans van een dijkkring gelegen aan het IJsselmeer of Markermeer bij een goed functionerende Afsluitdijk (en Houtribdijk). In eerdere studies (Bos et al, 2012 en Zwaneveld et al. 2013) is de kans P1 tussen 2020 en 2035 voor dijkkringdelen rond het IJsselmeer bij meestijgen/spuien bepaald door interpolatie. Het effect van ESA-installatie op de 'P1'-kans wordt hierdoor genegeerd met als gevolg dat de 'P1'-kans voor de jaren tussen 2020 en 2035 wordt overschat.

Figuur 8.1 Overstromingskansen bij een optimaal investeringspatroon voor West-Friesland bij 'meestijgen/spuien': Bij het W+-scenario is duidelijk te zien dat voor 2035 de overstromingskans minder hard stijgt dan erna. Bij het G-scenario ligt dit knikpunt zo rond 2070..



Tabel 8.1 'P1' overstromingskansen onder het scenario meestijgen in terugkeertijden per dijkkringdeel voor de jaren 2010, 2015 en 2020

	Terugkeertijden in jaren			
	2010	2015	2020 o.b.v. interpolatie 2010-2100	2020 o.b.v. retropolatie 2035-2100
IJsselmeer				
Zuidwest Friesland	4.100	4.000	2.900	5.300
Noordoostpolder	2.000	2.000	1.900	2.700
Flevoland-Noordoost	4.000	4.000	3.800	5.400
West-Friesland (NH)	20.700	20.000	15.500	28.500
Wieringen IJsselmeer	4.200	4.000	2.900	5.600
IJssel- en Vechtdelta				
IJsseldelta	1.000	1.000	900	1.100
Mastenbroek	1.000	1.000	800	1.000
Vollenhove	300	300	200	200
Salland	500	500	400	500
Oost Veluwe	300	300	200	100
Markermeer				
Flevoland-Zuidwest	2.200	2.000	1.600	1.600
West-Friesland (NH)	21.500	20.000	39.600	39.600
Noord-Holland-Waterland	12.100	10.000	31.400.000	31.400.000
Marken	500	500	7.100.000	7.100.000
Gooi en Vechtstreek	500	500	400	400
Eempolder	500	500	400	400
Gelderse Vallei-Meren	500	500	400	400
B-keringen				
Afsluitdijk	126.000	112.300	100.000	100.000
Houtribdijk	10.000	10.000	8.100	15.300

Uitleg: terugkeertijd is gelijk aan 1 / overstromingskans. De kans 'P1' betreft de overstromingskans van een dijkkring gelegen aan het IJsselmeer of Markermeer bij een veronderstelde oneindig sterke Afsluitdijk (en Houtribdijk).

Een andere manier om de data bij het scenario meestijgen/spuien te bepalen is door retropolatie van de jaren 2035-2100. De faalkans stijgt in de jaren 2020-2035 dan dus even snel als na 2035. Op basis van bovenstaande argumentatie lijkt dit dus een onderschatting van de overstromingskansen. Anders gezegd: hiermee schatten wij de overstromingskans optimistisch in. Net zoals gebeurt door de aanname dat ‘overhoogte=oversterkte’.

Bovenstaande tabel geeft de ‘P1’ overstromingskansen onder het scenario meestijgen voor de jaren 2010, 2015 en 2020. De overstromingskansen in 2015 zijn conform de wettelijke overschrijdingskansen verondersteld. De overstromingskansen in 2010 volgen vrijwel direct uit de hydraulische simulaties door Deltares; op dit punt vindt door het CPB slechts een zeer beperkte nabewerking plaats. De laatste kolom geeft de ‘P1’overstromingskansen in 2020 zoals gebruikt in deze studie, terwijl de een-na-laatste kolom ter vergelijking de ‘P1’overstromingskansen uit eerdere studies geeft (KEA DPIJ en MKBA WV IJ’meer).

De twee methoden leveren voor de dijkringen rond het Markermeer geen verschillen op, voor de dijkringen in de IJssel- en Vechtdelta beperkte verschillen en voor de dijkringen rond het IJsselmeer substantiële verschillen. Het verschil tussen beide methoden wordt uiteraard kleiner naarmate een jaar dichterbij 2035 ligt. Uit onderstaande berekeningen blijkt dat het verschil in ‘P1’-kans slechts een effect heeft bij meestijgen in combinatie met wettelijke veiligheidsnormen opleggen.

Tabel 8.2 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discontovoet, W+-scenario.

	MKBA WV IJ’meer Geen extra veiligheid spuien in 2020		Deze studie Extra veiligheid spuien in 2020	
	ec. opt.	min. wet. norm	ec. opt.	min. wet. norm
Spuien	3.004	4.117	3.005	3.662
- w.v. CW investeringen	1.807	3.275	1.808	2.696
- w.v. CW verwachte schade	1.197	843	1.197	966

De implementatie in deze studie van extra veiligheid door de introductie van ESA bij variant spuien in 2020 heeft, zoals uit bovenstaande tabel blijkt, alleen wezenlijk invloed op de resultaten bij de variant “spuien én afdwingen wettelijke veiligheidsnormen”. Bij alle andere varianten is de invloed hiervan afwezig of verwaarloosbaar.

9 Bijlage B: Overzicht van hydraulische gegevens uit MKBA WV21 en Deltares (2012)

In onderstaande tabel zijn enkele typerende hydraulische gegevens weergegeven voor de representatieve locaties van dijkringdelen zoals beschouwd in Deltares (2012). Voor de locaties zijn de decimeringshoogtes uit de MKBA WV21 en Deltares (2012) gegeven. Een decimeringshoogte (in centimeters) geeft de mate (eveneens in centimeters) aan waarin de

kruinhoogte moet worden verhoogd om de overschrijdingskans te verlagen met een factor 10.

Zoals uit de tabel kan worden opgemaakt, zijn de verschillen soms aanmerkelijk. Het CPB heeft geen mening welke van deze twee decimeringshoogtes het 'beste' is. Gegevens worden weergegeven om anderen in de gelegenheid te stellen ze te gebruiken en erop voort te bouwen.

In de tabel worden ook de 'dijkringdeelfactoren WV21' en 'het aantal representatieve (Hydra) locaties per dijkringdeel' weergegeven. Dit laatste aantal wordt door ons gebruikt om de overstromingskans per locatie om te rekenen naar de overstromingskans voor het dijkringdeel als geheel. Indien bijvoorbeeld een dijkringdeel drie representatieve locaties bevat, dan wordt de totale overstromingskans voor dit dijkringdeel bepaald door de sommatie van de drie overstromingskansen over de drie locaties, omdat wordt verondersteld dat de locaties falen onder verschillende omstandigheden. Anders gezegd: als je een bepaalde overstromingskans voor de dijkringdeel als geheel wilt bereiken (bijv. 1:2000), dan moet je ervoor zorgen dat de overstromingskans op elke locatie 1:6000 bedraagt (indien elke locatie een identieke overstromingskans moet krijgen). Deze aanpak is ontwikkeld in overleg met Deltares en de Waterdienst.

De dijkringdeelfactor uit WV21 heeft een soortgelijke betekenis als het aantal representatieve locaties. Op welke wijze deze factor exact is gebruikt in de MKBA WV21 weten wij niet; mogelijk is de factor ook gebruikt om (in één stap) het verschil tussen overschrijdingskans en overstromingskans te modelleren. Daarbij speelt dat in de MKBA WV21 de overstromingskans van een dijkring als geheel (mede) wordt bepaald door de maximale overstromingskans van alle dijktrajecten, die gezamenlijk het dijkringdeel vormen.

Een mogelijke verklaring voor de afwijkende decimeringshoogtes is, dat in de MKBA WV21 de oorspronkelijk data is aangepast voor het aldaar gebruikte model OptimaliseRing (zie Brekelmans et al., 2012). Dit model werkt in 'hoogte' waardoor aanpassingen aan inputdata (kans- en kosten-parameters) nodig zijn om ook 'sterkte'-maatregelen (zoals anti-piping maatregelen als een verlengde berm of damwand) zo goed als mogelijk weer te geven (zie de Grave en Baarse, 2011, p. 71 de modellering van de 'fictieve kruinverhogingen' bij de 2de referentie). Ook zijn de decimeringshoogte bij de MKBA WV21 bepaald uitgaande van de meest actuele of verwachte dijkprofielen. Omdat de decimeringshoogte afhangt van de 'initiële' veiligheid van een dijkringdeel, is de decimeringshoogte bepaald voor verschillende initiële startkansen en is er vervolgens gemiddeld (zie Deltares, 2011). Het model (OptimaliseRing) in de MKBA werk met een decimeringshoogte per dijktraject die geldt voor alle beschouwde jaren (2010-2300) en initiële hoogtes (of initiële overschrijdingskansen).

De decimeringshoogte die staan weergegeven onder het kopje 'CPB o.b.v. Deltares 2012' hebben expliciet betrekking op (alleen) het jaar 2010 bij een standaard dijkprofiel van 1:3. Deze gegevens zijn berekend door het CPB. Deze gegevens zijn gebruikt in het Dique-Opt

model. Deze gegevens bevatten decimeringshoogtes die per jaar verschillen en ook verschillen per jaar- en initiele hoogte (of initiele overschrijdingskans).

Een deel van de onderstaande verschillen kan worden verklaard door het gebruik van andere dijkprofielen. Op basis van Deltares (2012) lijkt de conclusie gerechtvaardigd dat dit slechts voor een beperkt deel een verklaring geeft van de verschillen. Volgens Deltares (2012) hebben 'de meeste dijken in het IJsselmeergebied een taludhelling van 1:3, echter sommige dijken hebben een flauwer talud en de dijken rond het Flevoland en de Noordoostpolder hebben veelal een berm. Naar aanleiding van de gevoeligheidsanalyse kan geconcludeerd worden dat het gebruik van het 1 op 3 profiel voor deze dijken een overschatting geeft van de benodigde dijkverhoging van 10 tot 15%, met uitschieters naar 30%'.

Tabel 9.1 Hydraulische gegevens uit MKBA WV21 en Deltares (2012).

Representatieve Hydra locatie uit Deltares (2012)	Traject	Decimeringshoogte kruin in cm voor het jaar 2010		Dijkkringdeel factoren WV21	Aantal representatieve locaties per dijkkringdeel uit Deltares (2012) en Dique-opt
		WV21	CPB o.b.v. Deltares 2012		
IJsselmeer					
F100 Gaast	6-4-1	58	58	5	3
F280 Stavoren Noord	6-4-3	32	54	5	3
F425 Marderhoek	6-4-4	40	56	5	3
N223 Westermeerdijk	7-1-1	97	110	5	2
N375 ZuidermeerdijkO	7-1-2	85	109	5	2
F095 Ketelmeerdijk	8-1-2	100	118	2	2
F235 IJsselmeerdijk	8-1-3	108	135	2	2
04A Onderdijk Nespolderdijk	13-2-1	41	50	5	4
06A Andijk WRK	13-2-1	41	64	5	4
01B Dijkgatbos	12-1-2	41	50	2	2
IJssel en Vechtdelta					
Kampen	11-1-1	42	58	5	1
Wilsum	10-1-4	43	81	5	1
Zwartsluis	9-1-1	38	43	2	2
Hessenpoort	9-1-2	40	41	2	2
Langenholte	53-1-6	34	43	5	1
Hattem	52-1-2	40	76	2	1
Markermeer					
hm19.0 Oostvaardersdijk	8-2-1	57	65	2	1
06A Kroonhoeve Noord	13-2-2	41	27	5	2
30 Zuidpolder	13-4-1	36	25	5	1
45B Marken Nordoost	13b-1-1	29	24	2	1
gav7 Muiden Haven	44-2-1	35	72	2	1
dp17.6 Eemdijk	46-1-2	17	22	2	1
dp7.3 Wielse Sluis	45-2-1	79	70	2	1

Toelichting: Decimeringshoogte (in cm) geeft de mate van verhoging aan (in cm) om de overschrijdingskans met een factor 10 te verkleinen. Voor een uitleg van de overige begrippen wordt verwezen naar de tekst boven de tabel. De WV21-decimeringshoogtes zijn door het CPB berekend uit de database van OptimaliseRing zoals beschikbaar gesteld door Deltares aan het CPB.

10 Bijlage C: Technische varianten met overhoogte

In deze bijlage geven we de uitkomsten van de technische 'what-if' varianten met overhoogte. We noemen deze varianten technisch, omdat de gegevens over overhoogte geen betrouwbare locatiespecifieke analyse toelaten. We veronderstellen in de berekeningen tevens dat er bij geen enkele dijkkringdeel sprake is van 'onderhoogte', terwijl dit in de praktijk mogelijk wel zo is. De uitkomsten van de berekeningen moeten dus met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd. In de MKBA WV21 wordt overigens ook op diverse plaatsen benadrukt dat het lastig is om betrouwbare gegevens over overhoogte te verkrijgen⁸.

Tabel 10.1 Terugkeertijden voor de P1-kans in 2015 in overschrijdings- en overstromingskansen, met en zonder overhoogte.

Dijkkring(deel)	Terugkeertijd P1 in 2015 in overschrijdingskansen		Piping- factor	Terugkeertijd P1 in 2015 in overstromingskansen	
	exclusief overhoogte	inclusief overhoogte		exclusief overhoogte	inclusief overhoogte
IJsselmeer					
Zuid-West Friesland	4.000	4.000	1,0	4.000	4.000
Noordoostpolder	4.000	4.000	2,0	2.000	2.000
Flevoland-Noordoost	4.000	4.000	1,0	4.000	4.000
West-Friesland (NH, noordelijk deel)	20.000	20.000	1,0	20.000	20.000
Wieringen IJsselmeer	8.000	8.000	2,0	4.000	4.000
IJssel- en Vechtdelta					
IJsseldelta	2.000	33.000	2,0	1.000	1.900
Mastenbroek	2.000	2.000	2,0	1.000	1.000
Vollenhove	1.250	2.500	5,0	250	280
Salland	1.250	28.000	2,5	500	810
Oost Veluwe	1.250	200.000	5,0	250	310
Markermeer					
Flevoland-Zuidwest	4.000	4.000	2,0	2.000	2.000
West-Friesland (NH, zuidelijk deel)	20.000	1,30E+13	1,0	10.000	1,30E+13
Noord-Holland-Waterland	10.000	3,60E+12	1,0	10.000	3,60E+12
Marken	1.250	150.000	2,5	500	830
Gooi en Vechtstreek	1.250	1.250	2,5	500	500
Eempolder	1.250	3,60E+06	2,5	500	830
Gelderse Vallei-Meren	1.250	1.250	2,5	500	500

Uitleg: Terugkeertijd is gelijk aan 1/ overstromingskans. De kans 'P1' betreft de overstromingskans van een dijkkringdeel gelegen aan het IJsselmeer, IJssel- en Vechtdelta of Markermeer bij een oneindig sterk veronderstelde Afsluitdijk (en Houtribdijk). De weergegeven 'pipingfactor' geeft weer in hoeverre de totale overstromingskans bij de 'normhoogte' afwijkt van de overschrijdingskans.

Paragraaf 2.3 geeft nadere informatie over de beschikbare overhoogtegegevens. Geheel arbitrair kiezen we in deze bijlage om uit te gaan van de daar genoemde 'CPB o.b.v. Deltares 2012' overhoogte gegevens. Een soortgelijke analyse kan op verzoek ook uitgevoerd worden op basis van de in paragraaf 2.3 gepresenteerde MKBA WV21 overhoogte gegevens. Omdat

⁸ Zie Kind 2011, p ii: 'De analyses zijn uitgevoerd zonder eventueel aanwezige overhoogte en –sterkte van dijken mee te nemen. Hierover zijn nauwelijks betrouwbare gegevens voorhanden.'

beide overhoogte gegevens vragen oproepen, volstaan we hier met berekeningen op basis van één dataset. Onderstaande tabel geeft inzicht in de overschrijdings- en overstromingskansen met en zonder overhoogte in de startsituatie (i.e. het jaar 2015) voor de gehele dijkkringdelen.

De resultaten in bovenstaande tabellen roepen vragen op. Zo leidt het volledig vertalen van 'overhoogte' in 'overveiligheid' tot een zeer grote veiligheid voor enkele dijkkringdelen, m.n.

West-Friesland (NH, zuid) en Noord-Holland Waterland (terugkeertijd groter dan 10¹² jaar).

Eventuele overhoogte heeft ook invloed op de investeringskosten voor dijkversterkingen/verhogingen. Indien wordt besloten een dijkkringdeel te verhogen, dan wordt rekening gehouden met eventuele overhoogte per dijkvak. Indien een dijkkringdeel als geheel met bijvoorbeeld 40 cm wordt opgehoogd, dan worden de dijkvakken met 40cm overhoogte (of meer) niet opgehoogd. Dijkvakken met 20 cm overhoogte hoeven dan slechts met 20 cm te worden opgehoogd. Het verhogen van een dijkkringdeel met een bepaald aantal centimeters zal dus meestal goedkoper zijn indien rekening wordt gehouden met 'overhoogte'. Zie onderstaande tabel waarin dit wordt geïllustreerd.

Tabel 10.1 Investeringskosten inclusief en exclusief overhoogte in mln. euro, marktprijzen 2009, excl. bouwrente opslag

Dijkkring(deel)	Gemiddelde overhoogte in cm	+60 cm dijkverhoging na bermverlenging		+120 cm dijkverhoging na bermverlenging	
		exclusief overhoogte	inclusief overhoogte	exclusief overhoogte	inclusief overhoogte
IJsselmeer					
Zuid-West Friesland	44	202	158	344	283
Noordoostpolder	0	202	202	344	344
Flevoland-Noordoost	0	220	220	326	326
West-Friesland (NH, noordelijk deel)	0	184	184	278	278
Wieringen IJsselmeer	0	70	70	128	128
IJssel- en Vechtdelta					
IJsseldelta	110	222	196	307	285
Mastenbroek	0	253	253	453	453
Vollenhove	42	145	133	249	228
Salland	327	382	52	691	184
Oost Veluwe	180	233	403	338	584
Markermeer					
Flevoland-Zuidwest	0	298	298	457	457
West-Friesland (NH, zuidelijk deel)	257	193	386	308	633
Noord-Holland-Waterland	232	354	601	485	831
Marken	68	36	32	57	54
Gooi en Vechtstreek	3	117	114	199	196
Eempolder	76	58	62	83	89
Gelderse Vallei-Meren	29	92	42	145	114

Toelichting: de extra versterkingsmaatregelen om piping en wegschuiven tegen te gaan ('piping-berm of damwand') hebben in de bovenstaande getallenvoorbeeld reeds plaatsgevonden. Het dijkkringdeel is nog niet eerder verhoogd. Het aantal cm dijkverhoging is t.o.v. de starhoogte, d.w.z. de laagste kruinhoogte per traject. De starhoogte kan substantieel verschillen tussen de situatie met en zonder overhoogte. De gemiddelde overhoogte (ten opzichte van de normhoogte) is gemiddeld over alle dijkvakken binnen het dijkkring(deel) met als gewicht de dijkvaklengte.

Onderstaande tabel geeft de resultaten in netto contante waarde voor de situatie zonder overhoogte en met overhoogte in het W+-klimaat scenario. De analyse geeft aan dat de investeringskosten en de verwachte schade voor alle varianten aanmerkelijk verminderen, indien de aanname geldt dat 'overhoogte=oversterkte'. Zelfs bij de meest 'voordelige variant' pompen scheelt het 30% ofwel een half miljard euro (netto contante waarde).

Tabel 10.2 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discontovoet, W+-scenario.

	Zonder overhoogte		Met overhoogte	
	ec. opt.	min. wet. norm	ec. opt.	min. wet. norm
Pompen	1.832	1.836	1.279	1.284
- w.v. CW investeringen	726	754	553	575
- w.v. CW verwachte schade	1.106	1.082	727	709
Spuien tot 2046	2.421	3.165	1.733	2.420
- w.v. CW investeringen	1.245	2.291	919	1.869
- w.v. CW verwachte schade	1.176	874	814	551
Spuien tot 2056	2.602	3.322	1.854	2.519
- w.v. CW investeringen	1.373	2.349	1.013	1.890
- w.v. CW verwachte schade	1.230	973	841	629
Spuien tot 2066	2.744	3.442	1.960	2.601
- w.v. CW investeringen	1.547	2.473	1.067	1.935
- w.v. CW verwachte schade	1.197	969	894	666
Spuien	3.005	3.662	2.167	2.782
- w.v. CW investeringen	1.808	2.696	1.310	2.137
- w.v. CW verwachte schade	1.197	966	857	646

Tabel 10.3 Nominale investeringsbedragen voor de berekende varianten, in mln euro, prijspeil 2009, excl. opslag bouwrente.

	Periode									Totaal 2021- 2150
	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050	2051- 2060	2061- 2070	2071- 2080	2081- 2090	2091- 2100	2101- 2150	
ZONDER OVERHOOGTE										
Economisch Optimaal verhoging (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	297	368	232	0	698	833	0	2.250	1.795	6.474
Spuien tot 2046	969	87	0	0	400	989	0	2.581	1.477	6.503
Spuien tot 2056	953	130	494	233	0	409	222	2.537	1.152	6.130
Spuien tot 2066	953	130	721	1.138	0	0	0	1.983	1.729	6.654
Spuien	1.030	130	721	1.436	269	657	1.094	2.663	4.666	12.666
Minimaal voldoen aan wettelijke normen (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	297	455	145	0	951	579	0	2.250	1.795	6.474
Spuien tot 2046	1.570	950	0	315	281	156	222	1.880	1.850	7.224
Spuien tot 2056	1.570	950	0	548	426	156	0	1.880	2.097	7.627
Spuien tot 2066	1.570	1.001	0	1.211	422	141	0	1.004	2.894	8.243
Spuien	1.646	1.027	0	1.378	781	0	1.053	2.298	5.306	13.489
MET OVERHOOGTE										
Economisch Optimaal verhoging (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	336	0	191	133	416	579	0	2.527	1.223	5.405
Spuien tot 2046	650	191	0	0	119	579	142	2.852	904	5.437
Spuien tot 2056	634	234	390	0	0	253	142	2.808	794	5.256
Spuien tot 2066	575	234	577	437	0	0	0	2.663	907	5.392
Spuien	651	234	577	595	614	140	1.030	3.105	3.581	10.527
Minimaal voldoen aan wettelijke normen (excl. kosten Afsluitdijk)										
Pompen	336	87	104	133	416	579	0	2.527	1.223	5.405
Spuien tot 2046	1.207	950	0	290	0	0	142	2.190	1.509	6.288
Spuien tot 2056	1.207	950	0	290	204	0	142	2.190	1.525	6.508
Spuien tot 2066	1.147	1.001	133	478	200	141	0	1.718	2.066	6.885
Spuien	1.224	1.027	133	505	551	58	1.013	2.482	4.116	11.107

Onderstaande tabel vergelijkt de uitkomsten met en zonder overhoogte onder het G-klimaatscenario. De netto contante waarde van de investeringskosten en verwachte schade daalt gemiddeld met 25%, indien de data voor overhoogte worden gelijkgesteld aan oversterkte. Voor de 'goedkoopste' variant pompen scheelt het zelfs 50% (en 400 mln euro in contante waarde).

Tabel 10.4 Contante waarde (CW) investeringskosten en verwachte schade (excl. Afsluitdijk), mln euro, prijspeil 2009, 5,5% discountvoet, G-scenario.

	Zonder overhoogte		Met overhoogte	
	ec. opt.	min. wet. norm	ec. opt.	min. wet. norm
Pompen	1.489	1.489	1.082	1.082
- w.v. CW investeringen	495	495	436	436
- w.v. CW verwachte schade	994	994	647	647
Spuien tot 2101	2.177	2.285	1.563	1.660
- w.v. CW investeringen	1.153	1.343	806	968
- w.v. CW verwachte schade	1.024	941	757	692
Spuien	2.195	2.303	1.577	1.673
- w.v. CW investeringen	1.161	1.342	813	973
- w.v. CW verwachte schade	1.034	961	764	700

Tabel 10.5 Nominale investeringsbedragen voor de berekende varianten, in mln euro, prijspeil 2009, excl. opslag bouwrente.

	Periode									
	2021-2030	2031-2040	2041-2050	2051-2060	2061-2070	2071-2080	2081-2090	2091-2100	2101-2150	Totaal 2021-2150
ZONDER OVERHOOGTE										
<i>Economisch Optimaal verhoging (excl. kosten Afsluitdijk)</i>										
Pompen	211	265	0	87	145	640	530	2.354	677	4.908
Spuien tot 2100	882	0	109	349	326	487	903	1.686	611	5.352
Spuien	882	0	109	349	326	487	885	2.032	1.421	6.491
<i>Minimaal voldoen aan wettelijke normen (excl. kosten Afsluitdijk)</i>										
Pompen	211	265	0	87	145	640	530	2.354	677	4.908
Spuien tot 2101	979	698	0	307	864	233	719	1.073	1.430	6.303
Spuien	979	698	0	307	753	233	657	1.641	2.086	7.354
MET OVERHOOGTE										
<i>Economisch Optimaal verhoging (excl. kosten Afsluitdijk)</i>										
Pompen	249	87	0	87	104	390	430	2.780	296	4.423
Spuien tot 2101	575	0	191	203	494	0	639	2.436	485	5.022
Spuien	575	0	191	203	494	0	481	2.719	1.032	5.694
<i>Minimaal voldoen aan wettelijke normen (excl. kosten Afsluitdijk)</i>										
Pompen	249	87	0	87	104	390	430	2.780	296	4.423
Spuien tot 2101	652	698	104	162	759	0	455	1.867	1.237	5.933
Spuien	652	698	104	162	759	0	253	2.108	2.060	6.796

11 Bijlage D: Gedetailleerde resultaten

Tabel 11.1 Kasstromen bij installatie pompen in 2046 per dijkringdeel voor de variant met overhoogte en afdwingen wettelijke veiligheidsnormen

	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050	2051- 2060	2061- 2070	2071- 2080	2081- 2090	2091- 2100	2101- 2150	Totaal
mln euro, nominaal, marktprijzen pp. 2009										
B-keringen										
Afsluitdijk				205					713	918
Houtribdijk		611							655	1266
IJsselmeer										
Zuidwest Friesland	116			120					140	377
Noordoostpolder		119						202		321
Flevoland-Noordoost		220							345	565
West-Friesland (NH)	145								159	304
Wieringen IJsselmeer	43								45	88
Totaal IJsselmeer	305	339	0	120	0	0	0	202	690	1656
IJssel- en Vechtdelta										
IJsseldelta	104							163		267
Mastenbroek	87			169				270		526
Vollenhove	115						142		164	422
Salland	38							33		71
Oost Veluwe	155							331		485
Totaal IJssel- en Vechtdelta	499	0	0	169	0	0	142	797	164	1772
Markermeer										
Flevoland-Zuidwest	303							330		633
West-Friesland (NH)								170		170
Noord-Holland-Waterland								505		505
Marken								21		21
Gooi en Vechtstreek	42							78		120
Eempolder	23							50		72
Gelderse Vallei-Meren	35							38		73
Totaal Markermeer	403	0	0	0	0	0	0	1191	0	1594
Totaal IJsselmeergebied	1207	950	0	495	0	0	142	2190	2221	7206
Uitleg: Bij uitvoering van Structuurvisie Toekomst Afsluitdijk en 5,5% discontovoet. Volledige investeringsbedragen zijn geboekt in jaar van oplevering. Bedragen exclusief evt. bouwrente.										

Tabel 11.2 Kasstromen bij verschillende tijdstippen installatie pompen voor de variant zonder overhoogte en afdwingen wettelijke veiligheidsnormen

	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050	2051- 2060	2061- 2070	2071- 2080	2081- 2090	2091- 2100	2101- 2150	Totaal
mln euro, nominaal, marktprijzen pp. 2009										
Pompen										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk								611		611
IJsselmeer					119	326		530	452	1.427
IJssel- en Vechtdelta	211	455	145		535	253		404	1.014	3.017
Markermeer	87				298			705	330	1.419
Totaal IJsselmeergebied	297	455	145	205	951	579		2.250	2.554	7.437
Spuien tot 2046										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk		611							655	1.266
IJsselmeer	328	339		146				202	702	1.717
IJssel- en Vechtdelta	841			169	281	156	222	674	493	2.836
Markermeer	400							1.004		1.404
Totaal IJsselmeergebied	1.570	950		520	281	156	222	1.880	2.608	8.187
Spuien tot 2056										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk		611							655	1.266
IJsselmeer	328	339		146	204			202	718	1.937
IJssel- en Vechtdelta	841			402	222	156		674	725	3.019
Markermeer	400							1.004		1.404
Totaal IJsselmeergebied	1.570	950		753	426	156		1.880	2.856	8.590
Spuien tot 2066										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk		611							655	1.266
IJsselmeer	328	390		257	200	141			975	2.292
IJssel- en Vechtdelta	841			954	222				1263	3.280
Markermeer	400							1004		1.404
Totaal IJsselmeergebied	1.570	1.001		1.416	422	141		1.004	3.652	9.206
Spuien										
Afsluitdijk				596					1.424	2.020
Houtribdijk		636							764	1.400
IJsselmeer	328	390		284	518		815	316	2.501	5.152
IJssel- en Vechtdelta	841			1.094	263			1.154	2.041	5.392
Markermeer	477						239	828		1.544
Totaal IJsselmeergebied	1.646	1.027		1.974	781		1.053	2.298	6.730	15.509
Uitleg: Bij uitvoering van Structuurvisie Toekomst Afsluitdijk en 5,5% discontovoet. Volledige investeringsbedragen zijn geboekt in jaar van oplevering. Bedragen exclusief evt. bouwrente.										

Tabel 11.3 Kasstromen bij verschillende tijdstippen installatie pompen voor de variant zonder overhoogte en economisch optimale veiligheid van dijkringdelen

	2021- 2030	2031- 2040	2041- 2050	2051- 2060	2061- 2070	2071- 2080	2081- 2090	2091- 2100	2101- 2150	Totaal
mln euro, nominaal, marktprijzen pp. 2009										
Pompen										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk								611		611
IJsselmeer					119	326		530	452	1.427
IJssel- en Vechtdelta	211	368	232		281	507		404	1.014	3.017
Markermeer	87				298			705	330	1.419
Totaal IJsselmeergebied	297	368	232	205	698	833		2.2250	2.554	7.437
Spuien tot 2046										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk								611		611
IJsselmeer	15				119	326		531	452	1.443
IJssel- en Vechtdelta	650	87			281	663		404	1.025	3.111
Markermeer	303							1.035		1.338
Totaal IJsselmeergebied	969	87		205	400	989		2.581	2.235	7.466
Spuien tot 2056										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk								611		611
IJsselmeer		43	390					487	341	1.262
IJssel- en Vechtdelta	650	87	104	233		409	222	404	811	2.919
Markermeer	303							1.035		1.338
Totaal IJsselmeergebied	953	130	494	438		409	222	2.537	1.910	7.094
Spuien tot 2066										
Afsluitdijk				205					758	963
Houtribdijk								611		611
IJsselmeer		43	445	184				342	465	1.478
IJssel- en Vechtdelta	650	87	254	954					1263	3.208
Markermeer	303		23					1030		1.356
Totaal IJsselmeergebied	953	130	721	1.343				1.983	2.487	7.617
Spuien										
Afsluitdijk				596					1.424	2.020
Houtribdijk								694		694
IJsselmeer		43	445	300	269	270	825	316	2.637	5.106
IJssel- en Vechtdelta	650	87	254	1.094				1.154	2.029	5.268
Markermeer	380		23	42		387	268	499		1.599
Totaal IJsselmeergebied	1.030	130	721	2.032	269	657	1.094	2.663	6.090	14.686
Uitleg: Bij uitvoering van Structuurvisie Toekomst Afsluitdijk en 5,5% discountvoet. Volledige investeringsbedragen zijn geboekt in jaar van oplevering. Bedragen exclusief evt. bouwrente.										



Dit is een uitgave van:

Centraal Planbureau
Van Stolkweg 14
Postbus 80510 | 2508 GM Den Haag
T (070) 3383 380

info@cpb.nl | www.cpb.nl

Juni 2013