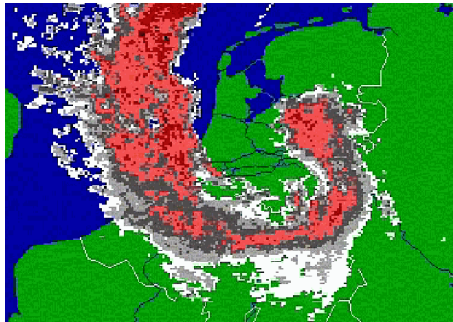


Opdrachtgevers:
STOWA
Stichting Leven met Water
Provincie Zuid Holland
Waterschap Zuiderzeeland
Verbond van Verzekeraars

Van neerslag tot schade

Deelrapport 4: Samenhang normen overstromingen en wateroverlast Delfland



Colofon

Titel: Van Neerslag tot schade. Deelrapport 4: Samenhang normen overstromingen en wateroverlast Delfland.
Auteurs: Maarten Bakker
Datum: maart 2009
Organisaties: HKV [LIJN IN WATER](#)
Contactgegevens:
 Naam: Matthijs Kok
 Organisatie: HKV [LIJN IN WATER](#)
 Adres: Postbus 2120
 8203 AC Lelystad
 Telefoon: 0320-294242
 E-mail: m.kok@hkv.nl

Dit rapport maakt onderdeel uit van het onderzoek 'Van neerslag tot schade', uitgevoerd door HKV [LIJN IN WATER](#), KNMI en Universiteit Twente in opdracht van 'Leven met Water', STOWA, Provincie Zuid-Holland, Waterschap Zuiderzeeland en het Verbond van Verzekeraars, met begeleiding van Waterschap Rivierenland, Waterschap Zuiderzeeland, Hoogheemraadschap Delfland, Hoogheemraadschap Rijnland en Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier. In onderstaande tabel wordt weergegeven welke deelrapporten in het onderzoek zijn verschenen. Het voorliggend rapport betreft deelrapport 4 van het onderzoek. Dit deelrapport dient als naslagwerk voor de uitgevoerde berekeningen en analyses, op basis waarvan in het eindrapport 'Van neerslag tot schade' conclusies zijn getrokken over de samenhang van normen voor overstromingen en wateroverlast in Nederland.

<i>Nummer</i>	<i>Deelrapport</i>	<i>Organisatie en auteurs</i>
1	Regionale Verschillen in Extreme Neerslag Februari 2009	KNMI Buishand, T.A. Jilderda, R. Wijngaard, J.B
2	Samenhang normen overstromingen en wateroverlast Zuiderzeeland Februari 2009	HKV LIJN IN WATER Susanne Groot
3	Samenhang normen overstromingen en wateroverlast Rivierenland Februari 2009	HKV LIJN IN WATER Maarten Bakker
4	Samenhang normen overstromingen en wateroverlast Delfland Februari 2009	HKV LIJN IN WATER Ton Botterhuis
5	Publieke percepties van het risico op overstromingen en wateroverlast September 2008	Universiteit Twente September 2008 T. Terpstra
6	Twee jaar na Katrina ISBN 978-90-77051-90-0, Oktober 2007, Hoofdstuk 5 Verzekeringen	HKV LIJN IN WATER M. Kok et al

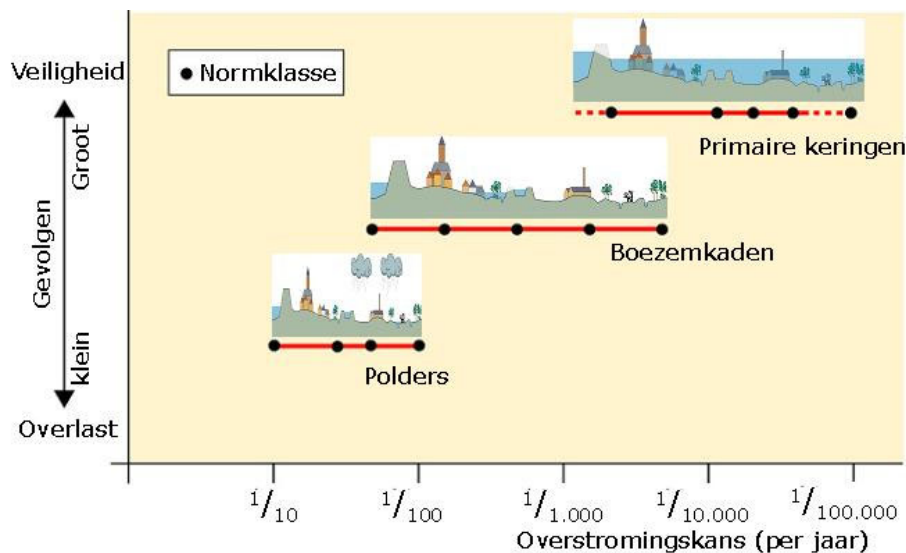
Inhoud

1	Inleiding	1
1.1	Onderzoeksvragen.....	1
1.2	Onderzoeksaanpak en -afbakening	2
2	Overstromingskans en –risico primaire waterkeringen (dijkkring 14)	4
2.1	Inleiding	4
2.2	Inschatting overstromingskans en -risico.....	4
2.3	Overstromingsscenario's	5
2.4	Schadebepaling	6
2.5	Risico huidige situatie.....	7
2.6	Risico na maatregelen	8
3	Overstromingskans en –risico regionale keringen	10
3.1	Inleiding	10
3.2	Inschatting overstromingskans	10
3.3	Risico huidige situatie.....	12
3.4	Risico na maatregelen	14
4	Overstromingskans en –risico regionaal watersysteem	15
4.1	Inleiding	15
4.2	Inschatting inundatiekans	15
4.3	Risico huidige situatie.....	19
4.4	Risico na maatregelen	21
5	Beoordelingskader.....	24
5.1	Toelichting bij berekeningen en kentallen in beoordelingskader	25
5.2	Gevoeligheidsanalyse	26
5.3	Conclusies	27
6	Samenvatting.....	29
7	Referenties	32

1 Inleiding

1.1 Onderzoeksvragen

Er bestaan verschillende typen wateroverlast, een overzicht hiervan wordt gegeven in het eindrapport van 'van neerslag tot schade'. Voor een aantal typen wateroverlast is een normering beschikbaar, te weten wateroverlast als gevolg van overstromen of bezwijken van primaire- en regionale waterkeringen en overstroming vanuit regionaal oppervlaktewater (regionale wateroverlast). De norm heeft daarbij betrekking op de toelaatbare kans dat een bepaalde ruimtelijke eenheid (bijvoorbeeld type grondgebruik, polder) wordt geconfronteerd met wateroverlast. Onderstaande afbeelding geeft de samenhang tussen deze normen in termen van de geboden beveiliging tegen overschrijden van een maatgevende waterstand weer. Uit de afbeelding blijkt dat sprake is van een zekere overlap tussen de verschillende normen.



Afbeelding 1: Samenhang tussen normen.

De werkwijze waarmee de normen zijn bepaald is voor de primaire- en regionale waterkeringen en regionale watersystemen vergelijkbaar. Deze systematiek bestaat uit een risicobeschoouwing aangevuld met een bestuurlijke afweging van het maatschappelijk belang en kosten en baten van maatregelen. Hoewel de gevolgde werkwijze vergelijkbaar is, zijn de normen voor de primaire-, regionale waterkeringen en regionale watersystemen onafhankelijk van elkaar tot stand gekomen.

Doelstelling van het onderzoeksproject 'Van Neerslag tot Schade' is om een aantal aspecten van risico's van overstromingen en water overlast nader te onderzoeken. De doelstelling van dit deel van het onderzoek is om vast te stellen of de verschillende normen met elkaar in evenwicht zijn. Dit wordt vanuit twee verschillende invalshoeken benaderd, vertaald in twee onderzoeksvragen:

- Hoe verhouden de normen zich tot elkaar vanuit oogpunt van risico;
- Hoe verhouden de normen zich tot elkaar vanuit oogpunt van kosten en baten van maatregelen.

1.2 Onderzoeksaanpak en -afbakening

Bestaande onderzoeksresultaten

Als uitgangspunt voor het onderzoek geldt dat zoveel mogelijk gebruik is gemaakt van bestaande kennis en bestaande onderzoeksresultaten die betrekking hebben op het risico van overstromingen en wateroverlast. Het betreft de resultaten van VNK (fase 1) en de resultaten van de toetsing aan de NBW normen en de daaruit voortvloeiende wateropgave zoals vastgesteld door de regionale waterbeheerders. Waar nodig zijn ontbrekende gegevens in overleg met de beheerder aangevuld.

Bepaling van risico

Het risico wordt berekend op basis van de directe gevolgschade van een overstroming (bijvoorbeeld schade aan aanwezige infrastructuur en indirecte schade voor bijvoorbeeld toeleveringsbedrijven). Verder wordt het aantal potentiële slachtoffers en getroffen inwoners weergegeven. Het risico wordt uitgedrukt in een Contante Waarde op basis van een zichtduur van 50 jaar en een discontovoet 2,5%. Deze aanpak is conform de MKBA systematiek van OEI bij SNIP.

Voor de beoordeling van de risico's in de huidige situatie zijn twee benaderingen toegepast. De belangrijkste is de werkelijke geboden bescherming in de huidige situatie volgens de onderzoeksresultaten van VNK, de toetsing van de regionale waterkeringen en de toetsing aan de normen voor regionale wateroverlast. Een tweede invalshoek is dat er vanuit wordt gegaan dat de watersystemen op orde zijn, dat wil zeggen voldoen aan de geldende normen. In de huidige situatie is de kans op overstromingen en wateroverlast veelal groter dan de genormeerde kans. De oorzaak hiervoor ligt veelal in nieuwe inzichten, zoals het gevaar van piping. Voor het actuele beschermingsniveau is er wel van uitgegaan dat eenvoudige maatregelen die het beschermingsniveau sterk vergroten, zoals het leggen van balken voor kunstwerken om aanvaringschade te voorkomen, getroffen zijn.

Voor de bepaling van het risico in de huidige situatie zijn effecten van klimaatverandering niet in beschouwing genomen.

Proefgebieden

De onderzoeksvragen worden beantwoord voor een aantal cases (proefgebieden). Dit zijn dijkkring 16, Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, dijkkring 8, Flevopolder, en dijkkring 14 voor het deel binnen het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland. De antwoorden op de onderzoeksvragen zijn dus gebiedsspecifiek. Maar aangezien de cases zodanig zijn geselecteerd dat diverse gebiedseigenschappen en diverse typen bedreigingen van toepassing zijn, ontstaat een vrij representatief beeld voor de Nederlandse situatie.

In dit deelrapport worden de resultaten van case Delfland behandeld. Het studiegebied komt overeen met de beheergrenzen van Hoogheemraadschap Delfland. Het betreft een sterk verstedelijkt gebied met daarbij op uitgebreide schaal glastuinbouw. Ook hier is veel sprake van veenweide, met een geringe drooglegging. De dreiging van overstromen/bezwijken van de primaire waterkeringen komt van de Noordzee. De primaire keringen zijn genormeerd op een jaarlijkse overstromingskans van 1/10.000.

Maatregelen

De maatregelen die worden beschouwd zijn toegesneden op de specifieke situatie in het proefgebied, maar hebben als gemeenschappelijk kenmerk dat ze betrekking op zowel de primaire waterkeringen, regionale waterkeringen als regionale watersystemen en dat de maatregelen betrekking kunnen hebben op het terugdringen van de kans op overstroming (denk aan bijvoorbeeld dijkverhoging) en op het beperken van de gevolgen daarvan (denk bijvoorbeeld aan compartimentering).

2 Overstromingskans en –risico primaire waterkeringen (dijkring 14)

NB: De analyse in dit hoofdstuk heeft betrekking op heel dijkring 14. In het beoordelingskader zijn de gegevens openomen die betrekking hebben op het studiegebied, dit is het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland binnen dijkring 14.

2.1 Inleiding

De primaire keringen van het dijkringgebied 14 Zuid-Holland zijn genormeerd op een jaarlijkse overstromingskans van 1/10.000 (Wet op de waterkering). Uit de eerste resultaten van VNK is gebleken dat deze normkans niet overeen komt met de werkelijke faalkans, daar in de normering slechts rekening gehouden wordt met falen als gevolg van overschrijding van de waterstanden. Faalmechanismen als overloop, piping, afschuiven en het falen van een kunstwerk kunnen echter ook een belangrijke rol spelen en daardoor de faalkans sterk doen toenemen. In dit hoofdstuk wordt de overstromingskans van dijkring 14, zoals afgeleid in VNK, besproken. Er wordt ingegaan op de schade na een overstroming en het overstromingsrisico, uitgaande van de norm (klassieke methode) en uitgaande van de overstromingskans (VNK methode).

2.2 Inschatting overstromingskans en -risico

Het risico van een overstroming is hier gedefinieerd als de kans op een overstroming maal de gevolgen van die overstroming. De kans op een overstroming wordt op twee manieren afgeleid, namelijk met de klassieke methode en de VNK methode.

Klassieke methode

De inschatting van de overstromingskans met de klassieke methode is gebaseerd op falen van de primaire kering vanaf een waterstand horende bij de norm. De jaarlijkse kans op overstroming van de dijkring is conform de norm 1/10.000.

VNK methode

Bij de inschatting van de overstromingskans met de VNK methode is niet alleen de overstromingskans als gevolg van overschrijding meegenomen, maar ook falen als gevolg van andere factoren (als piping en falen van kunstwerken). Onzekerheden over de conditie van een kering of kunstwerk worden expliciet meegenomen. In het kader van VNK-1 is voor 16 dijkringen, waaronder dijkring 14, de werkelijke overstromingskans bepaald.

De jaarlijkse overstromingskans van dijkring 14 is volgens VNK-1 1/1950, terwijl de norm uit de Wet op de waterkering 1/10000 is. De belangrijkste oorzaken voor de grotere overstromingskans zijn een klein aantal zwakke plekken en het niet-sluiten van afsluitmiddelen van een aantal kunstwerken. In Tabel 2-1 zijn de bijdragen van verschillende faalmechanismen aan de overstromingskans gegeven. Voor een volledig overzicht van faalmechanismen zie VNK (2005[2]).

Type kering	Faalmechanisme	Overstromingskans [per jaar]
Dijken/Duinen	Overloop en golfoverslag	< 1/10.000
	Opbarsten en piping	1/6600
	Beschadiging en erosie	< 1/10.000
	Afschuiven of opdrijven binnentalud	< 1/10.000
	Duinafslag	1/5600
Kunstwerken	Overloop en overslag	1/23800
	Niet-sluiten	1/9350
	Sterkte en stabiliteit	< 1/10.000
Totaal	Alle mechanismen	1/1950

Tabel 2-1 Overstromingskansen als gevolg van de verschillende faalmechanismen in dijkkring 14 Zuid-Holland (VNK, 2005[1]).

Bij deze resultaten worden in VNK (2005[1]) nog wel enkele kantekeningen gemaakt. Zoals dat de bijdrage van de kunstwerken mogelijk eenvoudig te beperken is door het plaatsen van bijvoorbeeld een aanvaarbalk. Desondanks wordt in VNK de jaarlijkse overstromingskans van 1/1950 aangehouden. Deze studie sluit daarbij aan.

2.3 Overstromingsscenario's

In VNK is gewerkt met een gedetailleerde methode (toegepast op drie dijkringen) en een globale methode (toegepast op zestien dijkringen). Voor dijkkring 14 is zowel de globale als de gedetailleerde methode toegepast. De inschatting van de schade als gevolg van een overstroming is verschillend. In de gedetailleerde methode wordt de overstroming vanuit bressen op de meest kwetsbare locaties gesimuleerd. In de globale methode overstroomt de dijkkring tot een waterstand gelijk aan de hoogte van de laagste kruin in de dijkkring. Dit leidt tot een overschatting van de schade.

Globale methode

In de globale methode uit VNK is uitgegaan van een 'worst case' aanpak, waarbij de gehele dijkkring tot de laagste kruinhoogte overstroomt. Voor het bepalen van de maximale waterdiepte worden de volgende aannames gedaan (VNK, 2005[1]):

- het dijkkringgebied wordt als één geheel beschouwd, er wordt geen rekening gehouden met eventuele compartimenten;
- het volume binnenstromend water is onbeperkt;
- er wordt een waterspiegel opgelegd gelijk aan de laagste kruinhoogte in de dijkkring, behalve in hellend gebied waar een deel van het maaiveld hoger ligt dan de laagste kruinhoogte. In deze gebieden wordt een minimale waterdiepte van 1 meter aangehouden, tot aan de maatgevend hoogwaterstand.

Gedetailleerde methode

Voor de bepaling van waterdieptes (en andere kenmerken die de schade bepalen) is in de gedetailleerde methode gebruik gemaakt van het hydrodynamisch model SOBEK 1D-2D (VNK, 2005[1]). Hiermee is het gedrag van een watersysteem worden gesimuleerd, waarbij zich overstromingen over land voordoen. Op deze manier kunnen de gevolgen van een bres in de waterkering goed worden berekend. Per watersysteem is bekeken óf er mogelijk meervoudige

doorbraken kunnen plaatsvinden. Ook is berekend wat de kans van het optreden van meervoudige doorbraken is. Deze meervoudige doorbraken zorgen voor meer schade dan een enkele doorbraak omdat bij een meervoudige doorbraak meer water in het dijkkringgebied stroomt. Voor het bepalen van de locaties van de bressen en de hydraulische belastingen is gebruik gemaakt van PC-Ring. Uit deze berekeningen zijn per dijkvak, duinvak en kunstwerk de faalkans en de hydraulische belasting bepaald. Met behulp van dit inzicht in de meest kwetsbare plekken zijn meerdere locaties gekozen.

2.4 Schadebepaling

De economische schade is door VNK berekend met behulp van de HIS-Schade en Slachtoffermodule (versie 2.1). Hierin wordt directe materiële schade (bijvoorbeeld schade aan onroerend goed), directe schade door bedrijfsuitval (zakelijke verliezen door productiestilstand) en indirecte schade (bijvoorbeeld reistijdverlies) onderscheiden. Gevolgen voor milieu en schade aan Landschap, Natuur en Cultuurhistorie (LNC-waarden) zijn niet beschouwd (VNK, 2005[2]). Als input voor de schadebepaling dienen de overstromingsdiepte en het grondgebruik.

Met de globale methode wordt een inschatting gegeven van de schade. Deze kan beschouwd worden als een bovengrens. De door het VNK berekende schade bij (extreme) overstroming bedraagt zo'n 290.000 miljoen euro voor dijkkring 14 (VNK, 2005[1]). Met de gedetailleerde methode is vastgesteld dat de economische schade ligt tussen 280 miljoen tot 37.000 miljoen euro, afhankelijk van de locatie van de doorbraak (VNK, 2005[1]).

Het slachtofferrisico is afhankelijk van de locatie van de doorbraak en varieert van 0,012 tot 2,44 per jaar. Voor de ondergrens is uitgegaan van een onverwachte overstroming waarbij geen evacuatie plaatsvindt. Voor de bovengrens is uitgegaan van een voorziene overstroming waarbij een georganiseerde evacuatie plaatsvindt. In het geval van Zuid-Holland zal de doorbraak waarschijnlijk plaatsvinden aan de kust. De situatie op zee is over het algemeen niet langer dan een dag van tevoren te voorspellen en dat biedt onvoldoende tijd voor volledige evacuatie van het bedreigde gebied. In werkelijkheid kunnen zich meerdere breslocaties voordoen en wordt de dijkkring ook bedreigd door overstroming vanuit de grote rivieren. Met name door meervoudige doorbraken kunnen grote gebieden met veel inwoners overstroomd worden. De schade en het aantal slachtoffers zijn sterk afhankelijk van het doorbraakscenario dat het overstroomd gebied en de kenmerken van de overstroming bepaalt de mogelijkheden voor evacuatie. Obstakels in de dijkkring, zoals boezemkades en oude dijken, kunnen voorkomen dat grote delen van de dijkkring overstroomd worden.

Voor dijkkring 14 komen de berekeningen uit op een overstromingskans van 1/2500 per jaar. Deze kans wijkt enigszins af van de overstromingskans genoemd in paragraaf 2.2 (1/1905), omdat bij de risicobenadering nadrukkelijk is gekeken naar de gevolgen van een doorbraak. Op basis hiervan is de overstromingskans die gebruikt is in de gedetailleerde risicobepaling in VNK aangepast. De resultaten voor dijkkring 14 zijn als volgt:

Overstromingskans hele dijkkring	1/2500	[kans per jaar]
Gedetailleerd gemiddeld schadebedrag	5800	[miljoen €]
Gedetailleerd overstromingsrisico	2,3	[miljoen € per jaar]
Globaal schadebedrag	290.000	[miljoen €]
Globaal overstromingsrisico	116	[miljoen € per jaar]

2.5 Risico huidige situatie

Het risico is berekend op basis van de directe gevolgschade van een overstroming (bijvoorbeeld schade aan aanwezige infrastructuur en indirecte schade voor bijvoorbeeld toeleveringsbedrijven). De schade als gevolg van de overstromingsscenario's is omgerekend naar een jaarlijks verwachte schade. Het risico wordt uitgedrukt in een Contante Waarde op basis van een zichtduur van 50 jaar en een discontovoet 2,5%. De Contante Waarde is berekend op basis van de verwachte schade. Deze aanpak is conform de MKBA systematiek van OEI bij SNIP.

Jaarlijks verwachte schade

Risico kan worden uitgedrukt in euro per jaar en is gelijk aan de jaarlijks verwachte schade. Deze wordt als volgt berekend:

$$R = \frac{1}{T_n} \times S(T_n) + \dots + \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right) \times \frac{S(T_2) + S(T_1)}{2}$$

waarin,

- R = risico in euro per jaar
- $T_{1,n}$ = herhalingstijd van 1 (kleinste) tot n (grootste)
- $S(T_n)$ = schade behorende bij herhalingstijd T_n

De berekende schadebedragen zijn gelijk voor de VNK globale methode en de klassieke normerings methode. De herhalingstijd waarvoor deze schade bepaald is verschilt tussen beide methoden. Dit leidt tot verschillende waarden voor de jaarlijks verwachte schade:

- Klassieke methode: 29 miljoen € per jaar
- VNK globale methode: 116 miljoen € per jaar
- VNK gedetailleerde methode: 2,3 miljoen € per jaar

Contante waarde

Om de schade over een zekere tijdshorizon te kunnen beoordelen en te vergelijken met bijvoorbeeld kosten van dijkversterking, wordt de schade uitgedrukt in contante waarde. De contante waarde (CW) van de overstromingsschade is berekend volgens:

$$CW = C * \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) * \frac{1}{r}$$

waarin,

- C = overstromingsschade per jaar (jaarlijks verwachte schade; €)
- r = disconteringsvoet (-)
- n = tijdshorizon; levensduur van het project (jaar)

Wanneer n naar oneindig gaat reduceert de formule tot:

$$CW = \frac{C}{r}$$

Hierbij wordt, aansluitend op de leidraad OEI (Eijgenraam, 2000) een discontovoet van 2,5% gehanteerd. Deze discontovoet is reëel (er wordt geen rekening gehouden met inflatie) en risicovrij. De contante waarde is berekend voor een tijdshorizon van 50 jaar en oneindig (volgens OEI). De resultaten zijn opgenomen in Tabel 2-2.

Tijdshorizon [jaar]	Discontovoet [%]	CW Klassieke methode [miljoen €]	CW VNK globale methode [miljoen €]	CW VNK gedetailleerde methode [miljoen €]
50	2,5	623	2,492	49
oneindig	2,5	725	2,900	58

Tabel 2-2: Contante waarde van overstromingsschade.

2.6 Risico na maatregelen

Voor deze casus zijn alleen de kosten en baten van de maatregel Opheffen van zwakke schakels beschouwd. De identificatie van zwakke plekken heeft in VNK plaats gevonden door een grens vast te stellen voor de overstromingskans. Dijkvakken die een kans hebben die groter is dan deze kans worden dus als *zwak* bestempeld. Daarnaast is een tweede grens vastgesteld die onderscheid maakt tussen dominant zwakke vakken en overige zwakke vakken. De gedachte hierbij is dat mogelijk met een beperkt aantal maatregelen een forse verbetering van de ringkans bewerkstelligd kan worden. De keuze van de genoemde grenzen zijn vrij arbitrair (VNK, 2005[1]).

Gezien het sterk verstedelijkte karakter van het gebied is afgezien van de maatregel om het bestaande gebied op te hogen.

Kostenmodule

Om de kosten van maatregelen door te rekenen is voor de dijkvakken binnen VNK een aparte kostenmodule ontwikkeld. Hiermee zijn de kosten in kaart gebracht die gemoeid zijn met het verbeteren van de dominant zwakke plekken en de overige zwakke plekken. Hierbij wordt benadrukt dat de kosten van maatregelen niet zijn doorgerekend tot het punt waarop een optimum bereikt wordt tussen kosten enerzijds en baten anderzijds.

Zwakke plekken

De onderstaande tabel geeft een overzicht van de grootste bijdragen aan deze overstromingskans. De bijdragen zijn voor de relevante dijkvakken en kunstwerken gegeven per faalmechanisme in volgorde van de grootste bijdrage en uitgedrukt in een betrouwbaarheidsindex bèta.

Dijk/duinvakken	Faalmechanisme	Bèta	Maatregel
4102 Den Haag boulevard (duin)	Duinafslag	3.64	Zandsuppletie
5002 Nijverheidstraat A	Opbarsten/piping	3.67	Kwelwegverlenging 25 m
5106 Duin Katwijk	Duinafslag	4.10	Zandsuppletie
5003 Nijverheidsstaart B	Bekleding/Erosie	4.25	Nader onderzoek
5006 Honingerdijk	Opbarsten/piping	4.27	Nader onderzoek

Kunstwerken	Faalmechanisme	Bèta	Bèta na maatregel
Schutsluis Boerengatsluis	Niet-sluiten	4.08	4.58 (geen fysieke maatr.)
Keersluis Leuvehaven	Niet-sluiten	4.08	4.58 (geen fysieke maatr.)
Uitwateringssluis Scheveningen	Niet-sluiten	4.21	niet beschouwd
Parksluizen	Niet-sluiten	4.27	niet beschouwd
Buitensluis	Niet-sluiten	4.28	niet beschouwd
Parksluizen	Constructief falen	4.30	niet beschouwd
Uitwateringssluis Katwijk	Niet-sluiten	4.33	niet beschouwd

Tabel 2-3: Overzicht van de te beschouwen zwakke plekken.

Effectiviteit van de maatregel

De totale kosten om de geïdentificeerde zwakke plekken op te lossen bedragen ongeveer 4 miljoen euro. De afname van de contante waarde van de schade is ongeveer 40 miljoen euro. Hieruit blijkt dat het opheffen van de zwakke schakels van de beschouwde maatregelen de enige is die kosteneffectief is.

3 Overstromingskans en –risico regionale keringen

3.1 Inleiding

Het Interprovinciaal Overleg (IPO) heeft een richtlijn voor de normstelling voor boezemkaden opgesteld, waarin een afweging gemaakt wordt van de overstromingsschade (alsgevolg van extreme neerslag en doorbreken van boezemkaden) versus de kosten van maatregelen (Fugro, 1998a en b). De Provincie Zuidholland heeft Ingenieursbureau BCC en WL | Delft Hydraulics (Prinsen et al., 2004) gevraagd om vast te stellen of de boezemkaden in het beheersgebied van Hoogheemraadschap Delfland voldoen aan de minimale eisen van veiligheid volgens de IPO-richtlijn. Het ging hierbij alleen om eisen met betrekking tot de kruinhoogten van de boezemkaden.

In dit onderzoek van Prinsen et al. (2004) zijn de afkeurgrenzen voor de kruinhoogten bepaald en zijn de boezemkaden aan deze grenzen getoetst. In maart 2005 heeft het Hoogheemraadschap van Delfland een vernieuwde berekening van de statistiek van de waterstand op de boezem laten uitvoeren (Versteeg, 2005) en in april 2007 zijn de toetshoogten van een aantal boezemkaden herberekend, zoveel mogelijk conform de methodieken en uitgangspunten die in PROMOTOR zijn geïmplementeerd (Bakker et al., 2007).

In dit hoofdstuk wordt de schade door overstromingen vanuit het regionale boezemwater bepaald op basis van Prinsen et al. (2004), Versteeg (2005) en Bakker et al. (2007). Met deze schade is het economisch risico bepaald.

3.2 Inschatting overstromingskans

Statistiek waterstand boezem

De berekening van de statistiek van de boezemwaterstand vormt een belangrijk onderdeel van de IPO-richtlijn. Deze statistiek is gedefinieerd als de relatie tussen de herhalingstijd van de neerslaggebeurtenis en de resulterende maximale boezemwaterstand op representatieve locaties in de boezemwateren. Het Hoogheemraad heeft voor 24 representatieve locaties op de boezem de hoogte van de waterstand bepaald voor terugkeertijden van 10, 30, 100, 300 en 1000 jaar.

Het Hoogheemraadschap van Delfland heeft, o.a. naar aanleiding van de wateroverlast van september 1998, een uitgebreide analyse laten uitvoeren van het boezempoldersysteem en van mogelijke maatregelen (het ABC onderzoeksprogramma). In maart 2005 heeft het Hoogheemraadschap van Delfland een berekening van de statistiek van de waterstand op de boezem laten uitvoeren (Versteeg, 2005). De maatgevende boezempeilen zijn afgeleid uit de modelberekeningen van alle ABC-Boezem maatregelen goedgekeurd door de VV t/m november 2005. De modelberekeningen zijn gebaseerd op basis van de gecorrigeerde bui van september 1998. Daarin is uitgegaan van een initiële waterstand in de boezem van NAP-0,40 m. Na uitvoering van ABC-Boezemaatregelen wordt het boezempeil NAP-0,43 m, met een peilverlaging naar -0,47 m in natte situaties. Voor de poldergemaalcapaciteit is de in het model geïnstalleerde capaciteit aangehouden; er wordt geen rekening gehouden met noodpompen en er zijn geen

maalstops toegepast. De onnauwkeurigheid van berekende waterstanden is ± 5 cm als gevolg van de complexiteit van het systeem en parameteronnauwkeurigheid (HH Delfland, 2006).

Statistiek inundatieniveau polder

Voor het berekenen van de inundatiediepte, die ontstaat na een kadebreuk, is de statistiek van de boezemwaterstand gekoppeld aan de polders. Hierbij zijn de representatieve locaties verbonden met de polders. In het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland grenzen van de totaal 92 administratieve poldereenheden, 61 aan een of meerdere boezemkaden. Op basis van de boezemwaterstand, een instroomniveau, een representatieve, gemiddelde maaiveldhoogte en het oppervlak van de polder wordt bepaald hoeveel water vanuit de boezem de polder instroomt en tot welk niveau de inundatie stijgt bij kade doorbraak.

Schadebepaling

HIS Schade en Slachtoffermodule is ontwikkeld voor het vaststellen van schade en slachtoffers bij grootschalige overstromingen en richt zich op schadebepaling van zowel directe als indirecte schade als gevolg van overstromingen met een relatief grote waterdiepte (HIS-SSM, versie 2.0; Huizinga et al., 2005). In Prinsen et al. (2004) zijn met deze module berekeningen gemaakt van de schade die optreedt bij de vier normeringsterugkeertijden. De schade die na een enkele kade doorbraak kan ontstaan varieert tussen de 1 en ruim 700 miljoen euro, afhankelijk van welke polder inundeert (en het grondgebruik in die polder).

Normen en toetsing

In 2004 is de normering is uitgevoerd volgens de methode van de IPO-richtlijn (Fugro 1998 a en b). In de methode is de norm die aan een kering wordt toegekend gekoppeld aan de schade die in het achterliggende gebied ontstaat. De klassenindeling die hierbij wordt gehanteerd is opgenomen in Tabel 3-1.

Veiligheidsklasse	Gemiddelde terugkeertijd [jaar]	Directe economische gevolgschade [miljoen €]
I	10	0 – 8
II	30	8 – 25
III	100	25 – 80
IV	300	80 – 250
V	1000	>250

Tabel 3-1: Klassenindeling boezemkade normering volgens IPO-richtlijn (Fugro 1998 a en b).

Voor de toetsing is de hoogste vereiste kruinhoogte (ongunstigste scenario) van een boezemwatergang aan een polder gekoppeld. Hiervoor is per veiligheidsklasse (per polder), voor de aanliggende boezemwatergangen met de bijbehorende herhalingstijden, de hoogste kruinhoogte aan de polder gekoppeld. Op basis van de berekende schade is in Prinsen et al. (2004) de veiligheidsklasse per polder bepaald, waarbij gebruik is gemaakt van de in Tabel 3-1 genoemde klassengrenzen.

De IPO-richtlijn geeft aan dat de vereiste kruinhoogte moet worden bepaald door de som van het maatgevend boezempeil, de maximale lokale waterstandsverhoging en de waakhoogte. Bij het combineren van de statistiek van wind en boezemwaterstand is ervan uitgegaan dat deze onderling onafhankelijk zijn. In april 2007 heeft het Hoogheemraadschap van Delfland de toetshoogten van een aantal boezemkadeverbeteringstrajecten te berekenen zoveel mogelijk conform de methodieken en uitgangspunten die in PROMOTOR worden geïmplementeerd (Bakker et al., 2007). De maximale hoogte als gevolg van maatgevend peil en 5-daagse wind of als gevolg van gemiddeld peil en extreme wind is bepaald. Conform de Leidraad regionale keringen is een minimale kruinhoogte marge van 10 cm aangehouden om tot de hoogte op peildatum te komen.

Voor de toetsing van de kruinhoogten is uitgegaan van de leggerhoogte van NAP +0,10 m. De boezemkade met een hogere vereiste kruinhoogte dan de leggerhoogte voldoet niet aan de norm. Uit de toetsing van 2004 bleek dat de boezemkaden van de Oud en Nieuw Wateringveldschepolder (POL411) en de Lage Abtswoudschepolder (POL208) niet voldeden. Na de herberekening van 2005 en 2007 bleek dat bij geen van de getoetste kades de leggerhoogte van NAP + 0,10 m wordt overschreden. Door nieuw verkregen inzichten (Versteeg, 2005 en Bakker et al., 2007) is het resultaat van Prinsen et al. (2004) aangepast. De boezemkaden van de Oud en Nieuw Wateringveldschepolder (POL411) en de Lage Abtswoudschepolder (POL208) voldoen wel aan de norm.

3.3 Risico huidige situatie

3.3.1 Risico op basis van norm

Risico is de kans op falen maal de schade die daarbij optreedt. Bij normering zijn kans en risico direct gerelateerd aan elkaar. Het bereik van de Jaarlijks Verwachte Schade is constant voor de verschillende veiligheidsklassen (Tabel 3-2).

Veiligheidsklasse	Directe economische gevolgschade (mln €)	Gemiddelde terugkeertijd (jaar)	Risico JVS (mln €)
I	0 – 8	10	0,00 - 0,80
II	8 – 25	30	0,27 - 0,83
III	25 – 80	100	0,25 - 0,80
IV	80 – 250	300	0,27 - 0,83
V	>250	1000	> 0,25

Tabel 3-2: Klassenindeling boezemkade normering en bijbehorend risico.

Per kade en overstromingsgebied is het jaarlijks verwachte risico gemiddeld 0,4 miljoen €. Slechts één kade (hoogstwaarschijnlijk met veiligheidsklasse I) zal doorbreken. Na doorbraak zal het water in de boezem dalen waardoor andere kades niet overstromen (systeemwerking).

3.3.2 Risico op basis van toetsing 2004

De waterstandstatistiek is gebruikt om de herhalingstijd te bepalen van het overschrijden van de leggerhoogte bij kades die niet aan de norm voldoen. Op basis van de herhalingstijd en de inundatieschade kan de jaarlijks verwachte schade worden bepaald. De gemiddelde jaarlijks verwachte schade van de kades rond de Oud en Nieuw Wateringveldsche polders die niet aan de norm voldoen wordt genomen als maatgevend voor het systeem. De Jaarlijks Verwachte Schade van de kades van Delfland, die niet aan de norm voldoen, bedraagt 0,9 miljoen €. Als een van deze kades faalt zal het water in de boezem snel dalen en andere kades behoeden voor overstroming. Vandaar dat de risico's niet opgeteld worden.

POLDERID	Polder	T_kruinhoogte [jaar]	Jaarlijks verwachte schader [miljoen €]
POL208	Lage Abtwoudschepolder	400	1.52
POL411	Oud en Nieuw Wateringveldschepolder	300	0.90

Tabel 3 4: Schade en risico bij kruinhoogte.

3.3.3 Risico op basis van toetsing 2007

Omdat alle kadevakken voldoen aan de normering is het jaarlijks verwachte risico gemiddeld 0,4 miljoen €. Dit is de helft van de jaarlijks verwachte schade op basis van de toetsing in 2004.

3.3.4 Contante waarde

De Netto Contante Waarde komt overeen met het bedrag wat op dit moment zou moeten worden gereserveerd, om de jaarlijks verwachte waarde uit te kunnen keren bij een bepaald rentepercentage (gecorrigeerd voor inflatie) voor een vastgestelde tijdshorizon. Door een bedrag 'contant' te maken wordt rekening gehouden met de waardeverandering in de tijd. De NCW is de investeringsruimte en kan worden vergeleken met de kosten van de maatregelen die zijn nodig zijn om de schade te reduceren. De contante waarde (CW) van de inundatieschade is berekend voor een situatie waarin elk jaar (gedurende n jaren) schade wordt opgelopen, welke wordt verdisconteerd naar nu. Dit berekenen we volgens:

$$CW = C * \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) * \frac{1}{r}$$

waarin

C = overstromingsschade per jaar (jaarlijks verwachte schade)

r = disconteringsvoet

n = levensduur van het project in jaren (tijdshorizon)

Wanneer n naar oneindig gaat reduceert de formule tot:

$$CW = \frac{C}{r}$$

Hierbij wordt een discontovoet van 2.5% gehanteerd, aansluitend op de leidraad OEI (Eijgenraam, 2000). Deze discontovoet is reëel (er wordt geen rekening gehouden met inflatie) en risicovrij. De contante waarde is berekend voor een tijdshorizon van 50 jaar en oneindig (volgens OEI). De resultaten zijn opgenomen in Tabel 2-2.

Tijdshorizon [jaar]	Discontovoet [%]	CW [miljoen €]
50	2.5	9
oneindig	2.5	10

Tabel 3-3: Contante waarde van overstromingsschade

Als de investeringen die zijn genomen om de schade te reduceren (de kosten van de maatregelen) lager uitvallen dan de NCW van de baten is het uit overweging van kosten en baten aantrekkelijk om maatregelen te treffen.

3.4 Risico na maatregelen

In de voorgaande paragrafen is een inschatting gemaakt van het risico behorende bij het regionaal watersysteem, gebaseerd op de toetsing van de boezemkaden aan de Interprovinciaal Overleg (IPO) richtlijn voor de normstelling voor boezemkaden (Fugro, 1998a en b). Omdat alle boezemkaden voldoen aan de gestelde richtlijn is alleen de maatregel kadeophoging uitgewerkt.

Door waterkeringen integraal met een meter, decimeringshoogte (Slomp, 2006) te verhogen wordt volgens de systematiek van de huidige Wet op de Waterkering het beschermingsniveau met een factor 10 verhoogd. Hier wordt deze redenering gevolgd en aangenomen dat een dertig centimeter verhoging het jaarlijks risico verlaagt met een factor 10. Eigenlijk wordt gesteld, dat bij 30 cm verhoging geen overstroming vanuit de boezemkaden meer optreedt. De contante waarde van het jaarlijks risico (bij een oneindige tijdshorizon) is gelijk aan € 10 miljoen, dit zijn gelijk de maximale baten (te realiseren als een overstroming nooit voor kan komen).

Het verhogen van de boezemkaden brengt kosten met zich mee. In eerder onderzoek voor dijkkring 7, de Noordoostpolder (Kuijper en Kok, 2006) is uitgegaan van de volgende kosten:

- € 1,2 miljoen per km, bij ophogen met 1,0 m bij toepassen van een grondoplossing
- € 3,4 miljoen per km, bij ophogen met 1,0 m bij toepassen van een constructieve oplossing.

In de kosten-batenanalyse van Ruimte voor de Rivier (Eijgenraam, 2005) worden investeringskosten voor dijkophoging in de betrokken dijkringen gegeven. Dit komt voor dijkverhoging van 1,0 m gemiddeld op € 5,4 miljoen per km.

Op basis van deze studies wordt aangenomen dat de kosten voor 30 cm dijkophoging circa € 1 miljoen per km bedragen. Voor het totale beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland bedragen de kosten

$$300 \text{ km (totale lengte boezemkaden)} \times € 1 \text{ miljoen} = € 300 \text{ miljoen.}$$

De kosten van de maatregel dijkverhoging zijn bij een verhoging met dertig centimeter al veel groter dan de baten, dus deze maatregel is vanuit kosten-baten optiek niet interessant

4 Overstromingskans en –risico regionaal watersysteem

4.1 Inleiding

In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW, 2003) hebben de waterschappen zich verplicht om voor september 2005 hun gebied te toetsen aan zogenaamde 'werknormen' en de wateropgave inzichtelijk te maken. Deze normen zijn gebaseerd op een economische afweging (kosten-batenanalyse) en een inschatting van de maatschappelijke aanvaardbaarheid van de kans op wateroverlast. Het Hoogheemraadschap van Delfland is in 1999 het ABC onderzoeksprogramma gestart om het watersysteem te toetsen. In 1999 was er nog geen landelijke systematiek beschikbaar, hiervoor heeft Delfland zelf een aanpak opgesteld.

De ABC-normen zijn gerelateerd aan de NBW werknormen en houden eveneens rekening met klimaatverandering en grondgebruik (Tabel 4-1). Ongeveer de helft van de polders waren op deze wijze in november 2005 al uitgewerkt. De afronding van het ABC onderzoeksprogramma was echter te laat om als input te dienen voor de rapportage van de werknormen (september 2005). Daarom heeft het Hoogheemraadschap van Delfland het gehele beheersgebied ook getoets aan de werknormen zoals genoemd in het Nationaal Bestuursakkoord Water (Versteeg, 2005a). In dit hoofdstuk wordt schade door inundaties vanuit het regionale watersysteem beschreven aan de hand van de resultaten uit deze toetsing (Versteeg, 2005a en b).

4.2 Inschatting inundatiekans

4.2.1 Normen en toetsing

In het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW, 2003) zijn landelijke werknormen¹ voor wateroverlast in regionale watersystemen vastgelegd (Tabel 4-1). Om aan te sluiten qua inhoud en planning bij de afspraken in het NBW, heeft Delfland het gehele beheersgebied getoetst aan de werknormen zoals genoemd in het NBW. Volgens deze normen mag grasland maximaal eens in 10 jaar en stedelijk gebied maximaal eens in 100 jaar schade ondervinden door regionale wateroverlast. Hierbij wordt rekening gehouden met een zogenaamd maaiveldcriterium, wat inhoudt dat inundatie van een bepaald percentage van het laagst gelegen maaiveld niet als wateroverlast wordt beschouwd. Dit is enerzijds bedoeld om de invloed van bijvoorbeeld lokale depressies en laaggelegen slotkanten te beperken en anderzijds om het effect van meetfouten van de maaiveldhoogte te beperken.

¹ De werknormen zijn in 2007 vastgesteld als de Basisnormen.

Grondgebruik	NBW norm		ABC norm	
	Maaiveldcriterium [% oppervlak]	Terugkeertijd [jaar]	Waterberging [m ³ /ha]	Terugkeertijd [jaar]
Grasland	5	10	170	10
Akkerbouw	1	25	275	25
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1	50	275	25
Glastuinbouw	1	50	325	50
Bebouwd gebied	0	100	325	100

Tabel 4-1 NBW normen en ABC normen

In november 2005 is een studie naar de huidige en toekomstige regionale wateroverlast afgerond (Versteeg, 2005a en b). In dit project is de systematiek van differentiatie in kapitaalintensieve en kapitaalextensieve gebieden verder verfijnd voor stedelijk gebied. Parken, sportvelden en volkstuinten zijn minder kapitaalintensief dan de daadwerkelijk bebouwde gebieden. Om dit tot uitdrukking te laten komen in de normen is er voor gekozen om voor genoemd grondgebruik het maaiveldcriterium te verhogen tot 1% en het beschermingsniveau te handhaven conform het beschermingsniveau van het NBW (Tabel 4-2). Hiermee wordt een beperkte inundatie van dergelijke gebieden toegestaan. Het grondgebruik is ondergebracht in 'Overig stedelijk gebied'. Verder is tevens het beschermingsniveau van aanwezige natuurgebieden in kaart gebracht. Hiertoe is de norm voor natuurgebieden gelijkgesteld aan de norm voor grasland (Tabel 4-2).

Landgebruik	Aangepaste NBW norm	
	Maaiveldcriterium [% oppervlak]	Terugkeertijd [jaar]
Natuur	5% laagste maaiveld	1 x per 10 jaar
Grasland	5% laagste maaiveld	1 x per 10 jaar
Akkerbouw	1% laagste maaiveld	1 x per 25 jaar
Hoogwaardige land- en tuinbouw	1% laagste maaiveld	1 x per 50 jaar
Glastuinbouw	1% laagste maaiveld	1 x per 50 jaar
Overig stedelijk gebied	1% laagste maaiveld	1 x per 100 jaar
Stedelijk gebied	0% laagste maaiveld	1 x per 100 jaar

Tabel 4-2 Normen zoals toegepast in de toetsing wateroverlast Delfland (Versteeg, 2005a)

De toetsing is uitgevoerd met behulp van een gekoppeld hydrologisch-hydraulisch model (Sobek Rural rainfall-runoff en Channel flow modules). Dit model is in het verleden gekalibreerd en ongewijzigd overgenomen, met uitzondering van de voorgenomen maatregelen in het boezemsysteem (ABC-boezem). De wateroverlast is bepaald door een langjarige neerslagreeks met uurwaarnemingen van 1906 tot en met 2004 van de Bilt op te leggen aan het model en zo per locatie een 100-jarige waterstandreeks te berekenen (tijdreeksmethode). Omdat er aanwijzingen zijn dat de neerslag in het kustgebied meer en hogere extremen kent dan de neerslag in De Bilt zijn de neerslaghoeveelheden met 10% verhoogd (zie ook hoofdstuk 2 van het hoofd rapport). De daadwerkelijk doorgerekende periode beslaat niet de volledige reeks, maar bestaat uit een selectie van neerslaggebeurtenissen. Voor het bepalen van de kans op wateroverlast is het bepalen van de jaarmaxima voldoende. Het is echter niet voor elk peilvak of boezemgebied dezelfde gebeurtenis in een jaar die tot een extreme waterstand leidt. Voor snel reagerende watersystemen (stedelijk, glastuinbouw) is een korte intensieve bui maatgevend, terwijl voor een trager reagerend systeem (graslandgebied) een lange gestage bui

maatgevend kan zijn. Door een ruime selectie van gebeurtenissen te kiezen wordt voorkomen dat buien onterecht niet worden meegenomen. De meest extreme neerslaggebeurtenissen zijn geselecteerd, wat resulteert in totaal 380 neerslaggebeurtenissen: 208 wintergebeurtenissen en 172 zomergebeurtenissen.

Vervolgens is per jaar en per locatie de hoogste waterstand bepaald. Nadat de plotpositie van de data is bepaald zijn deze jaarmaxima op logaritmisch papier uitgezet. In Versteeg (2005a en b) is vastgesteld dat de berekening van een honderdjarige reeks het gehele spectrum van de herhalingstijden die nodig zijn voor de normering representeert en dat een statistische naverwerking in de zin van het fitten van een verdeling en extrapolatie daarvan niet noodzakelijk was. Het resultaat van de toetsing is dat bij het huidige klimaat, 439 ha in Delfland niet aan de norm voldoet. In Tabel 4-3 is dit uitgesplitst naar landgebruik en is ook de situatie in 2050 gegeven. Voor de situatie in 2050 is alleen rekening gehouden met klimaatverandering (middenscenario 2050). In de huidige situatie is het oppervlak dat niet voldoet 1,8% van het totale polderoppervlak, in de toekomst situatie is dit ongeveer 3,2%.

	Huidig klimaat (de Bilt +10%)	Klimaatscenario (de Bilt +20%)
Aantal peilvakken (totaal aantal peilvakken is 960) dat niet voldoet aan de normen voor		
- Stedelijk gebied	75	92
- Overig stedelijk gebied	40	48
- Glastuinbouw	41	55
- Akkerbouw	7	12
- Grasland	37	45
- Natuur	5	5
Totale wateropgave in m ³	1.650.000 m ³	2.450.000 m ³
Totale wateropgave in ha, onderverdeeld in		
- Stedelijk gebied	109 ha	180 ha
- Overig stedelijk gebied	50 ha	73 ha
- Glastuinbouw	87 ha	175 ha
- Akkerbouw	11 ha	21 ha
- Grasland	171 ha	338 ha
- Natuur	11 ha	20 ha
Totale wateropgave in ha	439 ha	806 ha

Tabel 4-3 Oppervlak in Delfland dat niet voldoet aan de norm voor het huidige klimaat en na klimaatverandering.

De toelichting op bovenstaande resultaten uit Versteeg (2005a) is hieronder cursief weergegeven.

In de overzichtstabel is het meest kritische grondgebruikstype voor de peilvakken weergegeven. Te zien is dat een groot deel van peilvakken is genormeerd op stedelijk gebied. Het gaat hierbij vaak om verspreide bebouwing in het buitengebied die niet voldoet aan de normen. Verder valt op dat het geïnundeerd oppervlak dat niet voldoet aan de normen bijna met een factor twee toeneemt ten gevolge van klimaatverandering. Omdat de bergingsruimte in de huidige situatie al grotendeels is opgebruikt, wordt de neerslagtoename in het toekomstscenario (de Bilt +20%) direct doorvertaald in een extra bergingstekort. Het bergingstekort neemt daartoe met circa +50% toe, beduidend meer dan de neerslagtoename.

In de wateropgave kan rekening worden gehouden met het feit dat een deel van de opgave kan worden vereffend in gebieden met een bergingsoverschot. De reden hiervoor is dat hier in de praktijksituatie bij het beheer van het watersysteem rekening mee is gehouden. In het overleg met de beheerders is aangegeven dat de modelresultaten in sommige gebieden een te grote peilstijging lieten zien ten opzichte van naastgelegen gebieden, omdat de instellingen van het stuwbeheer in extreme situaties in de praktijk anders zijn dan gemodelleerd. Als er van wordt uitgegaan dat 50% van het bergingstekort in de praktijk in naastgelegen gebieden kan worden gecompenseerd, is de wateropgave: 1,4 miljoen m³ in de huidige situatie en 2,1 miljoen m³ ten gevolge van het klimaatscenario.

In de boezemgebieden treden geen normoverschrijdingen op. Door de uitgevoerde en geplande verbeteringsmaatregelen in de boezem (ABC-boezem) wordt niet alleen het veiligheidsniveau van de boezemkaden verhoogd, maar voldoet het boezemland tevens aan de werknormen voor wateroverlast, ook na klimaatverandering.

4.2.2 Schadebepaling

Met behulp van de schademodule van HIS Schade en Slachtoffermodule (HIS-SSM, versie 2.2; Huizinga et al., 2005) zijn in Versteeg (2005a en b) berekeningen gemaakt van de schade die optreedt bij de vier normeringsterugkeertijden. HIS-SSM is ontwikkeld voor het vaststellen van schade en slachtoffers bij grootschalige overstromingen en richt zich op schadebepaling van zowel directe als indirecte schade als gevolg van overstromingen met een relatief grote waterdiepte. De berekende schade voor de situatie na klimaatverandering is weergegeven in Tabel 4-4. Versteeg (2005a) merkt hierbij op dat 50 procent van de schade in de uitgangssituatie bij T100 wordt veroorzaakt in 20 peilvakken en dat deze 15% van het totaal oppervlak van de peilvakken beslaan. De schade in deze peilvakken is beduidend hoger dan in de andere situaties omdat de waterstand net hoog genoeg is om schade aan bebouwing en stedelijk gebied te veroorzaken. Bij een lagere frequentie wordt deze 'drempel' niet gehaald en valt de schade veel lager uit. In die situaties is de schade overigens in een nog kleiner deel van het gebied geconcentreerd.

	Herhalingstijd [jaar]	Schade [€]
Klimaatscenario	10	19,995,328
	25	28,344,375
	50	39,036,970
	100	397,906,434

Tabel 4-4 Schade bij de berekende terugkeertijden, bepaald met HIS-SSM

In de schadeberekeningen van HIS-SSM wordt rekening gehouden met indirecte schade ten gevolge van overstromingen door het niet bereikbaar zijn van bijvoorbeeld industrieterreinen, kantoorgebouwen enz. Deze schade treedt op als van significante inundatiedieptes en van evacuatie sprake is. Bij wateroverlast in de polders, veroorzaakt door overtollige neerslag speelt dit echter geen rol. De schadeberekeningen zijn daarom gefilterd. De resultaten van deze filtering zijn weergegeven in Tabel 4-5. Deze getallen worden hier verder gebruikt voor beschrijving van de analyse.

	Herhalingstijd [jaar]	Schade [€]
Klimaatscenario	10	17,819,193
	25	25,380,377
	50	35,027,479
	100	317,678,027

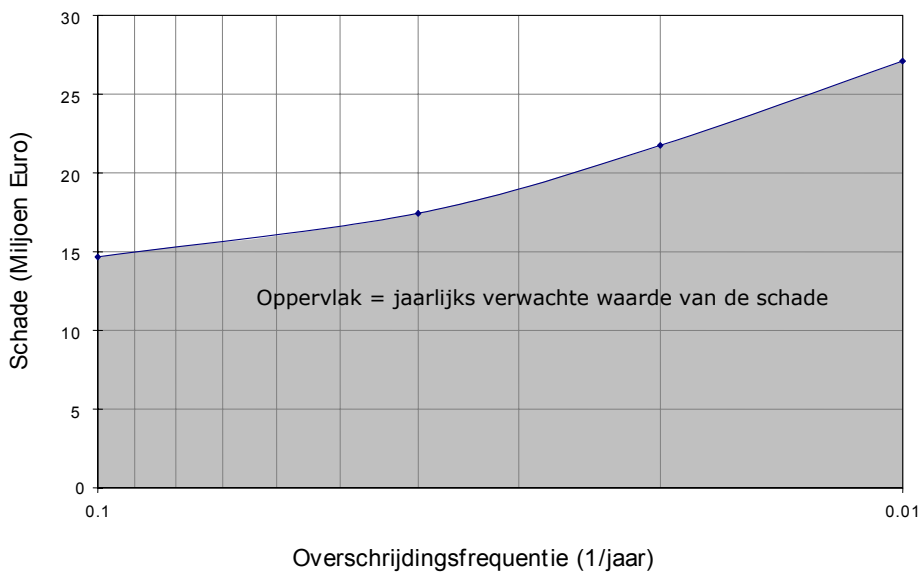
Tabel 4-5 Schade na filtering van de indirecte schade bij de berekende terugkeertijden

Bij de schadeberekening wordt nog de volgende opmerking gemaakt: *Grondwaterstanden zijn niet meegenomen in de schadeberekening, dus schade aan grasland, akkerbouw en hoogwaardige land- en tuinbouw voordat er inundatie optreedt wordt niet bepaald. In eerder onderzoek voor Waterschap Aa en Maas (Sterk Consulting en HKV lijn in water, 2005) is zowel de natschade door hoge grondwaterstanden als de inundatieschade bepaald. Hier bleek dat de inundatieschade ongeveer 80% van de totale schade veroorzaakt. Waterschap Aa en Maas omvat een licht hellend gebied, waar grondwater makkelijker tot afstroming komt dan in een vlak gebied als Delfland. De verwachting is dat in Delfland natschade meer dan 20% van de totale schade zal bedragen, maar het voert te ver om dit te kwantificeren.*

4.3 Risico huidige situatie

4.3.1 Jaarlijks verwachte schade

Om de schade bij de verschillende terugkeertijden te kunnen vergelijken met investeringen dienen deze te worden uitgedrukt in de Jaarlijks Verwachte Waarde (JVW). De jaarlijks verwachte waarde is de schade die gemiddeld ieder jaar voorkomt, uitgedrukt in €/jaar. De JVW is het oppervlak onder de schade-overschrijdingsfrequentie grafiek. De berekening van de JVW is geïllustreerd in Figuur 4-1. Ter illustratie: een schade van 1000 € die eens per 100 jaar voorkomt zorgt voor een schade van 10 € per jaar, een schade van 500 € die eens per 25 jaar voorkomt zorgt voor een schade van 20 € per jaar. Beide schadegetallen dragen bij aan de jaarlijks verwachte waarde van de schade.



Figuur 4-1 Illustratie van de berekening van de Jaarlijks verwachte waarde van de schade

Bij de berekening van de JVW is uitgegaan van de vier berekende schadegetallen en frequenties zoals weergegeven in Tabel 4-5. Hierbij zijn aanvullend de volgende aannamen genomen:

- Tussen de bekende schadegetallen en overschrijdingsfrequenties is een logaritmische relatie verondersteld om het oppervlak onder de schadecurve te kunnen integreren (dit betekent dat op logaritmisch papier een rechte lijn tussen de berekende punten is verondersteld).
- Om de schadecurve vaker dan eens per 10 jaar te beschrijven is aangenomen dat bij een herhalingstijd van 5 jaar geen schade optreedt.
- Omdat niet genormeerd wordt op gebeurtenissen die minder vaak voorkomen dan 1/100 jaar wordt de schade minder vaak dan 1/100 jaar gelijk verondersteld.

De JVW van de schade is 7,4 miljoen €/jaar. Dit is de schade die gemiddeld ieder jaar optreedt (exclusief de indirecte schade).

4.3.2 Contante waarde

De Netto Contante Waarde komt overeen met het bedrag wat op dit moment zou moeten worden gereserveerd, om de jaarlijks verwachte waarde uit te kunnen keren bij een bepaald rentepercentage (gecorrigeerd voor inflatie) voor een vastgestelde tijdshorizon. Door een bedrag 'contant' te maken wordt rekening gehouden met de waardeverandering in de tijd. De NCW is de investeringsruimte en kan worden vergeleken met de kosten van de maatregelen die zijn nodig zijn om de schade te reduceren. De contante waarde (CW) van de inundatieschade is berekend voor een situatie waarin elk jaar (gedurende n jaren) schade wordt opgelopen, welke wordt verdisconteerd naar nu. Dit berekenen we volgens:

$$CW = C * \left(1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right) * \frac{1}{r}$$

waarin

C = overstromingsschade per jaar (jaarlijks verwachte schade)

r = disconteringsvoet

n = levensduur van het project in jaren (tijdshorizon)

Wanneer n naar oneindig gaat reduceert de formule tot:

$$CW = \frac{C}{r}$$

Hierbij wordt, aansluitend op de leidraad OEI (Eijgenraam, 2000) een discontovoet van 2,5% gehanteerd. Deze discontovoet is risicovrij en reëel (er wordt geen rekening gehouden met inflatie). De contante waarde is berekend voor een tijdshorizon van 50 jaar en oneindig (volgens OEI). De resultaten zijn opgenomen in Tabel 2-2.

Tijdshorizon [jaar]	Discontovoet [%]	CW (excl. indirecte schade) [miljoen €]
50	2,5	159
oneindig	2,5	186

Tabel 4-6: Contante waarde van inundatieschade

Als de investeringen die zijn genomen om de schade te reduceren (de kosten van de maatregelen) lager uitvallen dan de NCW van de baten is het uit overweging van kosten en baten aantrekkelijk om maatregelen te treffen.

4.4 Risico na maatregelen

4.4.1 Beschrijving maatregelen

In de voorgaande paragrafen is voor het beheersgebied van het Hoogheemraadschap van Delfland een inschatting gemaakt van het risico behorende bij het regionaal watersysteem, gebaseerd op de toetsing van het watersysteem aan de werknormen van het Nationaal Bestuursakkoord Water (NBW, 2003). Deze risico inschatting is gebaseerd op een onderzoek van Versteeg uit november 2005 (Versteeg, 2005a en b). In datzelfde onderzoek zijn maatregelen gedefinieerd om te bepalen of door het nemen van maatregelen de knelpunten kunnen worden opgelost. Door bijvoorbeeld het oppervlak aan open water uit te breiden, zal de kans op hogere waterstanden afnemen. Dit vertaalt zich in een lager risico. Het effect van maatregelen is door Versteeg (2005a en b) berekend op basis van klimaatsveranderingen volgens het middenscenario 2050.

Voor het doorrekenen van de maatregelen zijn de volgende overwegingen gehanteerd (Versteeg, 2005a en b):

Afvoeren

Op basis van de bemalingsnormen die door het Hoogheemraadschap worden gehanteerd is voor een aantal poldergemalen capaciteitsuitbreiding voorzien. De capaciteitsuitbreidingen is eerder vastgesteld. Er zijn berekeningen gemaakt met de door het Hoogheemraadschap opgegeven nieuwe gemalcapaciteiten. Operationele maatregelen als voormalen, inzetten van noodbemaling of een maalstop zijn niet beschouwd.

Vasthouden

Door het water binnen een polder slim te verdelen kan beter aan de normen worden voldaan. Veelal kan in de hoger gelegen peilvakken water worden vastgehouden om het bemalen peilvak te ontlasten. Hierdoor ontstaat de zogenaamde normopvulling. Dit betekent dat de bergingsruimte in peilvakken binnen een polder wordt benut om peilvakken die niet aan de normen voldoen te ontlasten. Implementatie van deze maatregel in de praktijk kan, afhankelijk van de situatie relatief eenvoudig zijn (beperken afvoercapaciteit van een stuw) of ingewikkeld zijn (automatiseren van meerdere stuwen op basis van neerslagvoorspelling). De in Versteeg (2005a en b) geïmplementeerde maatregel geeft het maximale effect van het vasthouden van water weer.

Bergen

Het na bovenstaande maatregelen overgebleven bergingstekort wordt opgevangen door uitbreiding van de bergingscapaciteit in het open water. Deze bergingsruimte wordt gecreëerd door het oppervlak open water te vergroten. De te creëren bergingsruimte in een peilvak is daartoe gelijkgesteld aan de wateropgave voor het betreffende peilvak.

In de volgende paragrafen zijn de maatregelen en hun effecten uitgewerkt. Voor het gehele maatregelen pakket zijn de kosten en baten in kaart gebracht en is een kosten-batenanalyse gedaan.

4.4.2 Resterende schade

De maatregelen zijn aanvullend aan elkaar opgesteld, in de volgorde afvoeren, vasthouden bergen.

In Tabel 4-7 is een overzicht gegeven van de effectiviteit van de maatregelen. Hierbij valt op dat, ondanks dat met de aanleg van berging de volledige wateropgave van 1.350.000 m³ is gecompenseerd, niet de gehele wateropgave is opgelost. Dit wordt veroorzaakt door de complexiteit van het watersysteem en het systeemgedrag in extreme situaties.

	Klimaatscenario	Afvoeren	Afvoeren + Vasthouden	Afvoeren + vasthouden + bergen
Aantal peilvakken dat niet voldoet aan de normen voor				
- Stedelijk gebied	92	90	68	39
- Overig stedelijk gebied	48	47	36	5
- Glastuinbouw	55	53	42	9
- Akkerbouw	12	12	6	2
- Grasland	45	39	36	13
- Natuur	5	5	4	2
Totale wateropgave in m ³	2.450.000 m ³	2.250.000 m ³	1.350.000 m ³	210.000m ³

Tabel 4-7 Overzicht van de effectiviteit van maatregelen

Met behulp van de schademodule van HIS Schade en Slachtoffermodule (HIS-SSM, versie 2.2; Huizinga et al., 2005) zijn in Versteeg (2005a en b) berekeningen gemaakt van de schade die optreedt na uitvoering van de maatregelen. De berekende schade voor de situatie na klimaatverandering (de Bilt +20%) is weergegeven in Tabel 4-4. Versteeg (2005a) merkt hierbij op dat 50 procent van de schade in de uitgangssituatie bij T100 wordt veroorzaakt in 20 peilvakken waar de waterstand net hoog genoeg is om schade aan bebouwing en stedelijk gebied te veroorzaken. Na het nemen van maatregelen wordt deze 'drempel' niet gehaald en neemt de schade aanzienlijk af (factor 10). Bij wateroverlast in de polders, veroorzaakt door overtollige neerslag, zal de indirecte schade door het niet bereikbaar zijn van bijvoorbeeld industrieterreinen, kantoorgebouwen enz, gering zijn. Daarom zijn de schadeberekeningen gefilterd. De resultaten van deze filtering zijn ook weergegeven in Tabel 4-4. Deze gefilterde getallen worden hier verder gebruikt voor beschrijving van de analyse.

	Herhalingstijd	Schade incl. indirecte schade	Schade excl. indirecte schade
	[jaar]	[€]	[€]
Klimaatscenario	10	16.404.869	14.655.139
	25	19.544.143	17.435.883
	50	24.456.778	21.748.818
	100	30.617.183	27.109.373

Tabel 4-8 Schade na uitvoering van maatregelen, bepaald met HIS-SSM

4.4.3 Resterend risico

De jaarlijks verwachte waarde (JVW) van de schade na uitvoering van de maatregelen is 2,5 miljoen €/jaar. Dit is de schade die gemiddeld ieder jaar optreedt (exclusief de indirecte schade). Het verschil tussen de jaarlijks verwachte schade voor en na uitvoering van de maatregelen, is gelijk aan de jaarlijks verwachte baten van de maatregelen. De jaarlijks

verwachte baten zijn gelijk aan 4,9 miljoen €/jaar. Bij de berekening van de jaarlijks verwachte waarde is uitgegaan van de vier berekende schadegetallen en frequenties zoals weergegeven in Tabel 4-8. De Contante Waarde is de investeringsruimte en kan worden vergeleken met de kosten van de maatregelen die nodig zijn om de schade te reduceren. De CW zijn opgenomen in Tabel 4-9.

Tijdshorizon [jaar]	Discontovoet [%]	CW (excl. indirecte schade) [miljoen €]
50	2,5	106
Oneindig	2,5	123

Tabel 4-9 Contante waarde van de baten

4.4.4 Effectiviteit van de maatregelen

Op basis van kostenkengetallen zijn de totale investeringskosten van de geïmplementeerde maatregelen ingeschat (Versteeg, 2005a en b). Deze kengetallen en de benodigde maatregelen zijn opgenomen in onderstaande tabel.

Type maatregel	Kengetallen	Hoeveelheid
Aanleg berging in stedelijk/glastuinbouwgebied	€ 90 per m ²	circa 200 ha
Aanleg berging in akkerbouw/graslandgebied	€ 47 per m ²	circa 500 ha
Uitbreiding gemaalcapaciteit	€ 43.000 per m ³ /min	247 m ³ /min
Automatiseren stuw	€ 92.000 per stuw	circa 50 stuwen

Tabel 4-10 Kostenkengetallen van de maatregelen

De grootste kostenpost ligt in het aanleggen van de berging (ruim € 400 miljoen). De totale investeringskosten bedragen circa € 425 miljoen. Omdat het een eerste verkenning is zijn de onderhouds- en exploitatiekosten niet verder gekwantificeerd. Uit de analyse blijkt dat kan worden geconcludeerd dat de investeringskosten die nodig zijn om de maatregelen uit te voeren ruim groter zijn dan de baten door het voorkomen van schade.

5 Beoordelingskader

In voorgaande hoofdstukken is voor casus Delfland een vergelijking gemaakt tussen de risico's horende bij overstroming van de primaire keringen, het regionale watersysteem en vanuit de poldersystemen. Hiertoe zijn overstromingsschades bepaald, effectiviteit van maatregelen en kosten van maatregelen. In dit hoofdstuk worden de resultaten samengevat en met elkaar vergeleken.

Voor het dijkringgebied 14 Zuid-Holland zijn, de volgende punten onderzocht:

- overstromingsrisico, jaarlijks verwachte schade en contante waarde van de schade voor primaire keringen:
 - uitgaande van de norm,
 - uitgaande van de *werkelijke overstromingskans* (toetsing VNK).
 - effecten van maatregelen met betrekking tot het reduceren van de overstromingskans van primaire keringen en met betrekking tot het reduceren van de gevolgen van een overstroming van de primaire keringen
- overstromingsrisico, jaarlijks verwachte schade en contante waarde van de schade voor boezemkaden:
 - uitgaande van de norm
 - uitgaande van de *werkelijke faalkans* (toetsing boezemkaden).
 - effecten van maatregelen met betrekking tot het reduceren van de faalkans van boezemkaden en met betrekking tot het reduceren van de gevolgen van een overstroming van de boezemkaden
- inundatierisico, jaarlijks verwachte schade en contante waarde van de schade voor wateroverlast vanuit het poldersysteem.
 - uitgaande van de norm
 - uitgaande van de *werkelijke faalkans* (toetsing NBW).
 - effecten van maatregelen met betrekking tot het reduceren van de faalkans van van het poldersysteem en met betrekking tot het reduceren van de gevolgen van een inundatie in het poldersysteem.

5.1 Toelichting bij berekeningen en kentallen in beoordelingskader

De contante waarde van schade en maatregelen wordt vergeleken in het onderstaande beoordelingskader.

Beoordelingscriterium	een- heid	huidig beheer en onderhoud	Alternatief			
			Investeren in maatregelen			
			aanpakken zwakke plekken primaire keringen	ophogen boezem- kaden	aanpakken neerslag- inundatie (vasthouden, bergen en afvoeren)	ophogen kernen hoog
CW overstromingsschade	mln. €					
- Primaire keringen		10	4	10	10	
- Boezemkaden		9	9	0	9	
- Poldersysteem		159	159	159	54	
- Totaal		217	186	208	112	
Aantal getroffen inc. slachtoffers		-	-	-	-	-
Aantal slachtoffers		600	600	600	600	600
CW totale gemonetariseerde overstromingsschade	mln. €					
- Primaire keringen		12	4	12	12	
- Boezemkaden		9	9	0	9	
- Poldersysteem		159	159	159	54	
- Totaal		180	172	171	75	
CW kosten maatregelen	mln. €					
- Primaire keringen		0	1	0	0	
- Boezemkaden		0	0	300	0	
- Poldersysteem		0	0	0	425	
- Totaal		0	1	300	425	
Contante Waarde	mln. €	180	173	471	500	

Bij de tabel wordt het volgende opgemerkt:

- Er is geen rekening gehouden met autonome ontwikkeling (behalve bij poldersysteem: hier is gerekend met klimaatverandering – midden scenario).
- Verrekening resultaten dijkkring 14 naar beheersgebied Delfland: aangenomen is dat 20 procent van de schade en 20 procent van de kosten toebedeeld worden aan de case Delfland.
- Risico primaire keringen: risico berekend met de gedetailleerde VNK methode, zichtduur 50 jaar, discontovoet 2,5%.
- Risico boezemkaden: risico berekend met de verbeterde methode van de IPO-richtlijn, zichtduur 50 jaar, discontovoet 2,5%.
- Risico poldersysteem: risico berekend met de NBW-systematiek en HIS_SSM schademodel (excl. indirecte schade), zichtduur 50 jaar, discontovoet 2,5%.

- Aanpakken zwakke plekken primaire keringen: referentie som met aanpassing van alle zwakke dijkvakken en kunstwerken (maatregelen combinatie uit VNK).
- Ophogen boezem-kaden: integraal ophogen met een 30 cm waarbij aangenomen wordt dat overstromen niet meer mogelijk is.
- Aanpakken neerslag-inundatie (vasthouden, bergen en afvoeren): referentie som met uitbreiding van een gering aantal poldergemalen (totaal 247 m³/m), uitgebreide aanpassing van stuwbeheer (circa 50 stuwen) en realisatie van 200 ha berging in bebouwd gebied en 500 ha berging in onbebouwd gebied.
- Aantal slachtoffers is in navolging van de VNK resultaten gesteld op een slachtoffer risico van 1,2 per jaar.
- Gemonetariseerde overstromingsschade: hierin zijn de economische schade opgenomen en de kosten per slachtoffer (2,2 mln. euro per slachtoffer (RWS RIZA, 2007)). Kosten per getroffen zijn onbekend en daarom buiten beschouwing gelaten².
- Kosten van aanpakken zwakke plekken primaire keringen zijn onzeker, in het ongunstigste geval bedragen de kosten 3,7 mln. euro volgens VNK (2005), dit getal is hier gehanteerd.
- Kosten voor ophogen boezemkaden, aanpakken neerslag-inundatie en ophogen van de kernen zijn ruwe schattingen.

5.2 Gevoeligheidsanalyse

Primaire keringen

De kans op een overstroming van de primaire keringen in Zuid-Holland is bepaald met de klassieke methode en met de VNK methoden. De klassieke methode is gebaseerd op falen van de kering vanaf een waterstand horende bij de norm (1/10000 per jaar). De VNK methoden zijn gebaseerd op de werkelijke faalkans, waarbij ook falen als gevolg van andere factoren dan waterstand wordt beschouwd (kans van falen is 1/2500 per jaar). De klassieke methode en de globale VNK methode veronderstellen dat de dijkring geheel vol loopt tot het niveau van de laagste kruin van de dijkring. In de gedetailleerde VNK methode wordt voor de bepaling van de waterdiepte bresberekeningen gemaakt met een hydrodynamisch overstromingsmodel. De verschillende kansen en de verschillende gevolgen leiden tot een verschillend risico en daarmee tot een verschil in contante waarde. Tabel 5-1 toont dit verschil. Deze contante waarde is gebaseerd op economische waarde, slachtoffers zijn hierin niet gemonetariseerd.

	Klassieke methode	VNK globale methode	VNK gedetailleerde methode
CW [miljoen €]	125	498	10

Tabel 5-1 Contante waarde van de economische schade voor overstroming van de primaire kering, bij een tijdshorizon van 50 jaar en een discontovoet van 2,5%

Poldersysteem

De economische schade die ontstaat bij inundatie vanuit het poldersysteem is berekend voor de situatie na klimaat ontwikkeling (neerslag de Bilt +20%). Uit de studie naar regionale verschillen in extreme neerslag (hoofdstuk 2 van het hoofdrapport) blijkt dat in de huidige situatie in het beheersgebied van Delfland gerekend mag worden met een neerslag 8 tot 14%

² De kosten van de preventieve evacuatie in 1995 zijn beraamd op 1000 gulden per persoon (Bouwdienst, 2006). Deze mensen konden echter na een paar dagen weer naar huis, waar dit na een werkelijke overstroming maanden tot jaren kan duren.

groter dan in de Bilt. In de Tabel 4-3 is het meest kritische grondgebruikstype voor de peilvakken weergegeven. Te zien is dat in een groot deel van peilvakken het stedelijk gebied inundeert. Het gaat hierbij vaak om verspreide bebouwing in het buitengebied die niet voldoet aan de normen. Verder valt op dat het geïnundeerd oppervlak dat niet voldoet aan de normen bijna met een factor twee toeneemt ten gevolge van klimaatverandering. Omdat de bergingsruimte in de huidige situatie al grotendeels is opgebruikt wordt de neerslagtoename in het toekomstscenario (+20%) direct doorvertaald in een extra bergingstekort. Het bergingstekort neemt daartoe met circa +50% toe, beduidend meer dan de neerslagtoename.

	Huidig klimaat	Klimaatscenario
Totale wateropgave in ha, onderverdeeld in		
- Stedelijk gebied	109 ha	180 ha
- Overig stedelijk gebied	50 ha	73 ha
- Glastuinbouw	87 ha	175 ha
- Akkerbouw	11 ha	21 ha
- Grasland	171 ha	338 ha
- Natuur	11 ha	20 ha
Totale wateropgave in ha	439 ha	806 ha
Totale wateropgave in m ³	1.650.000 m ³	2.450.000 m ³

Tabel 5-2 Oppervlak in Delfland dat niet voldoet aan de norm voor het huidige klimaat en na klimaatverandering.

5.3 Conclusies

De economische risico's in contante waarde voor primaire keringen en de boezemkaden ligt in dijkkring 14 in dezelfde orde van grootte. Het risico horende bij het poldersysteem is wel aanzienlijk groter dan dat van beide waterkeringen (respectievelijk 159, 10 en 9 mln. €). Wanneer slachtoffers gemonetariseerd worden meegewogen in het risico, verandert deze verhouding nauwelijks. Zo bezien zou de conclusie kunnen zijn om in de huidige situatie investeringen in de polders te prefereren boven investeringen in primaire keringen of regionale keringen. Echter, voor de in dit onderzoek beschouwde maatregelen geldt dat de enige kosten-effectieve maatregel is gevonden in de primaire keringen, door de zwakke plekken aan te pakken.

Systeem	maximaal economisch risico (CW) [mln. €]	minimaal economisch risico (CW) [mln. €]
Primaire kering (gemonetariseerd)	498 (VNK globaal)	10 (VNK gedetailleerd)
Boezemkaden	13 (falen kaden rond stedelijk gebied)	9 (norm risico)
Poldersysteem	159 (NBW toetsing + HIS_SSM)	32 (NBW normen + HIS_SSM)

Tabel 5-3 Minimaal en maximaal economisch risico voor de primaire keringen en het poldersysteem, bij een tijdshorizon van 50 jaar en een discontovoet van 2,5%

In het geval alle type watersystemen op orde zijn gebracht, dat wil zeggen voldoen aan de vigerende normen, is het risico van de primaire keringen € 125 mln., voor de regionale keringen € 9 mln. en voor wateroverlast in de polders € 32 mln. De waarde voor de primaire keringen lijkt daarbij niet reëel aangezien uit de gedetailleerde VNK methode een reëel risico van € 10 mln. blijkt voor de huidige situatie en dit zal nog lager zijn wanneer de zwakke plekken in de

primaire keringen zijn aangepakt. In dat geval lijkt de norm voor wateroverlast in de polders te laag te zijn, immers de risico's zijn hier het grootst. Kanttekening daarbij is dat in het risico van de primaire keringen de maatschappelijke ontwrichting en het belang van het gebied voor de BV Nederland mogelijk niet in zijn volle omvang is verdisconteerd.

6 Samenvatting

Inleiding

Doelstelling van het onderzoeksproject 'Van Neerslag tot Schade' is om een aantal aspecten van risico's van overstromingen en water overlast nader te onderzoeken. Voor de bescherming tegen overstromingen van waterkeringen en wateroverlast in regionale watersystemen is een normering beschikbaar. De werkwijze waarmee de normen zijn bepaald is voor de primaire- en regionale waterkeringen en regionale watersystemen vergelijkbaar. Deze systematiek bestaat uit een risicobeschouwing aangevuld met een bestuurlijke afweging van het maatschappelijk belang en kosten en baten van maatregelen. Hoewel de gevolgde werkwijze vergelijkbaar is, zijn de normen voor de primaire-, regionale waterkeringen en regionale watersystemen onafhankelijk van elkaar tot stand gekomen. Dat doet de vraag rijzen of de normen met elkaar in evenwicht zijn.

De doelstelling van dit deel van het onderzoek is dan ook om vast te stellen of de verschillende normen met elkaar in evenwicht zijn. Dit wordt vanuit twee verschillende invalshoeken benaderd, vertaald in twee onderzoeksvragen:

Hoe verhouden de normen zich tot elkaar vanuit oogpunt van risico;

Hoe verhouden de normen zich tot elkaar vanuit oogpunt van kosten en baten van maatregelen.

In dit deelrapport worden de resultaten van dijkkring 14 nader beschreven. Het betreft een sterk verstedelijkt gebied met daarbij op uitgebreide schaal glastuinbouw. In het gebied is veel veenweide aanwezig, met een geringe drooglegging. De dreiging van overstroom/bezwijken van de primaire waterkeringen komt van de Noordzee. De primaire keringen zijn genormeerd op een jaarlijkse overstromingskans van 1/10.000.

Risico huidige situatie

In Tabel 6-1 is het risico in de huidige situatie weergegeven. Tevens is het risico op basis van het genormeerde beschermingsniveau weergegeven. Het risico van overstroom/bezwijken van de primaire waterkeringen kent een grote bandbreedte. Het weergegeven minimale getal volgt uit een enkele breslocatie langs de Noordzeekust. In werkelijkheid kunnen zich meerdere breslocaties voordoen en wordt de dijkkring ook bedreigd door overstroming vanuit de grote rivieren. Het weergegeven maximale getal volgt uit een scenario waarbij de hele dijkkring onder water staat. De werkelijkheid zal zich ergens tussen deze twee waarden bevinden. Op basis van de resultaten van VNK I wordt uitgegaan van een verwacht slachtoffer aantal van 600 in geval van een overstroming.

	Actuele Beschermingsniveau	Genormeerd beschermingsniveau
CW Risico Primaire keringen	10-500	125
CW Risico Regionale keringen	10	10
CW Risico Regionaal watersysteem	150	30
Totaal	170-650	170

Tabel 6-1: Contante Waarde van het risico in € mln (afgerond).

Verder valt in de tabel het grote verschil tussen het actuele risico en genormeerde risico voor regionale wateroverlast op. Dit kent twee oorzaken: er is rekening gehouden met een neerslagbelasting die 20% hoger ligt dan in De Bilt. Uit de studie naar regionale verschillen in extreme neerslag (hoofdstuk 2 van het hoofdrapport) blijkt dat dit in werkelijkheid 8 tot 14% zou moeten zijn. De andere oorzaak is dat de drooglegging in het stedelijke gebied zoals die volgt uit de landgebruik en hoogtekaart kleiner is dan in werkelijkheid (waarin de drooglegging overigens inderdaad beperkt is, maar niet zo gering als uit de gegevens volgt). Dit zorgt er voor dat het risico van regionale wateroverlast in de huidige situatie wordt overschat.

Op basis van deze overwegingen wordt gesteld dat, met inachtneming van het verwachte aantal slachtoffers in geval van een overstroming en de grote maatschappelijke ontwrichting in dit dichtbevolkte deel van Nederland, het risico van overstromen/bezweijken van de primaire waterkeringen in dit gebied het grootst is.

Conclusie 1 van deze casus: De normen zijn in dijkkring 14 in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland niet in evenwicht als naar de omvang van het risico wordt gekeken. Het risico van de primaire keringen is het grootst.

Risico's na maatregelen

Voor deze casus zijn de kosten en baten van de volgende maatregelen beschouwd:

- Primaire keringen:
 1. Opheffen zwakke schakels.
- Regionale keringen en regionaal watersysteem:
 2. Ophogen boezemkaden tot een niveau waarbij overstromingen uitgesloten zijn.
 3. Vasthouden (uitgebreide aanpassing van het stuwbeheer van circa 50 stuwen), bergen (500 ha berging in onbebouwd gebied), afvoeren (uitbreiding van een gering aantal poldergemalen met in totaal 247 m³/m).

Gezien het sterk verstedelijkte karakter van het gebied is afgezien van de maatregel om het bestaande gebied op te hogen.

De resultaten hiervan zijn weergegeven in Tabel 6-2. Hieruit blijkt dat het opheffen van de zwakke schakels van de beschouwde maatregelen de enige is die kosteneffectief is.

Conclusie 2 voor deze casus: Van de beschouwde maatregelen is het opheffen van de zwakke schakels in de primaire keringen langs de kust de enige die kosteneffectief is doordat de kans op overstroming sterk wordt gereduceerd.

Beoordelingscriterium	Maatregelen		
	Opheffen zwakke schakels	Verhogen boezemkaden	Vasthouden, bergen, afvoeren
CW overstromingsschade			
Primaire keringen	5-250	10-500	10-500
Regionale keringen	10	0	10
Poldersysteem	150	150	100
CW kosten maatregelen			
Primaire keringen	5	-	-
Regionale keringen	-	300	-
Poldersysteem	-	-	400
Totale Contante Waarde	170-400	450-1000	500-1000

Tabel 6-2: Contante Waarde van de totale kosten in € mln. (afgerond) na maatregelen.

Eindconclusie

In de casus dijkkring 14 in het beheergebied van Hoogheemraadschap Delfland zijn de normen niet in evenwicht. Met medeneming van de verwachte slachtoffers en de maatschappelijke ontwrichting in geval van een overstroming is het risico van overstromen/bezwijken van de primaire keringen het grootst. Dit risico kan kosteneffectief worden teruggebracht door de zwakke schakels in de primaire keringen op te heffen. De beschouwde maatregelen in het regionale watersysteem zijn niet kosteneffectief.

7 Referenties

- M. Bakker en D. Klopstra (2007). Regionale waterkeringen – Toetshoogten kadeverbeteringstrajecten en normering tussenboezemkaden. In opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland. HKV lijn in water. 2007.
- Bouwdienst. Kosten preventieve evacuatie 1995, uitgezocht in project 'Ruimtelijk waterbeheer +', in opdracht van Bouwdienst Rijkswaterstaat, 2006
- HH Delfland (2006), Maatgevende Boezempeilen, tbv intern gebruik. Hoogheemraadschap van Delfland, 2006.
- Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster. Evaluatie van Infrastructuurprojecten; leidraad voor kosten-batenanalyse –Deel1: Hoofdrapport. Ministerie van Verkeer en Waterstaat en Ministerie van Economische Zaken, 2000.
- Fugro (1998a). Richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden. Provincie Zuid-Holland. Dienst Water en Milieu. maart 1998.
- Fugro (1998b). Achtergronden bij de richtlijn ter bepaling van het veiligheidsniveau van boezemkaden. Provincie Zuid-Holland. Dienst Water en Milieu. maart 1998.
- Huizinga, H.J., M. Dijkman en A. Barendrecht. HIS-Schade en Slachtoffermodule Versie 2.1 Gebruikershandleiding. DWW-2005-004. RWS Dienst Weg- en Waterbouwkunde, 2004.
- Huizinga, H.J., M. Dijkman, W.E.W. van den Braak en R. Waterman. HIS- Schade en Slachtoffer Module Versie 2.2. Gebruikershandleiding. HKV lijn in water en GEODAN IT. 2005.
- Klijn, F., H. van der Klis, J. Stijnen, K. de Bruijn en Matthijs Kok. Overstromingsrisico dijkringen in Nederland, betooglijn en deskundigenoordeel. WL | Delft Hydraulics en HKV lijn in water, 2004.
- Kuijper, B. en M. Kok. Verkenning optimale investeringsstrategie op basis van overstromingsrisico's, Dijkkringgebieden 7 en 36. HKV lijn in water, 2006.
- Nationaal Bestuursakkoord Water. Overeen gekomen door het Rijk, de provincies, het Samenwerkingsverband Interprovinciaal Overleg (IPO), de Vereniging van Nederlandse Gemeenten en de Unie van Waterschappen, 2003.
- G.F. Prinsen. E. Verschelling. M.A.M. van Dorst. E. Peijnenborgh. H.H. van der Beek en R. Vergouwe (2004) Toetsing kruinhoogten boezemkaden binnen dijkkring 14 en 44 –Deelrapport Hoogheemraadschap van Delfland. In opdracht van Provincie Zuidholland. Ingenieursbureau BCC en WL | Delft Hydraulics. 2004.
- Slomp, R. Decimeringshoogten Meren, Bovenrivieren, Benedenrivieren, vecht en IJsseldelta. concept Werkdocument, Rijkswaterstaat RIZA, 2006.
- Sterk Consulting en HKV lijn in water. MKBA Beleidstrategieën –Maatschappelijke Kosten-Baten analyse van beleidstrategieën voor realisatie van de wateropgave. In opdracht van Waterschap Aa en Maas, 2005.
- R.P. Versteeg (2005). Maatgevende boezempeilen Delfland – Vergelijking Boezemwaterstand. In opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland. HKV lijn in water. 2005.
- R.P. Versteeg (2005a), Toetsing wateroverlast Delfland – Hoofdrapport. In opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland, HKV lijn in water, 2005.
- R.P. Versteeg (2005b), Toetsing wateroverlast Delfland – Achtergrondrapport. In opdracht van Hoogheemraadschap van Delfland, HKV lijn in water, 2005.
- VNK. Veiligheid Nederland in Kaart - Overstromingsrisico dijkkring 14 Zuid-Holland. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005[1].
- VNK. Veiligheid Nederland in Kaart –Hoofdrapport onderzoek overstromingsrisico's. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2005[2].
- Wagemaker, J.B. 'Verkenkende KBA voor het ophogen van nieuwbouwlocaties in Flevoland', memorandum 'Van neerslag tot schade', 2008.

Wet op de waterkering, Algemene regels ter verzekering van de beveiliging door waterkeringen tegen overstromingen door het buitenwater en regeling van enkele daarmee verband houdende aangelegenheden. Tweede Kamer der Staten-Generaal, diverse vergaderjaren, Den Haag.

WL Delft Hydraulics (1998). Analyse Delflands polderboezemsysteem. In opdracht van Provincie Zuidholland. WL | Delft Hydraulics. 1998.

