

Opdrachtgever:  
Waterschap Groot Salland

# Meerlaagsveiligheid Kampereilanden

Auteurs: B. Kolen  
T. Terpstra  
K. Wojciechowska



## Samenvatting

Dit onderzoek heeft tot doel om inzicht te bieden in de oplossingsrichtingen voor de waterveiligheid van de Kampereilanden op de korte en lange termijn. Dit wordt gedaan door vanuit het perspectief 'meerlaagsveiligheid' bouwstenen te ontwikkelen. Deze bouwstenen zijn conceptueel verbonden met de drie 'lagen' uit het meerlaagsveiligheid concept: preventie, ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing.

In het onderzoek staan de maatschappelijke kosten centraal. Deze bestaan uit het risico en de kosten van maatregelen die als maatschappij worden genomen. Er is niet ingezoomd op wie de kostendrager is van deze maatregelen. Overstromingsrisico's zijn bepaald met behulp van het MLV instrumentarium. De kosten van risico-reducerende maatregelen zijn geschat met behulp van de kostenkennallen van het Expertise Centrum Kosten (ECK). Naast de risico's en kosten zijn maatregelen, conform de recent opgestelde afwegingsmethodiek meerlaagsveiligheid (STOWA), beoordeeld op aanvullende criteria zoals de doelmatigheid van investeringen, het draagvlak onder stakeholders, de ruimtelijke kwaliteit, natuur en ecologie, etc. De beoordeling is uitgevoerd door leden van de werkgroep Kampereilanden die gedurende het proces op verschillende momenten zijn geconsulteerd.

Uit het onderzoek worden de volgende conclusies getrokken:

- Absolute veiligheid op de Kampereilanden bestaat niet omdat het risico (kans x gevolg) niet tot nul kan worden gereduceerd. Met behulp van meerlaagsveiligheid kan wel een pakket aan maatregelen worden samengesteld dat acceptabel is qua kosten en waarmee het risico kan worden gereduceerd. In deze afweging gaat het om kosten doelmatigheid, maar ook andere criteria waaraan belang wordt gehecht zoals natuur en ecologie of het perspectief voor de agrarische sector.  
Het toepassen van het afwegingskader meerlaagsveiligheid en de gevolgde aanpak met ontwerpessies en analyses, het inzichtelijk maken van de risico's, de kosten en de andere waarden hebben bijgedragen aan het vergelijkbaar en bespreekbaar maken van alternatieve strategieën.
- Om de samenwerking tussen overheden, en met de inwoners van de Kampereilanden, vorm te geven is het enerzijds van belang om duidelijk te maken dat een (acceptabel) risico bestaat en anderzijds welke maatregelen iedereen neemt om dat risico te bereiken en te behouden. Op basis van dit risico kan eenieder nog vrijwillig aanvullende maatregelen nemen. Wat onder acceptabel wordt verstaan en wat acceptabele maatregelen zijn is een politiek / maatschappelijke vraag. Omdat de Kampereilanden geen onderdeel is van de dijkringen en wordt beschermd door regionale waterkeringen ligt deze afweging bij de Provincie Overijssel.
- Er zijn onderscheidende MLV strategieën voor de Kampereilanden geformuleerd waarvan de voor- en nadelen in kaart zijn gebracht aan de hand van het afwegingskader. De uitwerking is geschikt voor bestuurlijke oordeel- en besluitvorming gericht op het 1) opstellen van kaders voor uitwerking van de voorkeurstrategie en het benutten van meerlaagsveiligheid en 2) beleidsontwikkeling over de verhouding tussen preventie, ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing voor primaire en regionale waterkeringen.

- Preventie is de meest effectieve (gericht op risicoreductie) en efficiënte (de risicoreductie per euro) maatregel om het risico te reduceren vergeleken met laag 2 en laag 3 maatregelen. Hierbij geldt dat alle maatregelen, ook in laag 2 en 3 het risico reduceren alleen dat de kosten sterk variëren. Het uitwisselen van maatregelen in laag 1 tegen maatregelen in laag 2 en 3 lijkt gezien vanuit waterveiligheid en maatschappelijke kosten niet doelmatig op zowel de lange als de korte termijn. Er zijn wel argumenten voor combinaties van maatregelen over de lagen, het gaat hierbij preventie aangevuld met maatregelen uit met name laag 3 en wellicht laag 2. Investerings in fysieke ingrepen in gevolgbeperking zijn vanuit maatschappelijke kosten niet doelmatig voor waterveiligheid.
- De organisatie van rampenbeheersing en versterken van zelfredzaamheid is een relatief goedkope maatregel en wordt gezien als een goede aanvulling op preventie. Essentieel onderdeel hiervan is echter dat duidelijk wordt gemaakt dat de overheid de veiligheid van alle mensen en dieren niet kan garanderen en dat de inwoners ook een eigen verantwoordelijkheid hebben.
- Het aantal meekoppelkansen (door aangaan van allianties van waterveiligheid met andere ruimtelijke ontwikkelingen) in het gebied om de waterveiligheidsopgave mee te verbinden is beperkt. Dit komt omdat er relatief weinig ruimtelijke ontwikkeling is in de Kampereilanden. Ook blijken uit het onderzoek de baten van meerlaagsveiligheidsstrategieën op andere waarden beperkt te zijn.
- De Kampereilanden zijn aangewezen als waterbergingsgebied. Dit 'stempel' is omstrede en wekt verwachtingen. Gesteld vanuit een risicobenadering kan worden dat de lagere veiligheid volgt uit de waarde van het gebied en dat omliggende gebieden een hogere economische waarde hebben en dus beter beschermd worden. Gesteld vanuit een optiek van gelijkwaardigheid kan ook worden dat aanvullende maatregelen in de Kampereilanden, bovenop preventie, nodig zijn juist omdat het vaker overstroomd. Een meerlaagsveiligheidsstrategieën kan hier invulling aan geven, dit onderzoek geeft inzicht in de consequenties van verschillende strategieën.
- Ruimtelijke ingrepen gericht op ophogen (terpenstrategie) en anders bouwen, en het benutten van de oude zee-kering als kering zijn niet doelmatig en kostenefficiënt. Dit staat het vrijwillig ophogen van gronden niet in de weg. Dat vereist wel een goed inzicht in basisinformatie wat er kan gebeuren als het misgaat, deze informatie kan alleen worden geleverd door de overheid.
- Aanbevolen wordt om op basis van het inzicht in effecten een eerste selectie te maken van mogelijke strategieën die verdere uitwerking behoeven. Naast de beoordeling op de waarden in het afwegingskader verdient het aanbeveling om de wijze van organiseren ook verder uit te werken. Onderdeel hiervan is de uitvoerbaarheid, financiering, handhaafbaarheid en de kwetsbaarheid hiervan op termijn.
- Aanbevolen wordt ook om een set basisgegevens op te stellen met informatie over waterdieptes en wat de overheid nu doet, inclusief het bericht dat 100% veiligheid niet bestaat en dat er een acceptabel risico wordt nagestreefd. Op basis van deze informatie kunnen geïnteresseerden zelf ook een afweging maken om aanvullende maatregelen te nemen of het acceptabel risico ter discussie te stellen.

# Inhoud

<b>Samenvatting .....</b>	<b>i</b>
<b>1 Inleiding .....</b>	<b>1</b>
1.1 Aanleiding .....	1
1.2 Doelstelling.....	1
1.3 Aanpak .....	1
1.4 De Werkgroep Kampereilanden .....	2
1.5 Leeswijzer .....	3
<b>2 Kampereilanden in het perspectief van meerlaagsveiligheid .....</b>	<b>5</b>
2.1 Ligging van de Kampereilanden.....	5
2.2 Kampereilanden als waterbergingsgebied .....	7
<b>3 Aanpak .....</b>	<b>9</b>
3.1 Huidige situatie als referentiesituatie .....	9
3.1.1 Actuele faalkansen .....	9
3.1.2 Gevolgen van overstromingen.....	11
3.1.3 Overstromingsrisico = kans x gevolg .....	13
3.2 Doelbereik acceptabel overstromingsrisico.....	15
3.3 Knelpunten en meekoppelkansen in de komende decennia .....	16
<b>4 De Kampereilanden: strategieën voor meerlaagsveiligheid .....</b>	<b>17</b>
4.1 Inleiding.....	17
4.2 Identificatie van mogelijke maatregelen .....	17
4.3 Vier onderscheidende strategieën .....	17
4.3.1 Strategie 1: systeemingrepen .....	18
4.3.2 Strategie 2: dijkversterking .....	19
4.3.3 Strategie 3: robuuste ruimtelijke inrichting.....	20
4.3.4 Strategie 4: handelingsperspectief .....	21
<b>5 Beoordeling strategieën.....</b>	<b>23</b>
5.1 Inleiding.....	23
5.2 Beoordelingskader .....	23
5.2.1 Beoordelingscriteria.....	23
5.3 Overstromingsrisico's en kosten .....	24
5.3.1 Methode.....	24
5.3.2 Overstromingsrisico's en kosten van de vijf strategieën .....	25
5.4 Beoordeling strategieën aan andere waarden .....	30
5.4.1 Geselecteerde strategieën .....	30
5.4.2 Toepassing van het beoordelingskader.....	32
5.4.3 Resultaten van de beoordeling .....	32
<b>6 Conclusies en aanbevelingen .....</b>	<b>37</b>
<b>7 Referenties .....</b>	<b>39</b>

<b>Bijlage A: Deelnemers aan werksessies.....</b>	<b>43</b>
<b>Bijlage B: Actuele overstromingskans Kampereilanden .....</b>	<b>45</b>
<b>Bijlage C: Groslijst van maatregelen.....</b>	<b>69</b>
<b>Bijlage D: De economisch optimale norm .....</b>	<b>73</b>
<b>Bijlage E: Schematisatie van maatregelen.....</b>	<b>85</b>

# 1 Inleiding

## 1.1 Aanleiding

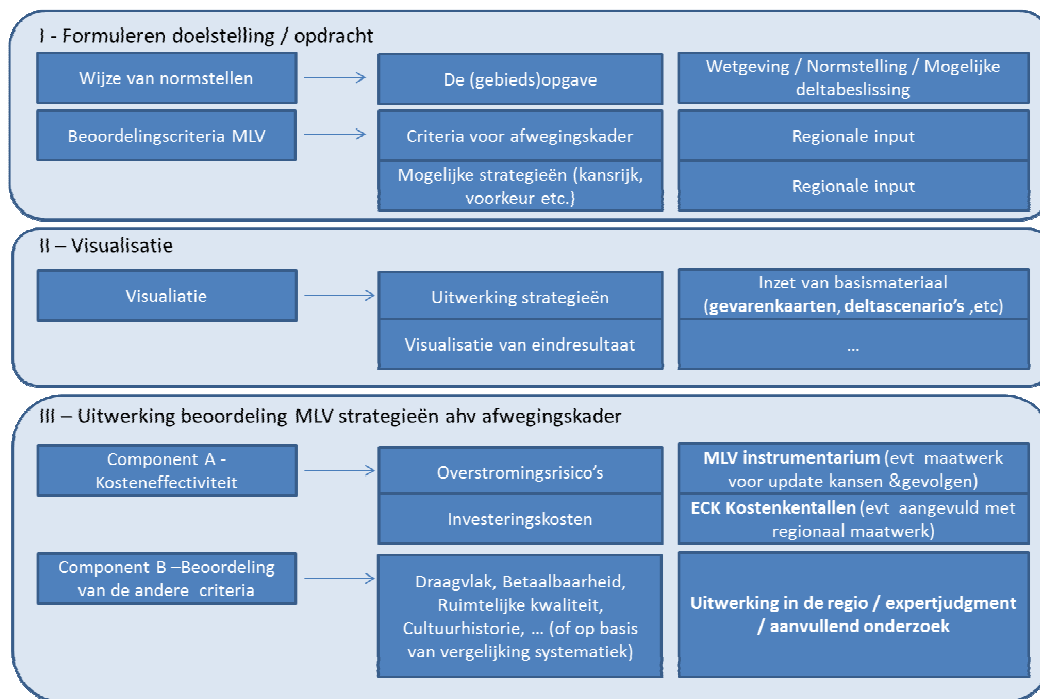
Dit rapport onderzoekt de kansen voor Meerlaagsveiligheid op de Kampereilanden. Verschillende recente gebeurtenissen en ontwikkelingen vormen hiervoor de aanleiding. Ten eerste, een deel van de regionale waterkeringen (16 km van de 41 km) die de Kampereilanden beschermen, zijn recentelijk afgekeurd. Tijdens de storm van januari 2012 was sprake van een hoogwatersituatie rondom de Kampereilanden. Op enkele plaatsen zijn zandzakken gelegd om de dijk te versterken. De afgekeurde waterkeringen zouden op korte termijn (2015) moeten voldoen aan de norm. Echter, op lange termijn leeft de vraag of het wettelijk vastgestelde beschermingsniveau (de normering) passend is voor het gebied. Een tweede belangrijk aspect is dat de Kampereilanden in de Omgevingsvisie van Provincie Overijssel zijn aangewezen als 'waterbergingsgebied'. Dit betekent dat onder extreme stormcondities water het Kampereiland kan instromen om de binnenstad van Kampen te ontzien. Er is momenteel echter onvoldoende duidelijkheid over het handelingsperspectief bij een (dreigende) overstroming. Ten derde, op de lange termijn spelen ontwikkelingen rondom het Deltaprogramma zoals een mogelijke IJsselmeerpeilverandering. Een betere beheersbaarheid van het IJsselmeerpeil bij ongunstige spuicondities zou een gunstig effect kunnen hebben op de waterveiligheid van de Kampereilanden, dit effect wordt weer gecompenseerd door klimaatverandering. Tot slot is het gebied binnen het programma Gebiedsontwikkeling IJssel-Vechtdelta aangemerkt als kansrijk gebied om op innovatieve wijze invulling te geven aan de waterveiligheidsopgave door middel van het concept meerlaagsveiligheid.

## 1.2 Doelstelling

Dit onderzoek heeft tot doel om inzicht te bieden in de oplossingsrichtingen voor de waterveiligheid van de Kampereilanden op de korte en lange termijn. Dit wordt gedaan door vanuit het perspectief 'meerlaagsveiligheid' bouwstenen te ontwikkelen. Deze bouwstenen zijn conceptueel verbonden met de drie 'lagen' uit het meerlaagsveiligheid concept: preventie, ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing. Door bouwstenen te combineren kunnen verschillende strategieën worden opgesteld, die gebruikt kunnen worden in het gebiedsproces en de daarop volgende richtinggevende besluitvorming op de korte en lange termijn.

## 1.3 Aanpak

Als leidraad voor de uitvoering van het onderzoek is gebruik gemaakt van de werkwijze die binnen het Deltaprogramma wordt gevolgd (opgesteld door STOWA, DPV en DPNH zie Kolen et al 2012). De hoofdlijnen van deze aanpak staan beschreven in Figuur 1.



Figuur 1: onderzoeks aanpak op hoofdlijnen

Deze aanpak heeft geleid tot de volgende activiteiten:

1. Literatuuronderzoek naar mogelijke maatregelen in het kader van Meerlaagsveiligheid in de Kampereilanden.
2. Gesprekken (door Waterschap Groot Salland) met de bewoners van de Kampereilanden.
3. Bijeenkomsten met de Werkgroep Kampereilanden, bestaande uit verschillende belanghebbenden (zie paragraaf 1.4). In deze bijeenkomsten zijn de kansen besproken die er liggen om invulling te geven aan het concept meerlaagsveiligheid op de Kampereilanden, zijn criteria opgesteld aan de hand waarvan strategieën (in aanvulling op risicoreductie en kosten) beoordeeld kunnen worden, en heeft daadwerkelijk een beoordeling van onderscheidende strategieën plaatsgevonden.
4. Analyse van risico's en kosten van maatregelen binnen het concept meerlaagsveiligheid. Hierbij is gebruik gemaakt van:
  - het MLV-instrument (Thonus en Wolters, 2012) voor de berekening van overstromingsrisico's bij verschillende maatregelen;
  - ECK-kostenkentalen voor het schatten van de kosten van maatregelen (Roosjen, 2013);
  - gegevens van de toetsing van de waterkeringen, voor de bepaling van faalkans van dijkvakken in de huidige situatie;
  - de MKBA WV21 (Kind, 2011); de werkwijze uit de MKBA is toegepast om inzicht te krijgen in de overstromingskansen die voortvloeien uit een economische optimale investeringsstrategie voor de waterkeringen.

## 1.4 De Werkgroep Kampereilanden

De Werkgroep Kampereilanden vervult een belangrijke rol binnen het onderzoek, omdat zij de lokale kennis kunnen leveren en belangen en betrokken overheden kunnen vertegenwoordigen die een rol spelen in de besluitvorming omtrent de waterveiligheid van de Kampereilanden op korte en lange termijn. De volgende overheden hebben deelgenomen aan de Werkgroep



Kampereilanden (voor contactgegevens van de deelnemers zie Bijlage A: Deelnemers aan werksessies):

- Waterschap Groot Salland; in de rol van opdrachtgever en water(kering)beheerder van de Kampereilanden.
- Bewoners Kampereilanden; door waterschap Groot Salland zijn 'keukentafelgesprekken' gevoerd en bewonersavonden georganiseerd om inzicht te krijgen in de beleving en meningen van bewoners.
- De Provincie Overijssel vanuit het Programma IJssel-Vechtdelta en het Lange Termijn Perspectief dat hiervoor is opgesteld.
- De gemeenten Kampen en Zwartewaterland.
- De brandweer van Kampen, ook als vertegenwoordiger van de Veiligheidsregio IJsselland.

De Werkgroep Kampereilanden is tijdens het onderzoek driemaal bijeen gekomen. Bewoners waren bij deze bijeenkomsten niet aanwezig, hun inbreng verliep via Waterschap Groot Salland.

#### *Werksessie 1: Regionale beoordelingscriteria, meekoppelkansen en knelpunten*

Tijdens de eerste werksessie (22 januari 2013) zijn de regionale criteria waarop meerlaagsveiligheid wordt beoordeeld benoemd. Hierbij is onder meer gebruik gemaakt van de 'leidende principes' uit het Lange Termijn Perspectief IJssel-Vechtdelta, en van de gebiedskenmerken van de Kampereilanden zelf (bv., natuur en ecologie, perspectief agrarische sector). Met de Werkgroep is besproken welke ontwikkelingen, kansen en knelpunten er in de komende vijftig jaar worden voorzien. Deze kansen en knelpunten zijn input geweest voor de ontwikkeling van de bouwstenen binnen het concept meerlaagsveiligheid.

#### *Werksessie 2: Maatregelen en meerlaagsveiligheidsstrategieën*

In de tweede bijeenkomst (5 februari 2013) zijn, op basis van de bouwstenen uit voorgaande bijeenkomst, onderscheidende strategieën opgesteld. De effecten van de bouwstenen in deze basisstrategieën op de overstromingsrisico's zijn in de weken hierna doorgerekend.

#### *Werksessie 3: Beoordeling van meerlaagsveiligheidsstrategieën en vertaling naar kansrijke strategieën*

Tijdens de derde bijeenkomst (5 maart 2013) zijn de effecten van de strategieën op overstromingsrisico's en de kosten daarvan teruggekoppeld, en hebben de leden van de Werkgroep de basisstrategieën beoordeeld op de aanvullende criteria uit het beoordelingskader. Op basis van deze beoordeling zijn vervolgens gecombineerde, mogelijke strategieën opgesteld.

## **1.5 Leeswijzer**

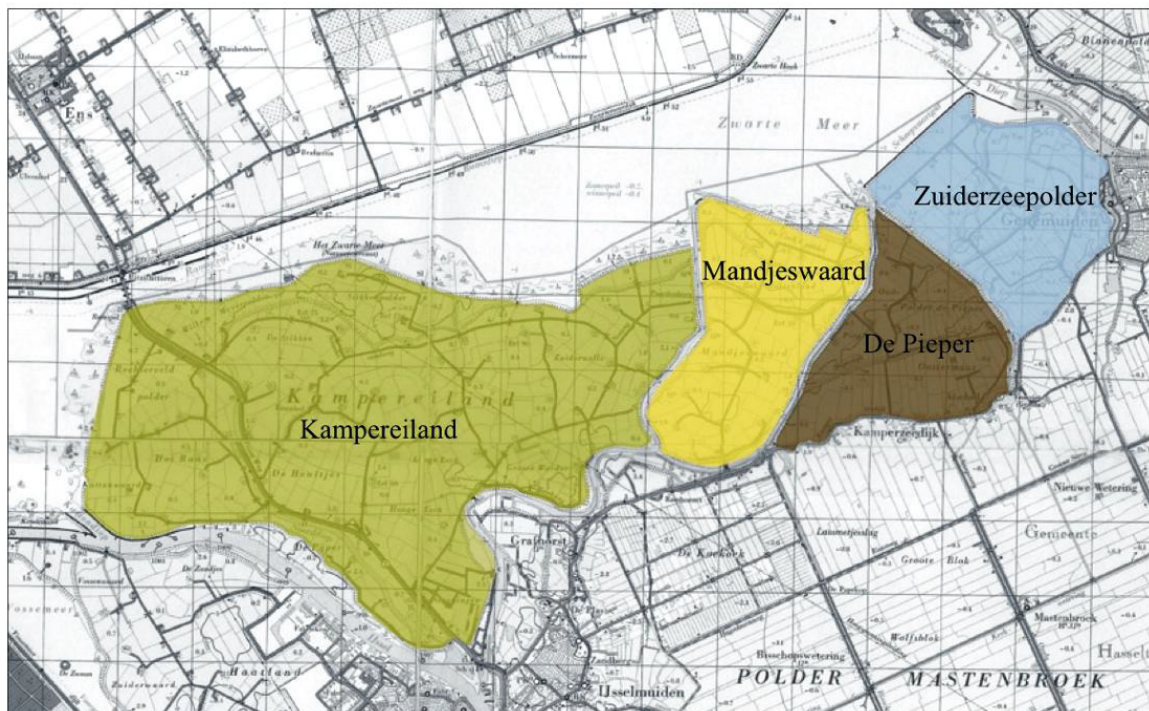
Dit rapport is als volgt opgebouwd. Hoofdstuk 2 geeft een algemene beschrijving van de Kampereilanden en de waterveiligheidsopgave. Hoofdstuk 3 beschrijft de aanpak van deze studie. Hoofdstuk 4 bevat de onderzochte maatregelen en strategieën. Deze maatregelen en strategieën worden beoordeeld in Hoofdstuk 5. Tot slot bevat hoofdstuk 6 de conclusies en aanbevelingen.



## 2 Kampereilanden in het perspectief van meerlaagsveiligheid

### 2.1 Ligging van de Kampereilanden

De Kampereilanden (zie Figuur 2) is een verzamelnaam voor een viertal buitendijks gelegen gebieden: Kampereiland, de Mandjeswaard, De Pieper en de Zuiderzeepolder. Het gebied wordt wel door regionale keringen beschermd. Het totale oppervlak bedraagt circa 40 km<sup>2</sup>. Met 26 km<sup>2</sup> is Kampereiland veruit het grootst. Aan de westzijde stroomt de IJssel en aan de oostzijde mondt het Zwartewater uit in het Zwarte Meer.

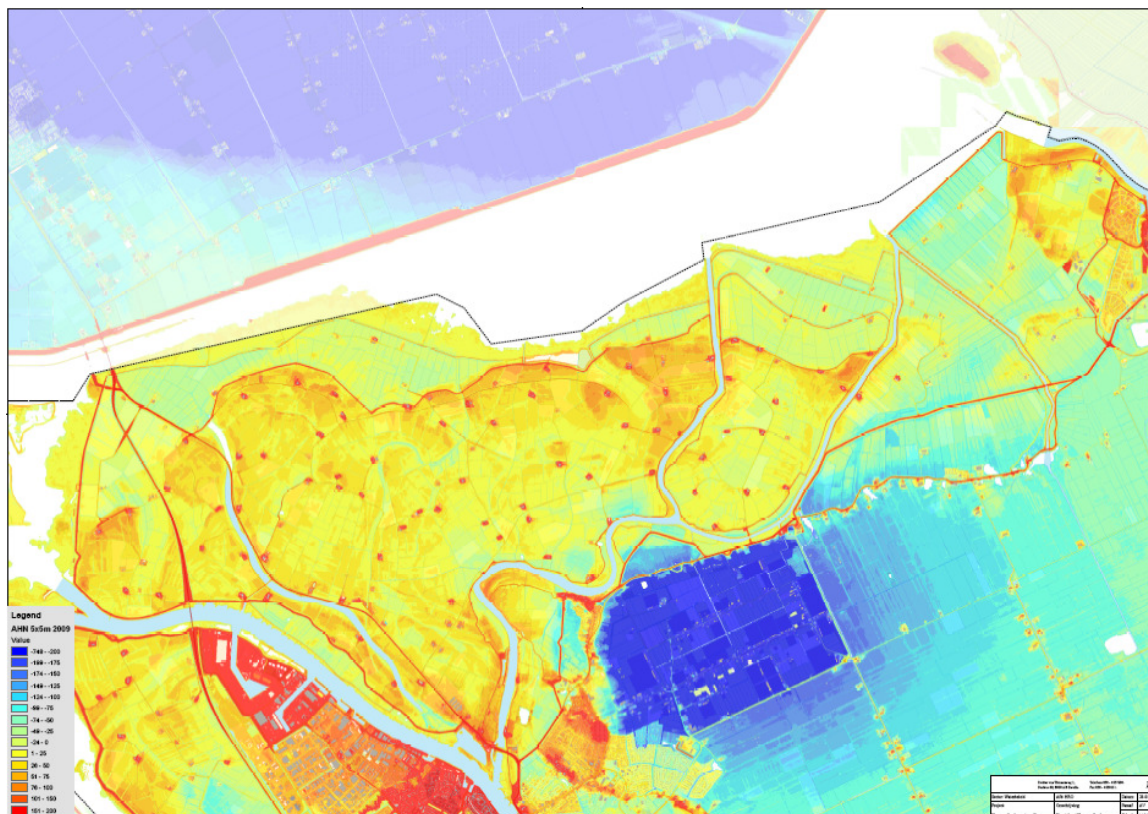


Figuur 2: de Kampereilanden

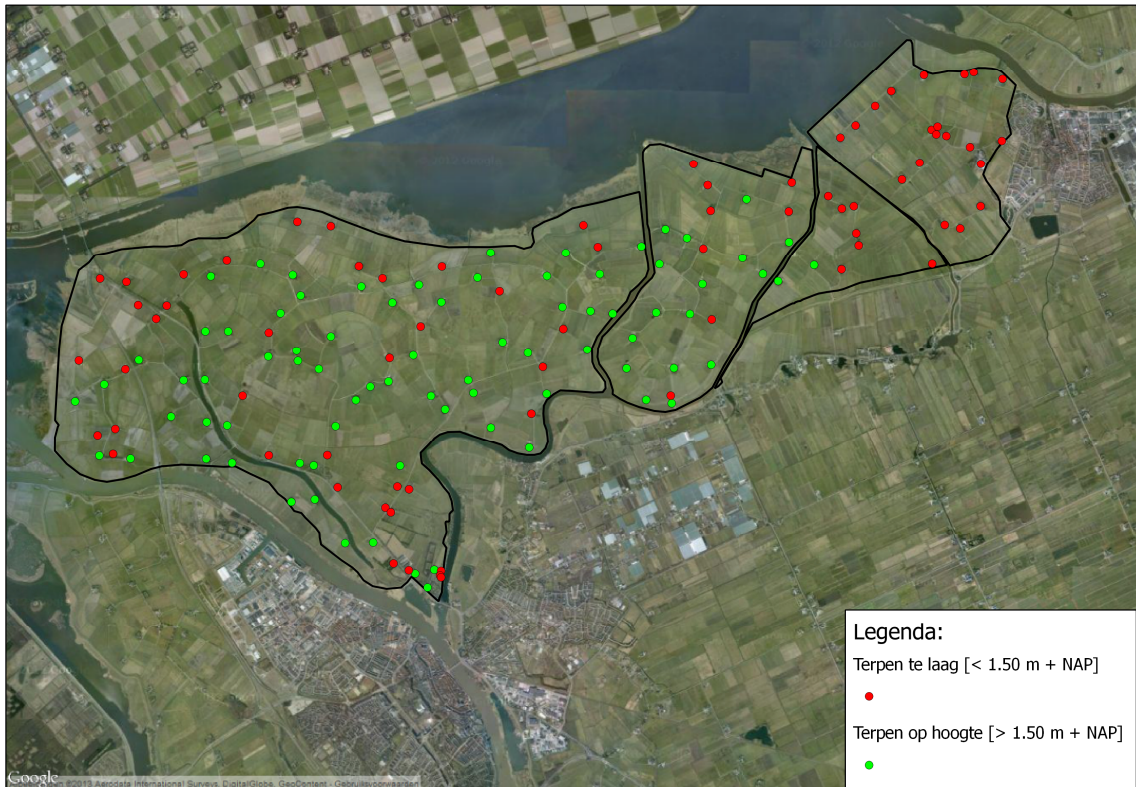
De dijken langs de IJssel zijn onderdeel van de primaire waterkering met een veiligheidsniveau van 1/2000 per jaar (. Het noordelijk deel van de verbindende kering Ramspol is ontworpen dat bij een waterstand met een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar de kering overstroomd. De kering is zo gedimensioneerd dat op basis van golfploop en overslag en sterkte parameters de keringen bezwijkt bij een belasting met een frequentie van 1/2.000 per paar. De overige waterkeringen zijn regionale waterkeringen. Deze liggen langs het Zwarte Meer, het Ganzendiep, de Goot en de Veneriete, Deze keringen hebben een totale lengte van circa 40 km (exclusief de keringen langs de IJssel) en hebben een norm in de vorm van een overstromingsfrequentie van 1/500 per jaar. Bij de vaststelling van deze norm is er vanuit gegaan dat de kruin op de hoogte ligt van de bij de norm behorende maatgevende hoog waterstand (MHW). Met andere woorden, bij een waterstand die hoort bij een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar kan de kering gaan overlopen. Dit is dezelfde norm die ook gehanteerd is bij het ontwerp van de (primaire) kering Kattendiep-Ramspol, langs de IJssel. De norm voor de regionale keringen (vastgesteld in 2006) en de bijbehorende MHW's zijn in maart 2010 door Provinciale Staten vastgesteld (Kok et al, 2010). Deze norm is strenger dan

de norm die voortvloeit uit de Stowa Richtlijn voor regionale waterkeringen: 1/30 tot 1/100 per jaar (Stowa, 2007). De regionale keringen voldoen ook nog niet aan de gestelde eisen.

Het gebied is met name in gebruik als landbouwgebied en kent relatief weinig bebouwing met circa 150 vrijstaande boerderijen en huizen. De Kampereilanden zijn van oudsher een gebied dat te maken heeft met de dreiging van water. De dreiging van het water is te zien in het landschap; op basis van een analyse met de hoogtekaart (AHN2) is geconstateerd dat 45% van het aantal objecten onder NAP + 1,5 m ligt (zie de hoogtekaart in Figuur 3 en Terpenkaart in Figuur 4). De boerderijen en schuren gebouwd na de aanleg van de Afsluitdijk zijn veelal niet op terpen gebouwd.



Figuur 3: Hoogtekaart Kampereilanden met de ligging van terpen. Bron: Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN)



Figuur 4: Terpenkaart waarbij bebouwing is aangegeven die hoger of lager ligt dan NAP + 1,5 m

## 2.2 Kampereilanden als waterbergingsgebied

In de provinciale omgevingsvisie zijn de Kampereilanden benoemd als 'waterbergingsgebied'. Dit betekent dat de verbindende primaire waterkering tussen Ramspol en IJsselmuiden bij dreigende overstromingen eerder (overschrijdingsfrequentie waterstand van 1/500 per jaar) zullen overstromen dan de primaire waterkeringen elders in de IJssel-Vechtdelta. Ook de regionale keringen hebben recent een gelijke norm toegewezen gekregen. Met andere woorden, een eventuele wijziging van het veiligheidsniveau van de Kampereilanden, en dan met name de verbindende primaire kering tussen Ramspol en IJsselmuiden kan consequenties hebben voor de waterveiligheid elders in de regio, zoals bij Kampen en de polder Mastenbroek. De Waterwet schrijft de veiligheidseisen van de primaire waterkeringen voor. In het kader van het deltaprogramma worden in 2015 zogenaamde 'deltabeslissingen' voorzien waarin opnieuw wordt gekeken naar de benodigde veiligheidseisen.

De status 'waterbergingsgebied' kan worden gezien als een legitimatie om sterker in te zetten op maatregelen die de gevolgen van overstromingen in het bergingsgebied beperken. Maar op basis van de economische waarde van het gebied zou het ook gerechtvaardigd kunnen zijn om minder zware eisen aan de waterkeringen van de Kampereilanden te stellen.<sup>1</sup> De vraag is derhalve of en in welke mate aanvullende maatregelen, naast preventie, wenselijk zijn om de gevolgen van overstromingen te beperken. Bovendien spelen in deze afweging niet alleen de kosten een rol, maar ook andere criteria waaraan belang wordt gehecht zoals natuur en ecologie of het perspectief voor de agrarische sector. In essentie komt dit neer op het

<sup>1</sup> Onderdeel van dit rapport is een kosten-baten analyse aan de hand waarvan het economisch optimale beschermingsniveau wordt bepaald. Zie paragraaf 4.3.2.

beslisprobleem voor meerlaagsveiligheid: wat is de optimale mix van maatregelen voor het bereiken en behouden van een acceptabel overstromingsrisico?

## 3 Aanpak

### 3.1 Huidige situatie als referentiesituatie

De referentiesituatie beschrijft de overstromingsrisico's in de huidige, actuele situatie. Door de effecten van de verschillende bouwstenen uit de basisstrategieën te vergelijken met de referentiesituatie, kan de effectiviteit van de bouwstenen worden beoordeeld. In de referentiesituatie wordt het overstromingsrisico beschreven door:

- actuele faalkansen van dijkvakken, en
- actuele overstromingsgevolgen, met onderscheid naar economische schade en slachtoffers;
- het overstromingsrisico is het product van deze componenten en wordt uitgedrukt in een kans op schade in euro's per jaar en slachtoffers per jaar.

Schade- en slachtofferrisico's kunnen worden weergegeven op kaarten, zodat ook de ruimtelijke differentiatie in risico's zichtbaar wordt. Het slachtofferrisico kan daarnaast ook worden uitgedrukt in het Lokaal Individueel Risico (LIR), ofwel de kans om te overlijden op een bepaalde locatie rekening houdend met de mogelijkheid om te evacueren. Binnen het deltaprogramma wordt LIR gezien als een middel om iedere burger een zelfde 'basisveiligheid' te bieden. De richtlijn voor het LIR is  $10^{-5}$  per jaar (1/100.000 per jaar). Het LIR wordt gebruikt als maat voor dijkringen beschermd door primaire keringen, er zijn vooralsnog geen plannen om het LIR vanuit het Rijk ook te gebruiken voor buitendijks gebied. Kampereilanden worden beschermd door regionale keringen, de eisen aan de keringen worden gesteld vanuit de provincie. Om inzicht te hebben in het mogelijk effect op LIR is hier wel aandacht aan besteed.

Daarnaast hanteren we de volgende begrippen:

- Scenario: verloop van gebeurtenissen (als een overstroming) op basis van vastgestelde randvoorwaarden (als hydraulische belasting) en kenmerken van een gebied.
- Maatregel: specifieke actie die genomen wordt om de kans op een overstroming of de gevolgen van een overstroming te beïnvloeden.
- Strategie: samenhangend pakket aan maatregelen dat is opgesteld om een bepaald effect in de toekomst te bereiken.
- Faalkans. Dit is de kans dat een dijkvak zal falen en hier een overstroming zal optreden.
- Overstromingskans. Dit is de kans dat een gebied zal overstromen door falen van dijkvakken die het gebied beschermen.

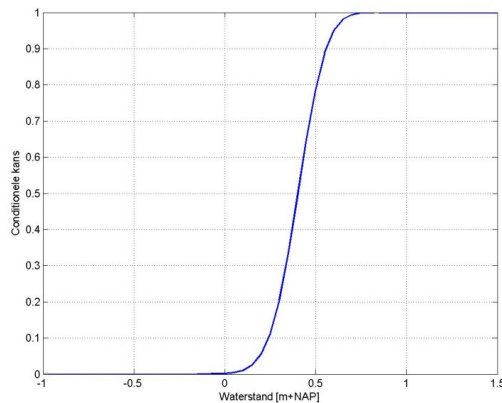
#### 3.1.1 Actuele faalkansen

##### Faalkansen per dijkvak

De actuele faalkansen<sup>2</sup> (in 1/x per jaar) van een dijkvak (de faalkans per dijkvak) zijn bepaald met behulp van 'fragility curves'. Bijlage B: Actuele overstromingskans Kampereilanden bevat een gedetailleerde beschrijving van de analyse van actuele overstromingskansen. Onderstaand kader geeft een korte toelichting.

<sup>2</sup> De kans op falen van een dijk door optreden van een dijkfaalmechanisme wordt gedefinieerd als de kans dat grenstoestandfunctie voor dit mechanisme kleiner dan nul is; voorbeelden van grenstoestandfuncties voor verschillende dijkfaalmechanismen worden in [Steenbergen & Vrouwenvelder, 2003] weergegeven.

Een fragility curve van een dijk beschrijft de standzekerheid van de dijk bij verschillende belastingen (meestal de waterstand). De standzekerheid wordt uitgedrukt in een conditionele kans op bezwijken, die varieert van nul tot één. Fragility curves kunnen individueel of voor verschillende dijkfaalmechanismen gezamenlijk worden afgeleid. De dijkfaalkans wordt berekend door de integraal te nemen van de kansdichtheidfunctie van de belasting. Ter illustratie bevat Figuur 5 een fragility curve. Op de x-as staan waarden van de waterstand op de dijk en op de y-as staan de conditionele dijkfaalkansen. Met behulp van deze functie kan geconcludeerd worden dat bij een waterstand van NAP + 0.5 m de dijkfaalkans circa 0.75 bedraagt.



Figuur 5: fragility curve van een dijk (een voorbeeld)

De gegevens die ten grondslag liggen aan de fragility curves zijn afkomstig uit de recente toetsing van de waterkeringen door Waterschap Groot Salland. De fragility curves zijn daardoor soms conservatief en niet altijd representatief voor probabilistische beoordeling van de dijkvakken. Bovendien zijn de golfoverslagberekeningen uitgevoerd voor één windsnelheid op tien meter hoogte, één bodemhoogte en één effectieve strijklengte. Tot slot worden in de berekeningen ook geen reductiefactoren gebruikt.

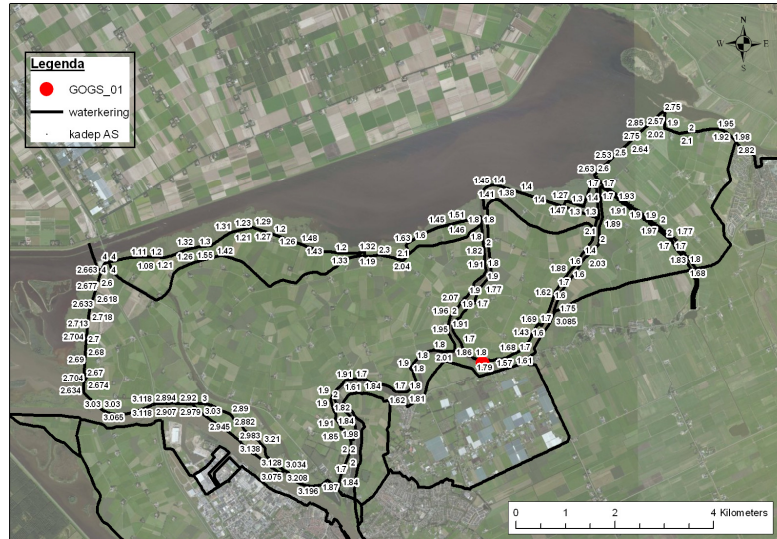
De resulterende faalkansen zijn daarom beschouwd in het licht van 'bewezen sterkte' en de conservatieve inschattingen die zijn gedaan bij de toetsing. Met het waterschap is in een beheerdersoordeel op basis van de fragility curves en bewezen sterkte vastgesteld dat een ondergrens voor de faalkans (per dijkvak) geldt van 1/50 per jaar. De ondergrens van een faalkans 1/50 per jaar representeert het feit dat afgelopen decennia geen overstromingen hebben in de gebieden (bewezen sterkte) en kan worden gezien als een correctie op de conservatieve schattingen (een grotere faalkans). Daarnaast is er geen verdere aandacht besteed aan 'tijdsafhankelijkheid', dit is momenteel onderwerp van onderzoek in VNK2 en SBW. Rekening houden met tijdsafhankelijkheid betekent dat de aannames over constante waterstanden in de toetsing conservatief is, zeker bij windgevoelige belastingen speelt die een rol waardoor de faalkans afneemt. In het onderzoek is bij de uitwerking van het overstromingsrisico er vanuit gegaan dat de dijkvakken onafhankelijk zijn (conform werkwijze MLV instrument). Figuur 7 bevat de resulterende faalkans per dijkvak. Op basis van deze faalkans per dijkvak kan ook een overstromingskans van het gebied worden opgesteld (zie bijlage F voor meer informatie).



### 3.1.2 Gevolgen van overstromingen

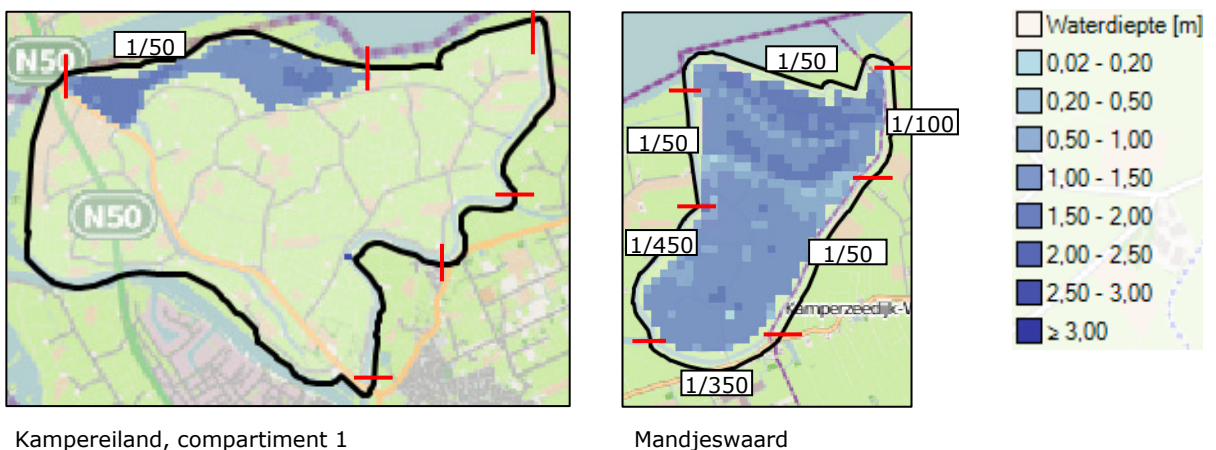
#### Waterdiepten

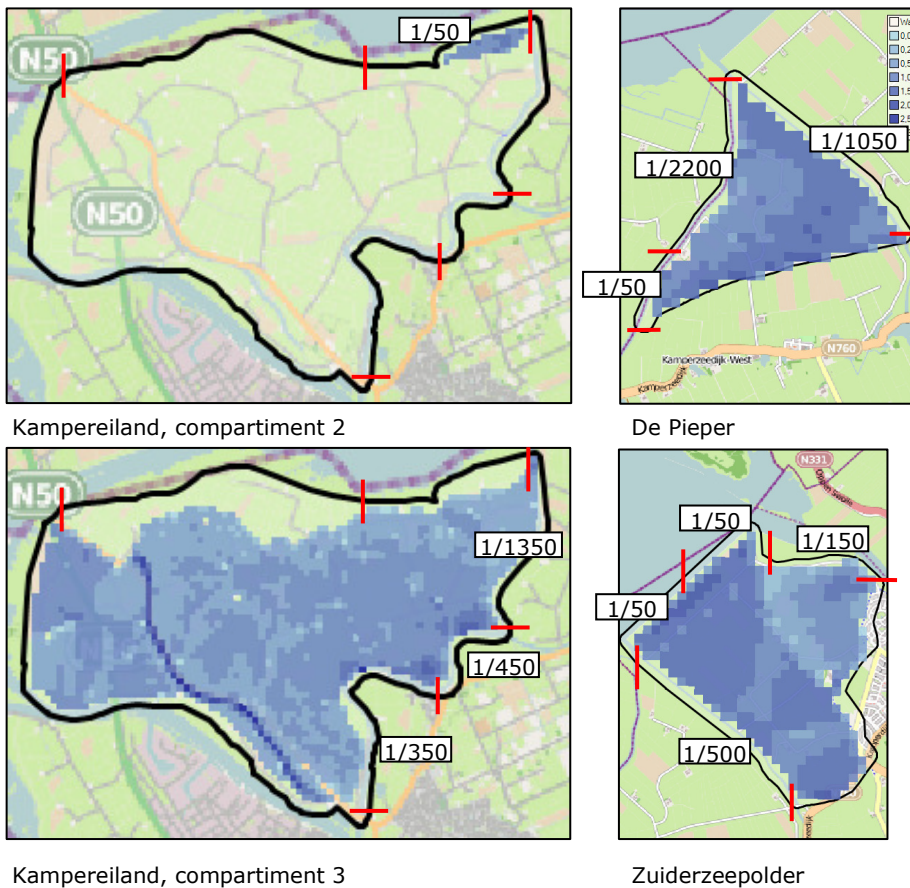
Bij het bepalen van de gevolgen van een overstroming is onderscheid gemaakt tussen economische schade en slachtoffers. Hiertoe zijn eerst de overstromingsdiepten in de vier gebieden bepaald. Met Hydra-VY is de buitenwaterstand bepaald die hoort bij een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar, conform de normstelling van de provincie Overijssel (zie Figuur 6) . Deze waterstand is NAP + 1,41 meter is maatgevend verondersteld voor de gehele Kampereilanden (de bandbreedte is NAP +1,2 – 2,5m).



Figuur 6: Locatie voor maatgevende waterstand

De buitenwaterstanden zijn vervolgens vertaald naar overstromingsdiepten door de 'bakjesbenadering' toe te passen. Dat wil zeggen, in de berekeningen is ervan uitgegaan dat de buitenwaterstand gelijk is aan de waterstand in de vier gebieden zelf. In een derde stap is per dijkvak het effectgebied (het gebied dat kan overstromen) geïdentificeerd, waarbij hogere lijnelementen in het gebied waterkerend zijn verondersteld. Figuur 7 toont dijktrajecten, faalkansen en optredende waterdieptes. Tussen compartiment 1 en 2 op de Kampereilanden ligt nog een oude zeekering met een geringe lengte die de gehele Kampereilanden beschermt. Verondersteld is dat de faalkansen van deze kering gering is ten opzichte van de omliggende keringen en niet bijdraagt aan het risico.





Figuur 7: faalkansen (per dijkvak) en waterdiepten in de referentiesituatie

De oude zeekering op het Kampereiland is in de analyse standzeker verondersteld in geval van een overstroming. In het verleden is gebleken dat de kering niet voldoet aan een belasting bij een waterstand met een overschrijdingsfrequentie van 1/500 per jaar, het dominante faalmechanisme is piping. Het opzetten van slootpeilen als beheermaatregel reduceert de faalkans echter sterk. In het onderzoek is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd naar het effect van standzekerheid, deze is opgenomen in paragraaf 3.1.

### Schade en slachtoffers

Met behulp van de overstromingspatronen (diepten en snelheden) zijn de effecten op schade en slachtoffers bepaald. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met de schade- en slachtoffermodule HIS-SSM. Tabel 1 geeft een overzicht van de potentiële slachtoffers en schade als gevolg van overstromingen op de Kampereilanden. Het valt op dat er naar verwachting nauwelijks slachtoffers vallen echter dat als deze worden gekwantificeerd wel significant bijdragen aan het risico. Dat komt omdat het schaderisico ook erg laag is. De potentiële schade is het grootst op Kampereiland (ongeveer 53 miljoen euro) en het kleinst in De Pieper (ongeveer 6 miljoen euro). In ieder van de vier gebieden is de schade aan landbouwgrond veruit de grootste schadepost. De directe schade aan landbouwgrond en de indirecte schade omvatten samen ruim 60% van de totale schade op de Kampereilanden, deze schade is de totale schade en dus inclusief de veestapel (hierbij geldt wel de opmerking van vee op globale wijze is meegenomen in HIS-SSM). Het schadepatroon (de verdeling van de schade over de gebruiksfuncties) is ongeveer hetzelfde in de vier buitendijkse gebieden.

	Kampereiland	Mandjeswaard	De Pieper	Zuiderzeepolder	Totaal
Slachtoffers	1	0	0	0	1
Schade (miljoen euro)	53.4	12.4	6.5	12.1	87.5

Bijdrage aan schade van gebruiksfuncties (%)	Schadetype	Kampereiland	Mandjeswaard	De Pieper	Zuiderzeepolder	Totaal
Landbouw	direct	49%	49%	51%	50%	50%
	indirect	13%	13%	14%	14%	13%
Boerderijen	direct	11%	11%	11%	10%	12%
Wegen (totaal)	direct	10%	10%	6%	7%	9%
Gemalen	direct	5%	5%	18%	5%	6%
Eengezinswoningen	direct	6%	6%	0%	3%	4%
Stedelijk Gebied	direct	4%	4%	0%	5%	3%
Industrie	direct	0%	0%	0%	3%	1%
Overig		0%	0%	0%	0%	0%

Tabel 1: potentiële schade op Kampereilanden als gevolg van overstromingen in de referentiesituatie (bron HIS-SSM)

### 3.1.3 Overstromingsrisico = kans x gevolg

Door de faalkansen per dijkvak te combineren met de gevolgen in het achterliggende effectgebied kan een beeld worden verkregen van de schade- en slachtofferrisico's.<sup>3</sup> Het schaderisico wordt uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar. Het slachtofferrisico wordt uitgedrukt in aantallen per jaar. Daarnaast is het gebruikelijk om in de risicoberekening slachtoffers ook economische te waarderen zodat een volledig beeld ontstaat van de economische schade als gevolg van een overstroming. Conform de methode uit WV21 wordt een mensenleven gewaardeerd op 6.7 miljoen euro (Kind 2011). Het slachtofferrisico wordt daarom (naast aantal per jaar) ook uitgedrukt in miljoenen euro's per jaar. Tabel 2 toont de resultaten van deze risicoberekeningen.

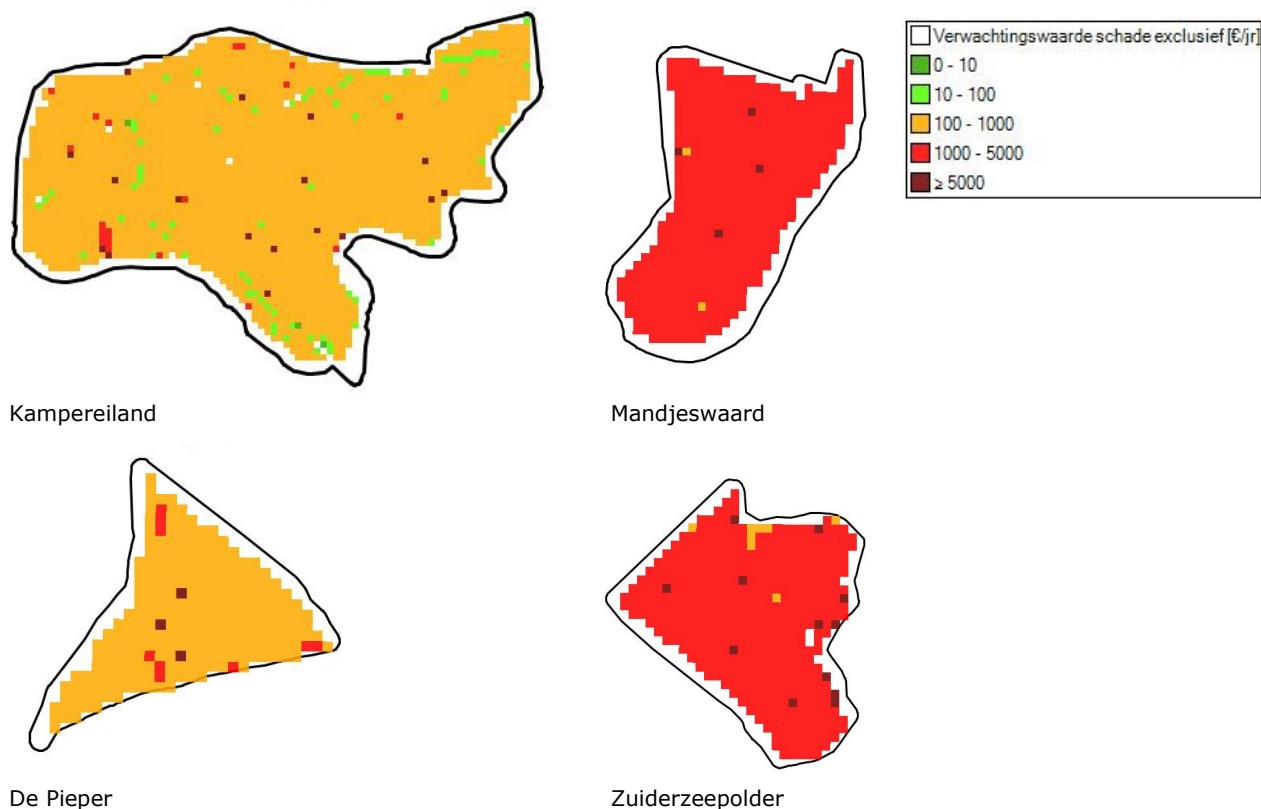
	Slachtofferrisico (miljoen euro per jaar)	Slachtoffers (aantal per jaar)	Schaderisico (miljoen euro per jaar)
Kampereiland	0.03	0.005	0.82
Mandjeswaard	0.11	0.017	1.89
De Pieper	0.01	0.001	0.24
Zuiderzeepolder	0.06	0.009	1.16
<b>Totaal</b>	<b>0.21</b>	<b>0.032</b>	<b>4.11</b>

Tabel 2: verwachtingswaarde van schade en slachtoffers per jaar in de referentiesituatie

Figuur 8 toont de ruimtelijke spreiding van het schaderisico. Het overstromingsrisico in de referentiesituatie van de vier gebieden bedraagt samen ruim 4 miljoen euro per jaar. Het overgrote deel hiervan (95%) heeft betrekking op schade. Een opvallend resultaat is dat het overstromingsrisico van Kampereiland (0.82 miljoen euro/jaar) kleiner is dan het risico van de Mandjeswaard (1.89 miljoen euro/jaar), terwijl de potentiële schade van Kampereiland bijna vijf keer zo groot is. Het effect op het risico wordt bepaald door de grotere overstromingskans van

<sup>3</sup> De dijkfaalkans van ieder dijkvak wordt vermenigvuldigd met de gevolgen. Het totale risico van een gebied is berekend als de som van de risico's per dijkvak.

de Kampereilanden. Ook de compartimenterende (veronderstelde) werking van de oude Zeedijk heeft effect. De schade in deze buitenpolders is echter beperkt (compartiment 1, schade 4.7 miljoen euro; compartiment 2, schade 0.5 miljoen euro) in vergelijking met de potentiële schade in het derde compartiment (46.1 miljoen euro).



Figuur 8: schaderisico Kampereilanden in de huidige situatie

Uit recent onderzoek van Waterschap Groot-Salland blijkt dat het niet duidelijk is uit welke materiaal de dijk precies bestaat. Zo blijkt uit een proeftoetsing voor de situatie dat de Slaperdijk als regionale kering wordt ingezet er voor de Mandjeswaard flinke investeringen in versterkingen nodig zijn. Voor het Kampereiland voldoet de kering op basis van piping net aan de norm als het slootpeil wordt opgezet. In deze studie is standzekerheid verondersteld, ook omdat de geschatte overstromingsdieptes een bovengrens zijn en geen rekening is gehouden met tijdsafhankelijkheid. In de volgende paragraaf is een doorkijk opgenomen naar de effecten van een andere aanname over standzekerheid.

### Doorkijk naar aannames over standzekerheid

In de referentiesituatie is voor het Kampereiland verondersteld dat de slaperdijk standzeker is. In werkelijkheid zal deze niet in alle gevallen standzeker zijn en ook niet in alle gevallen falen. Om een indruk te krijgen van het schaderisico wanneer de slaperdijk zou falen, zijn in aanvulling hierop een situatie doorgerekend waarbij aangenomen is dat de regionale keringen even vaak faalt als dat deze niet zal falen. Het schaderisico op het Kampereiland stijgt dan van 0.82 M€ per jaar naar 2.96 M€ per jaar. Het totale risico op de Kampereilanden stijgt in dit geval van 4.11 M€ per jaar (standzeker) naar 6.21 M€ per jaar (50% standzeker). Gezien de onzekerheid in de risicobepaling leidt dit niet tot andere conclusies. Het effect op van de MLV maatregelen zoals die zijn voorzien zal het sterkst zichtbaar zijn op gebied van preventie,

immers met dezelfde investering als voorzien in de beschreven maatregelen wordt ook de effect als gevolg van het falen van de Slaperdijk gereduceerd.

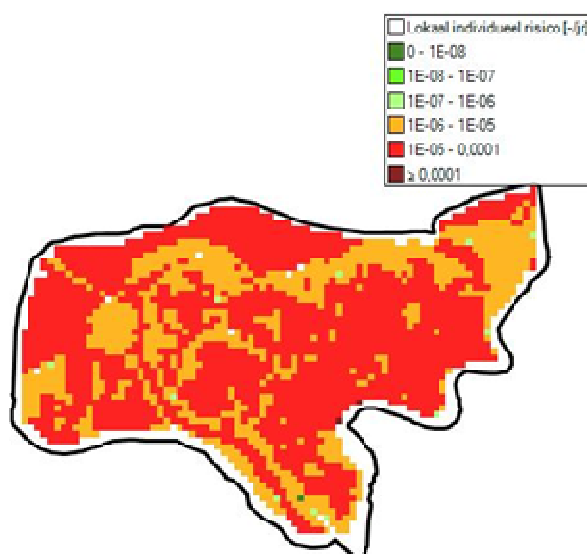
### 3.2 Doelbereik acceptabel overstromingsrisico

Voorafgaand aan de eerste werksessie zijn verschillende uitwerkingen van het doelbereik verkend:

- Een economisch optimale norm;
- Risiconeutraal ontwikkelen;
- Een basisveiligheid in termen van een LIR;
- Een overschrijdingsfrequentie van de waterstand.

Onderkend is dat het gebied in de omgevingsvisie is aangewezen als bergingsgebied. Dit wordt gezien als legitimatie om ook maatregelen te nemen in het kader van (enige) gevolgbeperking. Met deze argumentatie is een economisch optimale beschermingsnorm onvoldoende omdat er geen gevolg beperkende maatregelen worden genomen. In de analyse van overstromingsrisico's en meekoppelkansen houden we al rekening met de lange termijn voor te kijken naar zichtjaar 2050.

Hoewel slachtoffers niet kunnen worden uitgesloten is het aantal verwachte slachtoffers laag (zie Tabel 2). Dit komt door de evacuatiemogelijkheden en vooral door het geringe aantal inwoners. Het effect van maatregelen op slachtofferrisico is daardoor niet of nauwelijks betrouwbaar te bepalen. Toch is het wel van belang om inzicht te hebben in het LIR. Immers, het LIR laat zien waar zich risicovolle gebieden bevinden ongeacht of die bewoond zijn. Dit kan van belang zijn wanneer in de toekomst wordt besloten om gebieden verder te ontwikkelen. Tabel 3 toont het LIR voor de referentiesituatie. Het valt op dat op veel locaties het LIR niet voldoet aan de richtlijn voor basisveiligheid ( $LIR < 10^{-5}$ ). Deze richtlijn geldt overigens alleen voor dijkringen en primaire keringen en niet voor buitendijkse gebieden. Het toepassen van deze richtlijn voor Kampereilanden zou dan in de normstelling voor regionale keringen verwerkt moeten worden. Alleen op Kampereiland voldoet ongeveer een derde van het oppervlak aan deze eis. Ter illustratie is de LIR kaart voor Kampereiland opgenomen in Figuur 9.



Figuur 9: LIR kaart Kampereiland

Kampereiland				Mandjeswaard				Pieper				Zuiderzeepolder			
10-3 tot 10-4	10-4 tot 10-5	10-5 tot 10-6	10-6 tot 10-7	10-3 tot 10-4	10-4 tot 10-5	10-5 tot 10-6	10-6 tot 10-7	10-3 tot 10-4	10-4 tot 10-5	10-5 tot 10-6	10-6 tot 10-7	10-3 tot 10-4	10-4 tot 10-5	10-5 tot 10-6	10-6 tot 10-7
67%	33%			93%	7%			100%				76%	24%		

Tabel 3: percentages van het areaal dat in een bepaalde LIR klasse valt (referentiesituatie)

In deze studie is er voor gekozen om geen doelbereik op te leggen voor een lokaal individueel risico maar het effect van strategieën op het economisch risico en investeringskosten te bepalen. Er is wel rekening gehouden met slachtoffers al wordt vooraf opgemerkt dat met name op gebied van slachtoffers het onderscheid gering is.

### 3.3 Knelpunten en meekoppelkansen in de komende decennia

Met de stakeholders in het gebied zijn de knelpunten en de meekoppelkansen in het gebied in kaart gebracht. Een knelpunt is gedefinieerd als waar voorzieningen niet meer voldoen aan de gestelde eisen. Een meekoppelkans kan worden geïdentificeerd op basis van ontwikkelingen die verwacht worden in het gebied waarbij potentieel een verbinding kan ontstaan met het realiseren van de wateropgave.

Er zijn in het gebied twee knelpunten gedefinieerd:

1. Afgekeurde regionale waterkeringen. Op basis van de toetsing van de waterkeringen blijkt een deel niet te voldoen aan de gestelde eisen. Door klimaatverandering en bodemdaling, inclusief eventuele veranderingen op het peilbeheer van het IJsselmeer is het mogelijk dat de toekomst meer keringen niet voldoen aan de gestelde eisen.
2. De Kampereilanden zijn benoemd als bergingsgebied in de omgevingsvisie. Het label bergingsgebied maakt dat aanvullende maatregelen in de sfeer van ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing worden beschouwd.

De volgende meekoppelkansen zijn benoemd:

- De ontwikkeling van de N50 in het gebied;
- De toegestane uitbreidingen en/of vervanging van koeienstallen waardoor op termijn wordt verwacht dat deze ook gerealiseerd worden;
- De ontwikkelingen rondom het gebied 't Tag West in Genemuiden;
- De herontwikkeling van het N2000 natuurgebied ten noorden van de Kampereilanden. (Hierbij wordt opgemerkt dat de huidige natuur (Rietmoeras) al is verdisconteerd is in de golfbelasting bij de toetsing. De herontwikkeling van de natuur zal daarom in de praktijk geen effect hebben op de belasting van de kering (of mogelijk zelfs een negatief effect). Wel kan de ontwikkeling van nieuwe natuurgebieden als compensatie worden ingezet voor andere maatregelen.

## 4 De Kampereilanden: strategieën voor meerlaagsveiligheid

### 4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk beschrijft het pallet aan mogelijke, onderscheidende MLV-strategieën voor de Kampereilanden.

### 4.2 Identificatie van mogelijke maatregelen

Bijlage C: Groslijst van maatregelen bevat een groslijst van mogelijke MLV-maatregelen. Bij het opstellen van de groslijst is gebruik gemaakt van informatie uit bewonersbijeenkomsten, ontwerpateliers in de IJssel-Vechtdelta en ervaringen elders binnen het Deltaprogramma. De maatregelen zijn ingedeeld in de drie hoofdcategorieën 'preventie', 'ruimtelijke ordening' en 'crisisbeheersing', en daarbinnen in subcategorieën volgens de indeling van het Expertise Centrum Kosten (ECK; Roosjen en Zethof, 2012). In een tweetal bijeenkomsten met gebiedspartners<sup>4</sup> is de groslijst besproken, aangescherpt en omgezet naar een vijftal MLV-strategieën voor de Kampereilanden.

### 4.3 Vier onderscheidende strategieën

Tabel 4 geeft een overzicht van de vier MLV-strategieën die zijn opgesteld. De vier strategieën zijn onderscheidend, dat wil zeggen dat in ieder van de strategieën gekozen is voor een ander accent. Door duidelijke accenten te leggen wordt inzicht verkregen in effectiviteit van verschillende typen maatregelen. In de eerste strategie ligt het accent op maatregelen in het hoofdwatersysteem. In de strategieën twee, drie en vier ligt het accent achtereenvolgens op maatregelen in de sfeer van preventie, ruimtelijke ordening en crisisbeheersing (de drie MLV lagen).

nr	Naam	Leidend principe
1	Systeemingrepen	Door ingrepen buiten de Kampereilanden worden de hydraulische belasting en dus het risico verlaagd.
2	Dijkversterking	Preventie
3	Robuuste ruimtelijke inrichting	Preventie en terpenlandschap gericht op ruimtelijke inrichting
4	Handelingsperspectief	Preventie en vergroten handelingsperspectief voor mens, dier en bedrijf bij een dreiging.

Tabel 4: Mogelijke MLV strategieën

In de vier strategieën is rekening gehouden met (mogelijke) toekomstige ontwikkelingen en knelpunten in het gebied. Bijvoorbeeld, bij het aanleggen van verhoogde evacuatieroutes kunnen mogelijk kosten worden bespaard wanneer deze verhogingen wordt meegenomen in het reguliere onderhoud van de reeds bestaande wegen. Met andere woorden, door 'meekoppelkansen' te benutten kunnen kosten worden bespaard of kunnen maatregelen aantrekkelijker worden uitgevoerd.

<sup>4</sup> Deze bijeenkomsten vonden plaats op 22 januari en 5 februari 2013 op kantoor bij Waterschap Groot-Salland. De Werkgroep Kampereilanden bestond naast het waterschap uit de gemeenten Kampen en Zwartewaterland, Provincie Overijssel en Brandweer Kampen.

### 4.3.1 Strategie 1: systeemingrepen

Systeemingrepen hebben betrekking op maatregelen in hoofdwatersysteem. Deze maatregelen liggen buiten de Kampereilanden, maar zijn wel van invloed op de overstromingsrisico's van de Kampereilanden. Tabel 5 geeft een overzicht van de drie systeemingrepen die in dit onderzoek zijn beschouwd.

nr	Varianten strategie systeemingrepen
1A	Samenvoegen Kampereilanden met dijkkring 10 (Mastenbroek)
1B	Verlaging hydraulische belasting: extra spuicapaciteit IJsselmeer en pompen in spuikokers Afsluitdijk
1C	Building with Nature: waterveiligheid combineren met natuurontwikkeling in het Zwarte Water aan de noordkant van de Kampereilanden

Tabel 5: Varianten strategie 1, systeemingrepen

#### Strategie 1A: samenvoegen Kampereilanden met dijkkring 10 (Mastenbroek)

Eén van de Lange Termijn Perspectieven voor IJssel-Vechtdelta heeft betrekking op het samenvoegen van de Kampereilanden met polder Mastenbroek (dijkkring 10). De Kampereilanden zouden hiermee achter de primaire waterkering komen te liggen. Dit heeft tenminste drie consequenties. Ten eerste, ieder dijkvak wordt gedimensioneerd op een overschrijdingsfrequentie van de waterstand van 1/2.000 per jaar, overeenkomstig de huidige waterveiligheidsnorm van dijkkring 10. Ten tweede, er zijn twee keersluizen nodig om het Ganzendiep en de Goot/Veneriete tijdens hoogwater af te kunnen sluiten van het Zwarte Water. Ten derde, de waterbergingsfunctie van de Kampereilanden vervalt, waardoor het Maatgevend Hoog Waterstanden (MHW) in de IJssel-Vechtdelta toenemen. Er zullen aanvullende maatregelen nodig zijn, bijvoorbeeld om de binnenstad van Kampen te beschermen. Een mogelijke vierde consequentie is dat op lange termijn, vanuit het oogpunt van waterveiligheid, er geen reden meer is om ruimtelijke ontwikkelingen op de Kampereilanden door middel van een bouwverbod tegen te houden. Wanneer de waarde van het gebied stijgt, neemt ook het risico toe (kans x schade).

#### Strategie 1B: verlaging van de hydraulische belasting

Rijkswaterstaat werkt aan de versterking van de Afsluitdijk. Naast de veiligheid wordt ook de afvoercapaciteit vergroot. Volgens planning start de uitvoering van het project in 2016, en is het voltooid in 2020. De extra afvoercapaciteit wordt gerealiseerd door pompen te plaatsen in enkele spuikokers van het spuicomplex bij Den Oever. Momenteel worden diverse studies uitgevoerd naar de effecten van de extra afvoercapaciteit op de hydraulische belastingen op de dijken langs het IJsselmeer. Voor de Kampereilanden hebben ook de balgstuw en de ontwikkelingen op de Vecht en Rijn/IJssel effect. Omdat de precieze effecten nog niet bekend zijn, is in deze studie gewerkt met een mogelijke daling van het MHW met 15 cm.

Een lagere hydraulische belasting betekent in principe dat het overstromingsrisico afneemt. Dit komt vooral doordat lagere waterstanden leiden tot lagere overstromingsdieptes. Hoewel een lager MHW vanaf 2020 ook leidt tot een kleinere faalkans, zullen faalkansen op de lange termijn gelijk zijn aan de waterveiligheidsnorm. Immers, wanneer de dijken op een lagere hydraulische belasting worden getoetst bestaat er geen prikkel om de dijken te versterken tot het moment dat ze niet meer (dreigen te) voldoen.



### Strategie 1C: building with Nature

Natuurmonumenten heeft de ambitie om aan de noordzijde van de Kampereilanden (buitendijks) natuur te her ontwikkelen. Dergelijke principes kunnen, afhankelijk van de huidige opbouw van de kering, leiden tot lagere eisen aan waterkeringen omdat bijvoorbeeld de golfbelasting wordt gereduceerd. Echter, door Waterschap Groot Salland wordt ingeschat dat natuurontwikkeling nauwelijks zal leiden tot andere eisen aan de keringen omdat met de huidige inrichting van vooroevers (Rietmoeras) de effecten van golven al zijn geminimaliseerd.

### 4.3.2 Strategie 2: dijkversterking

Strategie 2 heeft betrekking op dijkversterking. Tabel 5 toont de onderzochte veiligheidsniveaus.

nr	Varianten strategie systeemingrepen
2A	Dijkversterking tot een faalkans van de waterstand per dijkvak van 1/200 per jaar
2B	Dijkversterking tot een faalkans van de waterstand per dijkvak van 1/500 per jaar (gelijk aan normstelling door de Provincie Overijssel)
2C	Dijkversterking tot een faalkans van de waterstand per dijkvak van 1/1000 per jaar

Tabel 6: varianten strategie 2, dijkversterking

### Strategie 2A, 2B en 2C: dijkversterking door aanpassing van de toelaatbare overschrijdingsfrequentie

De huidige norm van de regionale waterkeringen die de Kampereilanden beschermen is 1/500 per jaar. Momenteel voldoet ongeveer 16 km niet aan deze norm (16 van de 41 km). De mate waarin dijkvakken niet voldoen verschilt (zie paragraaf 3.1.1). Afhankelijk van de gehanteerde norm voor dijkversterking (1/200, 1/500, 1/1000 per jaar) worden alleen die dijkvakken versterkt, die gegeven hun actuele sterkte niet voldoen.

De kosten van dijkversterking zijn geraamd door Waterschap Groot Salland. Bij deze kostenramingen spelen verschillende onzekerheid een rol:

1. De kostenramingen hebben betrekking op dijkversterkingen tot een niveau van 1/200 en 1/500 per jaar. De kosten voor dijkversterking tot 1/1000 per jaar zijn daarom geschat door te extrapoleren, hierbij is verondersteld dat er geen kritische grens voor piping/macrostabieliteit wordt overschreden, de kosten kunnen dan significant toenemen. Bij de kostenschattingen is verder aangenomen dat na versterking de faalkans van de dijk gelijk is aan de overschrijdingsfrequentie van de waterstand. Bij de interpretatie van de resultaten moet rekening gehouden worden met onzekerheid, alleen significante verschillen zijn onderscheidend.
2. De kostenramingen voor het versterken van de regionale keringen langs de Kampereilanden liggen lager dan de kosten voor het versterken van primaire waterkeringen, zoals dijkring 10. De volgende aandachtspunten zijn hierbij van belang:
  - Bij de kostenraming voor de Kampereilanden is gekeken naar de maatregelen met de laagste kosten.
  - De omvang van de maatregelen is beperkt (soms gaat het keringen die slechts enkele centimeters te laag zijn).
  - Alle regionale keringen liggen in het landelijk gebied; er is geen bebouwing en voldoende ruimte.

- Eerdere ramingen op een soortgelijke manier bleken achteraf de werkelijke kosten goed te benaderen, waarbij tijdens het opstellen van de raming eveneens werd opgemerkt dat de kosten mogelijk te laag waren.

Door deze onzekerheden in de kosten is het verstandig de kosten met een zekere bandbreedte te beschouwen.

### **Doorkijk naar economisch optimale norm conform WV21**

De optimale overstromingskans is afhankelijk van de omvang van de mogelijke overstromingsschade van een gebied en de kosten die nodig zijn om een bepaald veiligheidsniveau te behalen. Hoe groter de waarde van een gebied, hoe groter de potentiële schade bij een overstroming en hoe hoger het economisch optimale veiligheidsniveau. Bovendien is het overstromingsrisico niet constant. Gebiedsontwikkelingen, economische groei, bevolkingsgroei en klimaatverandering en bodemdaling zorgen ervoor dat het risico als functie van de tijd verandert. Dit betekent dat een economisch optimale veiligheidsniveau het resultaat is van een optimale investeringsstrategie, waarbij de investeringen in waterkeringen pas plaatsvinden wanneer dat van risico-oogpunt het meest rendabel is.

Wanneer de optimale overstromingskans wordt uitgezet tegen de tijd ontstaat een zogenaamde 'zaagtand'. Het risico neemt toe tot het economisch optimale investeringsmoment. Door investeringen in de waterkering neemt het risico eerst abrupt af, om vervolgens weer langzaam toe te nemen als gevolg van de genoemde factoren.

Voor de primaire waterkeringen is een MKBA gedaan naar een optimale investeringsstrategie voor waterkeringen. Voor de Kampereilanden is hiervoor een benadering opgesteld. De resultaten hiervan kunnen niet direct worden vergeleken met de uitwerking van de MLV strategieën maar bieden wel een inzicht wat gebruikt kan worden voor besluitvorming. Bijlage D: De economisch optimale norm bevat een gedetailleerde beschrijving van de methode.

### **4.3.3 Strategie 3: robuuste ruimtelijke inrichting**

In Strategie 3 zijn vijf verschillende ruimtelijke ingrepen beschouwd (zie Tabel 7). Door op lange termijn in de gebiedsinrichting rekening te houden met het overstromingsrisico, kan mogelijk schade worden voorkomen. De effecten hiervan op de overstromingsrisico's worden bepaald in combinatie met handhaving van de huidige waterkeringen.

nr	Varianten strategie systeemingenrepen
3A	Dryproof maken van gebouwen: in de Zuiderzeepolder aan de westrand van Genemuiden liggen een riethandel en een tuincentrum. Er worden maatregelen getroffen aan deze gebouwen zodat het water deze gebouwen niet binnen kan dringen.
3B	Ophogen van boerderijen: bestaande en nieuwe stallen, boerderijen en woningen worden opgehoogd zodat ze in geval van een overstroming geen schade lijden.
3C	Vluchtplekken vee: bestaande hoge gronden worden zo nodig opgehoogd, en ingericht en onderhouden als vluchtplek voor vee.
3D	Evacuatie van vee: wegen die van belang zijn voor de evacuatie van vee worden opgehoogd. Het gaat om ongeveer 20% van de landelijke wegen op de Kampereilanden.
3E	Continuïteit van de bedrijfsvoering. Om te zorgen dat bedrijven zo weinig mogelijk directe en indirecte schade lijden worden boerderijen en stallen opgehoogd, evenals de ontsluitingswegen in het gebied.

Tabel 7: Varianten strategie robuuste ruimtelijke inrichting

Om de effecten op de overstromingsrisico's en de kosten van deze ruimtelijke maatregelen te kunnen schatten is gebruik gemaakt van de kentallen die zijn opgesteld door ECK (zie Roosjen en Zethof, 2012). Bijlage E: Schematisatie van maatregelen geeft overzicht van de wijze waarop deze maatregelen zijn geschematiseerd. Maatregelen 3D en 3E hebben betrekking op het verhogen van wegen. Omdat deze wegen ook tijdens een overstroming dienen te functioneren, zullen ze ontworpen moeten worden alsof het waterkeringen zijn. Dit brengt twee aandachtspunten met zich mee. Ten eerste, de kosten zullen hoger zijn. Ten tweede, wanneer wegen feitelijk dijken zijn, zullen ze een compartimenterende werking hebben. Hiermee veranderen overstromingspatronen en waterdiepten. Met geen van beide aspecten is in dit onderzoek rekening gehouden.

#### 4.3.4 Strategie 4: handelingsperspectief

De maatregelen in deze vierde strategie hebben betrekking op de crisisbeheersing en tot doel om handelingsperspectief te bieden, zodat schade en slachtoffers (onder mens en dier) zoveel mogelijk kunnen worden voorkomen. De varianten zijn beschreven in Tabel 5.

nr	Varianten strategie handelingsperspectief
4A	Crisiscommunicatie: informeren in geval van dreigend hoogwater (referentie)
4B	Risicocommunicatie: jaarlijkse het overstromingsrisico bij bewoners en bedrijven onder de aandacht brengen
4C	Organisatorische voorbereiding: de veiligheidsregio maakt i.s.m. LTO en de boeren op de Kampereilanden een evacuatieplan voor vee

Tabel 8: Varianten strategie robuuste ruimtelijke inrichting

Door bedrijven en bewoners op de Kampereilanden op tijd te waarschuwen kunnen schade en slachtoffers (onder mens en dier) worden voorkomen. We gaan er hierbij vanuit dat ook in de referentie bedrijven en bewoners worden gewaarschuwd voor hoogwater. Maatregel 4A heeft dan ook betrekking op de referentie (de referentiesituatie). Over de werkelijke effecten van risicocommunicatie campagnes is nauwelijks iets bekend. Uit onderzoek is wel bekend dat risicocommunicatie het risicobewustzijn van mensen (tijdelijk) kan verhogen, hun informatiebehoefte doet toenemen, en hun neiging om adaptieve maatregelen te nemen stimuleert (Terpstra, 2010). Bij maatregel 4B is daarom verondersteld dat de directe schade aan gebouwen met 20% afneemt. Maatregel 4C gaat uit van een verbeterde organisatorische voorbereiding op een evacuatie van het vee. De veiligheidsregio en LTO kunnen hierin een belangrijke rol vervullen. Bij deze maatregel is het uitgangspunt dat een goede planmatige voorbereiding in combinatie met een jaarlijkse oefening ervoor kan zorgen dat het vee tijdig geëvacueerd kan worden.



## 5 Beoordeling strategieën

### 5.1 Inleiding

Dit hoofdstuk presenteert de resultaten van het onderzoek, hiervoor is een beoordelingskader opgesteld (5.2). We staan stil bij het effect van de vier strategieën op de overstromingsrisico's, en de kosten die nodig zijn om de strategieën te realiseren (paragraaf 5.3). Naast risicoreductie en kosten spelen ook andere criteria een rol in de beoordeling en selectie van de strategieën. In overleg met de opdrachtgever is al een selectie van strategieën gemaakt die beoordeeld zijn op aanvullende criteria (paragraaf 5.4). De effecten van de strategieën op de risico's, de kosten en de aantrekkelijkheid van strategieën op basis van de aanvullende criteria leveren een totaalbeeld op.

### 5.2 Beoordelingskader

Door STOWA is eind 2011 samen met vertegenwoordigers van waterschappen, provincies, Rijkswaterstaat en het deltaprogramma een basisvisie opgesteld voor een beoordelingskader meerlaagsveiligheid (Kolen en Kok, 2012). Het beoordelingskader heeft tot doel om inzicht te krijgen in de mate waarin verschillende strategieën een aantrekkelijk perspectief bieden. Door maatregelen te beoordelen op verschillende criteria kan een beargumenteerde keuze worden gemaakt die de transparantie vergroot.

#### 5.2.1 Beoordelingscriteria

In het beoordelingskader zijn de criteria opgedeeld in twee categorieën. Ten eerste, de risico gerelateerde criteria. Dit zijn de criteria in het voorgaande hoofdstuk aan bod zijn gekomen, te weten het schaderisico, het slachtofferrisico en de kosten die gemaakt worden om schade en slachtoffers te beperken. Ten tweede, criteria die een belangrijke rol spelen in de regionale context. De lijst met beoordelingscriteria is het resultaat van een iteratief proces, waarin op verschillende momenten afstemming heeft plaatsgevonden met de Werkgroep Kampereilanden. Bijvoorbeeld, voor de Kampereilanden is het perspectief voor de agrarische sector een belangrijk criterium, evenals de natuurlijke en ecologische inpassing wegens de Natura 2000 status van de Kampereilanden. Tabel 9 geeft een volledig overzicht van de toegepaste criteria.

Risico gerelateerde criteria	Risico	Risico op schade en slachtoffers na uitvoering van maatregelen (in Meuro).
	Kosten	Investeringskosten om maatregelen uit te kunnen voeren (in Meuro).
	Totaal	Totaal van risico en kosten (in Meuro).

Criteria en waarden die van belang zijn in de regionale context.	Handhaafbaar	Mate waarin risicoreducerend effect van maatregelen in de praktijk (op relatief eenvoudige wijze) gehandhaafd kan worden.
	Doelmatig	Investeren op plaatsen waar de risico's het grootst zijn.
	Toekomstbestendig en robuust	Mate waarin maatregelen zorgen dat waterveiligheid op de lange termijn gewaarborgd is en een perspectief biedt voor ontwikkeling van het gebied.
	Onafhankelijk elders	Mate waarin maatregelen de onafhankelijkheid van de Kampereilanden vergroten, zodat maatregelen elders in de IJssel-Vechtdelta geen effecten hebben op Kampereilanden.
	Draagvlak	Mate waarin maatregelen kunnen rekenen op steun onder bewoners, bedrijven en andere stakeholders.
	Betrokkenheid	Mate waarin maatregelen bijdragen aan een grotere betrokkenheid van bewoners en bedrijven bij de Kampereilanden.
	Ruimtelijke ontwikkelingen	Mate waarin maatregelen bijdragen aan de ruimtelijke kwaliteit en gekoppeld kunnen worden met ruimtelijke ontwikkelingen op de korte en lange termijn.
	Natuur & ecologie	Mate waarin maatregelen bijdragen aan natuurlijke en ecologische waarden en gekoppeld kunnen worden met ontwikkelingen op de korte en lange termijn.
	Perspectief agrarische sector	Mate waarin maatregelen bijdragen aan het toekomstperspectief voor de agrarische sector en gekoppeld kunnen worden met ontwikkelingen op de korte en lange termijn.
Landschap & cultuur	Mate waarin maatregelen bijdragen aan landschappelijke en culturele waarden en gekoppeld kunnen worden met ontwikkelingen op de korte en lange termijn.	

Tabel 9: criteria en hun betekenis

## 5.3 Overstromingsrisico's en kosten

### 5.3.1 Methode

De vier strategieën hebben tot doel om de overstromingsrisico's op de Kampereilanden op de korte en lange termijn op een acceptabel niveau te brengen en te houden. Om dit inzicht te bieden zijn de volgende drie stappen gezet:

1. effecten van strategieën op risico's;
2. investeringskosten van de strategieën;
3. netto contante waarde van de strategieën.

#### Effecten van strategieën op risico's

De eerste vraag is in welke mate de vier strategieën hierin slagen? Immers, geen enkele strategie zal ervoor zorgen dat het overstromingsrisico volledig kan worden weggenomen. Afhankelijk van de manier waarop strategieën worden ontworpen, blijft er altijd een (kleine) kans bestaan dat er toch schade optreedt als gevolg van een overstroming. Het geaccepteerde risico kan worden bepaald door de combinatie van kans x gevolg. Het risico is dus een verwachtingswaarde, uitgedrukt in 'euro per jaar' (in geval van schade) of 'slachtoffers per jaar'

(in geval van slachtoffers). De effecten van strategieën op het risico zijn bepaald met het 'meerlaagsveiligheid instrument'.

### **Investeringskosten van de strategieën**

De tweede vraag heeft betrekking op het kostenplaatje van de vijf strategieën. Wat kost het bijvoorbeeld om dijken op te hogen, of om evacuatie routes aan te leggen? In dit onderzoek zijn de investeringskosten op grofstoffelijke wijze geschat. Dat wil zeggen, met behulp van de geschatte kosten kunnen strategieën onderling worden vergeleken. De kostenschattingen zijn niet bedoeld om een precies inzicht te geven in werkelijke kosten van de strategieën (en de individuele maatregelen binnen de strategieën) maar wel om een vergelijking te kunnen maken. De gehanteerde kostenfunctie is gebaseerd op ramingen van het waterschap gebaseerd op de toetsing. Deze kostenfunctie is toegepast (met lineaire extrapolatie) voor alle dijkversterkingen, deze kostenfunctie wijkt dus af van de functie die wordt gebruikt in de MKBA. Hiermee sluiten we aan bij de werkelijke situatie van de keringen en niet bij referentiedijken. Bijlage E: Schematisatie van maatregelen geeft een overzicht van de aannamen die ten grondslag liggen aan de kostenschattingen van iedere strategie.

### **Totale kosten en Netto Contante Waarde (NCW)**

Het overstromingsrisico is een verwachtingswaarde van de schade per jaar. Om de totale kosten van het overstromingsrisico te kunnen bepalen, maken we de verwachte toekomstige schade eerst 'contant'. Dat wil zeggen, we bepalen de huidige waarde van de schade die over een oneindig aantal jaren in de toekomst optreedt. Om de verwachte jaarlijkse schade in de toekomst terug te kunnen rekenen naar nu, maken we gebruik van de disconteringsvoet.<sup>5</sup> Conform de MKBA WV21 (Deltares, 2011) rekenen we met een disconteringsvoet van 5.5%. De risico's zijn bepaald voor het zichtjaar 2050 gebruik makend van de deltascenario's (global economy, het meest extreme scenario). Vervolgens kunnen we de totale kosten van een MLV-strategie inzichtelijk maken door de NCW van de verwachte schade en de NCW van de investeringskosten die nodig zijn om de strategie te realiseren, bij elkaar op te tellen:

$$\text{NCW totale kosten (euro)} = \text{NCW risico (euro)} + \text{NCW investeringskosten (euro)}$$

## **5.3.2 Overstromingsrisico's en kosten van de vijf strategieën**

Het totale overstromingsrisico in de referentie heeft een netto contante waarde (NCW) van 83 miljoen euro (zie Tabel 11). Door de NCW's van de vijf strategieën hiermee te vergelijken wordt inzicht verkregen in de effectiviteit van de strategieën.

### **Strategie 1: systeemingrepen**

Het overstromingsrisico wordt het sterkst gereduceerd door Kampereilanden samen te voegen met dijkkring 10. Een samenvoeging met dijkkring 10 betekent dat het Ganzendiep, de Goot, Noorddiep en Veneriete binnendijks komen te liggen. De totale lengte van de waterkeringen die bescherming bieden tegen buitenwater (de IJssel, Vecht en het Zwarte Water) neemt dan aanzienlijk af. Echter, de kosten van strategie 1 zijn naar verwachting zeer hoog. Dit komt doordat er keersluizen geplaatst moeten worden om het Ganzendiep en de Goot/Veneriete bij hoogwater af te kunnen sluiten van het Zwarte Water. Ook de bergingsfunctie van de Kampereilanden vervalt, waardoor extra maatregelen langs de IJssel nodig zijn om bijvoorbeeld

<sup>5</sup> Rentevoet die bij een MKBA gebruikt wordt om de huidige (=contante) waarde te berekenen van de toekomstige kosten en opbrengsten van een project (zie de MKBA WV21; Deltares, 2011).

Kampen te beschermen. Wanneer het risico en de kosten samen worden beschouwd, is de NCW van strategie 1 (111 miljoen euro) hoger dan de NCW van de referentiesituatie (83 miljoen euro). Vooral vanuit kosten oogpunt is het samenvoegen van Kampereilanden met dijkkring 10 dan ook een onaantrekkelijke strategie. Daarnaast wordt opgemerkt dat er door het samenvoegen ook bij andere dijkringen extra investeringen nodig zijn om dat het bergingsgebied vervalt. Hiervoor stijgen de hydraulische belastingen. Deze kosten zijn nog niet meegenomen. Daarentegen vervallen enkele primaire waterkeringen in dijkkring 10. Overall lijken de kosten zoals geraamd een onderschatting.

Een lagere hydraulische belasting (15 cm) op basis van systeemingenrepen op het IJsselmeer is vertaald naar een lagere overstromingsdiepte.

In de referentiesituatie voldeed geen van de vier gebieden aan de norm  $LIR < 10^{-5}$  per jaar. Hoewel het LIR als gevolg van systeemingenrepen verbetert, voldoet het LIR in geen enkele polder volledig aan de norm.

### Strategie 2: dijkversterking

Het versterken van de regionale waterkeringen tot een norm van 1/200, 1/500 of 1/1000 per jaar leidt tot een aanzienlijke reductie van het risico. De reductie is groter naarmate de norm strenger wordt. Bovendien zijn ook de geschatte kosten voor dijkversterking laag (oplopend van circa 2 tot 5 miljoen euro voor een sobere, normconforme versterking). Strategie 2 leidt daardoor tot een forse afname van de totale NCW (risico plus kosten). Bijvoorbeeld, door versterking van de regionale waterkeringen tot de vigerende norm van 1/500 per jaar neemt de NCW af van 83 naar 24 miljoen euro.

Tabel 10 geeft een aanvullend overzicht van schade- en slachtofferrisico's voor ieder van de vier gebieden. Uit de resultaten voor de optimale norm blijkt dat alle polders voor dijkversterking in aanmerking komen. Dat wil zeggen, het schaderisico in de referentiesituatie is in alle polders groter dan het schaderisico bij de economisch optimale norm. In de Mandjeswaard en de Pieper is het optimale beschermingsniveau kleiner dan 1/200 (respectievelijk 1/125 en 1/137). In de Zuiderzeepolder ligt de optimale norm rond 1/200 (1/216). Kampereiland krijgt op basis van de kosten-baten analyse de hoogste norm (1/366).

	Referentie		1/200		1/500		1/1000	
	Schade	slachtoffers	schade	slachtoffers	schade	slachtoffers	schade	slachtoffers
<b>Kampereiland</b>	0.82	0.03	0.66	0.03	0.52	0.03	0.31	0.02
<b>Mandjeswaard</b>	1.89	0.11	0.62	0.04	0.29	0.02	0.16	0.01
<b>De Pieper</b>	0.24	0.01	0.09	0.00	0.06	0.00	0.03	0.00
<b>Zuiderzeepolder</b>	1.16	0.06	0.41	0.02	0.19	0.01	0.10	0.00
<b>Totaal</b>	<b>4.11</b>	<b>0.21</b>	<b>1.78</b>	<b>0.09</b>	<b>1.05</b>	<b>0.06</b>	<b>0.60</b>	<b>0.03</b>

Tabel 10: schade en slachtofferrisico's (Meu/jr) in 2050

In paragraaf 4.3.2 hebben we aangegeven dat de kostenschattingen voor dijkversterking verschillende onzekerheden bevatten. Maar ook als de kosten met een forse bandbreedte worden beschouwd neemt de totale NCW (risico plus kosten) voor dijkversterking slechts in beperkte mate toe. Bijvoorbeeld, wanneer de keringen worden versterkt tot de vigerende norm



van 1/500 per jaar bedraagt de totale NCW van het risico plus de benodigde kosten voor dijkversterking 24 miljoen euro. Wanneer de kosten voor dijkversterking een factor twee groter zouden zijn (ongeveer 5 miljoen euro) dan zou de totale NCW toenemen tot ongeveer 26 miljoen euro. Met andere woorden, ten opzichte van de referentiesituatie (NCW 83 miljoen euro) is het beeld nauwelijks veranderd. Strategie 2 is dan ook vanuit kosten oogpunt een aantrekkelijke strategie.

In de referentiesituatie voldeed geen van de vier gebieden aan de norm  $LIR < 10^{-5}$  per jaar. Hoewel het LIR als gevolg van dijkversterking verbetert, voldoet het LIR in geen enkele polder volledig aan de eis van  $10^{-5}$  per jaar. De uitzondering hierop is de Pieper, waar het LIR alleen aan de norm van  $10^{-5}$  voldoet wanneer de dijken worden versterkt tot 1/1000 per jaar.

### **Strategie 3: ruimtelijke maatregelen**

De vijf ruimtelijke strategieën hebben een beperkt effect op de totale NCW. De eerste maatregel (3A), het dryproof maken van gebouwen (in dit geval: een riethandel en tuincentrum) kost uiteindelijk zelfs meer dan het aan risicoreductie oplevert. De totale NCW (risico plus kosten) neemt ten opzichte van de referentie toe van 83 naar 98 miljoen euro.

Door het ophogen van stallen, bedrijven en woningen (3B) ontstaat een terpenlandschap. Deze maatregel leidt vooral tot een afname van de directe schade. Wanneer het ophogen van stallen en boerderijen wordt gekoppeld aan verbouwing of nieuwbouw van boerderijen en stallen, kunnen ophogingen kostenefficiënter worden uitgevoerd. Bij de schatting van de kosten is hier vanuit gegaan, dat betekent dat dit een maatregel is die pas op de lange termijn wordt geëffectueerd zodat de extra kosten voor waterveiligheid beperkt zijn, de kosten zijn nu geschat met gebruik van ECK kentallen op 20 miljoen euro. Het op korte termijn realiseren van deze maatregel zou betekenen dat de afbraak en opbouw kosten ook volledig voor waterveiligheid zijn en geen onderdeel zijn van in de toekomst geplande vervangings- of herstructurering. De totale NCW (risico plus kosten) blijft dan ongeveer gelijk aan de NCW in de referentie (van 80 naar 86 miljoen euro).

Het creëren van vluchtplekken voor vee is de meest kosteneffectieve ruimtelijke maatregel. Hierbij wordt ervan uit gegaan dat al het vee gered kan worden (ongeveer 10.000 koeien). Hiertoe dient naar schatting tien hectare grond aangewezen en opgehoogd te worden, zodat de koeien in geval van een overstroming op voldoende hoge grond staan. Het ligt voor de hand om hiervoor de relatief hoog gelegen gronden te gebruiken, waardoor er minder ophoogzand nodig is. De totale NCW (risico plus kosten) neemt dan enigszins af (van 83 naar 74 miljoen euro). In deze schatting is geen rekening gehouden met de tijdsduur en de weerscondities waaronder de koeien op hun vluchtplek moeten blijven. Wanneer koeien alsnog overlijden als gevolg van de omstandigheden neemt de effectiviteit van de maatregel af.

Het ophogen van de belangrijkste wegen voor de evacuatie van vee (3D) is naar verwachting niet of nauwelijks kosteneffectief. Hierbij is er bovendien van uitgegaan dat een beperkt deel van de wegen opgehoogd hoeft te worden (ongeveer 20%), en dat tijdens een (dreigende) overstroming al het vee (10.000 koeien) veilig geëvacueerd kan worden. De totale NCW (risico plus kosten) neemt dan in beperkte mate af (van 83 naar 77 miljoen euro). Er is hierbij geen rekening gehouden met de standzekerheid van de wegen tijdens een overstroming. Wanneer de wegen dienen te voldoen aan de normen voor waterkeringen zullen de kosten hoger zijn. In dat geval zullen ze bovendien fungeren als compartimenteringsdijken. Hierdoor zullen overstromingspatronen veranderen en waterdiepten (lokaal) toenemen. Het effect hiervan op de schade is niet meegenomen.

Het waarborgen van de bedrijfscontinuïteit door stallen, bedrijven en wegen op te hogen voorkomt vooral indirecte schade, schade aan wegen en schade aan boerderijen (ongeveer 30% tot 35% van de totale schade). Deze maatregel kost ongeveer net zoveel als dat zij aan risicoreductie oplevert (NCW van 83 naar 88 miljoen euro). Hierbij gaan we er bovendien vanuit dat er geen schade optreedt aan de verhoogde objecten. Net als bij voorgaande maatregel (3D) dienen de wegen in het gebied standzeker te zijn, waardoor ze een compartimenterende werking zullen krijgen. De effecten hiervan op de schade zijn niet meegenomen.

Omdat de ruimtelijke strategieën alleen betrekking hebben op schadereductie, is er geen effect op het LIR bepaald. Door de geringere waterdieptes bij de ophogingen zal hier het LIR wel dalen, buiten deze ophoging niet.

#### **Strategie 4: crisisbeheersing**

De organisaties in de algemene kolom (gemeente Kampen, Zwartewaterland en de Veiligheidsregio IJsselland) zijn verantwoordelijk voor de crisiscommunicatie met bewoners en bedrijven op de Kampereilanden. In geval van een dreigende overstroming zullen zij zorg dragen voor de informatievoorziening en, indien nodig, de evacuatie van de Kampereilanden begeleiden. In dit onderzoek is ervan uitgegaan dat de crisiscommunicatie (4A) ook in de referentie al functioneert.

Door middel van risicocommunicatie (4B) kan een extra inspanning worden gedaan om het risicobewustzijn te verhogen. Volgens de Internationale Commissie voor de Bescherming van de Rijn (Egli, 2002) kan met een goede voorbereiding de schade aan bezittingen aanzienlijk gereduceerd worden (met orde grootte 80%). Mensen dienen hun waardevolle spullen dan op tijd naar een hoge, veilige plek te verplaatsen. In dit onderzoek is ervan uitgegaan dat de directe schade aan boerderijen met 20% afneemt. Dit levert een beperkte risicoreductie op (NCW van 83 naar 81 miljoen euro), maar omdat een risicobewustzijns campagne ook relatief weinig kost (NCW 0.38 miljoen euro) kan de maatregel toch kosteneffectief zijn. We gaan er daarnaast vanuit dat risicocommunicatie op de Kampereilanden geen effect heeft op het aantal slachtoffers, omdat het slachtofferrisico al laag was in de referentie. Het LIR blijft dat ook gelijk als in de referentie.

Een goede organisatorische voorbereiding op overstromingen kan helpen om een evacuatie beter te laten verlopen. Het gaat hierbij zowel om een tijdig besluit tot evacuatie als om de uitvoering van de evacuatie zelf. Door een tijdige evacuatie van het vee (10.000 koeien) kan het schaderisico gereduceerd worden van 83 naar 72 miljoen euro (NCW). De evacuatie vergt een gezamenlijke inspanning van de boeren op de Kampereilanden, LTO en de Veiligheidsregio IJsselland. De kosten van een goed plan, afspraken, en een jaarlijkse oefening of bijeenkomst aan het begin van het stormseizoen kunnen relatief beperkt blijven (NCW 0.38 miljoen euro). Door de lage kosten is de maatregel al snel kosteneffectief. In deze studie daalt de totale NCW (risico plus kosten) van 83 naar 73 miljoen euro (NCW).

	Risico			Kosten			Risico + Kosten		
	Schaderisico 2015 (M€ / jr)	Slachtofferisico 2015 (M€ / jr)	NCW risico 2015 (M€)	Vaste kosten 2015 (M€)	Variabele kosten 2015 (M€/jr)	NCW kosten 2015 (M€)	NCW 2015 (M€)	NCW 2050 (M€)	
<b>Referentiesituatie</b>	4.11	0.21	<b>83</b>	*	*	*	<b>83</b>	<b>198</b>	
<b>Strategie 1: systeemingen</b>									
<b>1a</b>	Achter de primaire waterkering (overschrijdingskans 1/2000)	0.56	0.03	<b>11</b>	100 (a)	*	<b>100</b>	<b>111</b>	<b>127</b>
<b>1b</b>	Hydraulische belasting 15 cm lager	3.86	0.21	<b>78</b>	*	*	<b>78</b>	<b>186</b>	
<b>1c</b>	Building with nature	4.11	0.21	<b>83</b>	*	*	<b>83</b>	<b>198</b>	
<b>Strategie 2: dijkversterking</b>									
<b>2a</b>	1/200 per jaar	1.78	0.09	<b>36</b>	1.7	*	<b>1.7</b>	<b>38</b>	<b>87</b>
<b>2b</b>	1/500 per jaar	1.05	0.06	<b>21</b>	2.4	*	<b>2.4</b>	<b>24</b>	<b>53</b>
<b>2c</b>	1/1000 per jaar	0.60	0.03	<b>12</b>	4	*	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>33</b>
<b>Strategie 3: ruimtelijke maatregelen</b>									
<b>3a</b>	Riethandel en tuincentrum dry-proofofen	4.08	0.21	<b>82</b>	16	*	<b>16</b>	<b>98</b>	<b>212</b>
<b>3b</b>	Ophogen stallen, bedrijven en woningen (gekoppeld aan vervangingsopgave)	3.25	0.21	<b>66</b>	20	*	<b>6</b>	<b>86</b>	<b>177</b>
<b>3c</b>	Vluchtplekken voor vee	3.56	0.21	<b>72</b>	1.5	*	<b>1.5</b>	<b>74</b>	<b>173</b>
<b>3d</b>	Evacuatie vee: belangrijkste wegen ophogen	3.56	0.21	<b>72</b>	5	*	<b>5</b>	<b>77</b>	<b>177</b>
<b>3e</b>	Continuïteit bedrijfsvoering: ophogen stallen en bedrijven (3b) + ophogen alle wegen	2.76	0.21	<b>57</b>	31	*	<b>31</b>	<b>88</b>	<b>165</b>
<b>Strategie 4: crisisbeheersing</b>									
<b>4a</b>	Crisiscommunicatie; nauwelijks slachtoffers (referentie)	4.11	0.21	<b>83</b>	*	*	*	<b>83</b>	<b>198</b>
<b>4b</b>	Risicocommunicatie; geen slachtoffers, 20% schadereductie boerderijen	3.99	0.21	<b>81</b>	*	0.02	<b>0.38</b>	<b>81</b>	<b>193</b>
<b>4c</b>	Organisatorische voorbereiding; preventief evacueren dieren (door LTO/VR)	3.56	0.21	<b>72</b>	*	0.02	<b>0.38</b>	<b>73</b>	<b>172</b>

Tabel 11: overstromingsrisico's en kosten in 2015 en 2050

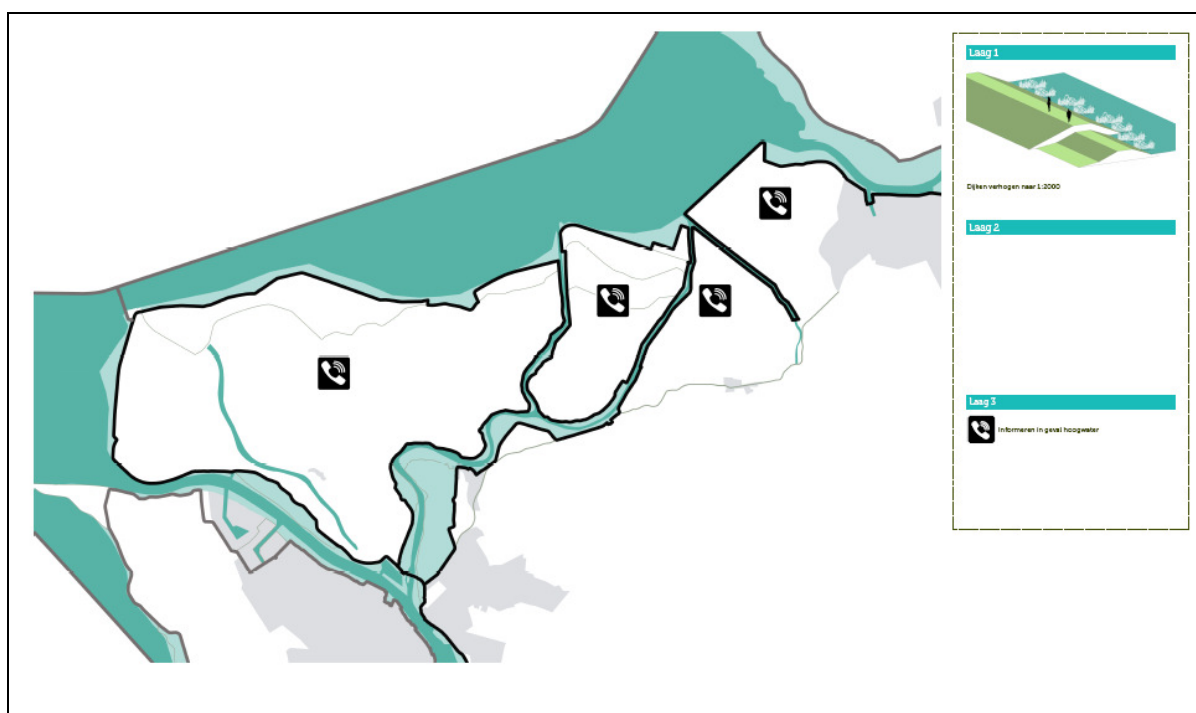
\* niet van toepassing; (a) kosteninschatting is een ruwe benadering; hoge kosten worden met name verklaard door benodigde aanleg van twee keersluizen in het Ganzendiep en in de Goot/Veneriete en de extra veiligheidsopgave voor het hoofdsysteem als gevolg van het wijzigen van de waterbergingsfunctie Kampereilanden (o.a. keringen binnenstad Kampen en buitendijkse panden Kampen).

## 5.4 Beoordeling strategieën aan andere waarden

### 5.4.1 Geselecteerde strategieën

De MLV-strategieën zijn beoordeeld door de leden van de Werkgroep Kampereilanden.<sup>6</sup> Hierbij is de keuze gemaakt om niet alle maatregelen in ieder van de vier strategieën te beoordelen, maar een selectie van kansrijke en herkenbare strategieën die in eerdere visies op de ontwikkeling van de IJssel-Vechtdelta een prominente rol hebben gespeeld in de beeldvorming.

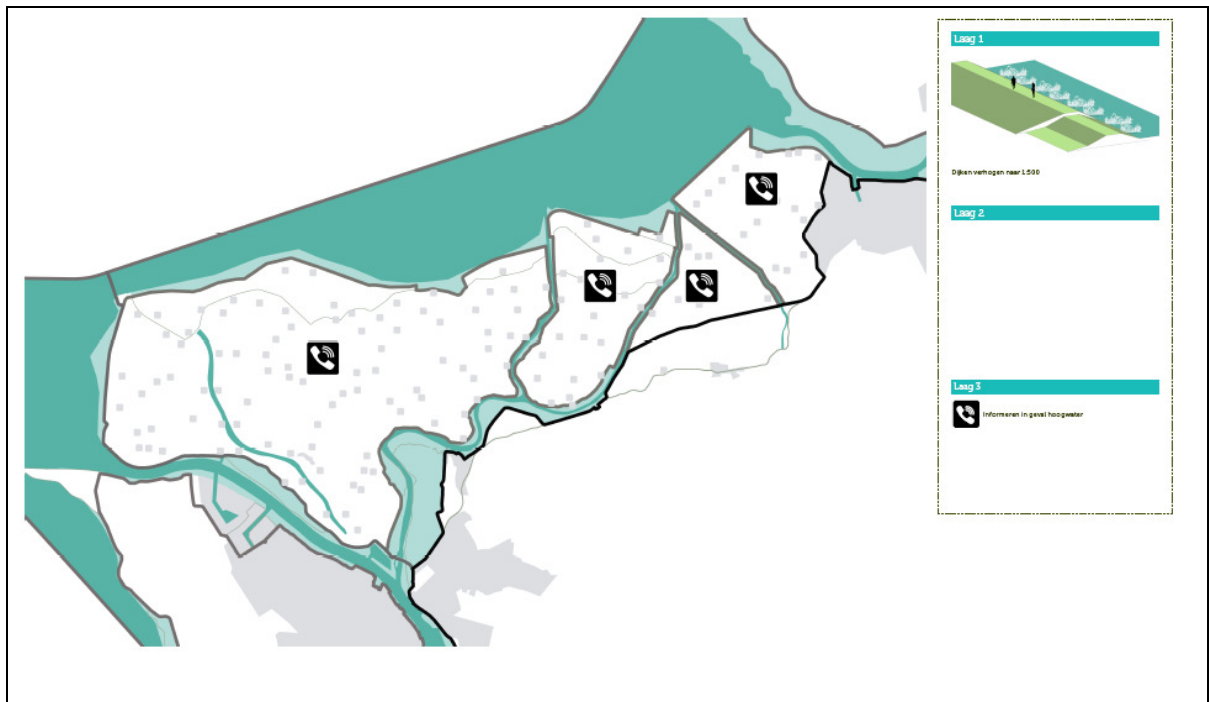
1. Systemingrepen (zie Figuur 10): Kampereilanden samenvoegen met polder Mastenbroek (dijkkring 10). Deze strategie sluit aan bij het perspectief 'Preventie Voorop' uit het Lange Termijn Perspectief IJssel-Vechtdelta.



Figuur 10: strategie 1, systemingrepen

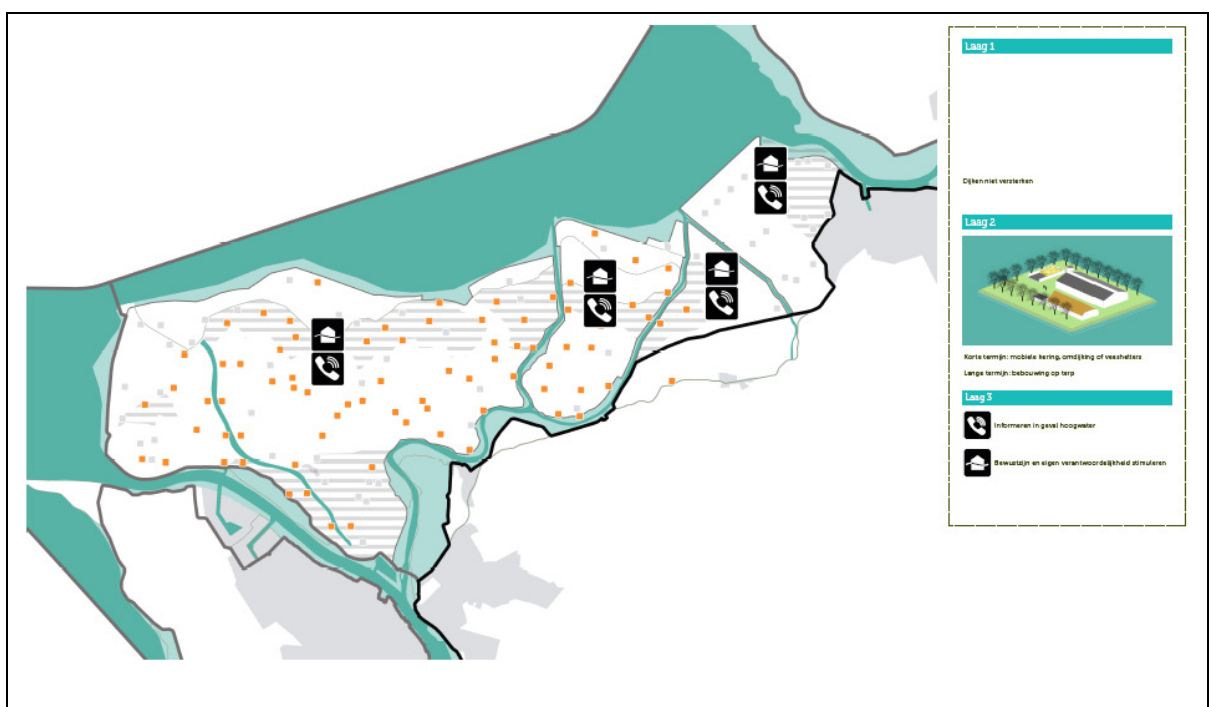
2. Dijkversterking (zie Figuur 11): de regionale keringen versterken zodat zij voldoen aan een faalkans van 1/500 per jaar (maatregel 2B). Deze strategie sluit aan bij de huidige norm voor de regionale waterkeringen. Een deel van de waterkeringen (16km van 41 km dijken) voldoet momenteel niet aan deze norm.

<sup>6</sup> Deze bijeenkomst heeft plaatsgevonden op 5 maart 2013, op kantoor bij Waterschap Groot-Salland.



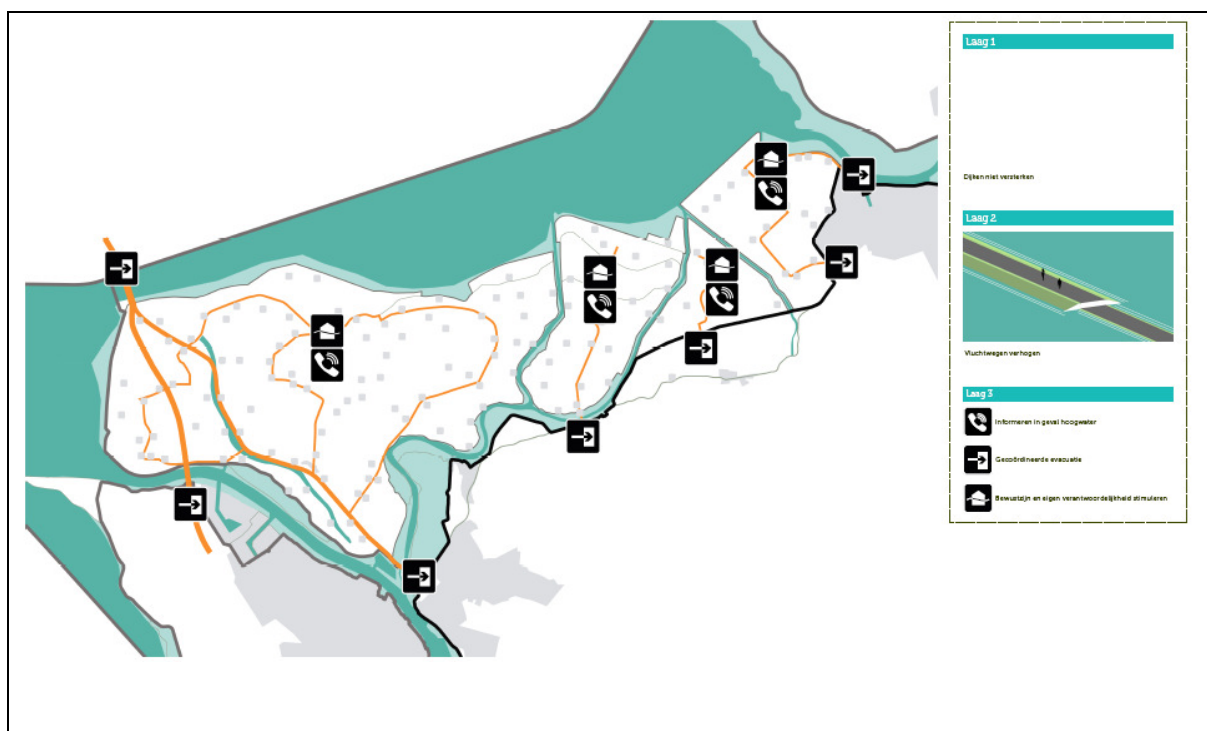
Figuur 11: strategie 2, dijkversterking

3. Ruimtelijke maatregelen (zie Figuur 12): doorgroeien naar een terpenlandschap waarbij stallen en boerderijen op lange termijn bij nieuwbouw en/of vervanging op terp worden gebouwd (maatregel 3B) en hoge vluchtplekken voor vee worden gecreëerd (maatregel 3D). Deze strategie sluit aan bij de 'Mix op Maat' uit het Lange Termijn Perspectief IJssel-Vechtdelta en het perspectief 'adaptieve landbouw' uit het Gebiedsatelier Kampereilanden.



Figuur 12: strategie 3, ruimtelijke maatregelen

4. Crisisbeheersing (zie Figuur 13): het verhoogd aanleggen van evacuatieroutes (maatregel 3C) en het maken van goede plannen voor de evacuatie van vee (maatregel 4C). Deze strategie sluit aan bij 'Erven aan Nerven' uit Gebiedsatelier Kampereilanden).



Figuur 13: strategie 4, crisisbeheersing

### 5.4.2 Toepassing van het beoordelingskader

In het beoordelingskader worden de totale kosten van het overstromingsrisico (risico plus investeringskosten) uitgedrukt in de NCW, overeenkomstig Tabel 11. De overige criteria en waarden zijn op meer kwalitatieve wijze toegepast, in een separate bijeenkomst met de leden van de Werkgroep Kampereilanden.<sup>7</sup> In deze bijeenkomst is aan de deelnemers gevraagd om de vijf strategieën te beoordelen op een zogenaamde 5-punt schaal.

- strategie scoort *zeer slecht* op het criterium
- strategie scoort *tamelijk slecht* op het criterium
- 0 strategie scoort *niet slecht en niet goed* op het criterium (neutraal)
- + strategie scoort *tamelijk goed* op het criterium
- ++ strategie scoort *zeer goed* op het criterium

Tijdens de beoordeling was het toegestaan om onderling in discussie te gaan, en elkaar te overtuigen van elkaars standpunten. Tabel 12 toont de resultaten in samengevatte vorm.

### 5.4.3 Resultaten van de beoordeling

#### Strategie 1: Kampereilanden achter de primaire waterkering

Deze strategie heeft ongeveer evenveel positieve als negatieve scores gekregen. De strategie wordt gezien als een handhaafbare strategie waarvoor tamelijk veel draagvlak zal zijn. Dit draagvlak hangt (deels) samen met de idee dat het versterken van de regionale kering tot het niveau van de primaire keringen een goed perspectief biedt voor de agrarische sector op de Kampereilanden. De leden van de werkgroep zijn echter verdeeld over de doelmatigheid

<sup>7</sup> Deze bijeenkomst vond plaats op 5 maart 2013 op kantoor bij Waterschap Groot-Salland.

(vanwege de hoge kosten) en toekomstbestendigheid (vanwege de effecten op het overstromingsrisico elders in de IJssel-Vechtdelta). Beide criteria werden zowel positief als negatief beoordeeld. Men zag weinig mogelijkheden om deze strategie op slimme wijze te combineren met ruimtelijke ontwikkelingen. Ook de combinatie met culturele waarden werd door een enkeling negatief beoordeeld.

### **Strategie 2: dijkversterking tot 1/500 per jaar**

De strategie dijkversterking tot een niveau van 1/500 per jaar werd overwegend positief beoordeeld. Deze strategie wordt gezien als zeer goed handhaafbaar. Daarnaast wordt deze strategie gezien als een doelmatige en toekomstbestendige strategie waarvoor tamelijk veel draagvlak is en waarbij men zich betrokken zal voelen. Bij toekomstbestendigheid is opgemerkt dat deze afhangt van de wijze waarop de dijkversterking wordt uitgevoerd. Immers, de norm ligt ook in de referentie al op 1/500, maar ongeveer 16 km dijk voldoet momenteel niet aan deze norm. Door de dijkversterking 'robuust' uit te voeren neemt de toekomstbestendigheid toe. Draagvlak en betrokkenheid krijgen mede een positieve beoordeling omdat deze maatregel een tamelijk goed perspectief biedt voor de agrarische sector. Wanneer de waterkering aan de buitendijkse zijde wordt versterkt kan dit een negatieve impact hebben op natuur en ecologie, maar de maatregel kan ook in harmonie met natuurlijke en ecologische waarden worden uitgevoerd. Een enkeling is van mening dat dijkversterking tot 1/500 per jaar de onafhankelijkheid van het gebied niet ten goede komt ten opzichte van de omliggende dijkringen.

### **Strategie 3: ruimtelijke ordening**

Strategie 3 omvat meerdere maatregelen die apart zijn beoordeeld. Het ophogen van stallen en bedrijven wordt op veel punten positief beoordeeld, terwijl men tamelijk sterk verdeeld is over het aanleggen van shelters voor vee. Het creëren van een terpenlandschap op de lange termijn wordt gezien als een tamelijk goed handhaafbare en toekomstbestendige strategie die een positief effect zal hebben op de onafhankelijkheid van het gebied. Men verwacht bovendien dat het creëren van een terpenlandschap positieve effecten heeft op de landschappelijke en culturele waarde van het gebied en dat het de betrokkenheid en beleving van bewoners bij hun gebied vergroot. Hiermee kan indirect ook perspectief worden gecreëerd voor de agrarische sector. In de ideale situatie voelen boeren zich zo sterk verbonden met het gebied dat zij het risico accepteren en ook in de toekomst op de Kampereilanden willen blijven boeren. Wanneer deze strategie wordt gezien als een lange termijn perspectief, kan er gericht gezocht worden naar mogelijkheden om slim te combineren met ruimtelijke ontwikkelingen. Bijvoorbeeld, door stallen pas bij vervanging op te hogen kan deze maatregel relatief kostenefficiënt worden uitgevoerd. De werkgroep is verdeeld over de effecten op natuur en ecologie en over de doelmatigheid en het draagvlak voor deze strategie. De strategie is slechts beperkt doelmatig omdat het overgrote deel van de schade ontstaat als gevolg van het overstromen van landbouwgrond. Het draagvlak voor deze maatregel wordt overwegend negatief ingeschat, tenzij de overheid een rol vervult in de financiering van ophogingen.

Er is tamelijk veel verdeeldheid in de beoordeling van vee shelters. Een belangrijk aspect is het draagvlak onder de boeren. Voor het succes van deze strategie is het van belang dat boeren positief staan tegenover het idee om hun koeien te evacueren naar hoogwatervrije vluchtplakken in het gebied. De consequentie hiervan is dat het vee van meerdere boeren mogelijk bij elkaar staat op dezelfde vluchtplak. Dit kan gevoelig liggen, gelet op de risico's van dierziekten.

**Strategie 4: crisisbeheersing**

Met name het maken van crisis- en evacuatieplannen scoort positief. Men is van mening dat een goed crisisplan min of meer vanzelfsprekend is; iets is 'wat er altijd hoort te zijn' zodat men niet wordt verrast en goed geïnformeerd is over het handelingsperspectief. Een goede voorbereiding wordt gezien als een handhaafbare, toekomstbestendige en doelmatige maatregel waarvoor tamelijk veel draagvlak zal zijn. Wanneer de bewoners en bedrijven betrokken worden bij het maken van een gezamenlijk crisisplan en een gezamenlijke (jaarlijkse) oefening, heeft dat naar verwachting positieve effecten op de onderlinge verbondenheid en betrokkenheid bij het gebied.

Ook het ophogen van de belangrijkste ontsluitingswegen wordt op veel aspecten positief beoordeeld. Om te zorgen dat de maatregel handhaafbaar wordt zal ze verankerd dienen te worden in gemeentelijk beleid. Deze verankering kan mogelijk plaats vinden door de maatregel op lange termijn mee te koppelen in de onderhoudscyclus van wegen. Zo kunnen er eveneens kosten bespaard worden. Omdat de wegen nu smal zijn, is het passeren van veewagens in tegengestelde richting een aandachtspunten. Het verhoogd aanleggen van wegen kan volgens een enkeling ook negatieve effecten hebben op de landschappelijke kwaliteit. Bovendien zorgt het verhogen van wegen voor compartimenterende werking. Het overstromingspatroon en waterdiepten zullen veranderen; momenteel is er geen inzicht in de effecten hiervan op de risico's. Daarnaast is er bij de leden van de werkgroep twijfel ten aanzien van het draagvlak voor de evacuatie van vee. Men verwacht dat de meeste boeren niet bereid zullen zijn hun vee te evacueren.



		Referentie	Strategie 1	Strategie 2	Strategie 3			Strategie 4		
		Huidige situatie	1A achter primaire kering	2B Dijken 1/500	3B ophogen stallen en bedrijven	3C Vee shelters	mobiele keringen	3D Hoge evacuatie routes	4B/C Crisis- en evacuatie plannen	Evacuatie vee en mens
NCW (Meuro)	Risico	83	11	21	66	72		72	72	
	Kosten	0	100	2	20	1		5	0	
	Totaal	83	111	24	86	74		77	73	
Beoordelingscriteria	Handhaafbaar		+	++	+	+/-	-	+	+	-
	Doelmatig		+/-	+	+/-	+/-	+/-	+	+	+/-
	Toekomstbestendig		+/-	+	+	+/-	-	+	+	+/-
	Onafhankelijk elders		0	-	+	+	+	+	+	-
	Draagvlak		+	+	+/-	+/-	-	+/-	+	+/-
	Betrokkenheid		0	+	+	+	+/-	+/-	+	+
	Ruimtelijke ontw.		-	0	+	+/-	-	+	+	0
	Natuur & ecologie		0	+/-	+/-	-	-	0	0	0
	Agrarische sector		+	+	+	+/-	+/-	+/-	+	-
	Landschap & cultuur		-	0	+	+/-	-	-	+	0

Tabel 12: resultaten van de beoordeling van strategieën door de Werkgroep Kampereilanden.



## 6 Conclusies en aanbevelingen

Op basis van het onderzoek zijn de volgende conclusies en aanbevelingen opgesteld:

- Absolute veiligheid op de Kampereilanden bestaat niet omdat het risico (kans x gevolg) niet tot 0 kan worden gereduceerd. Met behulp van meerlaagsveiligheid kan wel een pakket aan maatregelen worden samengesteld dat acceptabel is qua kosten en waarmee het risico kan worden gereduceerd. In deze afweging gaat het om kosten doelmatigheid, maar ook andere criteria waaraan belang wordt gehecht zoals natuur en ecologie of het perspectief voor de agrarische sector.  
Het toepassen van het afwegingskader meerlaagsveiligheid en de gevolgde aanpak met ontwerpessies en analyses, het inzichtelijk maken van de risico's, de kosten en de andere waarden hebben bijgedragen aan het vergelijkbaar en bespreekbaar maken van alternatieve strategieën.
- Om de samenwerking tussen overheden, en met de inwoners van de Kampereilanden, vorm te geven is het enerzijds van belang om duidelijk te maken dat een (acceptabel) risico bestaat en anderzijds welke maatregelen iedereen neemt om dat risico te bereiken en te behouden. Op basis van dit risico kan eenieder nog vrijwillig aanvullende maatregelen nemen. Wat onder acceptabel wordt verstaan en wat acceptabele maatregelen zijn is een politiek / maatschappelijke vraag. Omdat de Kampereilanden geen onderdeel is van de dijkringen en wordt beschermd door regionale waterkeringen ligt deze afweging bij de Provincie Overijssel.
- Er zijn onderscheidende MLV strategieën voor de Kampereilanden geformuleerd waarvan de voor- en nadelen in kaart zijn gebracht aan de hand van het afwegingskader. De uitwerking is geschikt voor bestuurlijke oordeel- en besluitvorming gericht op het 1) opstellen van kaders voor uitwerking van de voorkeurstrategie en het benutten van meerlaagsveiligheid en 2) beleidsontwikkeling over de verhouding tussen preventie, ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing voor primaire en regionale waterkeringen.
- Preventie is de meest effectieve (gericht op risicoreductie) en efficiënte (de risicoreductie per euro) maatregel om het risico te reduceren vergeleken met laag 2 en laag 3 maatregelen. Hierbij geldt dat alle maatregelen, ook in laag 2 en 3 het risico reduceren alleen dat de kosten sterk variëren. Het uitwisselen van maatregelen in laag 1 tegen maatregelen in laag 2 en 3 lijkt gezien vanuit waterveiligheid en maatschappelijke kosten niet doelmatig op zowel de lange als de korte termijn. Er zijn wel argumenten voor combinaties van maatregelen over de lagen, het gaat hierbij preventie aangevuld met maatregelen uit met name laag 3 en wellicht laag 2. Investerings in fysieke ingrepen in gevolgbeperking zijn vanuit maatschappelijke kosten niet doelmatig voor waterveiligheid.
- De organisatie van rampenbeheersing en versterken van zelfredzaamheid is een relatief goedkope maatregel en wordt gezien als een goede aanvulling op preventie. Essentieel onderdeel hiervan is echter dat duidelijk wordt gemaakt dat de overheid de veiligheid van alle mensen en dieren niet kan garanderen en dat de inwoners ook een eigen verantwoordelijkheid hebben.

- Het aantal meekoppelkansen (door aangaan van allianties van waterveiligheid met andere ruimtelijke ontwikkelingen) in het gebied om de waterveiligheidsopgave mee te verbinden is beperkt. Dit komt omdat er relatief weinig ruimtelijke ontwikkeling is in de Kampereilanden. Ook blijken uit het onderzoek de baten van meerlaagsveiligheidsstrategieën op andere waarden beperkt te zijn.
- De Kampereilanden zijn aangewezen als waterbergingsgebied. Dit 'stempel' is omstreden en wekt verwachtingen. Gesteld vanuit een risicobenadering kan worden dat de lagere veiligheid volgt uit de waarde van het gebied en dat omliggende gebieden een hogere economische waarde hebben en dus beter beschermd worden. Gesteld vanuit een optiek van gelijkwaardigheid kan ook worden dat aanvullende maatregelen in de Kampereilanden, bovenop preventie, nodig zijn juist omdat het vaker overstroomd. Een meerlaagsveiligheidsstrategieën kan hier invulling aan geven, dit onderzoek geeft inzicht in de consequenties van verschillende strategieën.
- Ruimtelijke ingrepen gericht op ophogen (terpenstrategie) en anders bouwen, en het benutten van de oude zee-kering als kering zijn niet doelmatig en kostenefficiënt. Dit staat het vrijwillig ophogen van gronden niet in de weg. Dat vereist wel een goed inzicht in basisinformatie wat er kan gebeuren als het misgaat, deze informatie kan alleen worden geleverd door de overheid.
- Aanbevolen wordt om op basis van het inzicht in effecten een eerste selectie te maken van mogelijke strategieën die verdere uitwerking behoeven. Naast de beoordeling op de waarden in het afwegingskader verdient het aanbeveling om de wijze van organiseren ook verder uit te werken. Onderdeel hiervan is de uitvoerbaarheid, financiering, handhaafbaarheid en de kwetsbaarheid hiervan op termijn.
- Aanbevolen wordt ook om een set basisgegevens op te stellen met informatie over waterdieptes en wat de overheid nu doet, inclusief het bericht dat 100% veiligheid niet bestaat en dat er een acceptabel risico wordt nagestreefd. Op basis van deze informatie kunnen geïnteresseerden zelf ook een afweging maken om aanvullende maatregelen te nemen of het acceptabel risico ter discussie te stellen.

## 7 Referenties

- Duits, M., Kind, J. & Bruin, C. *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid in 21<sup>e</sup> eeuw, Bijlage C: Wiskundige achtergrond MKBA model*. Deltares, 1204144-006-ZWS-0007, Delft, 2011.
- Egli, T. Non-structural flood plain management. Measures and their effectiveness. Sankt Augustin: International Commission for Protection of the Rhine, 2002
- De Grave, P. & Baarse, G. *Kosten van maatregelen. Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid 21<sup>e</sup> eeuw*. Deltares, 1204144-003-ZWS-0001, Delft, 2011.
- Kok, M., Nederpel, A., Berg, T. van den, Verhoeven, R., Kallen, M.K. Normering van regionale keringen langs het Kampereiland. HKV lijn in water. Lelystad. 2010.
- Kolen, B. & Kok, M. Basisvisie afwegingsmethodiek meerlaagsveiligheid. Stowa, Rapport 26, 2011.
- Kind, J. *Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid in 21<sup>e</sup> eeuw*. Deltares, 1204144-006-ZWS-0012, Delft, 2011.
- Kuijper, B., Stijnen, J. & van Velzen, E. *Overstromingskansen. Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid in 21<sup>e</sup> eeuw*. Deltares, 1204144-002-ZWS-0002, Delft, 2011.
- Duits, M.T. *Gebruikershandleiding Hydra-BT, Versie 1.2*. HKV LJN IN WATER, Opdrachtgever: Rijkswaterstaat RIZA, PR917.10, 2006.
- Geerse, C.P.M. *Overzichtsdocument probabilistische modellen zoete wateren, Hydra-VIJ, Hydra-B en Hydra-Zoet*. HKV LJN IN WATER, Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Waterdienst, PR1391.10, 2009.
- Havinga, F., Geerse, C.P.M. & Vieira da Silva, J. *Overstromingsscenario's Kampereilanden Studie naar hydraulische effecten bij verschillende normfrequenties*. HKV LJN IN WATER, Opdrachtgever: Waterschap Groot Salland, PR2331.20, 2012.
- Roosjen, R. en Zethof, M. Kosten Kentallen van Meerlaagsveiligheid maatregelen. Selectie van maatregelen en factsheets. Conceptrapport. Deltares. Opdrachtgever: Rijkswaterstaat Waterdienst, 2012.
- Van der Meer, J.W. *Technical Report Wave Run-up and Wave Overtopping at Dikes*. Technical Advisory Committee on Flood Defence, Delft, 2002.
- Steenbergen, H.M.G.M. & Vrouwenvelder, A.C.W.M. *THEORIEHANDLEIDING PC-RING Versie 4.0, Deel A: Mechanismenbeschrijvingen*. TNO-rapport 2003-CI-R0020, Delft, 2003.
- Waterschap Groot Salland. *Veiligheidstoetsing regionale waterkeringen, Toetsing waterkeringen 2e ronde toetsing, 2009-2015, Kampereiland (waterkering 101)*, oktober, 2012a.
- Waterschap Groot Salland. *Veiligheidstoetsing regionale waterkeringen, Toetsing waterkeringen 2e ronde toetsing, 2009-2015, Mandjeswaard (waterkering 102)*, oktober, 2012b.
- Waterschap Groot Salland. *Veiligheidstoetsing regionale waterkeringen, Toetsing waterkeringen 2e ronde toetsing, 2009-2015, De Pieper (waterkering 103)*, oktober, 2012c.
- Waterschap Groot Salland. *Veiligheidstoetsing regionale waterkeringen, Toetsing waterkeringen 2e ronde toetsing, 2009-2015, Zuiderzeepolder (waterkering 104)*, oktober, 2012d.

Kolen, B., Ruijtenberg, R., Vlak, K., Groos, J. *Plan van aanpak uitwerking gebiedsgerichte risicobenadering of MLV; Voorstel voor uitwerking in de regionale deltaprogramma's*. 2012

STOWA, Leidraad Toetsen op Veiligheid Regionale Keringen, 2007.

Terpstra, T. Flood preparedness: Thought feelings and intentions of the Dutch public. Proefschrift. 2010.

Thonus, B. Wolters, W. MLV instrument versie 1.0 Gebruikershandleiding. 2012.

## **Bijlagen**





## Bijlage A: Deelnemers aan werksessies

naam	organisatie
B. Ros	Waterschap Groot Salland
M. Eijer	Waterschap Groot Salland
M. ten Heggeler	Provincie Overijssel
V. Klijnsma	Provincie Overijssel
G. Stam	Gemeente Zwartewaterland
C. Brugman	Gemeente Kampen
R. Rorije	Brandweer Kampen
J. Bakker	Brandweer Kampen



## Bijlage B: Actuele overstromingskans Kampereilanden

### B.1 Introductie

Overstromingskans van een gebied, dat door een dijk beschermd wordt, wordt gedefinieerd als de kans op falen van deze dijk door optreden van één of meerdere dijkfaalmechanismen zoals overloop, golfoverslag of piping (overstromingskans = dijkfaalkans). De kans op falen van een dijk door optreden van een dijkfaalmechanisme wordt gedefinieerd als de kans dat grenstoestandfunctie voor dit mechanisme kleiner dan nul is; voorbeelden van grenstoestandfuncties voor verschillende dijkfaalmechanismen worden in [Steenbergen & Vrouwenvelder, 2003] weergegeven.

In dit hoofdstuk worden overstromingskansen voor regionale dijken rondom de Kampereilanden geschat. De Kampereilanden bestaan uit vier gebieden: Kampereiland (101), Mandjeswaard (102), De Pieper (103) en Zuiderzeepolder (104). De analyse wordt op de zogenaamde fragility curves gebaseerd. Fragility curve van een dijk beschrijft standzekerheid van de dijk ten opzichte van verschillende waarden van belasting op de dijk (meestal waterstand). Met andere woorden, worden dijkfaalkansen conditioneel op de belasting in de fragility curve weergegeven. De fragility curves kunnen individueel of gezamenlijk voor verschillende dijkfaalmechanismen worden afgeleid. De fragility curves zijn monotone (stijgende) functies met de waarden tussen nul en één. Bovendien vormen de fragility curves een onderdeel van de dijkfaalkans:

*Door integratie van de fragility curve met de probabilistische kansdichtheidsfunctie van de belasting wordt de dijkfaalkans berekend.*

### B.2 Uitgangspunten

In de analyse worden de volgende uitgangspunten gehanteerd:

1. De regionale dijken worden in dijkvakken ingedeeld op basis van strijklengtes (redelijk homogene strijklengtes naast elkaar leiden tot één dijkvak) en resultaten van de uitgevoerde toetsing (de vak indeling correspondeert meestal met de score "onvoldoende"). Bovendien, door praktische redenen, worden er niet meer dan 5 á 6 dijkvakken per gebied gedefinieerd. Fragility curve van een dijkvak wordt bepaald ten opzichte van waterstanden op het dijkvak. Kunstwerken worden in de analyse niet beschouwd.
2. Waterstation voor een dijkvak wordt op basis van Hydra-VIJ uitvoerlocaties gekozen. De waterstations zijn nodig om de probabilistische kansdichtheidsfuncties van waterstanden op de dijkvakken te benaderen. Deze functies zijn vervolgens in paragraaf 0.0.0 gebruikt om de falen voor de dijkvakken rondom de Kampereilanden te schatten.
3. Om de faalkans door het mechanisme golfoverslag te bepalen worden de formules van Bretschneider en van der Meer (formules 24 en 25) gebruikt ([Duits, 2006], [van der Meer, 2002]). Invoer voor de probabilistische berekeningen overloop/golfoverslag wordt in Tabel 13 weergegeven. De verwachte waarden (en standaardafwijking van de dijkhoogte) variëren meestal per dijkvak ('Nominaal') en worden afgeleid van de uitgevoerde toetsing voor de dwarsprofielen, die in het dijkvak aanwezig zijn ([WGS, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d]). De exacte waarden worden in de volgende paragrafen gepresenteerd. Er wordt benadrukt dat de berekeningen voor één windsnelheid op 10 m hoogte, één bodemhoogte en één effectieve strijklengte per dijkvak uitgevoerd worden. Bovendien worden geen golfoverslag reductiefactoren in de berekeningen gebruikt. Er

wordt initieel aangenomen dat de verwachte waarde van het kritieke golfoverslagdebiet gelijk aan  $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$  per m (ofwel  $1 \text{ l/s/m}$ ) is. Deze waarde wordt naar  $0.0001 \text{ m}^3/\text{s}$  per m (ofwel  $0.1 \text{ l/s/m}$ ) verlaagd, indien het dijkvak niet aan het mechanisme stabiliteit bekleding (binnentalud) voldoet volgens de uitgevoerde toetsing. De verlaging van het kritieke golfoverslagdebiet representeert onvoldoende kwaliteit van de bekleding.

4. Om de faalkans door het mechanisme piping te bepalen worden de criteria van Bligh of Sellmeijer gebruikt; het criterium van Sellmeijer wordt gebruikt indien de geavanceerde toetsing uitgevoerd werd. Gegevens voor het mechanisme piping corresponderen met de beschikbare gegevens voor de representatieve dwarsprofielen voor STPH, STBI, STBU<sup>8</sup> ([WGS, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d]); de gegevens uit beschikbare grondonderzoek ("best guess") worden in het criterium van Sellmeijer gebruikt. Invoer voor de probabilistische berekening wordt in Tabel 13 weergegeven. De verwachte waarden van de benodigde parameters variëren soms per dijkvak ('Nominaal') en worden in de volgende paragrafen gepresenteerd. Er wordt benadrukt dat indien het criterium van Bligh toegepast wordt dan zijn de binnenwaterstanden gelijk aan de polderpeilen.
5. Het mechanisme opbarsten wordt in de berekeningen indirect meegenomen. Aanwezigheid van een deklaag in het achterland kan de kans op piping sterk (positief) beïnvloeden. Meest van de beschouwde dijken zijn veilig tegen piping/opbarsten volgens de uitgevoerde toetsing ([WGS, 2012a, 2012b, 2012c, 2012d]). Echter wordt het criterium van Bligh op conservatieve waarden toegepast en het is daardoor niet representatief indien de deklaag aanwezig is (de faalkansen zijn te hoog). Om het probleem deels op te lossen wordt het volgende criterium gebruikt: indien de deklaag aanwezig is en de faalkans door piping hoger dan 50% is (het criterium van Bligh) bij de waterstand met de terugkeertijd van 2 keer per jaar, dan wordt het mechanisme piping uitgesteld.
6. Het mechanisme stabiliteit bekleding (binnentalud) wordt in de berekeningen indirect meegenomen (zie punt 3).
7. Faalmechanismen zoals stabiliteit bekleding (buitentalud), micro instabiliteit of macro instabiliteit binnen- en buitentalud worden niet meegenomen in de probabilistische berekeningen wegens voldoende sterkte van de dijken ten opzichte van deze mechanismen (op basis de uitgevoerde toetsing) en/of aanwezigheid van veel onzekerheden in de berekeningen voor overloop/golfoverslag en piping.

---

<sup>8</sup> STPH = stabiliteit piping en heave, STBI = macrostabiliteit binnentalud, STBU = macrostabiliteit buitentalud

Parameter	Type kansverdeling	Verwachte waarde	Standaardafwijking /Variatiecoëfficiënt
Overloop/golfoverslag			
Dijkhoogte [m+NAP]	Normaal	Nominaal	Nominaal
Kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	Log-normaal	Nominaal	$V_c = 0.1$
Dijktalud 1:n [graad]	Deterministisch	Nominaal	-
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	Deterministisch	Nominaal	-
Bodemhoogte [m+NAP]	Deterministisch	Nominaal	-
Effectieve strijklengte [m]	Deterministisch	Nominaal	-
Formule 24 [van der Meer, 2002]	Normaal	4.75	$\sigma = 0.5$
Formule 25 [van der Meer, 2002]	Normaal	2.6	$\sigma = 0.35$
Piping			
Horizontale kwelweglengte [m]	Log-normaal	Nominaal	$V_c = 0.1$
Dikte watervoerend pakket [m]	Log-normaal	Nominaal	$V_c = 0.1$
70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	Log-normaal	Nominaal	$V_c = 0.25$
Rolweerstandshoek [graad]	Deterministisch	41	-
Doorlatendheid zandlaag [m/s]	Log-normaal	Nominaal	$V_c = 0.1$
Sleepkrachtfactor (coëf. van White) [-]	Deterministisch	0.25	-
Volumegewicht korrels onder water [kN/m <sup>3</sup> ]	Deterministisch	17	-
Volumegewicht water [kN/m <sup>3</sup> ]	Deterministisch	10	-
Creep factor [-]	Log-normaal	12	$\sigma = 5$
Binnenwaterstand [m+NAP]	Normaal	Nominaal	$\sigma = 0.1$ m

Tabel 13: Algemene invoer probabilistische berekeningen (mechanismen overloop, golfoverslag, piping);  $\sigma$  = standaardafwijking,  $V_c$  = variatiecoëfficiënt

### B.3 Fragility curves Kampereilanden

In deze paragraaf worden fragility curves van de regionale dijken rondom de Kampereilanden (18 dijkvakken) gepresenteerd. De fragility curves worden voor faalmechanismen overloop, golfoverslag en piping individueel en gezamenlijk afgeleid op basis van de uitgevoerde toetsing. Naast de fragility curves worden ook overschrijdingsfrequenties van waterstanden op de dijkvakken weergegeven; de frequenties worden met het model Hydra-VIJ bepaald.

### B.4 Overstromingskansen Kampereilanden

In deze paragraaf worden faalkansen voor de dijkvakken rondom de Kapereilanden bepaald. Faalkansen voor een dijkvak volgt uit integratie van de fragility curve (gezamenlijk voor de faalmechanismen overloop, golfoverslag en piping) met de probabilistische kansdichtheid functie van waterstand op het dijkvak. Deze kansdichtheid functie kan op een zeer pragmatische manier door de overschrijdingsfrequenties van de waterstanden worden benaderd ([Geerse, 2009]). De overschrijdingsfrequenties van waterstanden op de dijkvakken worden met het model Hydra-VIJ geschat.

De fragility curves zijn op basis van de uitgevoerde toetsing bepaald. De gekozen invoerwaarden zijn daardoor soms conservatief en niet altijd representatief voor probabilistische beoordeling van de dijkvakken: de gehanteerde kritieke golfoverslagdebieten kunnen als laag beschouwd worden, de binnenwaterstanden zijn soms aan de polderpeilen gelijk (het criterium van Bligh). Bovendien zijn de golfoverslagberekeningen voor één windsnelheid op 10 m hoogte, één bodemhoogte en één effectieve strijklengte uitgevoerd worden; in de berekeningen worden

ook geen reductiefactoren gebruikt. Aanvullend op het technische resultaat is daarom ook een beheerdersoordeel uitgevoerd, hiermee is ook rekening gehouden met bewezen sterkte.

### **B.5 Resultaten op basis van fragility curves**

Om het effect van verschillende aannames op de faalkansen te bepalen worden de volgende scenario's beschouwd:

- Scenario 1 (referentie): de faalkansen worden berekend met de oorspronkelijke fragility curves.
- Scenario 2: in dit scenario worden de faalkansen met aangepaste kritieke golfoverslagdebieten berekend. Namelijk, het verwachte kritieke golfoverslagdebiet per dijkvak wordt gelijk aan  $0.01 \text{ m}^3/\text{s}$  per m (ofwel  $10 \text{ l/s/m}$ ) gesteld. Het mechanisme stabiliteit bekleding (binnentalud) wordt dus verwaarloosd.
- Scenario 3: in dit scenario worden de faalkansen met aangepaste windsnelheden berekend. Namelijk, de windsnelheid per dijkvak wordt 30% verlaagd.
- Scenario 4: in dit scenario worden de faalkansen met aangepaste piping gegevens berekend. Namelijk, het mechanisme wordt uitgesteld indien de deklaag aanwezig is en het criterium van Bligh gebruikt werd. Indien de deklaag afwezig is en het criterium van Bligh toegepast werd dan wordt de verwachte binnenwaterstand 0.5 m verhoogd.
- Scenario 5: in dit scenario worden Scenario's 2 en 4 gecombineerd.
- Scenario 6: in dit scenario worden Scenario's 2, 3 en 4 gecombineerd.

Tabel 14 presenteert terugkeertijden (terugkeertijd  $\approx 1/\text{faalkans}$ ) voor de 18 dijkvakken rondom de Kampereilanden. Het meest conservatieve Scenario 1 levert de laagste terugkeertijden op (dus de hoogste faalkansen); terwijl Scenario 6 de hoogste terugkeertijden op.

De resultaten van Scenario 1 komen redelijk overeen met resultaten van de uitgevoerde toetsing: aantal dijkvakken met lage terugkeertijden ( $<10$  jaar) is op de dijkfaalmechanismen golfoverslag en/of stabiliteit bekleding afgekeurd. De terugkeertijden zijn ook laag indien de analyse met ongunstige golfoverslag of piping aannames uitgevoerd werd (Kampereiland dijkvak 4 en 5, Mandjeswaard dijkvak 3 en 5, Zuiderzeepolder dijkvak 2 en 3). De analyse laat het effect van verschillende aannames op de terugkeertijden zien. Indien de referentie terugkeertijd door het mechanisme golfoverslag gedomineerd wordt dan komt verhoging van de terugkeertijd in de optimistische Scenario's 2 en 3 voor. Dit effect treedt ook voor mechanisme piping (Scenario 4) op. Bovendien variëren de terugkeertijden voor Mandjeswaard dijkvak 6 niet veel per scenario; dit kan door de conservatieve piping gegevens (geen deklaag en het criterium van Bligh) en de significantie strijklengte (circa. 4000 m) worden verklaard.

Er wordt voorgesteld om de terugkeertijden conform Scenario 5 als de "eerste inzicht" terugkeertijden voor de 18 dijkvakken te gebruiken. In dit scenario is het effect van minder conservatieve, maar realistische, aannames voor de mechanismen golfoverslag en piping samengevat.

Dijkvak	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	<b>Scenario 5</b>	Scenario 6
Kampereiland dijkvak 1	1.4	22	5	1.4	<b>22</b>	58
Kampereiland dijkvak 2	1.4	7	3	1.4	<b>7</b>	17
Kampereiland dijkvak 3	76	76	82	622	<b>1349</b>	1419
Kampereiland dijkvak 4	3	3	3	98	<b>463</b>	984
Kampereiland dijkvak 5	2	3	2	62	<b>334</b>	961
Mandjeswaard dijkvak 1	31	120	59	31	<b>118</b>	145
Mandjeswaard dijkvak 2	14	29	22	13	<b>29</b>	39
Mandjeswaard dijkvak 3	3	3	3	70	<b>363</b>	826
Mandjeswaard dijkvak 4	392	1360	985	391	<b>1322</b>	2262
Mandjeswaard dijkvak 5	5	16	14	5	<b>25</b>	65
Mandjeswaard dijkvak 6	1	1.1	1	1	<b>1.3</b>	2
De Pieper dijkvak 1	49	58	61	48	<b>62</b>	63
De Pieper dijkvak 2	522	2199	1535	519	<b>2186</b>	3968
De Pieper dijkvak 3	457	1020	760	472	<b>1067</b>	1328
Zuiderzeepolder dijkvak 1	151	508	357	149	<b>509</b>	818
Zuiderzeepolder dijkvak 2	3	37	26	3	<b>35</b>	394
Zuiderzeepolder dijkvak 3	2	42	7	2	<b>40</b>	293
Zuiderzeepolder dijkvak 4	10	154	106	10	<b>154</b>	733

Tabel 14: Terugkeertijden [jaar] voor de beschouwde dijkvakken en verschillende invoerscenario's

## B.6 Beheerdersoordeel

De afgelopen 80 jaar zijn er geen overstromingen in het gebied geweest, wel zijn er hoogwater geweest. Er is dus in zekere zin een bewezen sterkte die groter is dan de grootste faalkansen uit tabel 20.

Uit [Havinga et al., 2012] blijkt dat de huidige veiligheid tegen overstromen van de Kampereilanden ongeveer 1/250 tot 1/150 per jaar is. Echter is in het onderzoek alleen het mechanisme overloop (geen effect van wind golven) beschouwd. Bovendien zijn de gebieden als een series systeem gezien: indien één van de gebieden overstroomt dan valt het hele systeem.

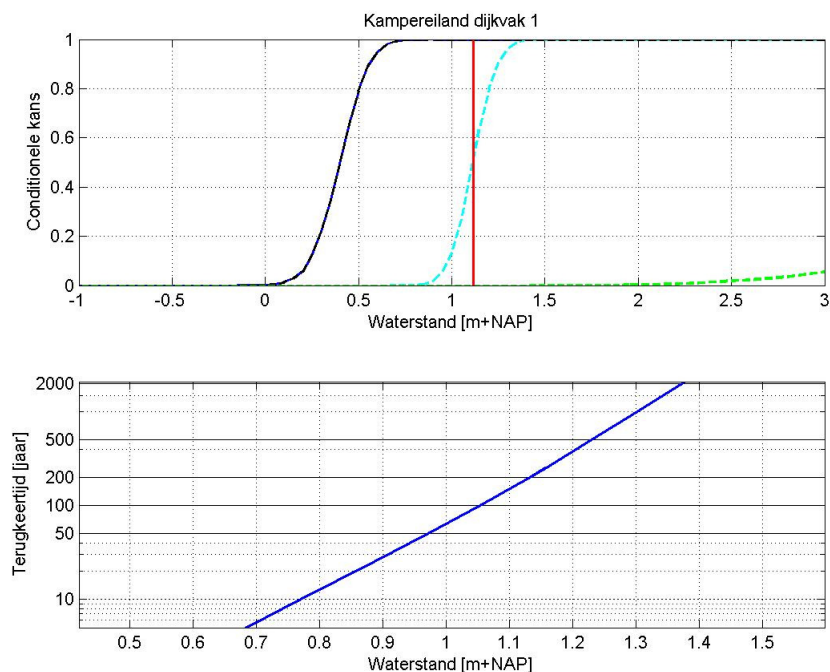
In het beheerdersoordeel is er voor gekozen om een ondergrens van de faalkans per dijkvak van 1/50 per jaar te hanteren aanvullend op de kansen in Scenario 5. Deze "positieve" afronding representeert het feit dat afgelopen decennia hebben geen overstromingen in de gebieden plaatsgevonden. Scenario 6 wordt in sommige gevallen als iets te optimistisch gezien. De faalkansen staan in onderstaande tabel.

## Achtergrond 1 - Algemene invoer probabilistische berekeningen & fragility curves

### Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 1

Dijkvak	Kampereiland dijkvak 1 (dwp 1 t/m dwp 32)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra-VIJ)	ZwarteMeer_WsZL_53.00
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak101K_dwp01_4
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.1159
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1022
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.0001 (de dijk voldoet niet aan STBK)
Dijktalud 1:n [graad]	3.3622
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	16.8438
Bodemhoogte [m+NAP]	-3
Effectieve strijklengte [m]	796.5629
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	18.11
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.1
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.303
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.000041
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.05
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 15: Overige invoer Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 1



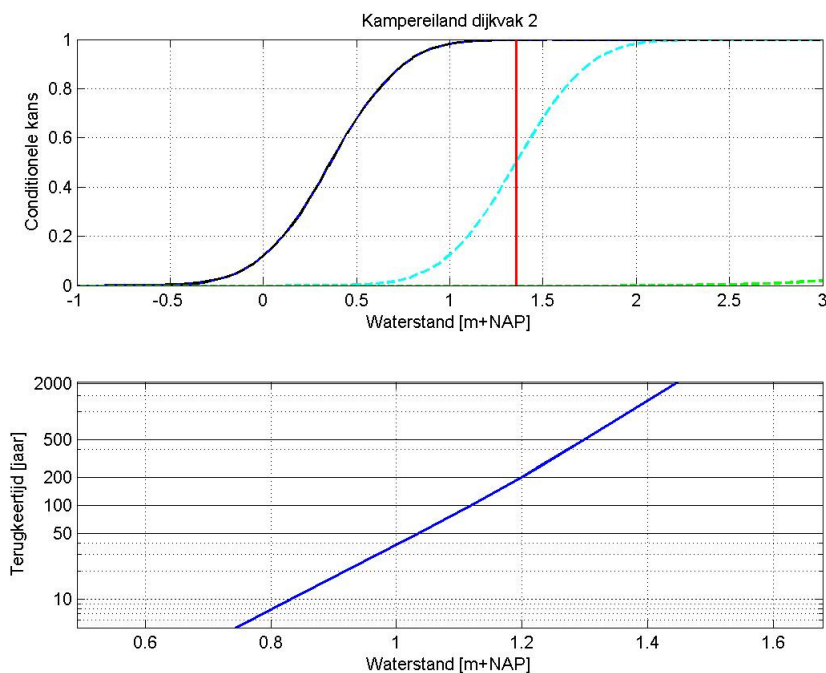
Figuur 14: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie ZwarteMeer\_WsZL\_53.00



**Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 2**

Dijkvak	Kampereiland dijkvak 2 (dwp 33 t/m dwp 86)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	ZwarteMeer_WsZL_49.00
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak101K_dwp07_0
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.3554
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.3093
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.0001 (de dijk voldoet niet aan STBK)
Dijktalud 1:n [graad]	3.6663
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	16.8833
Bodemhoogte [m+NAP]	-3
Effectieve strijklengte [m]	2041.7885
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	20.81
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.7
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.303
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.000041
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.95
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 16: Overige invoer Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 2

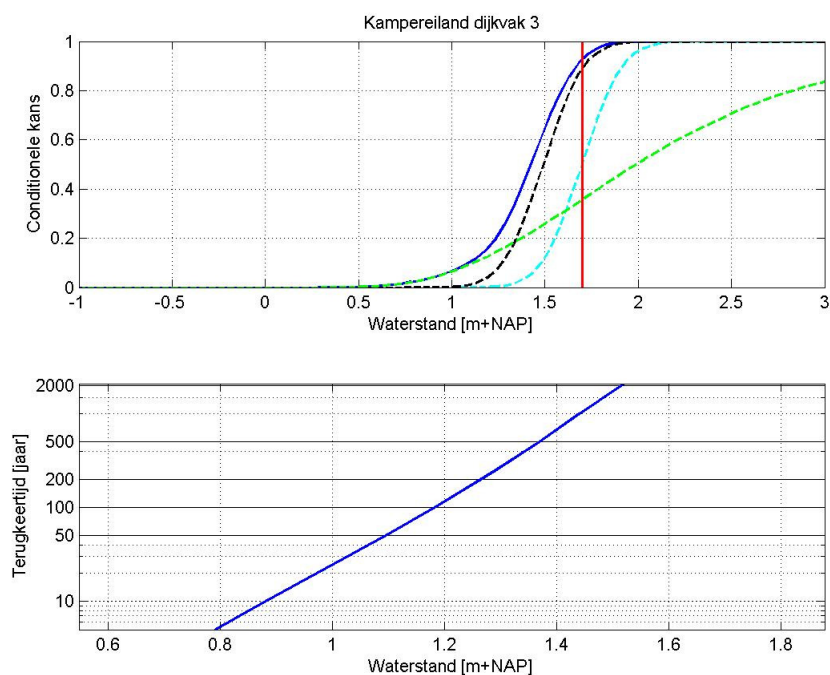


Figuur 15: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie ZwarteMeer\_WsZL\_49.00

**Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 3**

Dijkvak	Kampereiland dijkvak 3 (dwp 87 t/m dwp 118)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	gemiddeld van GDGS_09 en ZwarteMeer_WsZL_47.00
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak101K_dwp10_4
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.6994
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1699
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	3.4756
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	15.7375
Bodemhoogte [m+NAP]	-3.9688
Effectieve strijklengte [m]	215.6042
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	23.27
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.1
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 17: Overige invoer Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 3

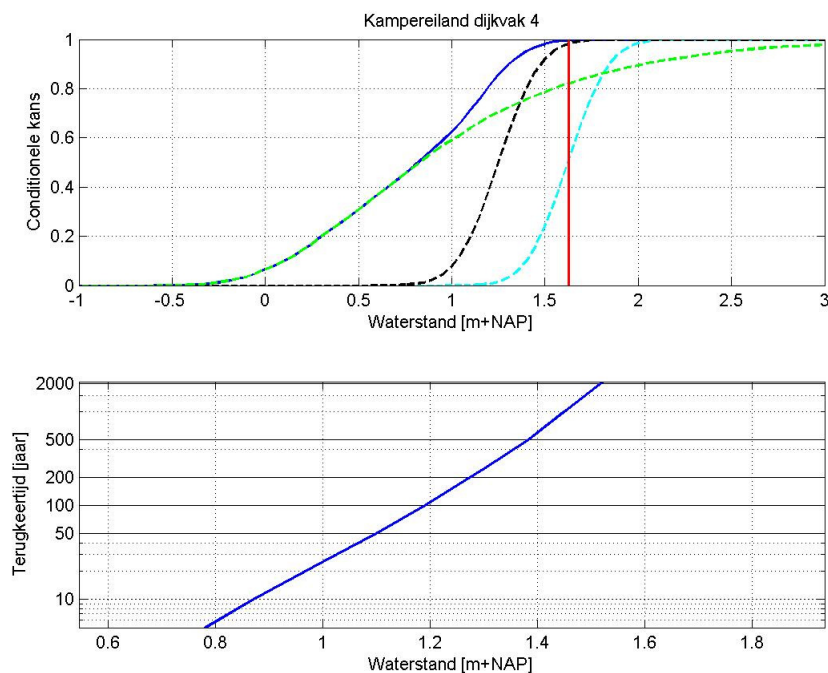


Figuur 16: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden (gemiddeld van GDGS\_09 en ZwarteMeer\_WsZL\_47.00)

**Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 4**

Dijkvak	Kampereiland dijkvak 4 (dwp 119 t/m dwp 139)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	GDGS_08
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak101K_dwp14_0
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.6252
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.174
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [ $\text{m}^3/\text{s}$ per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	3.3595
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	16.9619
Bodemhoogte [m+NAP]	-4
Effectieve strijklengte [m]	451.9828
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	18.99
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.9
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 18: Overige invoer Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 4

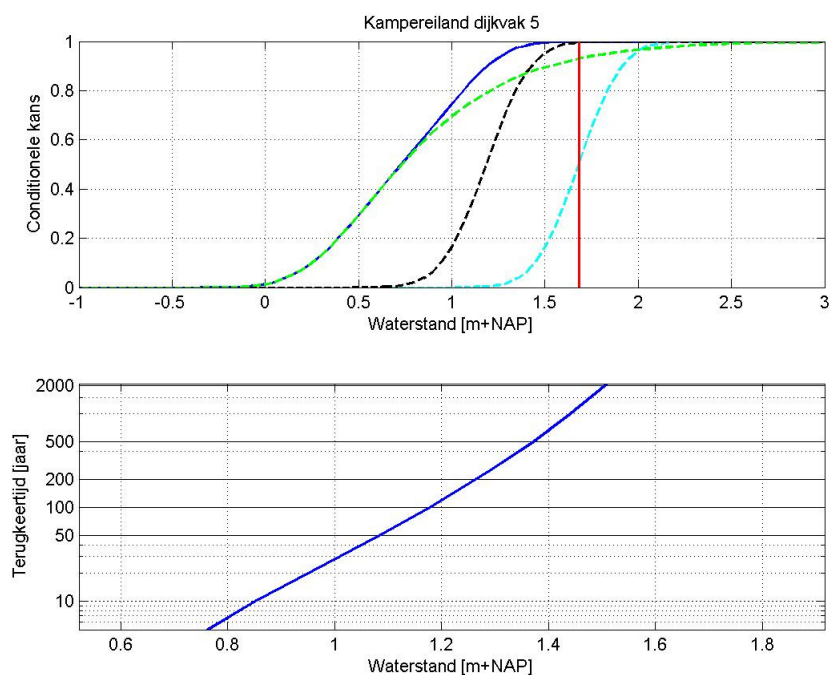


Figuur 17: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie GDGS\_08

**Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 5**

Dijkvak	Kampereiland dijkvak 5 (dwp 140 t/m eind)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	GDGS_03
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak101K_dwp16_2
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.6811
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1829
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	4.6586
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	16.7703
Bodemhoogte [m+NAP]	-4
Effectieve strijklengte [m]	1539.1846
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	12.45
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.4
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 19: Overige invoer Fragility curves Kampereiland (101) dijkvak 5

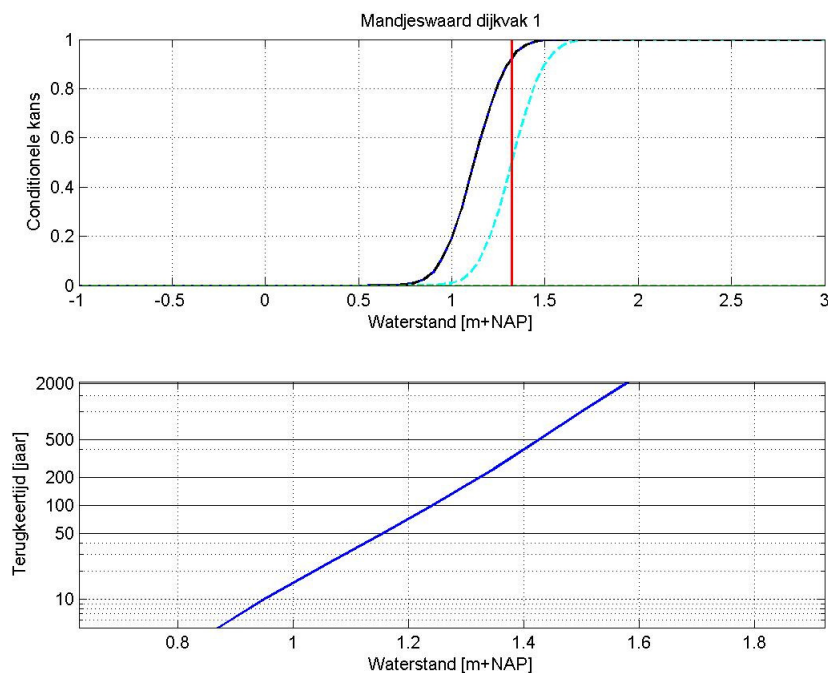


Figuur 18: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie GDGS\_03

**Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 1**

Dijkvak	Mandjeswaard dijkvak 1 (dwp 1 t/m dwp 25)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	gemiddeld van GOGS_05 en ZMGS_13
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak102M_dwp00_6
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.3228
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.137
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.0001 (de dijk voldoet niet aan STBK)
Dijktalud 1:n [graad]	3.8108
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	15.472
Bodemhoogte [m+NAP]	-2
Effectieve strijklengte [m]	112.6988
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	12.267
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.9
Piping meegenomen in de kansen?	nee

Tabel 20: Overige invoer Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 1

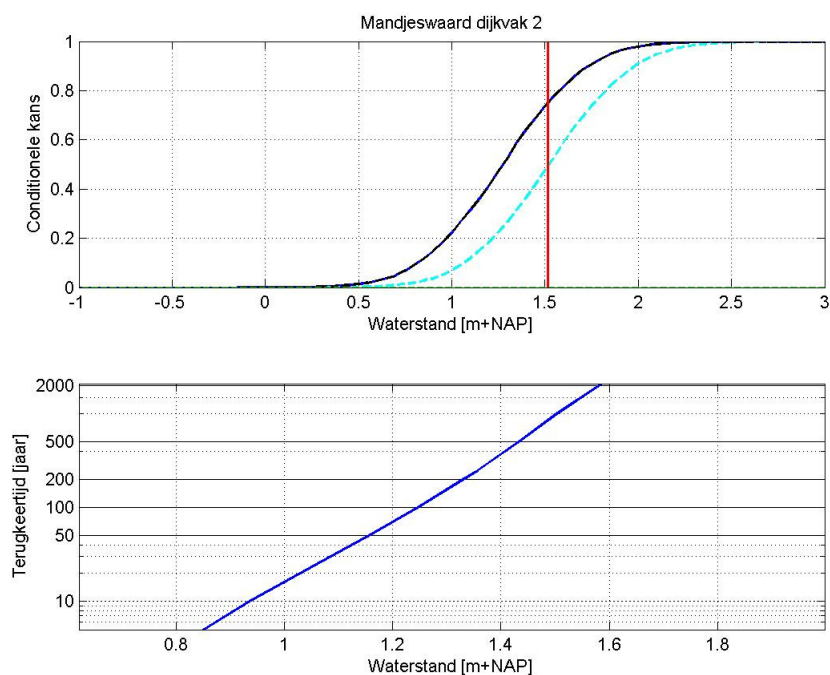


Figuur 19: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezetamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden (gemiddeld van GOGS\_05 en ZMGS\_13)

**Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 2**

Dijkvak	Mandjeswaard dijkvak 2 (dwp 26 t/m dwp 45)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	GOGS_05
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak102M_dwp02_5
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.5155
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.3583
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [ $\text{m}^3/\text{s}$ per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	3.153
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	15.82
Bodemhoogte [m+NAP]	-2
Effectieve strijklengte [m]	247.6833
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	10.169
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.5
Piping meegenomen in de kansen?	nee

Tabel 21: Overige invoer Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 2

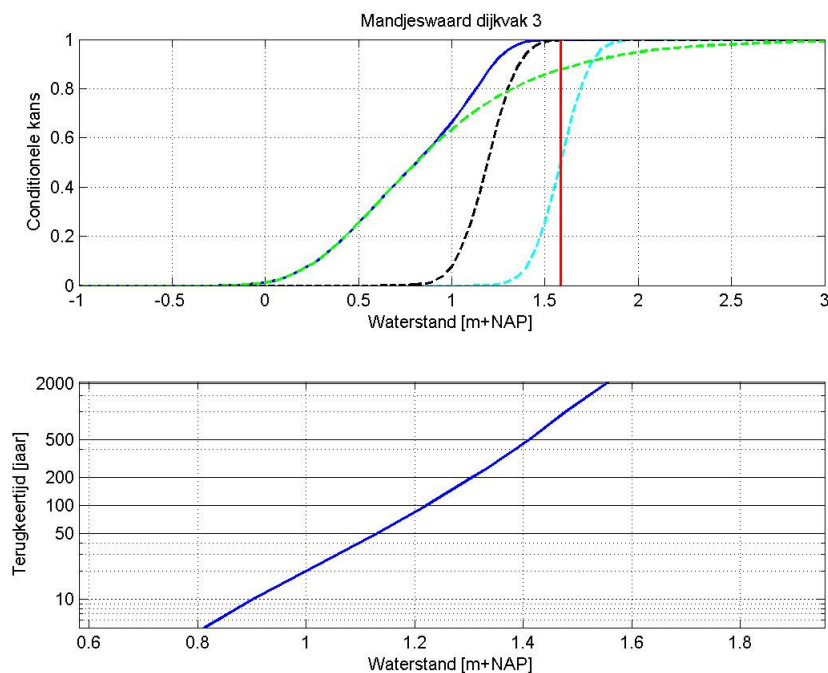


Figuur 20: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie GOGS\_05

**Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 3**

Dijkvak	Mandjeswaard dijkvak 3 (dwp 46 t/m dwp 61)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	GOGS_02
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak102M_dwp04_9
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.5837
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1266
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	3.17
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	22.6125
Bodemhoogte [m+NAP]	-3.5
Effectieve strijklengte [m]	220.4756
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	14.04
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.45
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 22: Overige invoer Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 3

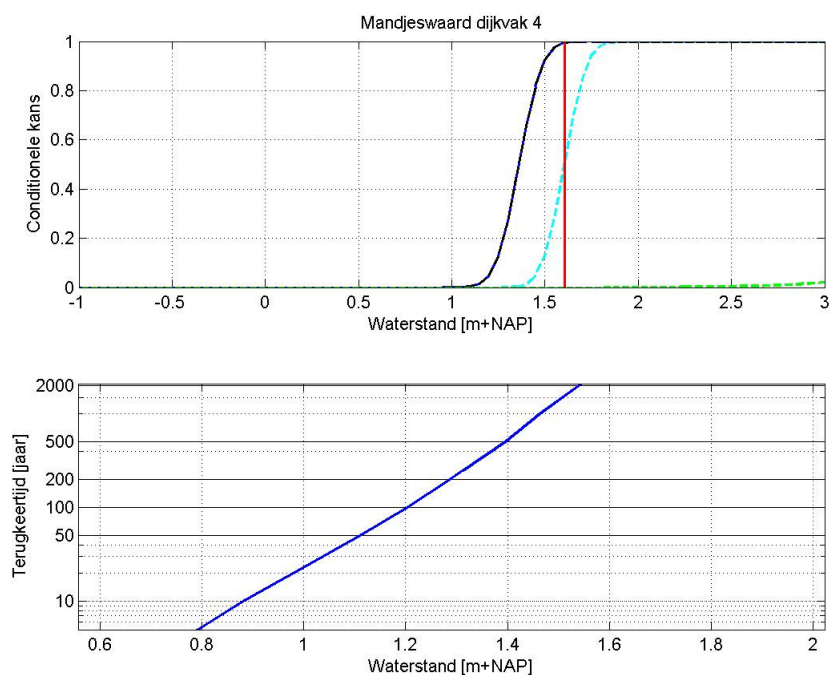


Figuur 21: Figuur 22: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezaamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie GOGS\_02

**Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 4**

Dijkvak	Mandjeswaard dijkvak 4 (dwp 62 t/m dwp 80)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	GDGS_09
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak102M_dwp06_5
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.6042
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.0927
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	4.2889
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	23.9
Bodemhoogte [m+NAP]	-4
Effectieve strijklengte [m]	149.8072
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	18.33
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.2
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.303
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.000041
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.65
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 23: Overige invoer Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 4



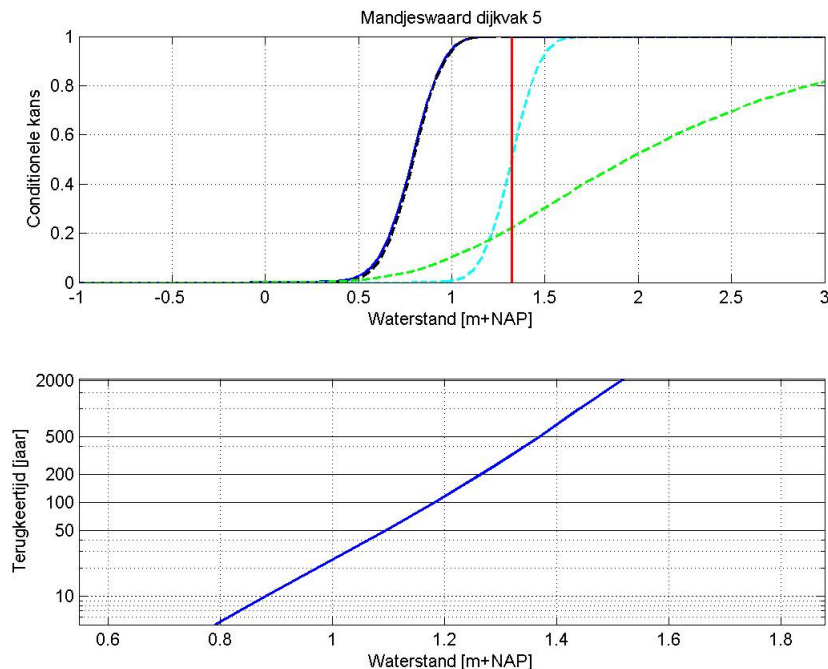
Figuur 23: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie GDGS\_09



**Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 5**

Dijkvak	Mandjeswaard dijkvak 5 (dwp 81 t/m dwp 92)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	gemiddeld van GDGS_09 en ZwarteMeer_WsZL_47.00
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak102M_dwp07_1
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.3233
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1212
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	7.865
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	21.775
Bodemhoogte [m+NAP]	-3.5833
Effectieve strijklengte [m]	3202.3695
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	25.62
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.35
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 24: Overige invoer Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 5

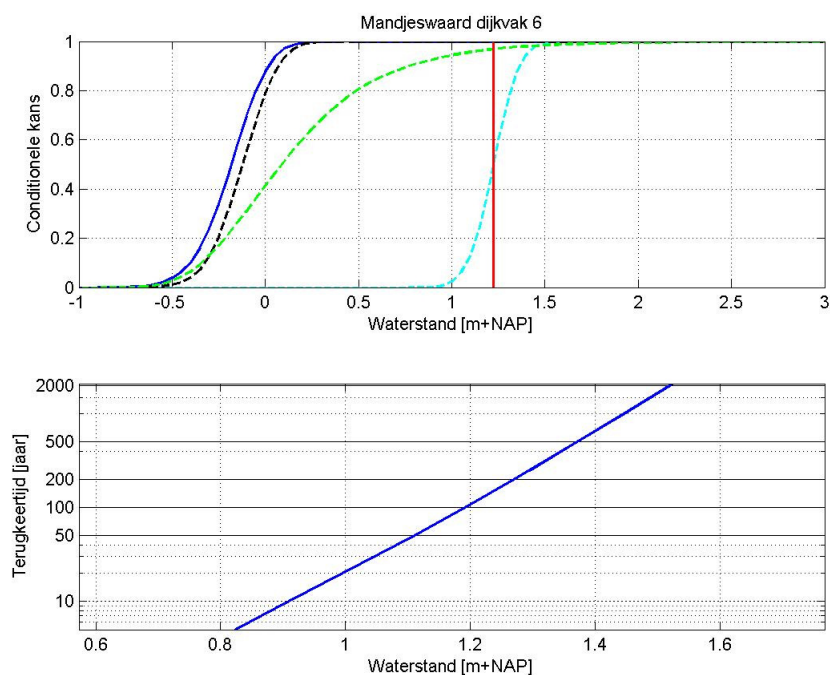


Figuur 24: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezaamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden (gemiddeld van GDGS\_09 en ZwarteMeer\_WsZL\_47.00)

**Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 6**

Dijkvak	Mandjeswaard dijkvak 6 (dwp 93 t/m eind)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	ZwarteMeer_WsZL_46.00
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak102M_dwp10_9
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.2238
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1093
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.0001 (de dijk voldoet niet aan STBK)
Dijktalud 1:n [graad]	3.4254
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	17.2125
Bodemhoogte [m+NAP]	-3
Effectieve strijklengte [m]	4092.6917
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	10.939
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-0.9
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 25: Overige invoer Fragility curves Mandjeswaard (102) dijkvak 6

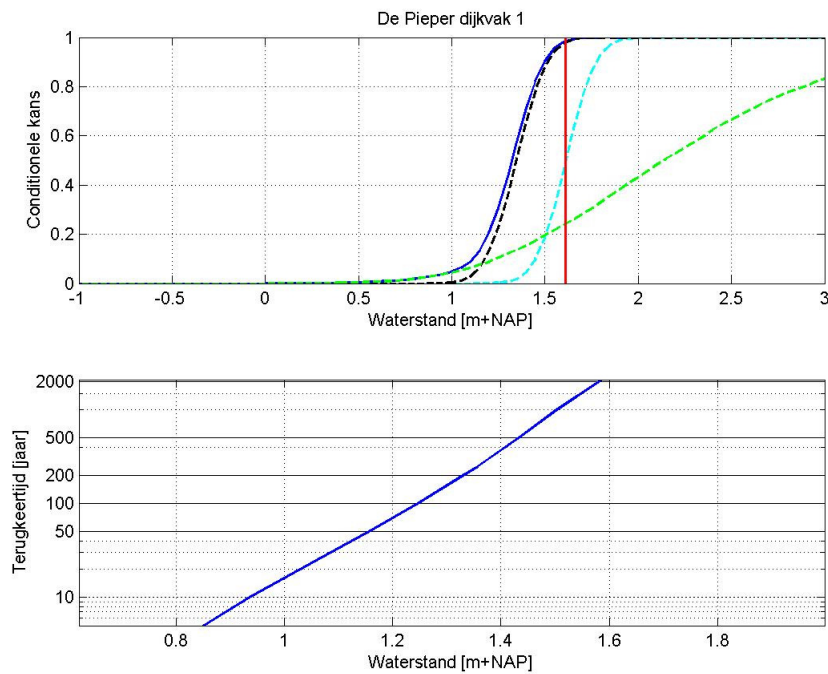


Figuur 25: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezaamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie ZwarteMeer\_WsZL\_46.00

**Fragility curves De Pieper (103) dijkvak 1**

Dijkvak	De Pieper dijkvak 1 (dwp 1 t/m dwp 10)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	GOGS_05
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak103P_dwp00_7
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.612
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1261
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	2.944
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	21.52
Bodemhoogte [m+NAP]	-2
Effectieve strijklengte [m]	113.738
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Sellmeijer (de dijk voldoet de geavanceerde toetsing niet)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	13.98
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.6
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.206
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.0000352
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.2
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 26: Overige invoer Fragility curves De Pieper (103) dijkvak 1

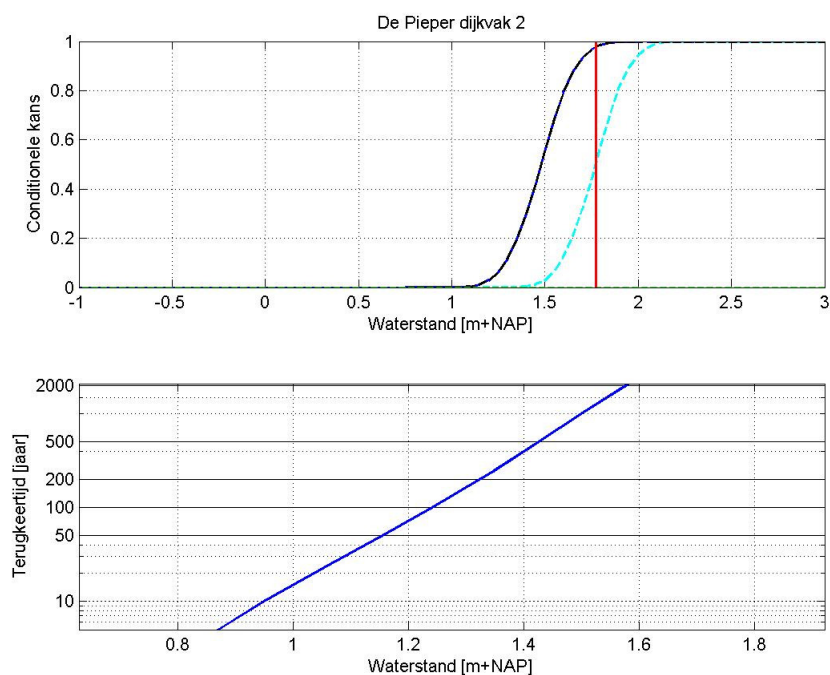


Figuur 26: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie GOGS\_05

**Fragility curves De Pieper (103) dijkvak 2**

Dijkvak	De Pieper dijkvak 2 (dwp 11 t/m dwp 1M)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	gemiddeld van GOGS_05 en ZMGS_13
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak103P_dwp01_7
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.7716
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1446
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	3.0016
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	23.5579
Bodemhoogte [m+NAP]	-2
Effectieve strijklengte [m]	110.3043
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	43
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.4
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.206
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.0000352
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.15
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 27: Overige invoer Fragility curves De Pieper (103) dijkvak 2

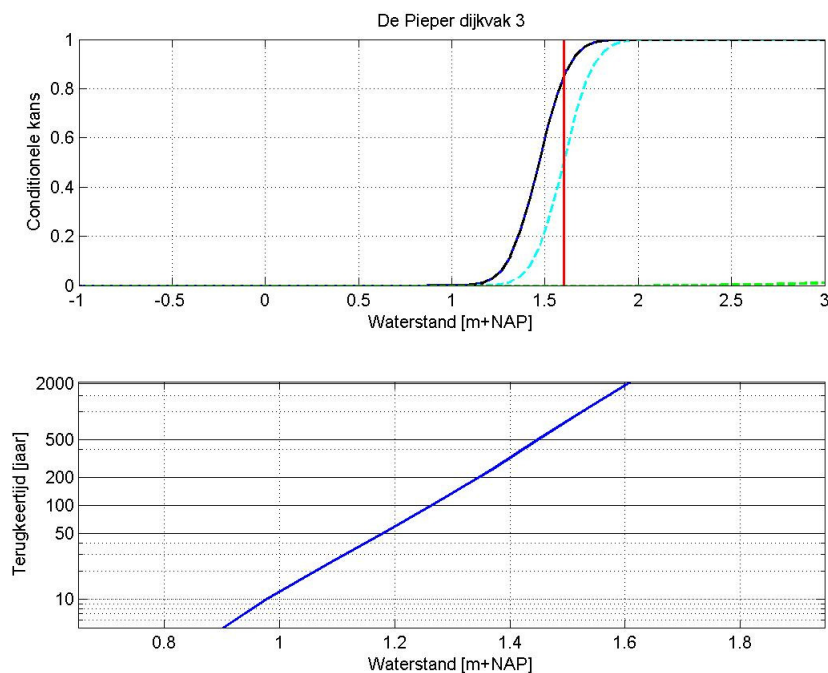


Figuur 27: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden (gemiddeld van GOGS\_05 en ZMGS\_13)

**Fragility curves De Pieper (103) dijkvak 3**

Dijkvak	De Pieper dijkvak 3 (dwp 24 t/m eind)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	gemiddeld van VEGS_01 en ZMGS_13
Gegevens voor mechanisme piping	location_dijkvak103P_dwp03_7
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.6019
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.1305
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	2.8815
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	16.2423
Bodemhoogte [m+NAP]	-2.0827
Effectieve strijklengte [m]	70.3923
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	29.72
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.1
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.206
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.0000352
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.15
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 28: Overige invoer Fragility curves De Pieper (103) dijkvak 3

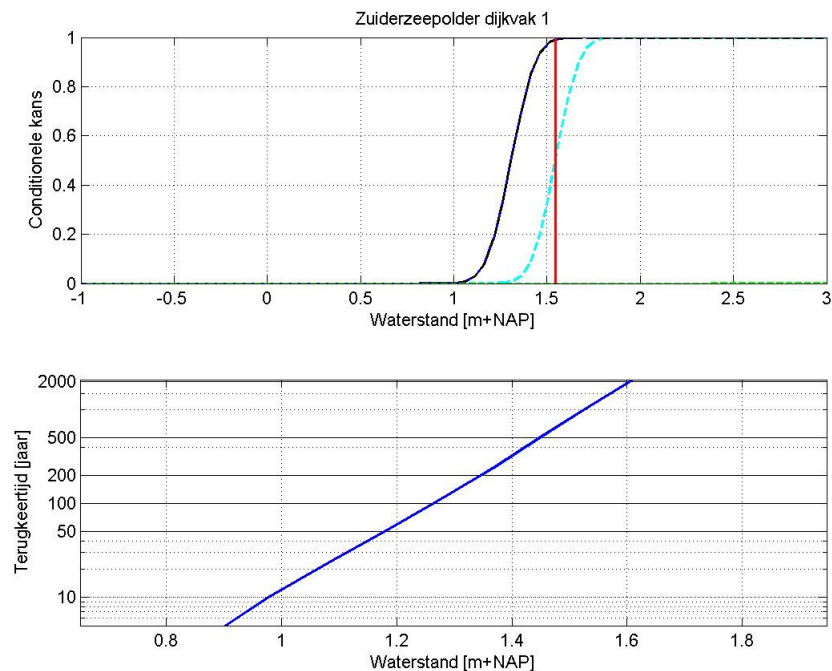


Figuur 28: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden (gemiddeld van VEGS\_01 en ZMGS\_13)

**Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 1**

Dijkvak	Zuiderzeepolder dijkvak 1 (dwp P49 t/m dwp P25)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	gemiddeld van VEGS_01 en ZMGS_13
Gegevens voor mechanisme piping	dwp P26
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.5448
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.0985
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	2.874
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	25.3
Bodemhoogte [m+NAP]	-2.086
Effectieve strijklengte [m]	60.7372
Deklaag aanwezig?	Onbekend
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	36.48
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.8
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.206
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.0000194
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.7
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 29: Overige invoer Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 1

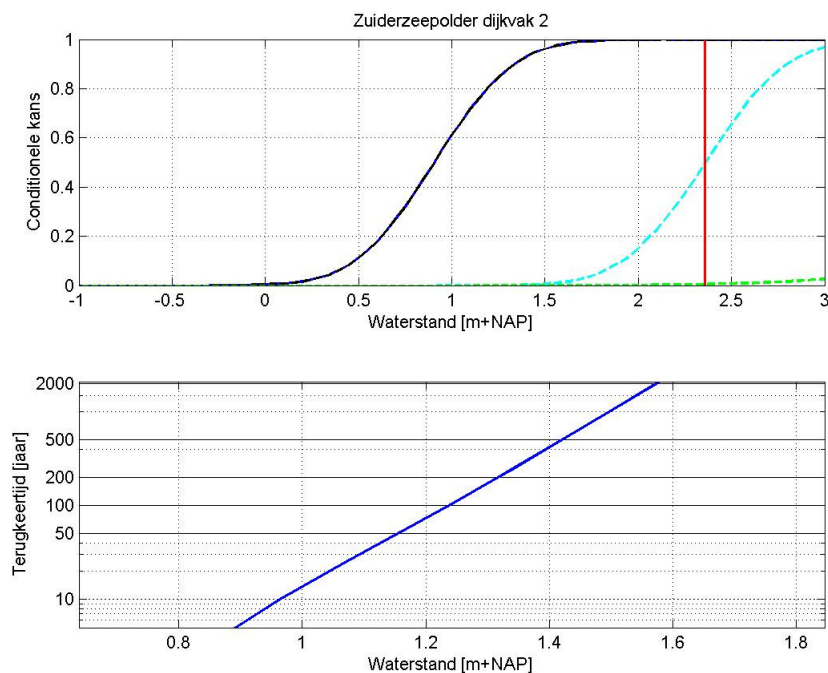


Figuur 29: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden (gemiddeld van VEGS\_01 en ZMGS\_13)

**Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 2**

Dijkvak	Zuiderzeepolder dijkvak 2 (dwp 1 t/m dwp 15)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	ZMGS_13
Gegevens voor mechanisme piping	dijkvak104Z_dwp00_6
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	2.3573
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.3443
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	2.372
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	20.9
Bodemhoogte [m+NAP]	-2.8
Effectieve strijklengte [m]	2304.0125
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	20.06
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	1.2
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.206
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.0000194
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.7
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 30: Overige invoer Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 2

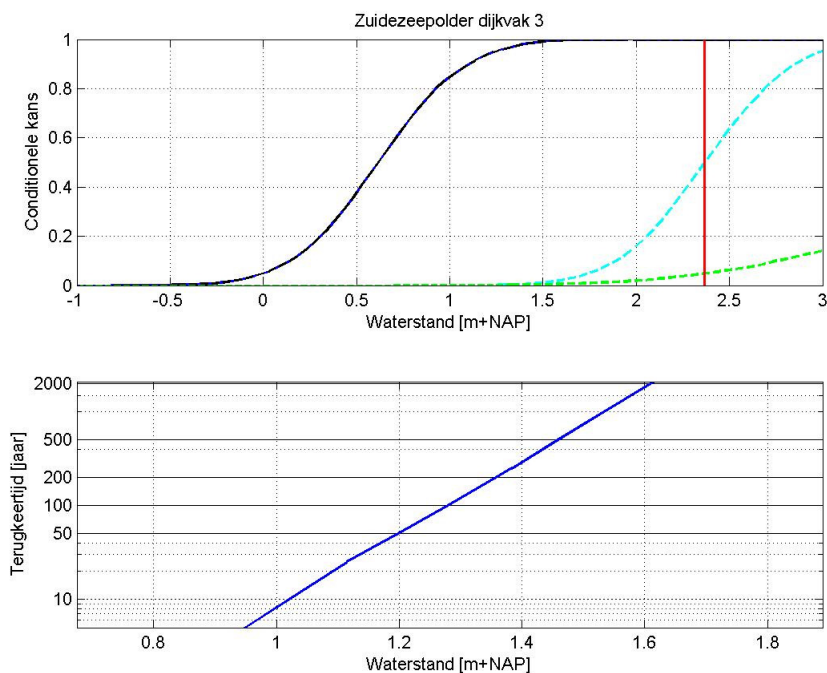


Figuur 30: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie ZMGS\_13

**Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 3**

Dijkvak	Zuiderzeepolder dijkvak 3(dwp 16 t/m dwp 27)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	ZwarteMeer_WsRW_40.00
Gegevens voor mechanisme piping	dijkvak104Z_dwp01_5
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	2.3683
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.3781
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.0001 (de dijk voldoet niet aan STBK)
Dijktalud 1:n [graad]	2.6225
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	18.1667
Bodemhoogte [m+NAP]	-3.4167
Effectieve strijklengte [m]	2715.4708
Deklaag aanwezig?	nee
Piping criterium	Sellmeijer (de geavanceerde toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	22.2
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	3.9
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	0.206
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	0.0000194
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.7
Piping meegenomen in de kansen?	ja

Tabel 31: Overige invoer Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 3



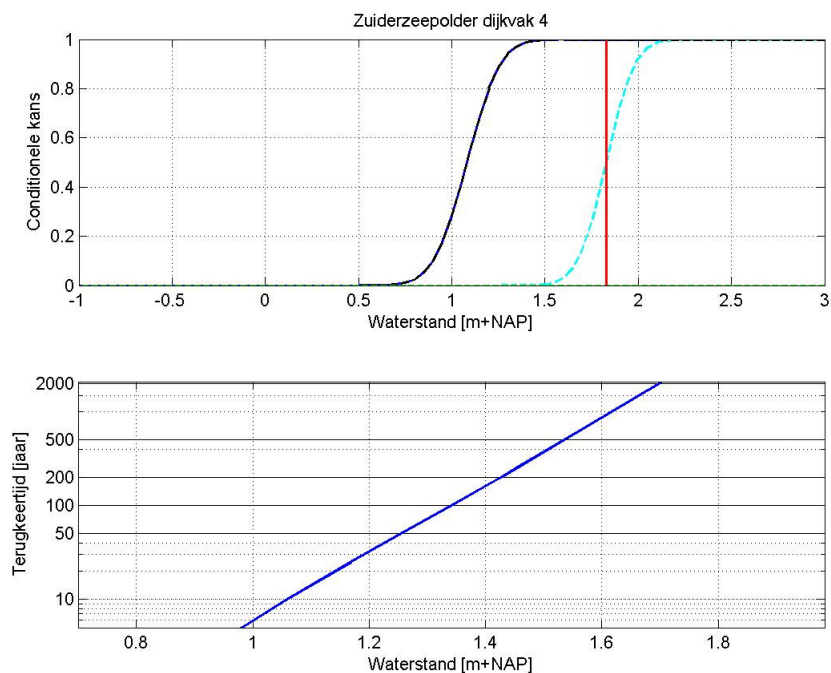
Figuur 31: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyan=overloop, groen=piping, blauw=gezamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie ZwarteMeer\_WsRW\_40.00



**Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 4**

Dijkvak	Zuiderzeepolder dijkvak 4 (dwp 28 t/m eind)
Waterstanden op de dijk (uitvoerlocatie Hydra VIJ)	ZwarteWater_19.00
Gegevens voor mechanisme piping	dijkvak104Z_dwp02_8
Verwachte dijkhoogte [m+NAP]	1.8292
Standaardafwijking dijkhoogte [m]	0.12
Verwacht kritiek golfoverslagdebiet [m <sup>3</sup> /s per m]	0.001
Dijktalud 1:n [graad]	2.8846
Windsnelheid op 10 m hoogte [m/s]	15.9231
Bodemhoogte [m+NAP]	-4
Effectieve strijklengte [m]	1437.1581
Deklaag aanwezig?	ja
Piping criterium	Bligh (de eenvoudige toetsing)
Verwachte horizontale kwelweglengte [m]	10.8
Verwachte dikte watervoerend pakket [m]	-
Verwachte 70 percentiel waarde van de korrelverdeling [mm]	-
Verwachte doorlatendheid zandlaag [m/s]	-
Verwachte binnenwaterstand [m+NAP]	-1.3
Piping meegenomen in de kansen?	nee

Tabel 32: Overige invoer Fragility curves Zuiderzeepolder (104) dijkvak 4



Figuur 32: Boven: fragility curves (zwart=golfoverslag, cyaan=overloop, groen=piping, blauw=gezaamenlijk, rood=verwachte dijkhoogte), Onder: overschrijdingsfrequenties van de waterstanden op de locatie ZwarteWater\_19.00



## Bijlage C: Groslijst van maatregelen

Deze bijlage bevat een groslijst met MLV-maatregelen uitgesplitst naar de drie lagen binnen MLV. Deze maatregelen vormen het keuzepallet waarmee later concrete MLV-strategieën zijn samengesteld.

Bij de identificatie van MLV-maatregelen is gebruik gemaakt van de volgende bronnen:

- Offerte aanvraag WGS. Verkenning toepassing MLV Kampereilanden.
- WGS (2012). Plan van Aanpak Verkenningfase Waterveilig Kampereilanden. Onderzoeksvoorstel programma IJssel-Vechtdelta MLV laag 1, 2 en 3: Kampereilanden. Concept, versie 3, november 2012.
- H+N+S Landschapsarchitecten (en anderen). Lange Termijn Perspectief IJssel-Vechtdelta (concept december 2012)
- DLG (2012). Deltaprogramma IJsselmeergebied: gebiedsatelier Kampereiland januari 2012. Een impressie.
- HKV en Deltares (2012). Handreiking Meerlaagsveiligheid. Methode nader verklaard.
- HKV (2011). Globale verkenning 'Anders omgaan met Water'. In het kader van Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden. In opdracht van Deltares.
- ECK Kostenkentalen
- MWH (2011). Maatregelenoverzicht klimaatadaptatie.

Maatregel	Relatie met de Kampereilanden
<b>Laag 1: Preventie</b>	
<b>1. Verlagen hydraulische belastingen</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beter beheersbaar IJsselmeerpeil (ESA/Gemaal)</li> <li>• Opwaaing IJsseldelta verminderen (bv. strekdam bij Ketelbrug).</li> </ul>
<b>2. Versterking bestaande dijken:</b> verlagen van de faalkans door versterken waterkeringen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De huidige regionale keringen versterken (voldoen aan de huidige norm).</li> <li>• De huidige regionale keringen niet verhogen.</li> <li>• Beheermaatregelen (die wel wettelijk verankerd moeten worden)</li> </ul>
<b>3. Wijzigen status/preventienorm bestaande keringen op de Kampereilanden (en evt. versterken)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De oude zeedijken aanwijzen en beheren als regionale kering (en indien nodig op hoogte/sterkte brengen). De voorliggende keringen langs de Noordelijke buitenpolders (Willem Meyerpolder, Stikkenpolder, Zwarte Meerpolder, Cockspolder en Het Buitenland) niet versterken. Deze gebieden krijgen een andere preventienorm. De regionale keringen langs de Goot, het Ganzendiep en Veneriete worden daarbij wel versterkt waarvoor ook eisen worden gesteld.</li> <li>• Dijkkring 10 (polder Mastenbroek) uitbreiden. De regionale keringen langs het Zwarte Water krijgen een primaire status (1/2000). De regionale keringen langs het Ganzendiep, Goot en Veneriete komen te vervallen. Afsluiting wateren middels keersluizen en/of gemalen. De primaire kering langs de Kamperzeedijk kan komen te vervallen. De status van bergingsgebied komt te vervallen, mogelijk gevolgen primaire kering kampen</li> </ul>

Maatregel	Relatie met de Kampereilanden
<p>4. <b>overslagbestendige waterkeringen (verkleinen kans op geotechnisch falen)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• De inzetbaarheid van de bergingsfunctie van het gebied vergroten door het creëren van overlaten/overstroombare keringen in het gebied zodat de kans op een doorbraak (door verkleinen kans op geotechnische faalmechanismen) wordt verkleind, de kans op overloop en overslag wordt niet aangepast. De overlaten kunnen de naastgelegen regionale keringen ontlasten zodat versterking niet/minder nodig is. Verder is de gedachte dat de primaire keringen achter Ramspol (langs het Zwarte Meer) worden ontzien (in aanvulling op de kering in Kampen, zoals in de referentie het geval is). De overstromingsfrequentie neemt toe ten opzichte van referentie.</li> <li>• Deltadijk</li> </ul>

Laag 2: Ruimtelijke ordening	
Maatregel	Kansrijk voor Kampereilanden?
<p>5. <b>Directe economische schade:</b> aan goederen, huizen en bedrijven</p>	<p>Aangepast grondgebruik meest overstromingsgevoelige gronden bv agrarisch natuurbeheer</p>
<p>5.1. Verhoging</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• : op lange termijn toewerken naar een situatie waarbij er alleen nog boerderijen en schuren op terpen staan (bv. uitplaatsen bevorderen van de op het maaiveld gelegen boerderijen en de vrijkomende grond gebruiken voor vergroten omliggende boerderijen (op terpen), vrijkomende terpboerderijen (als gevolg van boeren die stoppen) beschikbaar stellen voor boerderijen op maaiveld).</li> <li>• Nieuwbouw woningen, boerderijen en schuren: op terpen, kolomwoningen, drijvende woningen, amfibische woningen</li> <li>• Bestaande woningen/bedrijven: verhoogd vloerpeil, begane niet gebruiken als werk/leefruimte (deze maatregel is (relatief) duur).</li> </ul>
<p>5.2. Dry / wet floodproofing:</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebouwen waterbestendig maken. Inundatieduur korter dan 2 weken; biedt bescherming tegen waterdieptes tot hoogtes waarop is ontworpen, vaak wordt deze maatregel toegepast bij relatief geringe (1m) inundatiedieptes</li> </ul>
<p>5.3. Mobiele keringen/omringdijken</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lokale mobiele keringen en/of omringdijken rondom /schuren (die niet op terpen liggen)</li> </ul>
<p>5.4. Overige inrichtingsmaatregelen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Straatprofielen en oeverzones zo inrichten dat mee stromen met de rivier mogelijk wordt.</li> </ul>
<p>6. <b>Indirecte economische schade:</b> aan economische processen die stil komen te liggen</p>	
<p>7. <b>Slachtoffers voorkomen</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hoogwatervrije infrastructuur en vlucht/toegangswegen.</li> <li>• Hoogwatervluchtplaatsen creëren voor vee</li> </ul>
<p>8. <b>Bescherming vitale infrastructuur / nutsnetwerken</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektriciteit: verhoogd plaatsen van schakelvoorzieningen en transformatoren, meterkasten verhoogd aanbrengen, generatoren, zonnecellen op daken</li> <li>• Water: Reinwaterkelders of watertorens</li> <li>• Telecommunicatie: GSM masten wind en waterbestendig</li> </ul>

<b>Laag 2: Ruimtelijke ordening</b>	
<b>Maatregel</b>	<b>Kansrijk voor Kampereilanden?</b>
	plaatsen
<b>9. Compartimentering/zonering</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Een compartimenteringsdijk (andere sterkte oude zeedijk) kan zowel het risico verlagen als verhogen in een gebied door de beïnvloeding van het overstromingspatroon voor en achter de kering</li> </ul>

<b>Laag 3: Rampenbeheersing</b>	
<b>Maatregel</b>	<b>Kansrijk voor Kampereilanden?</b>
10. Verbeteren organisatie rampenbeheersing	<ul style="list-style-type: none"> <li>Evacuatieplan Kampereilanden waardoor evacuatiefractie stijgt; met aandacht voor evacuatie van vee (planvorming en coördinatie, opleiden, trainen, oefenen, informatievoorziening etc.)</li> </ul>
11. Risicocommunicatie gericht op risicobewustzijn en zelfredzaamheid	<ul style="list-style-type: none"> <li>Risicobewustzijn stimuleren door het onderwerp voorafgaand/tijdens het hoogwaterseizoen onder de aandacht te brengen</li> <li>Bieden van handelingsperspectieven bij dreigende overstromingen per deelgebied/compartiment (afhankelijk aard en zonering dreiging).</li> <li>Uitgaan van zelfredzaamheid en geen evacuatie van bewoners en vee het gebied uit (bewoners moeten zich bewust worden van waar de veilige plekken zijn).</li> </ul>
12. Crisiscommunicatie	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waarschuwingssysteem, "overstromingsalarm" (bijvoorbeeld vergelijkbaar met niveaus van het weeralarm).</li> <li>Verbeteren van de hoogwatervoorspelling (door RWS) en de communicatie daarover.</li> </ul>
13. Investeren in hulpverleningsmiddelen	<ul style="list-style-type: none"> <li>niet van toepassing</li> </ul>



## Bijlage D: De economisch optimale norm

### D1. Introductie

Normering van de regionale dijken rondom de Kampereilanden (gebieden: Kampereiland, Mandjeswaard, De Pieper en Zuiderzeepolder) wordt gebaseerd op het kosten-baten model, dat in het project "Waterveiligheid in 21<sup>e</sup> eeuw" (WV21) gebruikt is.

In het project zijn optimale overstromingskansen voor primaire dijken in Nederland bepaald ([Kind, 2011]). De optimale faalkans voor een dijk wordt gebaseerd op de optimale dijkversterkingsstrategie. De optimale dijkversterkingsstrategie wordt gedefinieerd als een strategie (strategie = investeringsmomenten + verhogingen van de dijk), die de minimale som van verdisconteerde overstromingsrisico's en dijkversterkingskosten over een lange tijdsperiode op levert. De optimale dijkversterkingsstrategie bestaat uit de optimale investeringsmomenten en de optimale dijkverhogingen.

#### Kosten-baten model "Waterveiligheid in 21<sup>e</sup> eeuw" ([Duits et al., 2011])

In het kosten-baten model wordt een dijk(deel) eerst in een aantal dijktrajecten verdeeld.

De som van verdisconteerde overstromingsrisico's en dijkversterkingskosten wordt over de periode van T jaar als volgt bepaald<sup>9</sup>:

$$\sum_{t=0}^T \frac{S(t)}{(1+\delta)^t} + \sum_i \frac{I_i}{(1+\delta)^i} \quad (1)$$

waar  $S(t)$  [M€/jaar] is de overstromingsrisico op tijdstip  $t$ ,  $I_i$  [M€] is de dijkversterkingskosten op tijdstip  $t$  en  $\delta$  [%/jaar] is de discontovoet. De overstromingsrisico is een product van de faalkans, die bij de zwakste dijktraject hoort, en de overstromingsschade in het gebied, dat door de dijk beschermd wordt.

De faalkans op tijdstip  $t$  voor een dijktraject,  $P(t)$  [1/jaar], volgt uit:

$$P(t) = P(0) \cdot e^{\alpha \eta t} \cdot e^{-\alpha [H(t) - H(0)]} \quad (2)$$

waar  $P(0)$  [1/jaar] is de faalkans op tijdstip  $t$ ,  $\alpha$  [1/cm] is de schaalparameter van de exponentiële kansverdeling ( $\alpha$  is gelijk aan  $\ln(10)/dmh$  en  $dmh$  is de decimeringhoogte),  $\eta$  [cm/jaar] is de relatieve waterstijging,  $H(0)$  [cm] is de dijkhoogte op tijdstip 0 (geen dijkverhoging) en  $H(t)$  [cm] is de dijkhoogte op tijdstip  $t$ .

De overstromingsschade op tijdstip  $t$ ,  $V(t)$  [M€], volgt uit:

$$V(t) = V(0) \cdot e^{\gamma t} \quad (3)$$

waar  $V(0)$  [M€] is de overstromingsschade op tijdstip 0 en  $\gamma$  [%/jaar] is het tempo van de economische groei. De overstromingsschade op tijdstip 0 wordt als volgt gedefinieerd:

<sup>9</sup> De definitie komt niet exact overeen met het model gebruik in WV21, echter geeft deze definitie een goed beeld van de toegepaste benadering.

$$V(0) = \text{materiele schade} + \text{aantal getroffen} \cdot \text{bedrag/getroffene} + \text{aantal dodelijke slachtoffers} \cdot \text{bedrag/slachtoffer} \quad (4)$$

De dijkversterkingskosten op tijdstip  $i$  volgt uit:

$$I_i = f_k \cdot (C + b \cdot u) \quad (5)$$

waar  $C$  [€M] is de vaste kost van de dijkversterking op tijdstip  $i$ ,  $u$  [€/cm] is de variabele kost van de dijkversterking op tijdstip  $i$  en  $f_k$  [-] is een factor gebruikt voor een gevoeligheidsanalyse. In de kosten worden kosten voor alle dijktrajecten begrepen.

De regionale dijken rondom de Kampereilanden worden in 18 dijktrajecten verdeeld. Overstromingskans bij de optimale dijkversterkingsstrategie wordt per gebied geschat. In de analyse wordt 2015 als de referentie jaar gehanteerd (de tijdstip 0 is eigenlijk gelijk aan 2015 jaar) waarbij de overstromingskans gelijk is aan de referentie. Bovendien worden de volgende aannames gedaan, die het aantal berekeningen significant beperken:

1. De dijkversterkingen vinden plaats zes keer binnen de periode van 300 jaar. De investeringsmomenten zijn: 2020, 2060, 2100, 2140, 2180, 2220 [jaar].
2. De dijkverhogingen op tijdstippen 2060, 2100, 2140, 2180 en 2220 jaar zijn bekend en gelijk aan 0.5 m (dat is 2 x decimeringhoogte).

De optimale dijkversterkingsstrategie voor een gebied wordt dus alléén door de dijkverhoging op tijdstip 2020 jaar bepaald. Er wordt aangenomen dat de optimale dijkverhoging op dit moment tot de minimale som van verdisconteerde overstromingsrisico's en dijkversterkingskosten leidt.

## D2. Gegevens

Gegevens, gebruikt in de analyse, worden gepresenteerd met een toelichting in Tabel 33 en in paragrafen D2.1 t/m D2.3.



Naam	Symbool	Waarde	Toelichting
<b>Faalkansen</b>			
Faalkans op tijdstip 2015 [1/jaar]	$P(0)$ ofwel $P(2015)$	Verschild per dijktraject	Paragraaf D2.1
Decimeringhoogte [cm]	dmh	25	T.o.v. waterstand, op basis van Hydra-VIJ
Relatieve waterstijging [cm/jaar]	$\eta$	0.9	Gelijk aan de gemiddelde relatieve waterstijging voor dijkkring 10 traject 4 (op basis van [Kind, 2011])
<b>Overstromingsgevolgen</b>			
Materiele schade op tijdstip 2015 [M€]	-	Verschild per gebied	Paragraaf D2.2
Aantal getroffen en op tijdstip 2015	-	Verschild per gebied	Paragraaf D2.2
Aantal dodelijke slachtoffers op tijdstip 2015	-	Verschild per gebied	Paragraaf D2.2
Bedrag per slachtoffer [M€]	-	6.7	Op basis van [Kind, 2011]
Bedrag per getroffene [M€]	-	0.012	Op basis van [Kind, 2011]
Tempo van de economische groei [%/jaar]	$\gamma$	1.9	Op basis van [Kind, 2011]
Discontovoet [%/jaar]	$\delta$	5.5	Op basis van [Kind, 2011]
<b>Dijkversterkingskosten</b>			
Vaste kosten per km [M€]	C	1.33	Paragraaf D2.3
Variabele kosten per km [M€/cm]	b	0.04	Paragraaf D2.3
Factor voor gevoeligheidsanalyse [-]	$f_k$	Variabel	Paragraaf D2.3

Tabel 33: Algemene gegevens gebruikt in de analyse

## D2.1 Faalkansen op tijdstip 2015

In dit onderzoek wordt de faalkans van een gebied, dat door een dijk beschermd wordt, gedefinieerd als de kans op falen van deze dijk door optreden van één of meerdere dijkfaalmechanismen.

In [Wojciechowska, 2013] zijn faalkansen van de Kampereilanden voor verschillende invoerscenario's geschat. In deze MKBA analyse worden de overstromingskansen op tijdstip 2015 op Scenario 5 (uit [Wojciechowska, 2013]) gebaseerd en de kansen hoger dan 1/50 per jaar worden naar 1/50 per jaar afgerond. Deze "positieve" afronding representeert het feit dat de afgelopen decennia hebben geen overstromingen in de gebieden plaatsgevonden. Tabel 34 toont de gehanteerde faalkansen op tijdstip 2015 per dijktraject.

Dijktraject	Dwarsprofielen (dwp) bij dijktraject	Faalkans op tijdstip 2015 [1/jaar]
Kampereiland dijktraject 1	dwp 1 t/m dwp 32 ( <i>lengte = 3.2 km</i> )	1/50
Kampereiland dijktraject 2	dwp 33 t/m dwp 86 ( <i>lengte = 5.3 km</i> )	1/50
Kampereiland dijktraject 3	dwp 87 t/m dwp 118 ( <i>lengte = 3.1 km</i> )	1/1349
Kampereiland dijktraject 4	dwp 119 t/m dwp 139 ( <i>lengte = 2 km</i> )	1/463
Kampereiland dijktraject 5	dwp 140 t/m eind ( <i>lengte = 3.6 km</i> )	1/334
Mandjeswaard dijktraject 1	dwp 1 t/m dwp 25 ( <i>lengte = 2.5 km</i> )	1/118
Mandjeswaard dijktraject 2	dwp 26 t/m dwp 45 ( <i>lengte = 1.9 km</i> )	1/50
Mandjeswaard dijktraject 3	dwp 46 t/m dwp 61 ( <i>lengte = 1.5 km</i> )	1/363
Mandjeswaard dijktraject 4	dwp 62 t/m dwp 80 ( <i>lengte = 1.8 km</i> )	1/1322
Mandjeswaard dijktraject 5	dwp 81 t/m dwp 92 ( <i>lengte = 1.1 km</i> )	1/50
Mandjeswaard dijktraject 6	dwp 93 t/m eind ( <i>lengte = 2.3 km</i> )	1/50
De Pieper dijktraject 1	dwp 1 t/m dwp 10 ( <i>lengte = 1 km</i> )	1/62
De Pieper dijktraject 2	dwp 11 t/m dwp 1M ( <i>lengte = 1.8 km</i> )	1/2186
De Pieper dijktraject 3	dwp 24 t/m eind ( <i>lengte = 2.5 km</i> )	1/1067
Zuiderzeepolder dijktraject 1	dwp P49 t/m dwp P25 ( <i>lengte = 2.5 km</i> )	1/509
Zuiderzeepolder dijktraject 2	dwp 1 t/m dwp 15 ( <i>lengte = 1.4 km</i> )	1/50
Zuiderzeepolder dijktraject 3	dwp 16 t/m dwp 27 ( <i>lengte = 1.1 km</i> )	1/50
Zuiderzeepolder dijktraject 4	dwp 28 t/m eind ( <i>lengte = 1 km</i> )	1/154

Tabel 34: Faalkansen op tijdstip 2015 per dijktraject

## D2.2 Overstromingsgevolgen op tijdstip 2015

Het programma HIS-SSM versie 2.5 wordt gebruikt om de overstromingsgevolgen (materiele schade, aantal dodelijke slachtoffers en getroffen) in de Kapereilanden op tijdstip 2006 te schatten. Per gebied worden de berekeningen ten opzichte van de volgende aannames uitgevoerd:

- De waterstand in het gebied is 1.5 m+NAP;
- De stijgsnelheid is 1 m/uur (defaultwaarde);
- De stroomsnelheid is 1 m/s (defaultwaarde);
- Er worden vier evacuatiestrategieën beschouwd, deze strategieën worden in VNK2 voor het gebied "Meren-Oost" gebruikt:
  - Strategie 1: evacuatiefractie is 0% (geen evacuatie); de kans op deze strategie is 0.32;
  - Strategie 2: evacuatiefractie is 40%; de kans op deze strategie is 0.40;
  - Strategie 3: evacuatiefractie is 67%; de kans op deze strategie is 0.08;
  - Strategie 4: evacuatiefractie is 80%; de kans op deze strategie is 0.20.

Tabel 35 toont resultaten van deze berekeningen.

Gebied	Evacuatiestrategie	Schade [euro]	Aantal dodelijke slachtoffers	Aantal getroffen
Kampereiland (101)	1	55,840,493	1	431
	2	55,758,834	1	431
	3	55,703,714	0	431
	4	55,677,174	0	431
Mandjeswaard (102)	1	12,915,566	0	76
	2	12,892,946	0	76

	3	12,877,678	0	76
	4	12,870,327	0	76
De Pieper (103)	1	6,738,165	0	30
	2	6,729,994	0	30
	3	6,724,479	0	30
	4	6,721,823	0	30
Zuiderzeepolder (104)	1	12,089,570	0	71
	2	12,070,955	0	71
	3	12,058,389	0	71
	4	12,052,339	0	71

Tabel 35: Overstromingsgevolgen HIS-SSM ten opzichte van 2006

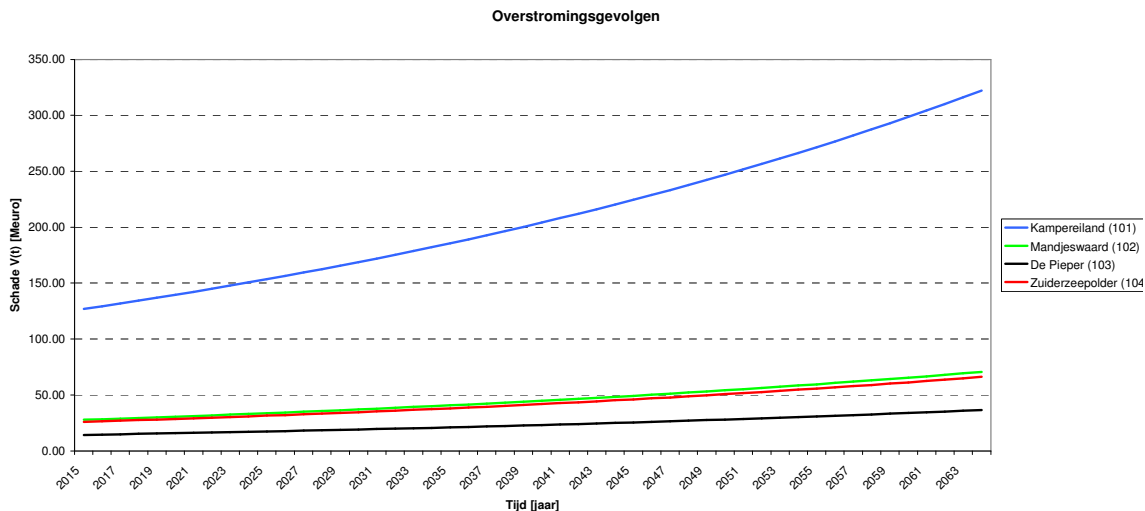
De overstromingsgevolgen zijn het meest significant in Kampereiland. Relatief kleine overstromingsgevolgen treden in de overige polders op.

Om de materiele schade naar jaar 2015 te vertalen wordt een factor 2.09 gebruikt; de HIS-SSM schade wordt met de factor vermenigvuldigd. Deze factor representeert de nominale en reële BBP groei in Nederland tussen 2006 en 2015 en schadeposten, die niet of onvolledig in het schadebedragen van HIS-SSM begrepen zijn ([Kind, 2011]). Om de aantallen getroffen en dodelijke slachtoffers naar jaar 2015 te vertalen wordt een factor 1.06 gebruikt; deze factor representeert bevolkingsgroei in Nederland. De aantallen getroffen en dodelijke slachtoffers worden ook vermenigvuldigd met kengetallen, die de gemiddelde schade per getroffene en per dodelijke slachtoffer weergeven. Het kengetal VOE (Value of Evacuation) is gelijk aan € 12,000 en wordt vermenigvuldigd met het aantal getroffen. Het omvat de persoonlijke kosten van evacuatie en immateriële schade aan de bezittingen van de getroffen. Het kengetal VOSL (Value of Statistical Life) is gelijk aan € 6.7 miljoen en wordt vermenigvuldigd met het aantal dodelijke slachtoffers. Het omvat de kost van één statistische leven en de kost van zes gewonden. De kengetallen worden in de WV21 analyse gebruikt ([Kind, 2011]).

Per gebied is de monetaire waarde van de overstromingsgevolgen op tijdstip 2015 gelijk aan de som van de materiele schade en de monetaire waarde van de dodelijke slachtoffers en getroffen (zie ook formule 4). Tabel 36 toont de resultaten; de vier evacuatiestrategieën zijn in de waarden al begrepen. In Figuur 33 wordt de stijging van overstromingsgevolgen in de gebieden over de periode van 50 jaar gepresenteerd; de ontwikkelingen zijn met formule 3 bepaald.

Gebied	Materiele schade op tijdstip 2015 [M€]	Monetaire waarde dodelijke slachtoffers op tijdstip 2015 [M€]	Monetaire waarde getroffen op tijdstip 2015 [M€]	Overstromingsgevolgen op tijdstip 2015 [M€]
Kampereiland (101)	116.37	5.11	5.48	126.96
Mandjeswaard (102)	26.91	0	0.97	27.87
De Pieper (103)	14.04	0	0.38	14.43
Zuiderzeepolder (104)	25.17	0	0.90	26.80

Tabel 36: Monetaire waarden van de overstromingsgevolgen per gebied op tijdstip 2015



Figuur 33: Stijging van overstromingsgevolgen in de gebieden over de periode van 50 jaar

## D2.2 Dijkversterkingskosten

In de analyse worden de dijkversterkingskosten gebaseerd op de kosten van verstreken van de primaire dijken in dijkkring 10 traject 4 (Zwarte Meer). De vaste kosten voor dit traject zijn gelijk aan € 17.78 miljoen en de variabele kosten zijn € 0.58 miljoen per cm. Deze waarden zijn in de WV21 analyse toegepast en zijn geldig voor de tweede referentie situatie ([de Grave & Baarse, 2011]). Omdat de lengte van dit traject gelijk aan 13.35 km is, zijn de vaste kosten per kilometer gelijk aan € 1.33 miljoen en de variabele kosten gelijk aan € 0.04 miljoen per cm. Deze waarden worden als basis gebruikt om de optimale overstromingskansen van de Kampereilanden te schatten; lengtes van de dijktrajecten worden in de tweede kolom van Tabel 35 samengevat. Er wordt benadrukt dat verschillende dijkfaalmechanismen in de kosten worden begrepen; indien een dijk verhoogt wordt dan worden alle dijkfaalmechanismen "positief" beïnvloed ([Kuijper et al., 2011]).

Omdat kosten van verstreken van regionale dijken aanzienlijk lager zijn dan kosten van versterken van primaire keringen (er is minder bebouwing op regionale dijken in vergelijking met primaire keringen) wordt een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd, waarmee het effect van lagere dijkversterkingskosten op de optimale overstromingskansen bepaald wordt. De gevoeligheidsanalyse wordt door middel van parameter  $f_k$  uitgevoerd: er wordt aangenomen dat deze parameter gelijk aan 0.25, 0.5, 0.75 of 1 is. Bijvoorbeeld, indien  $f_k=0.5$  dan zijn de vaste kosten per kilometer gelijk aan circa. € 0.7 miljoen ( $1.33 \times 0.5$ ) en de variabele kosten zijn € 0.02 miljoen per cm ( $0.04 \times 0.5$ ).

## D3. Overstromingskansen bij optimale dijkversterkingsstrategieën

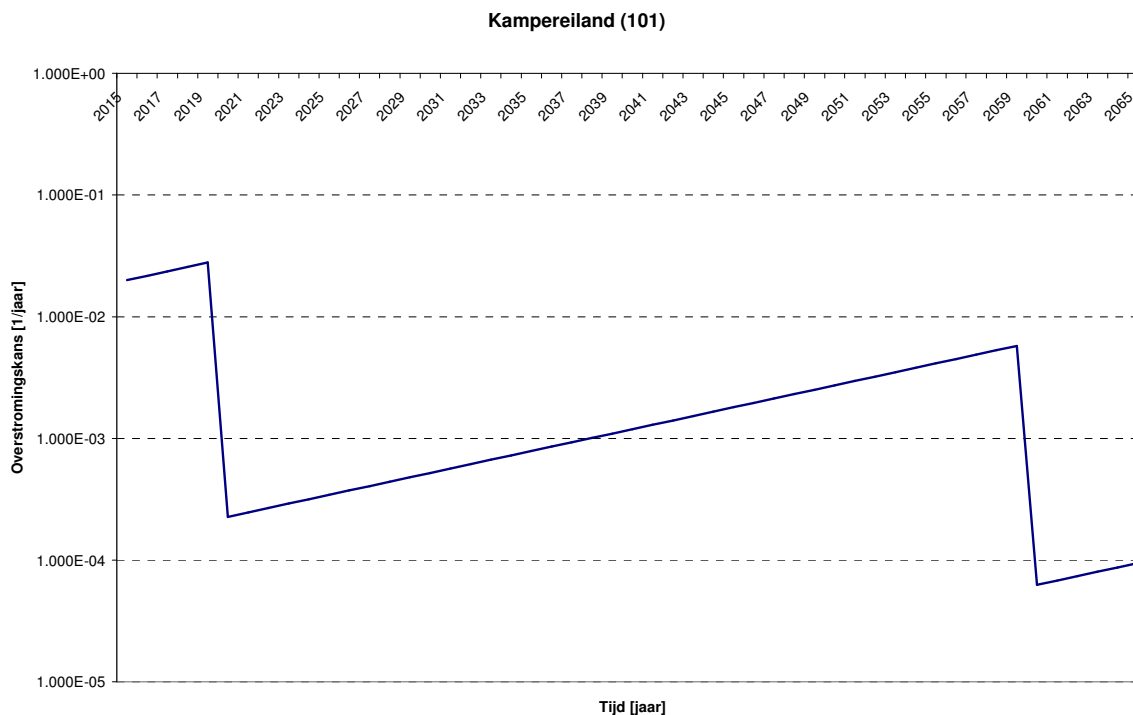
Overstromingskansen van de Kampereilanden, die bij de optimale dijkversterkingsstrategieën horen, worden bepaald op basis van de bovenstaande aannames. De overstromingskansen in 2050 worden in Tabel 37 weergegeven voor verschillende waarden van de parameter  $f_k$ . In de tabel worden ook de sommen van verdisconteerde dijkversterkingskosten en de sommen van verdisconteerde overstromingsrisico's (over de periode van 300 jaar), die bij de optimale dijkversterkingsstrategieën horen, gepresenteerd. Ontwikkelingen van de overstromingskansen over de periode van 50 jaar worden in Figuur 34 t/m Figuur 37 gepresenteerd (voor  $f_k=0.5$ ). Er wordt opgemerkt dat de dijkversterkingen tot een abrupte verkleinen van de overstromingskansen op tijdstippen 2020 en 2060 jaar leiden. Ontwikkelingen van de

overstromingskansen over de periode van 300 jaar worden in Bijlage A gepresenteerd (ook voor  $f_k=0.5$ ).

Voor  $f_k=0.5$  zijn de overstromingskansen in 2050 gelijk aan circa 1/370 (Kampereiland), 1/130 (Mandjeswaard), 1/140 (De Pieper) en 1/220 (Zuiderzeepolder). Bovendien leiden hoge waarden van  $f_k$  tot hoge overstromingskansen: hoge dijkversterkingskosten verminderen baten van de dijkversterkingen (een reductie van de overstromingsrisico's).

		Kampereiland (101)	Mandjeswaard (102)	De Pieper (103)	Zuiderzeepolder (104)
$f_k=0.25$	Dijkversterkingskosten [M€]	12.65	7.34	2.69	4.18
	Overstromingsrisico [M€]	15.57	4.08	1.76	3.42
	Kans 2050 [1/jaar]	1/736	1/250	1/270	1/433
$f_k=0.5$	Dijkversterkingskosten [M€]	23.14	13.29	4.74	7.60
	Overstromingsrisico [M€]	17.13	5.08	2.23	3.96
	Kans 2050 [1/jaar]	<b>1/366</b>	<b>1/125</b>	<b>1/137</b>	<b>1/216</b>
$f_k=0.75$	Dijkversterkingskosten [M€]	32.84	18.72	6.92	10.76
	Overstromingsrisico [M€]	18.67	6.09	2.36	4.49
	Kans 2050 [1/jaar]	1/245	1/83	1/121	1/146
$f_k=1$	Dijkversterkingskosten [M€]	41.97	24.33	9.04	13.71
	Overstromingsrisico [M€]	20.25	6.62	2.53	5.05
	Kans 2050 [1/jaar]	1/183	1/71	1/104	1/108

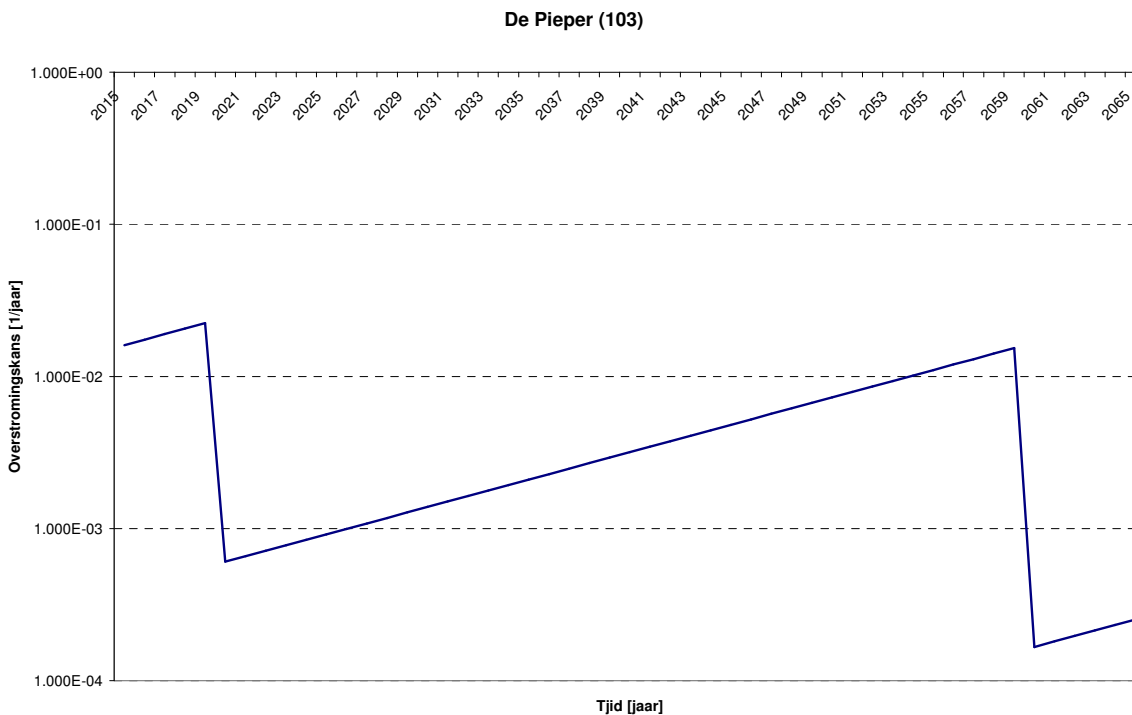
Tabel 37: Overstromingskansen in 2050, dijkversterkingskosten en overstromingsrisico's (over de periode van 300 jaar), die bij de optimale dijkversterkingsstrategieën horen



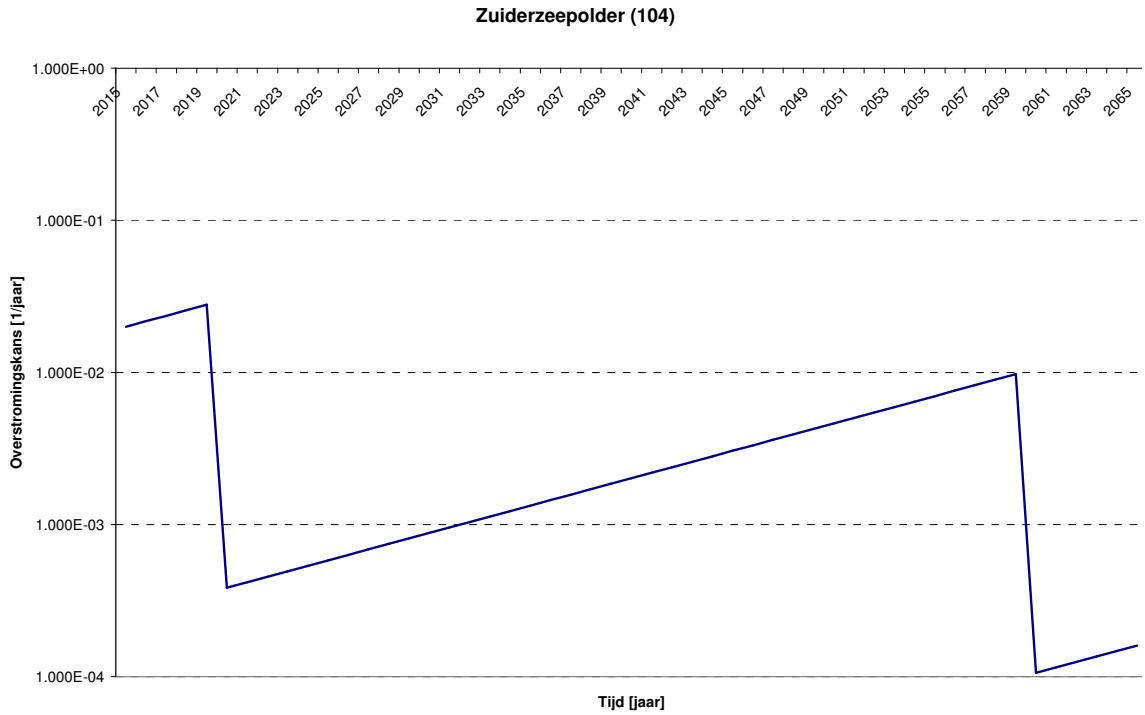
Figuur 34: Overstromingskans van Kampereiland (101) over de periode van 50 jaar inclusief optimale dijkversterkingen op tijdstippen 2020 en 2060 jaar ( $f_k=0.5$ )



Figuur 35: Overstromingskans van Mandjeswaard (102) over de periode van 50 jaar inclusief optimale dijkversterkingen op tijdstippen 2020 en 2060 jaar ( $f_k=0.5$ )

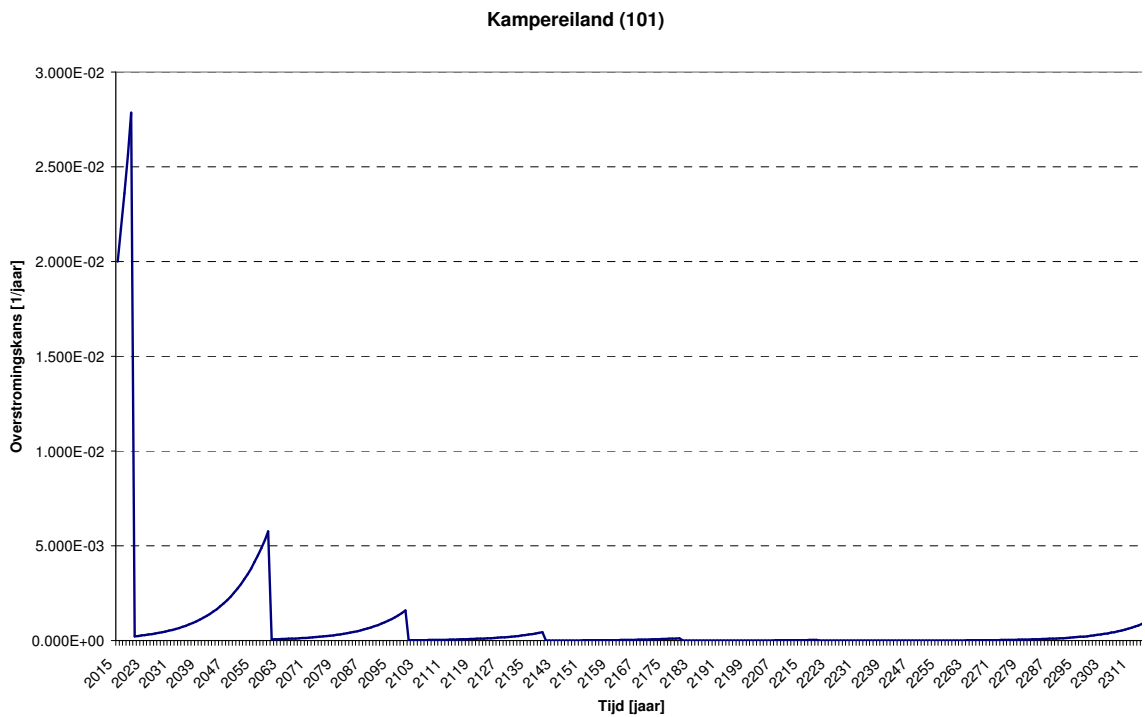


Figuur 36: Overstromingskans van De Pieper (103) over de periode van 50 jaar inclusief optimale dijkversterkingen op tijdstippen 2020 en 2060 jaar ( $f_k=0.5$ )

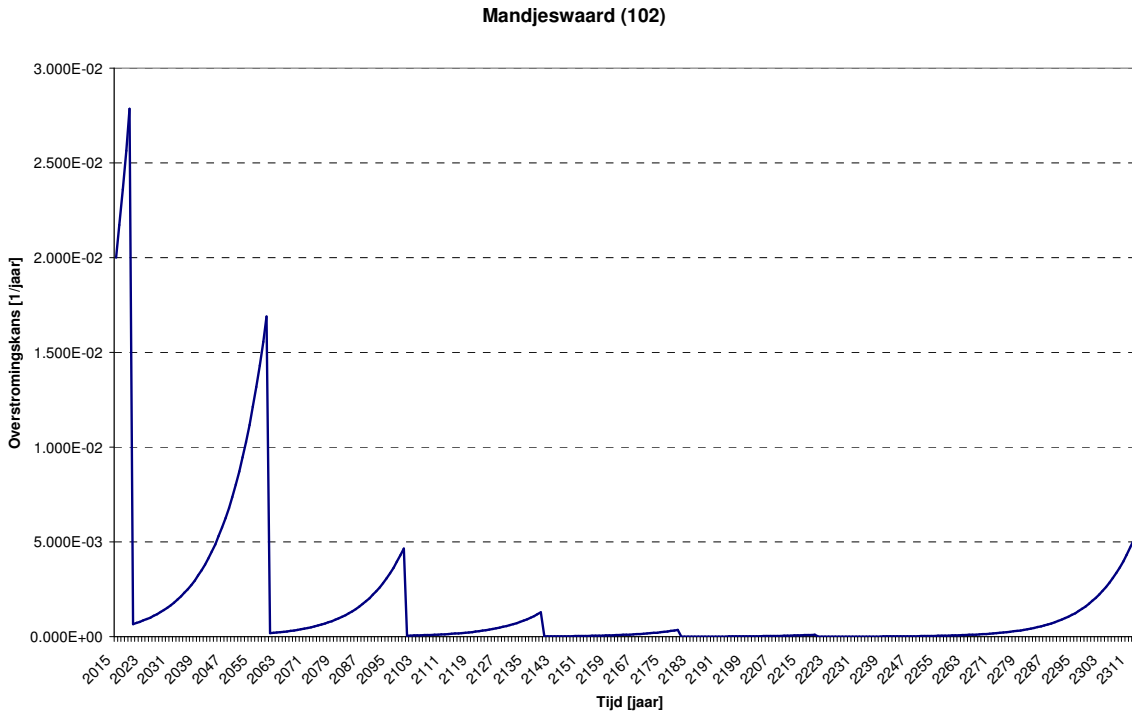


Figuur 37: Overstromingskans van Zuiderzeepolder (104) over de periode van 50 jaar inclusief optimale dijkversterkingen op tijdstippen 2020 en 2060 jaar ( $f_k=0.5$ )

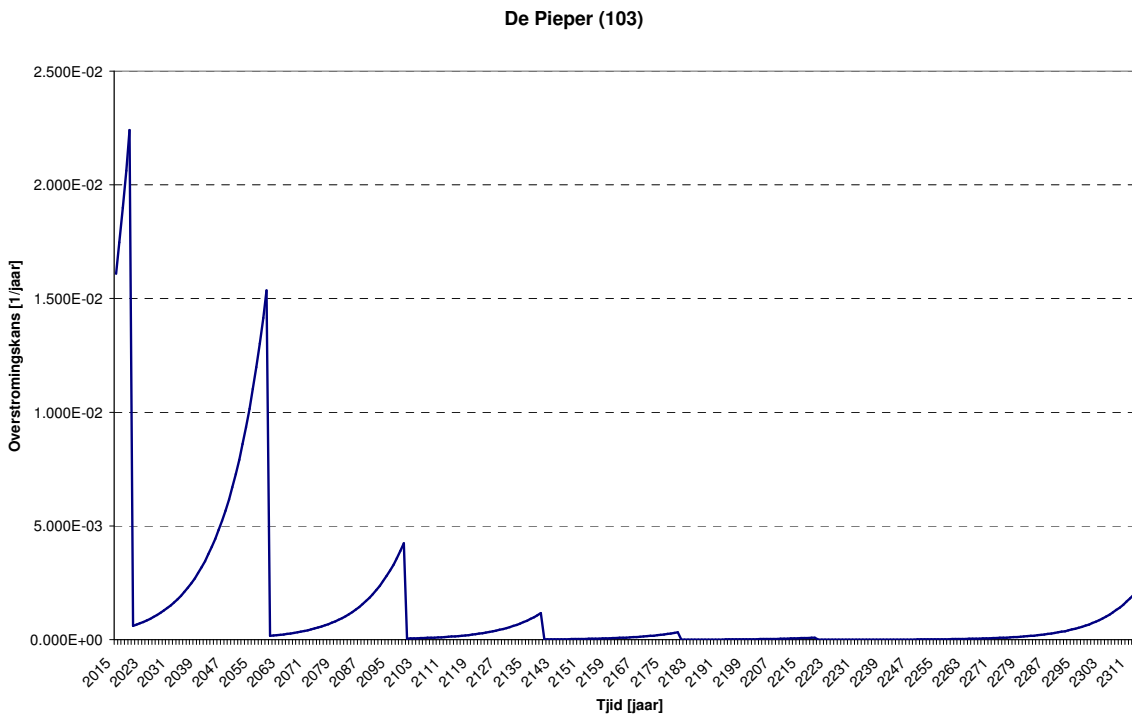
**Bijlage: overstromingskansen over de periode van 300 jaar**



Figuur 38: Overstromingskans van Kampereiland (101) over de periode van 300 jaar ( $f_k=0.5$ )

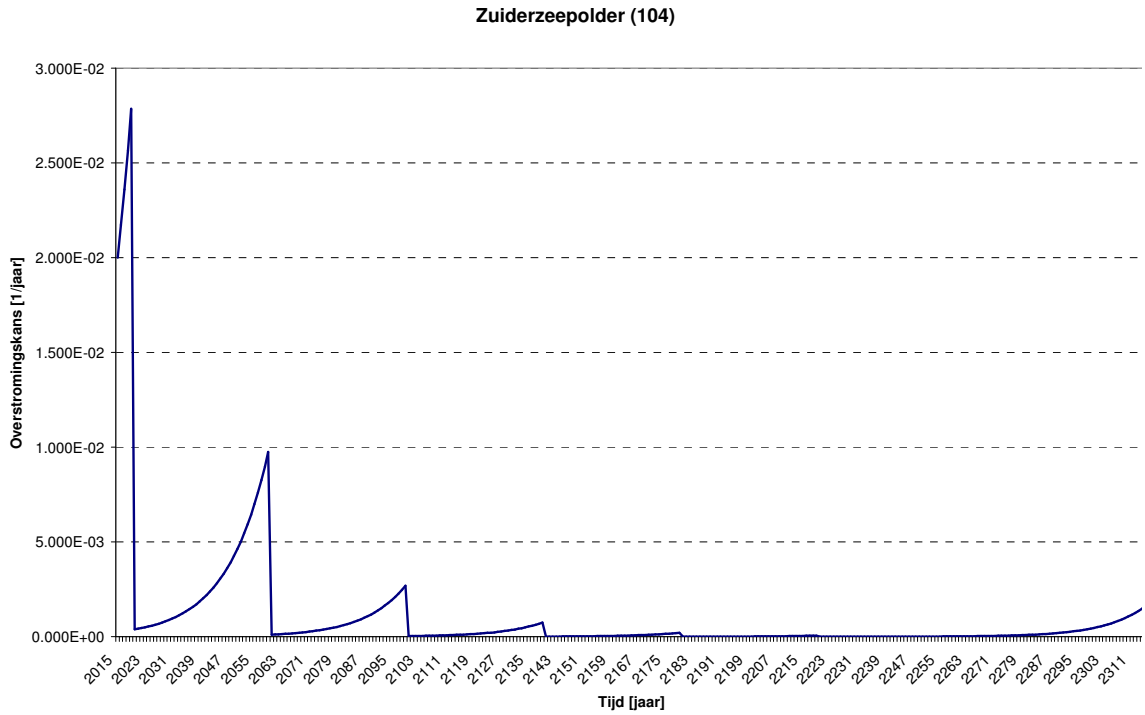


Figuur 39: Overstromingskans van Mandjeswaard (102) over de periode van 300 jaar ( $f_k=0.5$ )



Figuur 40: Overstromingskans van De Pieper (103) over de periode van 300 jaar ( $f_k=0.5$ )





Figuur 41: Overstromingskans van Zuiderzeepolder (104) over de periode van 300 jaar ( $f_k=0.5$ )



## Bijlage E: Schematisatie van maatregelen

### 1A: Kampereilanden achter de primaire waterkering

Alle bressen die grenzen aan de noordzijde van de Kampereilanden (langs het Zwarte Water) hebben een faalkans van 1/1000 per jaar; alle andere dijkvakken (langs het Ganzendiep, Goot, Veneriete) vallen binnen de nieuwe dijkkring 10 en dragen niet meer bij aan het overstromingsrisico.

### 1B: hydraulische belasting 15 cm lager

Met behulp van HIS-SSM zijn nieuwe schadeberekeningen gemaakt waarbij de overstromingsdiepte 15 cm lager is dan in de referentiesituatie. Vervolgens zijn met de uitkomsten nieuwe risicoberekeningen gemaakt met het MLV-instrumentarium.

### Maatregel 1c: building with nature

Geen effect op risico's; kosten zijn buiten beschouwing gelaten.

### Maatregel 2A t/m2D

2A: 1/200 per jaar

2B: 1/500 per jaar (keringen op orde).

2C: 1/1000 per jaar

2D: Doorkijk naar economische optimale norm conform WV21 benadering

Faalkansen van dijkvakken die groter zijn gestelde norm zijn versterkt tot het niveau van de norm. Dijkvakken met faalkansen kleinere dan de gestelde norm zijn niet 'verzwakt'. De aangepast faalkansen zijn ingevoerd in het MLV instrumentarium, waarmee nieuwe risicoberekeningen zijn gemaakt. Kostenschattingen van maatregelen 2A en 2B zijn afkomstig Waterschap Groot Salland. Kostenschattingen van 2C zijn gemaakt op basis van een lineaire extrapolatie.

### Maatregel 3A: dryproofen van riethandel en tuincentrum

Voor het schaderisico zijn de volgende aannamen gedaan:

- 0.5M€ schade \* 70% schadereductie = 0.35M€ restschade;
- T.o.v. totaalschade Zuiderzeepolder  $0,35/12 = 3\%$ ;
- De schadereductie (3%) is ingevoerd in het MLV instrumentarium.

Voor de kosten zijn de volgende aannamen gedaan:

- 1300 euro/m<sup>2</sup> bebouwd oppervlak (kostenkental dryproofen woning ECK);
- 12.500 m<sup>2</sup> dryproofen;
- kosten: 16.25 M€.

### 3B: ophogen bedrijven en stallen

- Directe schade aan boerderijen wordt voorkomen. Ook schade als gevolg van verdronken koeien wordt voorkomen. In ieder van de vier polders wordt de gereduceerde schade uitgedrukt als percentage van de totale schade in de polder.
- De reductiefactor wordt in het MLV-instrumentarium ingevoerd. Met behulp van de reductiefactor worden nieuwe risicoberekeningen gemaakt. De totale schadereductie bedraagt 21%.
- Het aantal op te hogen boerderijen bedraagt 45% van het totaal; d.w.z. ca. 70 van de 150 boerderijen.

- Kosten (ECK) voor ophogen bedragen 0.3 Meuro per 'woning' erf. Totale kosten: 20 Meuro.

### 3C: shelters vee

Voor het schaderisico zijn de volgende aannamen gedaan:

- Er zijn ongeveer 10.000 koeien op de Kampereilanden. Koeien worden verdeeld over de vier gebieden naar rato van aantal boerderijen (KE 105, MW 24, PP 9, ZP 18);
- Waarde van een koe: orde grootte 1000 euro;
- Voorbeeld: schadereductie Kampereiland =  $100/150 * 10.000 \text{ koeien} * 1000 \text{ eu/koe} = 6.3 \text{ Meuro}$ . Ten opzichte van de totale schade op KE:  $6.3/53.4 \text{ Meuro} * 100 = 12\%$ ;
- Percentage wordt als schade reductiefactor ingevoerd in MLV instrumentarium.

Voor de kosten zijn de volgende aannamen gedaan:

- Benodigde oppervlakte shelters:  $10000 \text{ koeien} * 10 \text{ m}^2 / \text{koe} = 10 \text{ ha}$ ;
- 10 ha 1 m ophogen: 100.000 m<sup>3</sup> ophogen;
- 11-15 euro / kuub = orde 1 tot 1.5 Meuro.

### 3D: ophogen 20% van de wegen ten behoeve van evacuatie

Voor het schaderisico zijn de volgende aannamen gedaan:

- schadereductie gelijk aan 3c (alle koeien gered).

Voor de kosten zijn de volgende aannamen gedaan:

- ECK: 2 meter landelijke weg ophogen, 550 euro / m;
- Lengte van wegen: KE 25 km; MW 10 km; DP 3 km; ZP 10 km; totaal 48 km;
- totale kosten 5 Meuro.

### 3E: bedrijven en wegen ophogen in verband met bedrijfscontinuïteit

Voor het schaderisico zijn de volgende aannamen gedaan:

- Maatregel 3B (directe schade voorkomen);
- Indirecte schade wordt ook nul;
- totale schadereductie 30-35%.

Voor de kosten zijn de volgende aannamen gedaan:

- ECK: 2 meter landelijke weg ophogen, 550 euro / m;
- KE 25 km; MW 10 km; DP 3 km; ZP 10 km; totaal 48 km;
- 25 Meuro + 5.7 (3B) = 30.7.

### 4A Crisiscommunicatie (waarschuwen)

Is huidige situatie; kosten 0 euro

### 4B Risicocommunicatie

- 20% schadereductie boerderijen (zie 3B);
- kosten: 20 keuro /jr.

### 4C planvorming ten behoeve van preventieve evacuatie vee

- Alle koeien gered (zie 3C);
- kosten: 20 keuro /jr

Bijlage F: Overstromingskansen van de Kampereilanden. De faalkansen per dijkvak kunnen ook worden uitgedrukt in een totale kans voor ieder van de vier dijkringen. Om een exacte schatting te kunnen maken is het nodig om een geavanceerde berekening uit te voeren met het programma PC-Ring. In dit onderzoek schatten we de overstromingskans van de vier gebieden met een meer eenvoudige benadering. In deze benadering bepalen we de onder- en bovengrens

van de overstromingskans. Voor de ondergrens (kleinste kans) gaan we ervan uit dat de dijkkring zo sterk is als de zwakste schakel; met andere woorden, het dijkvak met de grootste faalkans bepaalt de overstromingskans van de ring. Voor de bovengrens gaan we ervan uit dijkvakken onafhankelijk van elkaar kunnen bezwijken; de ringkans wordt dan bepaald door de soms van de kansen van alle dijkvakken.

Kampereiland	1/20 – 1/50	De Pieper	1/50 – 1/50
Mandjeswaard	1/10 – 1/50	Zuiderzeepolder	1/20 – 1/50

Tabel 38: *onder- en bovengrens van de overstromingskansen per gebied #dit is wat verwarrend omdat eerst wordt uitgegaan van ondergrens 1/50.*