stowa

TOEPASSING BASISVISIE AFWEGINGS-KADER MEERLAAGSE VEILIGHEID; EEN METHODE OM MEE TE WERKEN IN DE PRAKTIJK



RAPPORT 2012 23

TER INZAGE VERSIE

stowa

TER INZAGE VERSIE

TOEPASSING BASISVISIE AFWEGINGSKADER MEERLAAGSE VEILIGHEID; EEN METHODE OM MEE TE WERKEN IN DE PRAKTIJK

RAPPORT 2012 23

ISBN 978.90.5773.554.7

stowa@stowa.nl www.stowa.nl
TEL 033 460 32 00 FAX 033 460 32 01
Stationsplein 89 3818 LE Amersfoort
POSTBUS 2180 3800 CD AMERSFOORT

Publicaties van de STOWA kunt u bestellen op www.stowa.nl

COLOFON

UITGAVE Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer
Postbus 2180
3800 CD Amersfoort

AUTEURS B. Kolen, HKV lijn in Water
M. Zethof, HKV lijn in Water
B. Maaskant, HKV lijn in Water

PROJECTLEIDER
L. Wentholt, STOWA
R. Ruijtenberg, STOWA

BEGELEIDINGSCOMMISSIE
J. Aerts, IVM/VU; F. Alberts, RWS/Deltaprogramma Waterveiligheid; L. Barends, Hoogheemraadschap Schieland en Krimpenerwaard; J. de Bijl, Waterschap Aa en Maas/Den Bosch; J. van den Bos-Scholtes, Unie van Waterschappen; A. Elshof, Unie van Waterschappen; B. Gersonius, Unesco-IHE/MARE; E. van Hercules, RWS/Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden; P.J. Hofman, Provincie Zuid-Holland; R. Hoogendoorn, Deltares; C. Kamphuis, IPO; R. Koeze, Waternet; E. van der Meijden, Provincie Zuid-Holland; M. Nieuwjaar, Waternet/De Waterbestendige stad; N. Nurmohamed, Hoogheemraadschap van Delfland; E. Silver, Unie van Waterschappen; R. Ruijtenberg, STOWA; K. Vlak, Ministerie van I&M /Deltaprogramma's Veiligheid en Nieuwbouw & Herstructurering; M. van Vliet, IVM/VU; L. Wentholt, STOWA

DRUK Kruyt Grafisch Adviesbureau

STOWA STOWA 2012-23

ISBN 978.90.5773.554.7

COPYRIGHT De informatie uit dit rapport mag worden overgenomen, mits met bronvermelding. De in het rapport ontwikkelde, dan wel verzamelde kennis is om niet verkrijgbaar. De eventuele kosten die STOWA voor publicaties in rekening brengt, zijn uitsluitend kosten voor het vormgeven, vermenigvuldigen en verzenden.

DISCLAIMER Dit rapport is gebaseerd op de meest recente inzichten in het vakgebied. Desalniettemin moeten bij toepassing ervan de resultaten te allen tijde kritisch worden beschouwd. De auteurs en STOWA kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport.

TEN GELEIDE

Nederland ligt voor een groot gedeelte onder de zeespiegel. Voor de Nederlander en de Nederlandse waterbeheerder is dat een gewoon feit. Waterveiligheid is om die reden wel een van de belangrijkste aandachtsvelden in het waterbeheer. Het waterveiligheidsaspect werd tot voor kort alleen beschouwd vanuit preventie, hoe zorg ik dat er geen overstroming plaatsvindt, en calamiteitenbeheer: hoe zorg ik dat er zo min mogelijk slachtoffers vallen. De laatste jaren is er meer aandacht gekomen voor het ruimtelijk aspect. En is het mogelijk om mijn gebied zo in te richten dat als het fout gaat er minder schade is zowel in economische zin als wat betreft slachtoffers. Hiervoor is de term Meerlaagse Veiligheid (MLV) geïntroduceerd.

Meerlaagse Veiligheid is een term waar een-ieder wel een beeld bij heeft. Grote vraag is kunnen we een zowel vanuit de veiligheidshoek als vanuit de ruimtelijke hoek een zelfde beeld afspreken. Daarnaast is de grote uitdaging om dit beeld te concretiseren zodat er ook in de praktijk mee gewerkt kan worden. Deze rapportage geeft een uitwerking hoe Meerlaagse Veiligheid handen voeten kan krijgen. Meerlaagse Veiligheid wordt uitgewerkt aan de hand van drie gebieden; De Waterbestendige stad (Amsterdam), Mare (Dordrecht) en Den Bosch. Er wordt inzicht gegeven in welke lagen maatregelen genomen kunnen worden en wat de kosten en baten hiervan zijn.

STOWA heeft eind 2011 samen met een begeleidingsgroep bestaande uit vertegenwoordigers van waterschappen, provincies, Rijkswaterstaat en het Deltaprogramma een basisvisie voor een afwegingskader opgesteld. Hiermee kunnen verschillende strategieën met elkaar worden vergeleken. Door de consequenties van maatregelen voor verschillende criteria inzichtelijk te maken kunnen deze middels een Multi Criteria analyse input zijn voor besluitvorming. De kosteneffectiviteit van maatregelen wordt hierbij gewogen met de kosten binnen de andere lagen en met andere waarden. Hiermee kan er een beargumenteerde keuze worden gemaakt die de transparantie vergroot.

Ik ga er vanuit dat dit rapport een bijdrage levert aan het concretiseren van Meerlaagse Veiligheid in de praktijk en dat dat uiteindelijk op een uniform wijze zal plaatsvinden.

Directeur STOWA
J.M.J. LEENEN

SAMENVATTING

Over de wijze waarop meerlaagsveiligheid verder vorm te geven wordt breed gediscussieerd. Door de STOWA is een afwegingskader opgesteld voor het vergelijken van strategieën en maatregelen. Dit afwegingskader beschrijft een methode hoe de kosteneffectiviteit van maatregelen in de verschillende lagen vergeleken kan worden. Op basis hiervan kan een transparante en beargumenteerde keuze worden gemaakt.

Om de discussie over meerlaagsveiligheid te voeden en meer concreet te maken zijn er door de STOWA voorbeelden uitgewerkt voor verschillende maatregelen in alle lagen, en voor verschillende gebieden (Brabant, Dordrecht en Amsterdam). De reductie in risico en de kosteneffectiviteit is hierbij inzichtelijk gemaakt. Hierbij zijn er ook er ook verschillende risicomaten gehanteerd als een economisch optimum, een factor veiliger dan ten opzichte van de huidige situatie of een eis gerelateerd aan basisveiligheid of groepsrisico.

Op basis van de voorbeelden kan worden geconcludeerd dat maatregelen die de overstromingskans verlagen (laag 1), of goedkope maatregelen die de gevolgen verkleinen als rampenplannen (organisatorische tak van laag 3) kosteneffectief zijn. Fysieke ingrepen in de ruimtelijke sfeer (laag 2) en uitbreiding van wegencapaciteit, hulpverleningsmaterieel en hulpverleningscapaciteit (fysieke tak van laag 3) zijn minder of niet kosteneffectief. Keuzes hiervoor kunnen mogelijk wel gerechtvaardigd worden op basis van andere waarden, waarvoor men bereid is meer te investeren. De inzichten kunnen worden gebruikt om meer en minder kansrijke maatregelen of strategieën te onderscheiden binnen o.a. het Deltaprogramma.

ACHTERGROND

Het concept van meerlaagsveiligheid is in 2009 het Nationaal Waterplan geïntroduceerd. Binnen het concept van meerlaagsveiligheid is onderscheid gemaakt tussen drie lagen: preventie (laag 1), duurzame ruimtelijke inrichtingen (laag 2) en rampenbeheersing (laag 3). In het syntheserapport van meerlaagsveiligheid van RWS Waterdienst is op basis van de gebiedspilots geconcludeerd dat het verder vorm te geven in beleid en in de praktijk van meerlaagsveiligheid wenselijk is. Onduidelijk is echter nog in welke mate een bepaalde laag moet worden uitgewerkt. De uitwerking van meerlaagsveiligheid is direct gekoppeld aan overstromingsrisicobeheer. De Deltacommissaris (brief ‘Werk aan de Delta’ van 30 januari 2012) geeft aan dat de gebiedsgerichte risicobenadering (meerlaagsveiligheid) direct gekoppeld is aan overstromingsrisicobeheer. Kosteneffectiviteit is een belangrijke parameter, de aantoonbaarheid van het effect en de handhaafbaarheid zijn ook gestelde eisen aan strategieën.

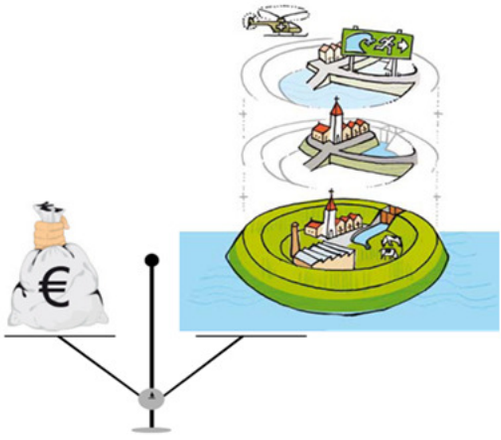
Bekend is dat niet iedere laag even (kosten)effectief is. Als alleen gekeken wordt naar de gevolgen (als in een gevarenkaart) dan is er geen inzicht in het nut en noodzaak van de investeringen om de gevolgen te beperken. Alleen door rekening te houden met de kans dat het gebeurt en daarmee het risico in kaart te brengen kan worden vergeleken of de veiligheid werkelijk toeneemt door de investering: voor meerlaagsveiligheid is een risicobenadering noodzakelijk. Door te kijken naar de totale kosten kunnen maatregelen of strategieën worden vergeleken.

De totale kosten zijn hierbij de kosten van de investering en van het risico dat resteert (contant gemaakt voor een zichtjaar). Hierbij wordt dus uitgegaan van maatschappelijke kosten, immers uiteindelijk zal de hele maatschappij de kosten moeten opbrengen door middel van belastingen of investeringen.

AFWEGINGSKADER MEERLAAGSVEILIGHEID (GEBIEDSGERICHTE RISICOBENADERING)

De essentie van het beslisprobleem is in alle gevallen in welke maatregelen te investeren. Hierbij is tegelijk duidelijk dat budgetten eindig zijn. Dat betekent dat maatregelen dan ook concurrerend kunnen zijn. Bij de uitgewerkte voorbeelden is er geen keuze gemaakt. De inzichten in risicoreductie, kosteneffectiviteit en investeringsruimte kunnen worden benut in de verdere discussie.

Door STOWA is eind 2011 samen met een begeleidingsgroep met vertegenwoordigers van waterschappen, provincies, Rijkswaterstaat en het deltaprogramma gestart en hebben gezamenlijk een basisvisie voor een afwegingskader opgesteld. Hiermee kunnen verschillende strategieën worden vergeleken met elkaar. Door de consequenties van maatregelen voor verschillende criteria inzichtelijk te maken kunnen deze middels een Multi Criteria analyse input zijn voor besluitvorming. De strategie met de gunstigste kosten-batenverhouding (de laagste totale kosten) vormt het Meest Waterveiligheidsvriendelijke alternatief (MWA). Van de andere strategieën worden de meerkosten ten opzicht van MWA in beeld gebracht. In de (maatschappelijke) afweging zal blijken of de voordelen opwegen deze extra kosten en welke partij de aanvullende kosten voor zijn rekening neemt. Hiermee kan er een beargumenteerde keuze worden gemaakt die de transparantie vergroot. In een maatschappelijke kosten-batenanalyse horen alle kosten en baten overigens integraal te worden meegenomen.



INZICHT IN VOORBEELDEN IS GEWENST

Om inzicht te krijgen in het criterium risicoreductie en kosteneffectiviteit heeft STOWA samen met het Waterschap Aa en Maas (dijkring 36), Waternet (regio Amsterdam) en de Gemeente Dordrecht (Dijkring 22) maatregelen uitgewerkt en deze op kosten gezet. Deze uitwerking is gedaan met gebruik van instrumenten van VNK2 zoals die ook aan de basis liggen van het in ontwikkeling zijnde meerlaagsveiligheid instrumentarium.

De overstromingsrisico's zijn bepaald door kans en gevolg te combineren. De overstromingskansen zijn bepaald conform WV21 per ringdeel. Onderscheid is gemaakt in een verwachte overstroming en een extreme overstroming. De gevolgen zijn bepaald met overstromingssimulaties. Schade en slachtoffers zijn vervolgens geschat met de schade en slachtoffermodule HIS-SSM. Hierbij is rekening gehouden met:

- De verwachte ontwikkeling (economische groei) tot het zichtjaar
- Een evacuatiefractie die aangeeft hoeveel mensen preventief zijn geëvacueerd

Deze veronderstellingen zijn dus al ingecalculeerd in de strategie en kunnen als normatief worden beschouwd.

Bij de uitwerking van de overstromingsrisico's is onderscheid gemaakt in:
- Verschillende risicomaten en ambities als probleemopgave
- Verschillende strategieën over de verschillende lagen

Voor Amsterdam is ook rekening gehouden met doorbraken vanuit het regionale watersysteem. Voor Amsterdam is ook bijgedragen aan een ruimtelijk ontwerpproces voor de Zaan IJ Oevers om inzicht te krijgen in de wijze hoe kennis over overstromingsrisico een rol kan spelen bij ruimtelijke inrichting.

Van veel maatregelen in laag 2 en 3 zijn de kostenkentallen (nog) niet bekend. Om strategieën, die zijn vormgegeven op basis van ambitieuze opgave per laag, desondanks toch te kunnen vergelijken is het begrip 'investeringsruimte' geïntroduceerd. De investeringsruimte geeft aan wat de kosten van de strategie mogen zijn waarbij deze nog kosteneffectief is. Deze ruimte wordt bepaald door het risico te vergelijken met de referentiesituatie en deze waarde contant te maken. Stel dat het risico daalt van 30 naar 20 miljoen euro per jaar, en uitgaande van een discontovoet van 4% en een oneindige periode is de investeringsruimte 200 Miljoen euro. Op basis van deze investeringsruimte kan worden nagegaan of deze strategie kansrijk is door de vraag te stellen of de organisatie en uitvoering van deze strategie haalbaar is binnen dit budget.
Het betreft een second-best-benadering, zoalang een volledige kosten-batenanalyse, door het ontbreken van kostenkentallen, niet mogelijk is.

RISICOMATEN EN AMBITIES

Er bestaat op dit moment geen, beleidsmatig verankerde, risicomaat of ambitie waaraan kan worden bepaald of een overstromingsrisico acceptabel is of niet. Een risicomaat beschrijft het criterium dat wordt gebruikt om het overstromingsrisico uit te drukken. De ambitie beschrijft hoe hoog de lat komt te liggen, hoe veilig willen we zijn.

De huidige systematiek van normstelling is gebaseerd op een risicobenadering ontwikkeld door de eerste Deltacommissie. De normen zijn destijds uitgedrukt in een risicomaat die de overschrijdingskans van de waterstand uitdrukt vanwege ontbreken van kennis en rekenkracht (die nu wel voorhanden zijn). In de MKBA van WV21 is enkel gekeken naar de maatregel dijkversterking en het bijbehorende economisch optimum. Als andere maatregelen worden meegenomen kan dit optimum veranderen. Ook als verder wordt gekeken dan de overstromingskans, bijvoorbeeld met een basisveiligheid, kan dit optimum veranderen.

Bij de uitwerking van de voorbeelden zijn de risicomaten en ambities onderscheiden als opgenomen in onderstaande tabel.

RISICOMATEN EN AMBITIES

Risicomaat	Ambitie
Verwachtingswaarde van de economische schade (met en zonder waarde mensenleven)	2, 5, 10 en 100 maal veiliger dan referentie
Verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers	2, 5, 10 en 100 maal veiliger dan referentie
Lokaal Individueel Risico (LIR)	Een overlijdenskans van 1/10.000 of 1/100.000 jaar
Groepsrisico	Hiervoor is geen ambitie bepaald, wel zijn de bijdrage aan het groepsrisico per dijkring bepaald

RESULTATEN VAN DE VOORBEELDEN

In deze paragraaf is op basis van enkele voorbeelden ingegaan op de resultaten. Figuur 1 presenteert de verwachtingswaarde van risico's, slachtoffers en investeringsruimte voor enkele strategieën voor de drie gebieden. In de figuur is zichtbaar hoe het risico daalt door de maatregelen.

Rampenbeheersing richt zich niet op schadereductie, de daling van het risico (de blauwe lijnen) komt door de daling van het aantal verwachte slachtoffers (de groene lijnen). Bij rampenbeheersing gaat het alleen om maatregelen die bijdragen aan beter benutten van bestaande middelen. Andere investeringen als in bredere wegen of meer hulpverleningsmiddelen blijken veel kostbaarder te zijn om eenzelfde effect op de evacuatiefractie te bereiken.

Bij risiconeutraal bouwen worden de waarde toename in het gebied door economische ontwikkeling en nieuwe ontwikkelingen volledig gecompenseerd door deze nieuwe ontwikkelingen. De verwachte schade in de toekomst blijft hiermee gelijk aan de huidige verwachte schade. Het verwachte aantal slachtoffers blijft gelijk tenzij zoals in Dordrecht er aanvullende shelters worden ontwikkeld (of bestaande gebouwen worden ingezet) als vluchtplek. De investeringsruimte geeft het budget aan dat vanuit waterveiligheid beschikbaar is als de maatregel kosteneffectief moet zijn. Om dit budget meer handzaam te maken kan het worden vertaald naar bijvoorbeeld kosten per huis. Hieruit blijkt dat veelal maximaal enkele duizenden euro's per huis beschikbaar zijn om deze opgave te realiseren middels herstructurering en anders bouwen.

Bij preventie is onderscheid gemaakt in het versterken van de gehele dijkring met een factor 10 en alleen enkele (zwakke) dijkringdelen. Van deze dijkversterkingen zijn de kosten veelal wel bekend of zijn er geaccepteerde kentallen. Hiermee kan de investeringsruimte worden ingevuld. Hieruit blijkt dat het versterken van enkele zwakke dijkvakken kosteneffectiever is dan het versterken van de gehele dijkring. Immers de zwakke plekken worden aangepakt. Voor Amsterdam komt de versterking van de Lekdijk (deze is buiten het eigenlijk beschouwde gebied gelegen) eruit als zeer kosteneffectieve maatregel. Het verder versterken van deze dijk dan is voorzien op basis van de huidige regelgeving is vele maken effectiever dan het versterken van de C keringen (wat op basis van de huidige regelgeving wel is voorzien). Dit geeft aan dat het kijken op een hoger schaal niveau dan het eigen gebied een must is om de kosteneffectiviteit te bepalen.

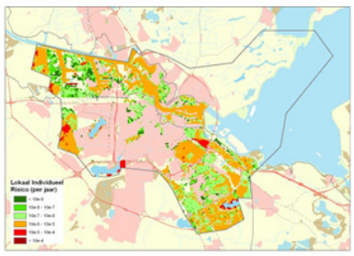
Voor de verschillende maatregelen kan ook worden bepaald in welke mate deze voldoen aan een eis voor basisveiligheid (als een LIR). Voor Brabant geldt dat in de referentiesituatie al wordt voldaan een LIR van 1/10.000 per jaar. Een LIR 1/100.000 per jaar wordt alleen gehaald als de waterkeringen in de gehele dijkring een factor 10 sterk worden of meer (dit geldt voor zowel een deltadijk als normale dijkversterking). Geen van de onderzochte strategieën in de ruimtelijke sfeer of de rampenbeheersing verkleinen het LIR tot 1/100.000 per jaar tenzij alle slachtoffers worden voorkomen.

Voor Dordrecht geldt eenzelfde beeld, in de huidige situatie wordt al voldaan aan een LIR van 1/10.000 per jaar over de gehele dijkring. 65% van het gebied voldoet ook al aan een LIR van 1/100.000 per jaar. Alleen door waterkeringen minimaal een factor 10 te versterken over de gehele dijkring leidt tot een LIR van 1/100.000 per jaar. Met de maatregelen in laag 2 en 3 wordt deze waarde niet gehaald. Als wordt ingezoomd blijkt dat wel een groter areaal aan deze norm voldoet, maar dat sommige gebieden dat niet doen. Zo voldoen de strategie

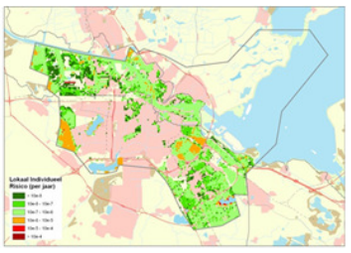
'Verhogen en versterken van vitale infrastructuur & bereikbaarheid shelters' en 'Verdere professionalisering organisatie rampenbeheersing (overheid) en zelfredzaamheid (burger)' 5% van het gebied niet aan deze eis. Verdere professionalisering van de organisatie rampenbeheersing (overheid) en zelfredzaamheid (burger) bewerkstelligd dat het areaal naar 95% gaat.

Voor de regio Amsterdam geldt dat deze, met medenemen van zowel het primaire als het regionale watersysteem, in de referentie al niet voldoen aan een LIR van 1/10.000 per jaar (dit kan overigens verband houden met de bij de studie gehanteerde uitgangspunten). Deze eis wordt enkel gehaald als waterkeringen over de gehele dijkring minimaal een factor 5 sterker worden of door verbetering in de organisatie van rampenbeheersing.

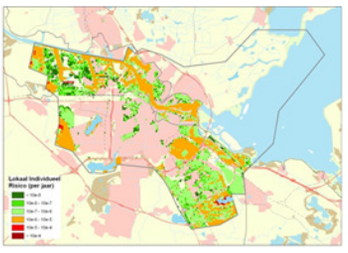
LIR IN AMSTERDAM



Referentie



Professionalisering burger en organisatie rampenbeheersing

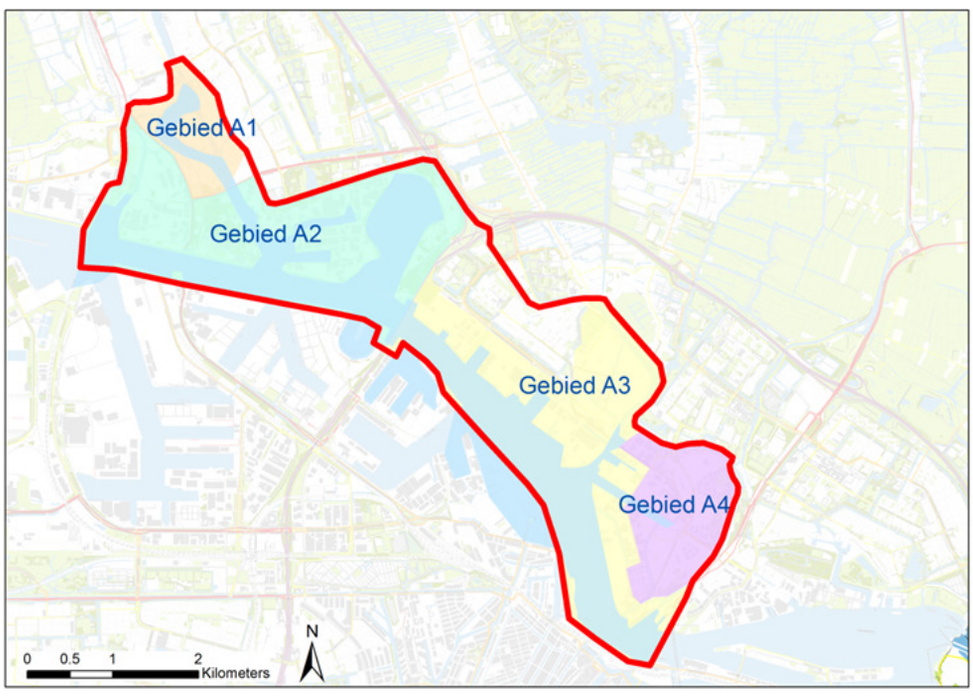


5 maal sterkere waterkeringen

ONTWERPATELIER ZAAN IJ OEVERS

In het gebied Zaan IJ Oevers, onderdeel van de regio Amsterdam is een herstructurering gaande. Tijdens het ontwerpproces is rekening gehouden met overstromingsrisico's. Onderscheid is gemaakt in vier gebieden waarin het effect van adaptief bouwen is onderzocht op overstromingsrisico's, ook is gekeken naar de aanleg van keringen tussen de gebieden A1 en A2 en A3 en A4.

ZAAN IJ OEVERS EN DEELGEBIEDEN



Door tussentijds inzichten in risico's en kosten en baten verhoudingen te benutten kunnen keuzes breder worden onderbouwd. Gebleken is uit de discussies tussen water en ontwerpers en uit het werkatelier dat zonder vastgestelde probleemopgave overstromingsrisico een onderhandelbaar element is (en geen eis). Ook is het lastig om een ontwerppeil vast te stellen. Het is wenselijk inzicht te hebben in de terugkeertijd van verschillende onderstromingsdieptes zodat een keuze kan worden onderbouwd. Als ingezoomd wordt op zeer lokale situaties kan het noodzakelijk zijn om ook overstromingssimulaties te detailleren. Ook is gebleken dat het overstromingsrisico ook sterk beïnvloedt kan worden door maatregelen buiten het ontwerpgebied, met als voorbeeld de Lekdijk.

ORGANISATIEVORMEN

Het afwegingskader beschrijft niet de wijze waarop meerlaagsveiligheid kan worden georganiseerd. Als bekend is in welke mate regels of kaders worden gemaakt kan dat worden verankerd in organisaties en wetten of beleidskaders. In het afwegingskader zijn al wel denkbare hoekpunten benoemd:

- Overall risico over alle lagen
- Regels per laag (zoals ook geadviseerd door de Adviescommissie Water)
- Eis voor preventie met een uitwisselmogelijkheid bij uitzonderingen (gelijkwaardigheidsbeginsel met verantwoordingsplicht voor beheerder).
- Geen veranderingen.

De uitwerking van deze hoekpunten stelt ook eisen aan de organisaties en capaciteiten hiervan. Ook kunnen nieuwe risico's worden geïntroduceerd omdat budgetten voor veiligheid meer onderdeel worden van het politieke (op korte termijn gericht) proces. Een nadere uitwerking van mogelijke consequenties is een gewenst inzicht om mee te nemen om de keuzes te onderbouwen voor de wijze voor de uitwerking van meerlaagsveiligheid.

CONCLUSIES

De uitwerking van de risicoreductie en kosteneffectiviteit (en investeringsruimte) geeft inzichten in de meer en minder kansrijke maatregelen. Alle strategieën leiden tot een reductie van de gevolgen. Op basis van een risicobenadering en hieruit afgeleide investeringsruimte kan worden verkend of de maatregel voor dit budget uitvoerbaar is. Ook kunnen de andere waarden in kaart worden gebracht. De strategie met de gunstigste kosten-batenverhouding (de laagste totale kosten) vormt het Meest Waterveiligheidsvriendelijke alternatief (MWA). Van de andere strategieën worden de meerkosten ten opzicht van MWA in beeld gebracht. In de (maatschappelijke) afweging zal blijken of de voordelen van de andere waarden opwegen deze extra kosten en welke partij de aanvullende kosten voor zijn rekening neemt. Hiermee is er een basis voor besluitvorming over risicomaten en ambities, en voor selecteren van mogelijke kansrijke strategieën en maatregelen. Het afwegingskader is hiervoor een geschikt mechanisme gebleken. In een maatschappelijke kosten-batenanalyse horen alle kosten en baten overigens integraal te worden meegenomen.

Alhoewel kosten en baten niet doorslaggevend zijn kan op basis van de voorbeelden -voor de Nederlandse context van dijkringen - al wel worden geconcludeerd dat maatregelen die de overstromingskans verlagen (laag 1; preventie) veelal het meest kosteneffectief zijn. Investeringen in 'organisatorische maatregelen' gericht op slachtofferreductie kunnen ook kosteneffectief zijn, vooral omdat de kosten van investeringen gering zijn. Investeringen in fysieke infrastructuur (laag 2: ruimtelijke ordening) gebouwen, wegen, voertuigen etc.) en extra mensen (laag 3; calamiteiten) (hulpverleners, planners) om de gevolgen in geval van een overstroming te beperken lijken op basis van de uitgewerkte voorbeelden nauwelijks of niet kosteneffectief, alhoewel ze de gevolgen wel reduceren.

Door het beschouwen van combinaties van maatregelen blijkt dat sommige combinaties (als het versterken van de Lekdijk in combinatie met gevolgbeperking) niet zinvol zijn: maatregelen zijn uitwisselbaar. Het versterken van de Lekdijk maakte in dit geval de rest van de maatregelen overbodig. Als overstromingsrisico's een facet worden van ruimtelijke ontwikkelingen is een heldere probleemopgave gekoppeld aan een acceptabel risico wenselijk. Ook is een regionale (of nationale) gebiedsvisie noodzakelijk omdat ruimtelijke ontwikkelingen veel kleinschaliger zijn en vaker voorkomen dat investeringen in waterkeringen.

LIJST VAN TABELLEN

Tabel 1: Gehanteerde risicomaten en ambities 16
Tabel 2: Indeling van type maatregelen 18
Tabel 3: Overzicht maatregelen laag 1 dijkring 36 20
Tabel 4: Overzicht maatregelen laag 2 dijkring 36 20
Tabel 5: Overzicht maatregelen laag 3 dijkring 36 20
Tabel 6: Overzicht maatregelen laag 1 dijkring 22 22
Tabel 7: Overzicht maatregelen laag 2 dijkring 22 22
Tabel 8: Overzicht maatregelen laag 3 dijkring 22 23
Tabel 9: Overzicht globale maatregelen voor laag 1 regio Amsterdam 24
Tabel 10: Overzicht globale maatregelen laag 2 regio Amsterdam 25
Tabel 11: Overzicht globale maatregelen laag 3regio Amsterdam 25
Tabel 12: Mate waarin een strategie voldoet aan een eis van een LIR van 10^{-5} of 10^{-6} voor dijkring 36 31
Tabel 13: Mate waarin een strategie voldoet aan een eis van een LIR van 10^{-5} of 10^{-6} voor dijkring 22 31
Tabel 14: Mate waarin een strategie voldoet aan een eis van een LIR van 10^{-5} of 10^{-6} voor regio Amsterdam 32
Tabel 15: Overzicht jaarlijks verwachte schade en slachtoffer (risico), investeringsruimte en de kosten voor Amsterdam 35
Tabel 16: Overzicht jaarlijks verwachte schade en slachtoffer (risico), investeringsruimte en de kosten voor Brabantse Maas 35
Tabel 17: Risico bij investeringen in Deltadijk 37
Tabel 18: Bijdrage slachtofferreductie aan risico 39
Tabel 19: Overzicht jaarlijks verwachte aantal slachtoffer per jaar voor Brabantse Maas bij verschillende investeringsstrategieën voor waterkeringen 40
Tabel 20: Percentage van het gebied dat voldoet aan bepaalde waarde LIR 40
Tabel 21: Kans per jaar op groep slachtoffers van 10, 100 en 1.000 stuks 42
Tabel 22: Effect op groepsrisico bij dijkversterking of deltadijk 43
Tabel 23: Risico's en investeringsruimte bij strategieën voor Zaan IJ oevers zonder versterking Lekdijk 46
Tabel 24: Risico's en investeringsruimte bij strategieën voor Zaan IJ oevers met versterking Lekdijk 47
Tabel 25: Argumenten voor verschillende criteria in afwegingskader MLV 53

LIJST VAN FIGUREN

Verwachte risico, slachtoffers en investeringsruimte VII
LIR in Amsterdam VIII
Zaan IJ Oevers en deelgebieden IX
Figuur 1: Meerlaagsveiligheid 5
Figuur 2: Verschillen in doorbraken van primaire en regionale waterkeringen 6
Figuur 3: Planning deltaprogramma (bron brief van de Deltacommissaris van 30 januari 2012 'Werk aan de Delta; op weg naar een Deltaplan Waterveiligheid') 7
Figuur 4: Afwegen van belangen 8
Figuur 5: Verschil ontwerppeil en toetspeil voor dijkring 36 (Heuvel et al 2011) 13
Figuur 6: Voorbeeld van een LIR kaart en het wel of niet voldoen aan de ambitie (Heuvel et al 2011) 16
Figuur 7: Dijkring 36 19
Figuur 8: Dordrecht 21
Figuur 9: Regio Amsterdam 23
Figuur 10: Maatregelen Zaan IJ oevers 26
Figuur 11: Samenvatting resultaten voor dijkring 36 voor risico, aantallen slachtoffers en investeringsruimte per strategie 28
Figuur 12: Samenvatting resultaten voor dijkring 22 (Dordrecht) voor risico, aantallen slachtoffers en investeringsruimte per strategie 28
Figuur 13: Samenvatting resultaten voor Amsterdam voor risico, aantallen slachtoffers en investeringsruimte per strategie 29
Figuur 14: Gevolgen van overslag bij een deltadijk (Heuvel et al 2011) 37
Figuur 15: LIR bij referentie en dijkversterking voor 10x sterker (links bij investering in alle primaire keringen en rechts bij investeringen alleen in de Lekdijk). 41
Figuur 16: LIR bij referentie en bij nieuwe shelters (Linksboven: Ref, Rechtsboven: variant A, Linksonder: variant B). 43
Figuur 17: Huidig grondgebruik in Zaan IJ oevers uit HIS-SSM 45
Figuur 18: Schadefuncties 48
Figuur 19: Effect van ophogen en afgraven (middenbouwwoningen zijn hierbij de referentie waarop de wijzigingen zijn aangebracht). 48
Figuur 20: Overstromingsgevoeligheid (links) binnen Zaan IJ oevers en Bandbreedte (rechts) overstromingsdiepte binnen Zaan IJ oevers gegeven dat het gebied overstroomt op basis van beschikbare scenario's 49
Figuur 21: Minimale (links) en maximale (rechts) overstromingsdiepte binnen Zaan IJ oevers gegeven dat het gebied overstroomt op basis van beschikbare scenario's. 49
Figuur 22: Overschrijdingsfrequentie van waterdiepte voor enkele representatieve locaties (let op, de bovengrens van de waterstand wordt in deze figuur gedomineerd door de meegenomen scenario's en ontbreken van andere extremen). 50

DE STOWA IN HET KORT

De Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, kortweg STOWA, is het onderzoeksplatform van Nederlandse waterbeheerders. Deelnemers zijn alle beheerders van grondwater en oppervlaktewater in landelijk en stedelijk gebied, beheerders van installaties voor de zuivering van huishoudelijk afvalwater en beheerders van waterkeringen. Dat zijn alle waterschappen, hoogheemraadschappen en zuiveringsschappen en de provincies.

De waterbeheerders gebruiken de STOWA voor het realiseren van toegepast technisch, natuurwetenschappelijk, bestuurlijk juridisch en sociaal-wetenschappelijk onderzoek dat voor hen van gemeenschappelijk belang is. Onderzoeksprogramma's komen tot stand op basis van inventarisaties van de behoefte bij de deelnemers. Onderzoekssuggesties van derden, zoals kennisinstituten en adviesbureaus, zijn van harte welkom. Deze suggesties toetst de STOWA aan de behoeften van de deelnemers.

De STOWA verricht zelf geen onderzoek, maar laat dit uitvoeren door gespecialiseerde instanties. De onderzoeken worden begeleid door begeleidingscommissies. Deze zijn samengesteld uit medewerkers van de deelnemers, zonodig aangevuld met andere deskundigen.

Het geld voor onderzoek, ontwikkeling, informatie en diensten brengen de deelnemers samen bijeen. Momenteel bedraagt het jaarlijkse budget zo'n 6,5 miljoen euro.

U kunt de STOWA bereiken op telefoonnummer: 033 - 460 32 00.
Ons adres luidt: STOWA, Postbus 2180, 3800 CD Amersfoort.
Email: stowa@stowa.nl.

Website: www.stowa.nl

TOEPASSING BASISVISIE AFWEGINGSKADER MEERLAAGSE VEILIGHEID; EEN METHODE OM MEE TE WERKEN IN DE PRAKTIJK

INHOUD

TEN GELEIDE
SAMENVATTING
LIJST VAN TABELLEN
LIJST VAN FIGUREN
STOWA IN HET KORT

1 INLEIDING 1
1.1 Aanleiding 1
1.2 Doelstellingen 2
1.3 Doelgroep 3
1.4 Context met betrekking tot beleid en instrumenten 3
1.5 Leeswijzer 4

2 MEERLAAGSVEILIGHEID 5

3 TOEPASSING AFWEGINGSKADER EN RELATIE DELTAPROGRAMMA 7
3.1 Uitwerking in Deltaprogramma 7
3.2 Afwegingskader meerlaagsveiligheid 7

4 AANPAK BEPALING RISICO EN KOSTEN 10
4.1 Methode en uitgangspunten 10
4.2 Gebruikte kentallen voor risico- en kostenbepaling 12

5 RISICOMATEN EN AMBITIES 14
5.1 Inleiding 14
5.2 Risicomaten 14
5.3 Ambities 15

6 GEBIEDEN EN STRATEGIEËN 17
6.1 Inleiding 17
6.2 Brabantse Maas, dijkring 36 18
6.2.1 Introductie gebied 18
6.2.2 Strategieën in laag 1: Preventie 20
6.2.3 Strategieën in laag 2: Ruimtelijke ontwikkeling 20
6.2.4 Strategieën in laag 3: Rampenbeheersing 20

6.3 Dordrecht, dijkring 22 21
6.3.1 Introductie gebied 21
6.3.2 Strategieën in laag 1: Preventie 22
6.3.3 Strategieën in laag 2: Ruimtelijke ontwikkeling 22
6.4 Waterbestendige Stad Amsterdam 23
6.4.1 Introductie gebied 23
6.4.2 Strategieën in laag 1: Preventie 24
6.4.3 Strategieën in laag 2: Ruimtelijke ontwikkeling 25
6.4.4 Strategieën in laag 3: Rampenbeheersing 25
6.4.5 Ontwerpatelier Zaan IJ oevers 25

7 EFFECTEN VAN STRATEGIEËN NADER VERKLAARD 27
7.1 Samenvatting van resultaten strategieën 27
7.1.1 Verwachtingswaarden van risico, slachtoffers en investeringsruimtes 27
7.1.2 Basisveiligheid: Eisen aan een lokaal individueel risico 30
7.2 Verwachtingswaarde economische schade 33
7.2.1 Laag 1: Voorbeeld aan de hand van dijkversterking over de gehele dijkring of maatwerk 33
7.2.2 Laag 1: Voorbeeld van maatwerk met Deltadijk 36
7.2.3 Laag 2: Voorbeeld voor verhogen en versterken vitale infrastructuur gericht op schadereductie 38
7.3 Verwachtingswaarde aantallen slachtoffers en investeringsruimte op basis van economische waarde 38
7.3.1 Laag 3: Voorbeeld voor verbeteren organisatie rampenbeheersing 38
7.3.2 Laag 1: Voorbeeld van gerichte dijkversterking binnen een dijkring 39
7.4 Risicomaat Lokaal individueel risico 40
7.4.1 Laag 2 en laag 3: Voorbeeld verhogen en versterken vitale infrastructuur & bereikbaarheid shelters 40
7.4.2 Laag 1: Voorbeeld dijkversterking gekoppeld aan de LIR 41
7.5 Risicomaat groepsrisico 42
7.5.1 Laag 2 en 3: Voorbeeld rampenbeheersing en inrichting shelters 42
7.5.2 Laag 1 en 3: Voorbeeld deltadijk of dijkversterking versus rampenbeheersing 43
7.6 Combinaties van maatregelen 44
7.7 Uitwerking ontwerpatelier 44
7.7.1 Meerwaarde van toepassing 44
7.7.2 Effecten op risico's en investeringsruimtes 45
7.7.3 Ophogen 47
7.7.4 Verdieping: overstromingsgevoeligheid en overschrijdingsfrequenties van waterdiepten in het gebied 49
7.8 Bijdrage aan overstromingsrisico van het primaire en het regionale watersysteem 50

8 AFWEGING KOSTEN VERSUS ANDERE WAARDEN 52

9 CONCLUSIES EN HOE VERDER 54

10 REFERENTIES 58

BIJLAGEN 59
A RESULTATEN DIJKRING 36, AA EN MAAS 61
B RESULTATEN DIJKRING 22, DORDRECHT 73
C RESULTATEN REGIO AMSTERDAM 85
D UITGANGSPUNTEN RISICOBEPALING 101

1

INLEIDING

1.1 AANLEIDING

Het kabinet heeft het concept van meerlaagsveiligheid in 2009 het Nationaal Waterplan (VenW, 2009) geïntroduceerd voor een duurzaam waterveiligheidsbeleid. De staatssecretaris geeft in de brief van 30 november 2011 (Atsma, 2011) aan als reactie op het syntheserapport Meerlaagsveiligheid (en andere stukken als de Maatschappelijke Kosten Baten Analyse en de Slachtoffer Analyses) aan dat 'deze meerlaagsveiligheid benadering is voor het kabinet de centrale benadering conform het Nationaal Waterplan'. Ook de raden van de leefomgeving (het rapport Tijd voor Waterveiligheid (2011)) en de Adviescommissie Water (2012) benadrukken het belang van meerlaagsveiligheid en adviseren die verder uit te werken.

Binnen het concept van meerlaagsveiligheid is onderscheid gemaakt tussen drie lagen: preventie, duurzame ruimtelijke inrichtingen en rampenbeheersing. In 2010 en 2011 zijn hiervoor enkele gebiedspilots uitgevoerd die in 2011 hebben geleid tot een syntheserapport (Venema et al 2011). Hierin is geconcludeerd dat er de wens is om meerlaagsveiligheid verder vorm te geven in beleid en in de praktijk. Onderkend is dat niet iedere laag even effectief is, dat gebiedskarakteristieken sterk van invloed zijn en een goede samenwerking tussen betrokkenen is vereist. Ook blijkt dat door middel van maatwerk de veiligheid kan worden vergroot. Centraal staat hierbij het acceptabel risico, wat overigens nog niet is vastgesteld. Ook staat de vraag nog centraal in welke mate te investeren in verschillende lagen.

De uitwerking van meerlaagsveiligheid is direct gekoppeld aan overstromingsrisicobeheer. In de brief van de Deltacommissaris van 30 januari 2012 'Werk aan de Delta; op weg naar een Deltaplan Waterveiligheid' is de gebiedsgerichte risicobenadering (meerlaagsveiligheid) direct gekoppeld aan overstromingsrisicobeheer. In overeenstemming met de Deltawet wordt gesteld dat het voorstel voor de deltabeslissingen in ieder geval in een concrete programmering van maatregelen en voorzieningen in een integraal waterveiligheidsprogramma bestaat. Dit wordt inmiddels het Deltaplan Waterveiligheid genoemd. In de huidige praktijk wordt onderscheid gemaakt tussen twee benaderingen die worden uitgewerkt (zie de 'Handreiking uitwerking veiligheids- en nieuwbouw & herstructureringsopgave in gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma' (DPNH 2012)):

- Wat is de optimale mix van maatregelen in alle lagen. Dit wordt in de brief van 30 november 2011 (Atsma 2011) vooralsnog gekoppeld aan de gebieden Rijnmond-Drechtsteden, het Rivierengebied en Almere. Inhoudelijk is er geen belemmering voor toepassing in andere gebieden, beleidsmatig is dat echter nog niet benoemd.
- Wat zijn kosteneffectieve maatregelen om de gevolgen te verkleinen uitgaande van een systeem waarin de preventie aan de gestelde eisen voldoet.

Op basis van dit acceptabele risico kunnen de effecten van maatregelen worden vergeleken. Door middel van investeringen in waterveiligheid kan het risico worden gereduceerd waardoor de totale kosten (als de som van de investeringen en het risico) dalen.

Een belangrijk aspect hierbij is de kosteneffectiviteit wat zowel door de Staatssecretaris als door het Deltaprogramma wordt benadrukt. In een gebiedsgerichte benadering, zoals meerlaagsveiligheid, hebben ingrepen echter ook een impact op de omgeving. Door een goede inpassing kunnen extra waarden worden gecreëerd, of kunnen investeringen worden uitgespaard door investeringen te koppelen aan andere ontwikkelingen. Hierdoor kunnen extra waarden worden gecreëerd die ook van belang zijn voor de bestuurlijke afweging om al dan niet, en in welke mate, te investeren in bepaalde lagen. De Staatssecretaris (Atsma 2011) stelt: 'Op deze manier wordt de komende jaren duidelijk wat de veiligheidsopgave concreet betekend in termen van kosten, ruimte, draagvlak, haalbaarheid en betaalbaarheid. Uitgangspunten hierbij zijn het voorkomen van afwenteling (zowel naar andere partijen, volgende generaties als andere schaalniveaus) en het bereiken van een maximale kosteneffectiviteit van de maatregelen'.

Een extra aspect is de aantoonbaarheid van de risicoreductie en de handhaafbaarheid van verschillende maatregelen in kader van meerlaagsveiligheid. Zo kan er zelfs een 'inwisselbesluit' worden genomen. In de 'Handreiking uitwerking veiligheids- en nieuwbouw & herstructureringsopgave in gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma' wordt gesteld (DPNH 2012): 'Als blijkt dat maatregelen in de ruimtelijke inrichting en rampenbeheersing aantoonbaar en handhaafbaar de gevolgen van overstromingen kunnen beperken, dan kunnen preventieve maatregelen mogelijk worden beperkt of (na politiek besluit) achterwege blijven.'

De essentie van het beslisprobleem is terug te voeren op het selecteren van maatregelen in verschillende lagen die positief bijdragen aan de waterveiligheid en mogelijke andere doelstellingen. Hiervoor is door STOWA een afwegingskader opgesteld in 2011 (Kolen en Kok 2011). Aan de hand van dit afwegingskader zijn enkele voorbeelden uitgewerkt die zijn toegelicht in deze rapportage. Bij deze voorbeelden is het aspect kosten (investering en risico) uitgewerkt en is gekeken naar kosteneffectiviteit. Deze informatie biedt de basis voor het maken van een bredere afweging, verdere uitwerking en het vergelijken met andere waarden.

1.2 DOELSTELLINGEN

Deze rapportage is onderdeel van de uitwerking van meerlaagsveiligheid door de STOWA namens, voor en met de waterschappen. Hiervoor is al een basisvisie, of afwegingskader, opgesteld. In deze rapportage is verder invulling gegeven aan de uitwerking van meerlaagsveiligheid aan de hand van verschillende strategieën. Hiermee wordt bijgedragen aan de eenduidigheid van begrippen en inzicht verkregen in de effecten van maatregelen in relatie tot risico en kosten. De doelstelling van deze rapportage kan worden samengevat als:

Het uitwerken van verkennende strategieën voor meerlaagsveiligheid op basis van globale kentallen waarin de risicoreductie, kosteneffectiviteit en investeringsruimte is bepaald als basis voor een bredere afweging met andere waarden die gecreëerd worden door de strategieën. Op basis van ambities met betrekking tot het acceptabele risico en de inzichten in de kosteneffectiviteit op het gebied van waterveiligheid en andere waarden kunnen zo keuzes worden uitgewerkt voor de verdere invulling van meerlaagsveiligheid.

Deze uitwerking dient dan ook als basis voor:

- Het maken van een vergelijking met andere gecreëerde waarden op basis van het opgestelde afwegingskader.
- Het verder vormgeven van strategieën en bepalen van de haalbaarheid hiervan (kosten, haalbaarheid, handhaafbaarheid).
- Het verder uitwerken van meerlaagsveiligheid binnen de Deltaprogramma's.

1.3 DOELGROEP

De doelgroep voor deze rapportage betreft beleidsmakers en experts bij waterschappen, het deltaprogramma, rampenbeheerders en ruimtelijke planners of ontwerpers betrokken bij de uitwerking van meerlaagsveiligheid.

1.4 CONTEXT MET BETREKKING TOT BELEID EN INSTRUMENTEN

De werkzaamheden zijn uitgevoerd binnen de context van de volgende documenten en beleidslijnen:

- Afwegingskader STOWA voor meerlaagsveiligheid (Kolen en Kok 2011). Dit afwegingskader beschrijft hoe verschillende alternatieven kunnen worden opgesteld. Het beschrijft ook hoe deze kunnen worden vergeleken met aandacht voor kosteneffectiviteit en andere belangen.
- Brief 'Werk aan de Delta; op weg naar een Deltaplan Waterveiligheid' van de Deltacommissaris van 30 januari 2012 aan Voorzitters en leden stuurgroepen gebiedsgerichte deelprogramma's; voorzitters UvW en VNG-commissie Water en portefeuillehouder water IPO.
- Brief 'Deltaprogramma' van de Staatssecretaris 29 november 2011 aan de Tweede Kamer (Atsma 2011).
- Handreiking uitwerking veiligheids- en nieuwbouw & herstructureringsopgave in gebiedsgerichte deelprogramma's van het Deltaprogramma van 30 januari 2012 (DPNH 2012).
- Ontwikkeling instrumentarium meerlaagsveiligheid. De globale analyses zijn uitgevoerd met behulp van de 'risicotool' zoals die is ontwikkeld in VNK2 en ook de kern vormt van het instrumentarium van meerlaagsveiligheid zoals dat nu wordt ontwikkeld door Deltares en HKV in opdracht van RWS Waterdienst (Deltares en HKV 2012).
- De gebiedspilots ´Waterbestendige Stad Amsterdam´ (DHV et al 2011), ´Dordrecht (Dijkring 22)' (van Herk et al 2011) en 'Brabantse Maas (Dijkring 36)' (Heuvel et al 2011).

1.5 LEESWIJZER

Dit rapport is als volgt opgebouwd:

Hoofdstuk 1	Dit hoofdstuk beschrijft de inleiding, doelstelling en doelgroep.
Hoofdstuk 2	Hierin wordt kort ingegaan op meerlaagsveiligheid als een introductie voor de verdere uitwerking zoals gedaan in dit rapport.
Hoofdstuk 3	Hierin wordt de afwegingssystematiek beschreven de rol van kosteneffectiviteit.
Hoofdstuk 4	In dit hoofdstuk is beschreven op welke wijze de risico's worden bepaald.
Hoofdstuk 5	De risico's kunnen worden uitgedrukt in verschillende maten, deze zijn in dit hoofdstuk geïntroduceerd. Ook zijn verschillende ambities benoemd voor de uitwerking van deze risico's.
Hoofdstuk 6	In dit hoofdstuk zijn de beschouwde gebieden geïntroduceerd, ook zijn de verschillende strategieën per laag beschreven.
Hoofdstuk 7	In dit hoofdstuk zijn de resultaten nader verklaard. Voor enkele voorbeelden is ingegaan op de uitkomsten zoals deze zijn opgenomen in de bijlagen. In het begin van dit hoofdstuk is een globale beoordeling van de strategieën opgenomen.
Hoofdstuk 8	In dit hoofdstuk is beschreven op welke aspecten kosteneffectiviteit vergeleken kan worden met andere criteria als basis voor het maken van keuzes over de verdere invulling van meerlaagsveiligheid.
Hoofdstuk 9	In dit hoofdstuk zijn de conclusies en aanbevelingen opgenomen. Hierbij ligt de focus op de toepassing afwegingssystematiek en de kosteneffectiviteit. Er zijn geen conclusies opgenomen over keuzes binnen een regio omdat die aan de regio's zelf zijn.
Hoofdstuk 10	Deze bevat de referenties.
Bijlage A	Deze bevat de resultaten voor dijkring 36.
Bijlage B	Deze bevat de resultaten voor dijkring 22.
Bijlage C	Deze bevat de resultaten voor de regio Amsterdam.
Bijlage D	Deze bevat de uitgangspunten voor de risicobepaling.

2

MEERLAAGSVEILIGHEID

Een samenleving is veilig als dreiging op gevaar ontbreekt. Door de ligging van Nederland zal de dreiging van een overstroming nooit kunnen worden weggenomen. Dat betekent dat er een risico is op overstromingen waarmee de overheid en de samenleving om zal moeten gaan. Het kabinet heeft het concept van meerlaagsveiligheid (Figuur 1) in 2008 het Nationaal Waterplan (VenW 2009) geïntroduceerd voor een duurzaam waterveiligheidsbeleid. Er is onderscheid gemaakt in drie lagen:

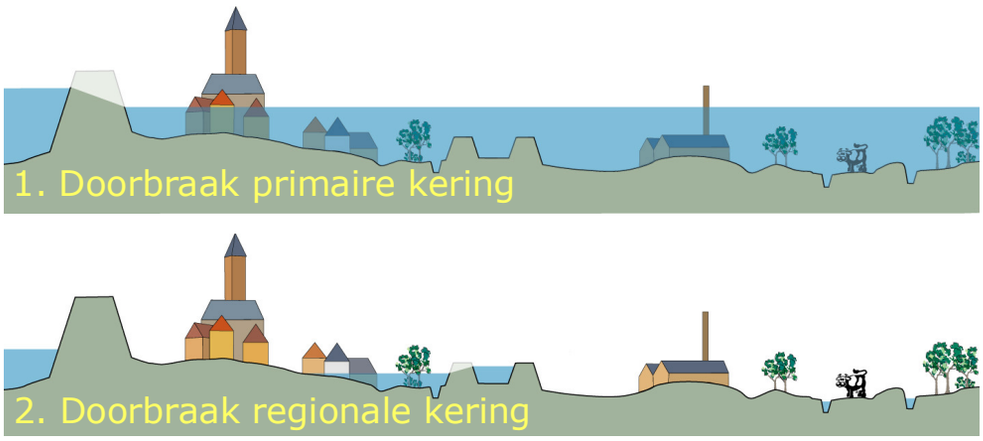
1 Preventie: het voorkómen van een overstroming. In het nationaal waterplan wordt hierbij kosten baten analyse en een slachtofferanalyse (basisveiligheid) genoemd als basis voor de uitwerking van de nieuwe normen in termen van overstromingskansen.
2 Duurzame ruimtelijke inrichting: ruimte anders benutten en anders inrichten. Voor een duurzame inrichting van de ruimte ontwikkelen de provincies, waterschappen en rijk gezamenlijk een zonering voor overstromingsrisico's, die in 2012 wordt uitgewerkt op kaarten.
3 Rampenbeheersing: betere organisatorische voorbereiding op een mogelijke overstroming. Het rijk stimuleert waterbeheerders en veiligheidsregio's om, in aanvulling op wat ze wettelijk verplicht zijn, in samenwerkingsovereenkomsten vast te leggen welke rol waterbeheerders vervullen bij rampenbeheersing tijdens een (dreigende) overstromingsramp.

FIGUUR 1 **MEERLAAGSVEILIGHEID**



In deze rapportage wordt zowel gekeken naar het verkleinen van de kans op een overstroming als naar het beperken van de gevolgen van een overstroming (let op, het waterplan spreekt over beperken en niet wegnemen van de gevolgen). De focus ligt in deze rapportage veelal op de primaire waterkeringen (Figuur 2) conform de wens van de Tweede Kamer en de beleidsbrief van de Deltacommissaris van 30 januari 2012 (Deltacommissaris 2012). Hierbij wordt de uitwerking van meerlaagsveiligheid direct gekoppeld aan een deltaplan waterveiligheid in relatie tot de primaire waterkeringen. Dezelfde systematiek is ook toepasbaar op het regionale systeem. Voor de casus Amsterdam is ook rekening gehouden met doorbraken uit het regionale watersysteem.

FIGUUR 2 **VERSCHILLEN IN DOORBRAKEN VAN PRIMAIRE EN REGIONALE WATERKERINGEN**



Het Nationaal Waterplan legt hierbij ook de link met de EU ROR en de risicokaarten en overstromingsrisicobeheerplannen die worden gemaakt bij de implementatie van deze richtlijn. Na beleidskeuzen over de invulling van meerlaagsveiligheid en de onderliggende maatregelen kunnen de gevolgen hiervoor met betrekking tot kaarten en stroomgebied beheersplannen verder worden ingevuld.

In het Nationaal Waterplan is onderkend dat de uitwerking van meerlaagsveiligheid regionaal maatwerk vereist. Hiervoor zijn dan ook enkele zogenaamde “gebiedspilots” uitgevoerd. In deze gebiedspilots zijn diverse alternatieven of strategieën ontwikkeld en zijn de effecten van deze strategieën in kaart gebracht. De effecten zijn uitgedrukt in economisch risico, kosten van strategieën, kosten-baten verhouding, aantallen slachtoffers maar ook in andere criteria (zoals recreatie en natuur). De resultaten van deze gebiedspilots zijn samengevat in een synthese rapport. De casussen zoals besproken in deze rapportage gaan door op de resultaten van de gebiedspilots.

3

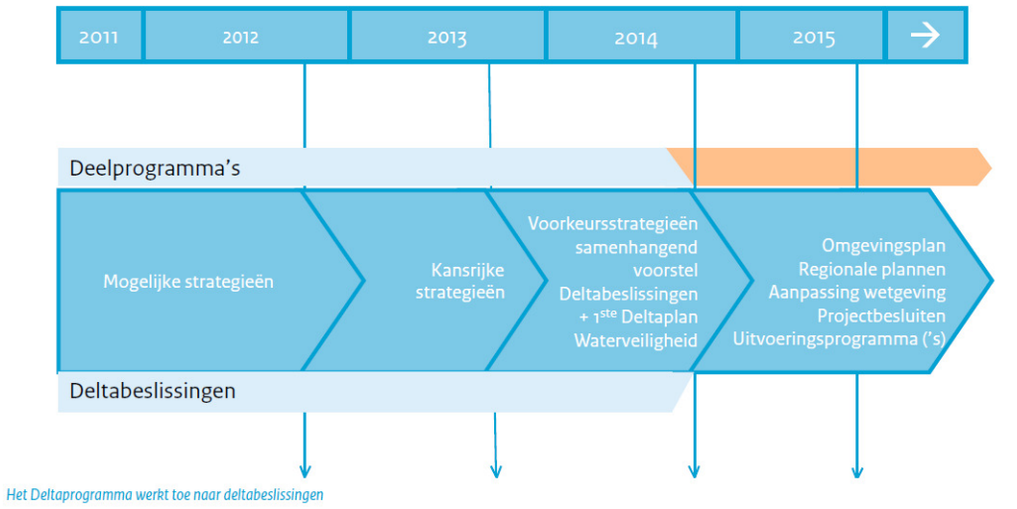
TOEPASSING AFWEGINGSKADER EN RELATIE DELTAPROGRAMMA

3.1 UITWERKING IN DELTAPROGRAMMA

Om in te kunnen spelen op de effecten van de klimaatverandering in Nederland wordt een Deltabeslissing voorbereid die o.a. voorziet in maatregelen ten behoeve van de waterveiligheid en zoetwatervoorziening. Binnen het Deltaprogramma (Figuur 3) wordt verder gewerkt aan de uitwerking en afweging van verschillende strategieën waaronder een strategie meerlaagsveiligheid[1]. Uiteindelijk zal dit leiden tot een Deltaplan Waterveiligheid volgens de brief van de Deltacommissaris van 30 januari 2012). Er is hiervoor een traject voorzien van de uitwerking van mogelijke strategieën tot voorkeur strategieën die moeten uitmonden in een deltabeslissing in 2015.

FIGUUR 3 **PLANNING DELTAPROGRAMMA**

(BRON BRIEF VAN DE DELTACOMMISSARIS VAN 30 JANUARI 2012 'WERK AAN DE DELTA; OP WEG NAAR EEN DELTAPLAN WATERVEILIGHEID')



3.2 AFWEGINGSKADER MEERLAAGSVEILIGHEID

In deze paragraaf is de kern van dit afwegingskader beknopt opgeschreven, voor een uitgebreide beschrijving wordt verwezen naar het STOWA rapport uit 2011 "Basisvisie Afwegingsmethodiek voor meerlaagsveiligheid" (Kolen en Kok 2011).

1 ook wel genoemd 'anders omgaan met water'

Het afwegingskader meerlaagsveiligheid is opgesteld om strategieën en maatregelen (in de verschillende lagen maar ook combinaties hiervan) te kunnen vergelijken. Bij het maken van een vergelijking is het van belang welke situaties worden vergeleken. In het afwegingskader zijn benoemd:

- Referentie situatie ('huidige situatie'); de referentie situatie is de situatie zonder (aanvullende) maatregelen.
- Een verzameling van mogelijke alternatieven (strategieën of maatregelen); dit zijn situaties die zijn uitgewerkt op basis van de referentiesituatie. Hiervoor zijn investeringen nodig die leiden tot een ander risico.
- Meest Waterveiligheidsvriendelijk Alternatief. Dit is de strategie die vanuit waterveiligheid leidt tot de laagste totale kosten.

Als er rekening wordt gehouden met autonome ontwikkelingen, bijvoorbeeld in 2015, 2050 of 2100 kunnen deze ook in de referentiesituatie worden verwerkt. Hierin kunnen ook veronderstellingen over het wel of niet blijven uitvoeren van beheer en onderhoud van de waterkeringen (als bijvoorbeeld het handhaven van huidig beleid waarbij door periodiek toetsen en versterken de overstromingskans in feite gelijk blijft. Bij optredende klimaatverandering wordt dit dan ook automatisch verwerkt in hydraulische belastingen waarop waterkeringen worden getoetst). In de referentie kan bijvoorbeeld worden opgenomen:

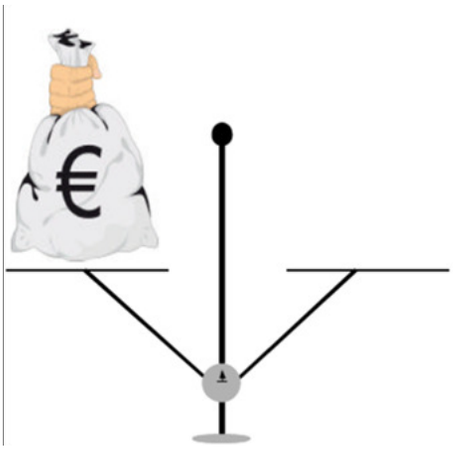
- Demografische (groei, krimp) en ruimtelijke veranderingen.
- Veranderende waterstanden of neerslaghoeveelheden als gevolg van klimaatverandering.
- Bodemdaling.
- Welvaartsgroei.

Het afwegingskader beschrijft dat het gaat om een vergelijking tussen (Figuur 4):

- Kosten; hiervoor worden de investeringskosten bepaald en het risico na het nemen van de maatregelen.
- Andere waarden; deze kunnen per strategie in kaart worden gebracht en geven de andere waarden aan die gerealiseerd worden met de strategie of maatregel (als ruimtelijke kwaliteit, haalbaarheid, betaalbaarheid, draagvlak etc.).

Het maken van de afweging is een politiek bestuurlijke keuze. Hierbij kan ook de waarde aan de verschillende criteria worden gevarieerd.

FIGUUR 4 **AFWEGEN VAN BELANGEN**



Als de investeringskosten niet bekend zijn of zeer onzeker zijn kan een omgekeerde redenering worden gevolgd. Op basis van de reductie van het risico na het nemen van maatregelen ten opzichte van de referentie kan de investeringsruimte worden benoemd. Op basis van deze ruimte kan worden bepaald hoeveel eenmalige of jaarlijkse investeringen mogelijk zijn. De vraag kan dan worden gesteld aan experts of deze maatregelen op basis hiervan haalbaar zijn. Het gaat dan om zowel om de uitvoering als op ontwerp, toezicht en handhaving.

Er bestaan nog geen vastgestelde regels (of ambities, streefwaarden, normen) aan de hand waarvan bepaald kan worden of maatregelen voldoen. Zo kan er nog onderscheid worden gemaakt in risicomaten (als verwachtingswaarden voor schade of slachtoffers of een basisveiligheid) als de hoogte hiervan. Wel bestaan er gedachte over. Zo stelt de adviescommissie Water voor om een basisveiligheid te introduceren voor iedereen. Bij de uitwerking van de strategie ‘Anders omgaan met water’ in Rijnmond Drechtstreden zijn een aantal verschillende ambities geformuleerd als 2, 5 of 10 x sterker dan nu of een Lokaal Individueel Risico van 10^{-5} per jaar. Bij de uitwerking van de voorbeelden in deze rapportage zijn verschillende ambities en verschillende risicomaten uitgewerkt.

4

AANPAK BEPALING RISICO EN KOSTEN

4.1 METHODE EN UITGANGSPUNTEN

In een kosten baten analyse wordt gekeken naar de totale kosten. Deze bestaan uit de som van het risico en de investeringen die gedaan moeten worden. Het is gebruikelijk deze contant te maken. Jaarlijkse kosten worden hierbij vertaald naar de contante waarde door rekening te houden met de discontovoet. Dit is nodig omdat een euro nu niet evenveel waard is als een euro in de toekomst (door bijvoorbeeld inflatie). Door rekening te houden met een discontovoet wordt rekening gehouden met de toekomstige waarde waardoor investeringen kunnen worden vergeleken. We gaan uit van de maatschappelijke kosten, hierin zijn al de kosten die de maatschappij maakt meegenomen. In deze rapportage is een eenvoudige kosten baten analyse gevolgd. Hierbij zijn onderhoudskosten en kosten voor de organisatie (ontwerp, toetsing, toezicht etc.) niet meegenomen. Deze totale kosten bestaan hierbij uit:

1 De netto contante waarde van het risico in de betreffende strategie. Het risico is hierbij gedefinieerd als de kans maal gevolg. De kans gaat over de kans dat een overstromingsscenario optreedt. De gevolgen worden bepaald op basis van de economische schade en slachtoffers waarbij rekening wordt gehouden met slachtoffers. Hierbij wordt rekening gehouden met meerdere mogelijke scenario's die kunnen optreden. Dit kunnen verschillende breslocaties zijn maar ook meer of minder extreme situaties.
2 De (netto contante waard van de) kosten van de maatregel (t.o.v. de referentie) bestaande uit een combinatie van eenmalige en jaarlijkse kosten. Eenmalige kosten zijn bijvoorbeeld dijkversterkingen of de bouw van een huis. Jaarlijkse kosten zijn de kosten van personeel of activiteiten die jaarlijks plaatsvinden (als vergunningverlening).

De risico's worden bepaald door de kans op een overstroming te combineren met de gevolgen van een overstroming. Hierbij wordt rekening gehouden met evacuatie. De effecten van verschillende strategieën worden vertaald naar lagere overstromingskansen, lagere gevolgen in termen van schade en slachtoffers en betere evacuatie. Op basis hiervan kan het risico dan worden bepaald. We zijn hierbij uitgegaan van een benadering gelijk aan WV21 waarin het overstromingsrisico is gebaseerd op een combinatie van kans en gevolg (Kind 2011).

De referentiesituatie is opgesteld voor 2040. Deze referentiesituatie is opgesteld op basis van de huidige situatie waarbij rekening is gehouden met een gemiddelde waarde toename van het gebied. De verschillende strategieën zijn beoordeeld op basis van de referentiesituatie. Verdere uitgangspunten zijn:

- *Overstromingskans.*
  De overstromingskans is bepaald door te veronderstellen dat alle waterkeringen aan de wettelijk gestelde eisen voldoen. Per dijkringdeel is zo een overstromingskans bepaald. Deze situatie komt overeen met de tweede referentie zoals gehanteerd in WV21.

- *Risicobepaling op basis van scenario's.*

Het risico is bepaald conform de systematiek van WV21. Per dijkringdeel (en polder voor het regionale systeem) zijn overstromingsscenario's bepaald. Onderscheid is gemaakt bij scenario's bij toetspeil (geldend bij de referentiesituatie) en extreme scenario's. Het scenario bij toetspeil draagt voor 60 kans bij aan het risico, het extreme voor 40%. Bij dijkversterkingen en deltadijken kan het zijn dat scenario's bij toetspeil niet meer optreden en overstromingen alleen bij extreme situaties nog kunnen optreden (immers de kering is sterker). In deze situaties is de verdeling tussen dit scenario aangepast.

- *Schade en slachtoffers.*

Per overstromingsscenario zijn de schade en slachtoffers bepaald. Hierin is rekening gehouden met het grondgebruik en het aantal mensen dat in het gebied is. In een strategie waarin maatregelen zijn voorzien is het effect op schade en slachtoffers vertaald met een factor die op het gehele gebied wordt voorzien. Bij de interpretatie van de resultaten zal rekening moeten worden gehouden dat deze uniforme verdeling in werkelijkheid meer ruimtelijk is. Bijvoorbeeld bij een strategie die inzet op 25% schadereductie in het gehele gebied zal dit in werkelijkheid leiden tot een grotere opgave voor het gebied waarin ontwikkelingen zijn voorzien omdat hiermee het deel gecompenseerd moet worden waarin geen ontwikkelingen zijn.

- *Evacuatieschattingen.*

Voor de evacuatiefractie is de studie 'Evacuatieschattingen Nederland' als basis gehanteerd. Deze geeft aan hoeveel mensen voorafgaand aan de dijkdoorbraak tijdig het gebied hebben kunnen verlaten.

- *Baten.*

De baten zijn bepaald op basis van de ambities met de geformuleerde strategie. Door de effecten van deze ambities op het risico te vergelijken met de referentiesituatie zijn de baten bepaald. Nadere analyse zal nodig zijn of deze strategieën werkelijk haalbaar zijn. Op basis van de verkenning kan al worden bepaald of dit wel of niet interessant is.

- *Kosten.*

De kosten van maatregelen zijn enkel in sommige situaties bepaald als er (globale) kentallen beschikbaar waren. Een voorbeeld hiervan zijn de kosten van dijkversterking of een deltadijk. Niet van alle maatregelen zijn kentallen aanwezig. Denk bijvoorbeeld aan inrichtingskosten of de kosten van risiconeutraal bouwen. De werkelijke kosten worden ook sterk beinvloedt door de lokale situatie. In geval dat we de kosten zijn geschat op basis van kentallen is een bandbreedte van een factor 2 gehanteerd. De ondergrens is dan de helft van de kosten gebaseerd op het kental, de bovengrens het dubbele. Deze bandbreedte geeft inzicht in de verhouding van maatregelen, echter nadere analyse van deze kosten blijft wenselijk.

- *Investeringsruimte op basis van risicoreductie.*

Voor alle situaties is ook de investeringsruimte bepaald waarbinnen de strategie kosteneffectief uitgevoerd kan worden. De investeringsruimte is bepaald door het verschil in risico van de situatie na het nemen van maatregelen met de referentie in hetzelfde zichtjaar contant te maken. Op basis hiervan kan worden afgeleid of de beoogde maatregel voor dit budget realiseerbaar is. Kan de strategie (uitvoering, toezicht, handhaving, ontwerp etc.) binnen dit budget worden gerealiseerd dan is die kosteneffectief. Dat wil echter niet zeggen dat het de meest kosteneffectieve maatregel is. Andere maatregelen kunnen voor hetzelfde budget meer of minder bijdragen aan het risico en zijn navenant dan meer of minder effectief.

4.2 GEBRUIKTE KENTALLEN VOOR RISICO- EN KOSTENBEPALING

Voor het bepalen van de investeringsruimte en –kosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Aansluitend op de MKBA (Kind 2011) en SLA studies (De Bruijn en Van Der Doef, 2011):
  - Toename van welvaart en economische groei is rekening gehouden met een toename van 1,9% per jaar; Er is vanuit gegaan dat de bevolking niet groeit.
  - Voor het monetariseren van slachtoffers is een waarde van 6,7 miljoen € per slachtoffer gehanteerd. Slachtoffers zijn waardevast en hier is geen sprake van economische groei;
- Voor het bepalen van de contante waarde van risico's en jaarlijkse investeringen is uitgegaan van een discontovoet van 4% per jaar. Deze komt overeen met het gebiedspilot van dijkring 36 die was gebaseerd op de toen gebruikte veronderstelling in de uitwerking van de MKBA[2].

Als kental voor de kosten van dijkversterking (tenzij anders vermeld) is uitgegaan van getallen uit het gebiedspilot voor dijkring 36 (Heuvel et al 2011):

- Dijkversterking met als resultaat een 10x kleinere overstromingskans is geraamd op 1500 Euro per meter.
- Een deltadijk met als resultaat een 10x kleinere overstromingskans waarbij vooral de sterkteparameters worden versterkt is geraamd op 1750 Euro per meter. Indien beschikbaar zijn andere kentallen gebruikt gebaseerd op de lokale situatie (als bij Dordrecht waar onderscheid is gemaakt in verschillende tracés).

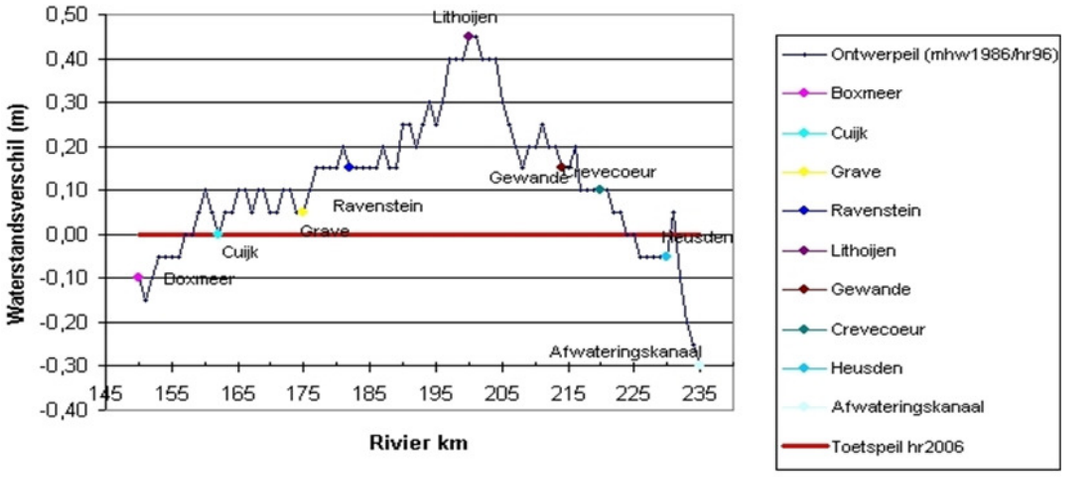
Verondersteld is, conform de tweede referentie van WV21 zoals in de uitvraag staat van het Deltaprogramma, dat de keringen voldoen aan de gestelde eisen. Dat betekent:

- Dat al maatregelen nodig zijn om deze eisen te halen (als resultaat van de toetsing en voor de nieuwe inzichten in het faalmechanisme piping)
- Dat er geen rekening wordt gehouden met aanwezige reststerkte. Sommige dijkvakken blijken duidelijk sterker of zwakker zijn als rekening wordt gehouden met de werkelijke situatie zoals geïllustreerd aan de hand van Figuur 5 voor dijkring 36.

De kosten worden sterk beïnvloed door lokale omstandigheden (bebouwing, grondeigendom maar ook reststerkte). Aanbevolen wordt deze kosten te updaten op basis van de lokale kenmerken.

2 Inmiddels is bij de definitieve uitwerking van de MKBA voor een discontovoet van 5,5% gekozen die voor die specifieke toepassing geschikt was. Een lagere discontovoet leidt tot lagere kosten als jaarlijkse kosten contant worden gemaakt. Bij een discontovoet van 4% is de contante waarde gelijk aan 26X de jaarlijkse investering. Bij een discontovoet van 5,5% is de contante waarde gelijk aan 19,2X de jaarlijkse investering. Hierdoor worden investeringsruimtes kleiner.

FIGUUR 5 **VERSCHIL ONTWERPPEIL EN TOETSPEIL VOOR DIJKRING 36 (HEUVEL ET AL 2011)**



5

RISICOMATEN EN AMBITIES

5.1 INLEIDING

De huidige systematiek van normstelling is gebaseerd op een risicobenadering door de eerste Deltacommissie. De normen zijn echter uitgedrukt in overschrijdingskansen van waterstanden. Hiervoor is gekozen vanwege het destijds ontbreken van kennis en rekenkracht, die nu wel voorhanden zijn.

Voor de uitwerking van meerlaagsveiligheid is een risicobenadering toegepast. In dit hoofdstuk zijn risicomaten beschreven op basis waarvan verschillende uitwerken van meerlaagsveiligheid op aspecten van waterveiligheid kunnen worden vergeleken. Per risicomaat zijn ambitieniveaus benoemd die gehanteerd kunnen worden als een opgave.

5.2 RISICOMATEN

Het overstromingsrisico kan in verschillende maten worden uitgedrukt. Deze risicomaten zijn toegelicht in onderstaande opsomming. Een risicomaat beschrijft een parameter die kan worden gebruikt om te beoordelen of aan een ambitie wordt voldaan. Een ambitie is gedefinieerd als een bepaalde waarde en verder beschreven in 5.3.

De verwachtingswaarde van de schade (uitgedrukt als de jaarlijks te verwachten kosten) wordt berekend door het product van de kans op een specifieke faalgebeurtenis met de bijbehorende schade voor alle mogelijke doorbraakscenario's bij elkaar op te tellen. Het resultaat kan als een getal worden gepresenteerd maar ook als een ruimtelijke verdeling over een gebied (gridbestand).

De verwachtingswaarde van slachtoffers (uitgedrukt als het jaarlijks te verwachten aantal slachtoffers) wordt berekend door het product van de kans op een specifiek faalgebeurtenis met de bijbehorende slachtoffers voor alle mogelijke doorbraakscenario's bij elkaar op te tellen. Het resultaat kan als een getal worden gepresenteerd maar ook als een ruimtelijke verdeling over een gebied (gridbestand).Hierbij zijn er twee opties:

- Uitdrukken verwachtingswaarden in aantallen slachtoffers per jaar
- Uitdrukken verwachtingswaarden in gemonetariseerde per jaar

Het groepsrisico geeft het verband tussen het aantal slachtoffers enerzijds en de (overschrijdings) kans anderzijds (bijvoorbeeld de kans op een overstroming met meer dan 100 slachtoffers, waarbij het aantal slachtoffers is uitgezet tegen de kans dat dit gebeurt). Hierin wordt eveneens rekening gehouden met verschillende faalgebeurtenissen. Het groepsrisico wordt meestal als een FN-curve gepresenteerd, waarbij de F staat voor overschrijdingskans en N het aantal slachtoffers.

De inzichten in het groepsrisico per dijkringen zijn van belang voor het bepalen van het totale groepsrisico in Nederland.

Het plaatsgebonden risico wordt berekend door de kans op een overstroming te vermenigvuldigen met de kans op sterfte in het beschouwde gebied. Daarbij worden de effecten van verschillende faalgebeurtenissen op een locatie opgeteld. Het plaatsgebonden risico is alleen van toepassing op slachtoffers. Het plaatsgebonden risico is een risicoberekening die op elke gridcel in een dijkring wordt uitgevoerd. Voor elke gridcel wordt voor elke faalgebeurtenis de faalkans vermenigvuldigd met de kans op overlijden. De kans op overlijden wordt bepaald met een functie die afhankelijk is van de maximale waterdiepte, de maximale stijgsnelheid en de maximale stroomsnelheid in de betreffende gridcel. Tot slot worden de faalkansen per faalgebeurtenis gesommeerd tot het plaatsgebonden risico voor de betreffende gridcel.

Het lokaal individueel risico (LIR) wordt berekend door de kans van een overstroming te vermenigvuldigen met de kans op sterfte in het gebied, rekening houdend met de effecten van rampenbeheersing (bijvoorbeeld evacuatie). Het verschil met het plaatsgebonden risico[3] is dat nu de effecten van evacuatie zijn meegenomen. Het lokaal individueel risico is eveneens alleen van toepassing op slachtoffers. Het lokaal individueel risico is een risicoberekening die op elke gridcel in een dijkring wordt uitgevoerd. Voor elke gridcel wordt voor elke faalgebeurtenis de faalkans vermenigvuldigd met de kans op overlijden rekening houdend met een evacuatiefractie uit de schade en slachtofferberekening. De kans op overlijden wordt bepaald met een functie die afhankelijk is van de maximale waterdiepte, de maximale stijgsnelheid en de maximale stroomsnelheid in de betreffende gridcel. Tot slot worden de kansen per faalgebeurtenis gesommeerd tot het lokaal individueel risico voor de betreffende gridcel.

5.3 AMBITIES

Op basis van een risicomaat kan worden bepaald welke waarde wordt nagestreefd. Deze waarde kan op allerlei manieren worden verankerd. In deze paragraaf zijn deze streefwaarden uitgedrukt in ambities. Om zicht te krijgen op de effecten van maatregelen in termen van risico's en kosten zijn er verschillende ambities uitgewerkt die zijn opgenomen in Tabel 1. Deze inzichten kunnen gebruikt worden om andere waarden bij een strategie te benoemen of de haalbaarheid te onderzoeken inclusief de aantoonbaarheid dat ze ook werken.

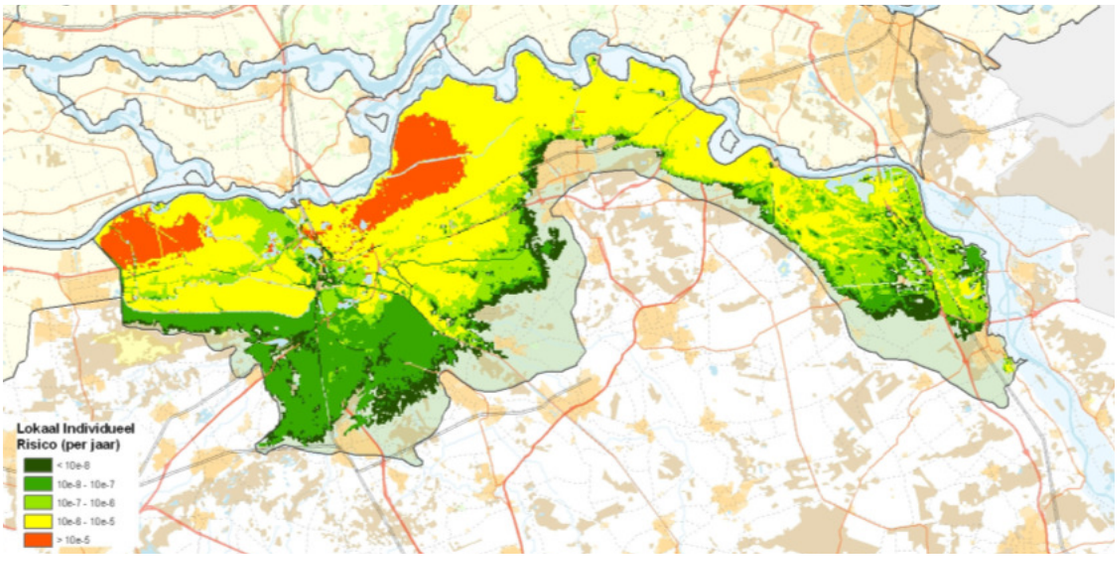
3 Het plaatsgebonden risico wordt berekend door de kans op een overstroming te vermenigvuldigen met de kans op sterfte in het beschouwde gebied. Daarbij worden de effecten van verschillende faalgebeurtenissen op een locatie opgeteld. Het plaatsgebonden risico is alleen van toepassing op slachtoffers. Het plaatsgebonden risico is een risicoberekening die op elke gridcel in een dijkring wordt uitgevoerd. Voor elke gridcel wordt voor elke faalgebeurtenis de faalkans vermenigvuldigd met de kans. Voor het plaatsgebonden risico zijn geen ambities benoemd in dit onderzoek.

TABEL 1 GEHANTEERDE RISICOMATEN EN AMBITIES

Risicomaat	**Ambities***
Risico gedefinieerd als kans x gevolg in Euro's per jaar. Deze is uitgedrukt in: • Schade • Schade plus economische waarde van slachtoffers	Verwachtingswaarden per gebied of dijkring[4]: • 2 x sterker dan de referentie (2 maal lager risico) • 5 x sterker dan de referentie • 10 x sterker dan de referentie • 100 x sterker dan de referentie
Risico gedefinieerd als kans x gevolg in aantallen slachtoffers per jaar	Verwachtingswaarden per gebied of dijkring: • 2 x sterker dan de referentie (2 maal lager risico) • 5 x sterker dan de referentie • 10 x sterker dan de referentie • 100 x sterker dan de referentie
Lokaal Individueel Risico: De kans dat een persoon komt te overlijden op een bepaalde locatie in het gebied rekening houdend met evacuatie.	Hierbij is onderscheid gemaakt tussen: Wat het effect is van de maatregel op het LIR • De mate waarin aan een bepaald criterium wordt voldaan. Hiervoor is het areaal (%) van het gebied in kaart gebracht dat voldoet aan: 10^{-4}, 10^{-5}, 10^{-6}, 10^{-7}, 10^{-8}. Recent is door de tweede kamer vastgesteld dat de waarde van 10^{-5} als een voorlopig werkgetal wordt gehanteerd.
Groepsrisico: De mate waarin een bepaald aantal slachtoffers met een bepaald frequentie is toegestaan	• De mate waarin de maatregel bijdraagt aan reductie van het groepsrisico. Hierbij wordt gekeken naar de overschrijdingskans van 10, 100 en 1000 slachtoffers

In Figuur 6 is een voorbeeld opgenomen van de uitwerking van het lokaal individueel risico voor dijkring 36 zoals uitgewerkt voor de huidige situatie in de gebiedspilot. Als de ambitie (of norm of streefwaarde) wordt gedefinieerd als 10^{-5} dan voldoen de oranje gebieden niet aan de gestelde eisen. Het LIR kan worden verlaagd door lokale maatregelen om de gevolgen te beperken, maar ook door maatregelen aan waterkeringen om de kans te verkleinen. Als de ambities strenger wordt geformuleerd, bijvoorbeeld 10^{-6} dan voldoen ook de gele gebieden niet aan de gestelde eis. Door de benodigde investeringen inzichtelijk te maken kan in kaart worden gebracht wat de kosten zijn van verschillende ambitieniveaus.

FIGUUR 6 **VOORBEELD VAN EEN LIR KAART EN HET WEL OF NIET VOLDOEN AAN DE AMBITIE (HEUVEL ET AL 2011)**



4 Voor maatregelen die niet uniform over het gebied zijn toegepast is uitgegaan van maatwerk. Hierbij is het effect op het risico bepaald op basis van dit maatwerk. Een voorbeeld hiervan is een deltadijk op een enkel dijktraject. Hierbij is de betreffende deltadijk 2, 5 of 10 x sterker uitgevoerd terwijl aan de andere keringen geen maatregelen zijn genomen. De risicoreductie is dan minder dan 2, 5 of 10 over het gehele gebied.

6

GEBIEDEN EN STRATEGIEËN

6.1 INLEIDING

In dit hoofdstuk worden de verschillende gebieden beschreven waarvoor de effecten van strategieën zijn bepaald. De verschillende strategieën zoals uitgewerkt zijn hierbij ook beschreven. Hierbij zijn ook de verschillende gebieden en karakteristieken geïntroduceerd. De keuze voor deze gebieden is gebaseerd op de verschillende gebiedspilots. Hierbij is onderscheid gemaakt in:

- Een landelijk gebied langs de rivier (dijkring 36)
- Een stedelijk gebied binnen een dijkring (Dordrecht, dijkring 22)
- Een stedelijk gebied dat in meerdere dijkringen ligt waarbij ook het regionale systeem wordt meegenomen (Amsterdam).

Door de verschillende gebiedskarakteristieken en de verschillende regionale wensen kan inzicht worden gekregen de lokale uitwerking van meerlaagsveiligheid.

In Tabel 2 is een overzicht opgenomen van verschillende type maatregelen (deze komen uit de uitwerking van de strategie 'Anders omgaan met water' zoals deze is uitgewerkt in het Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden (DPRD) waarvoor een inventarisatie is uitgevoerd en kostenschattingen zijn bepaald) (Kolen et al 2012). Dit overzicht is gebruikt voor verdere uitwerking van strategieën per gebied op basis van het vervolg op de gebiedspilots.

De clustering van maatregelen kan leiden tot een semantische discussie. Zo wordt een deltadijk bijvoorbeeld ook ingedeeld bij duurzame ruimtelijke inrichting omdat een deltadijk ook ruimtelijke kansen biedt door gevolgbeperking. Het is inherent dat aan een deltadijk ook een overstromingskans gekoppeld, de deltadijk zal ontworpen moeten worden als een sterke dijk. Hierop zal ook toezicht nodig zijn en in die zin is het vergelijkbaar met dijkversterking.

Ook voor compartimentering kan discussie worden gevoerd. Compartimentering is pas effectief (als het dat al is) bij een doorbraak. Het is dan een gevolg beïnvloedende maatregel en zo is die ingedeeld bij laag 2. Echter voor een compartimenteringsdijk zullen ook eisen geformuleerd moeten worden en deze zal op sterkte gehouden moeten worden.

TABEL 2 **INDELING VAN TYPE MAATREGELEN**

Meerlaagsveiligheid	Cluster maatregelen op basis van type effect	Type effect
Laag 1 preventie	• Verlagen hydraulische belastingen (door bijvoorbeeld Ruimte voor de Rivier). • 2Dijkversterkingen. • Deltadijk[5].	• Lagere hydraulische belastging en daardoor lagere overstromingskans • Kleinere overstromingskans door sterkere dijk • Kleinere overstromingskans door sterkere dijk, overslag en overloop worden eerder toegestaan.
Laag 2 duurzame ruimtelijke inrichting	• Maatregelen voor directe economische schadereductie (als wetproof en dryproof bouwen en ophogen).	• Directe schade aan objecten verminderd
	• Maatregelen voor indirecte economische schadereductie.	• Schade als gevolg van keteneffecten en de economie verminderend
	• De combinatie van type 4 en 5.	• 4 en 5 samen
	• Maatregelen aan kwetsbare en vitale objecten.	• Schade aan specifiek vitale objecten verminderd
	• Maatregelen om slachtoffers te voorkomen.	• Minder slachtoffers Sociale schade (niet te kwantificeren) verminderd
	• Maatregelen om (sociale) ontwrichting te voorkomen.	• Overstromingspatroon veranderd
	• Compartimentering.	
Laag 3 rampenbeheersing	• Verbeteren organisatie rampenbeheersing en benutting bestaande middelen en wegcapaciteiten.	• Minder slachtoffers door beter benutten middelen door overheid
	• Verbeteren zelfredzaamheid bevolking gericht op slachtofferreductie.	• Minder slachtoffers door beter benutten middelen door burger
	• Extra hulpverleningsmiddelen gericht op slachtofferreductie (extra voertuigen, hulpverleners en objecten als shelters).	• Minder slachtoffers door inzet van meer mensen en middelen
	• Extra beschikbare wegcapaciteit gericht op slachtofferreductie.	• Minder slachtoffers door extra wegcapaciteit

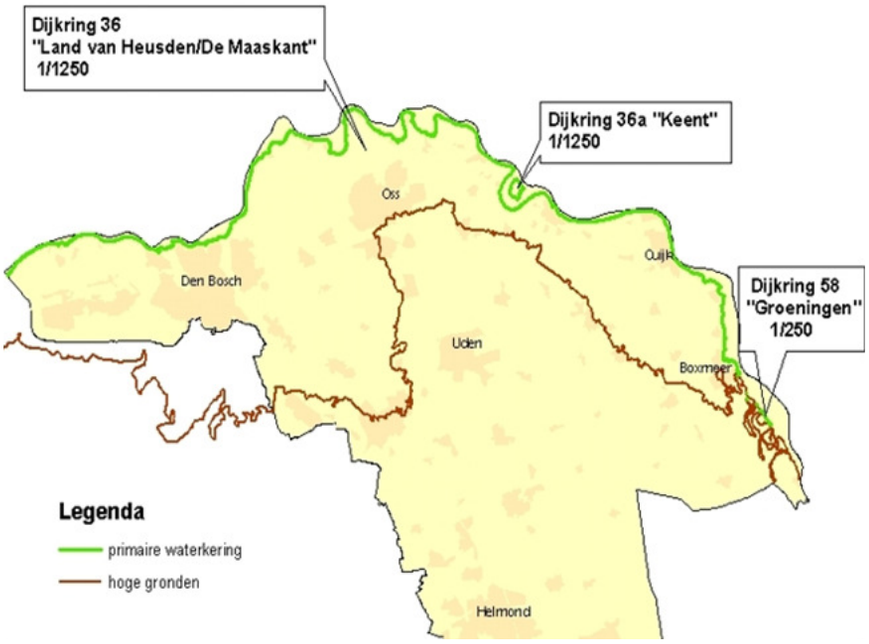
6.2 BRABANTSE MAAS, DIJKRING 36

6.2.1 INTRODUCTIE GEBIED

Dijkring 36 (Figuur 7) ligt aan de linkeroever van de Maas, grofweg tussen Boxmeer in het oosten van Noord-Brabant, en het afvoerkanaal ‘s-Hertogenbosch-Drongelen bij Waalwijk ten oosten van ‘s-Hertogenbosch. Dijkring 36 ligt aan de Maas en wordt omring door hoge gronden en andere dijkringen. Het merendeel van de dijkring heeft een agrarisch karakter (80%) echter er zijn ook grote stedelijk gebieden rondom Oss en Den Bosch. Het overstromingsrisico is het hoogst bij Den Bosch omdat deze relatief laag ligt en overstromingswater zich veel rond de stad verzamelt als gevolg van de maaiveldhoogtes.

5 Noot, een deltadijk is een sterke, ontworpen, dijk waarbij overslag en overloop vaker wordt toegestaan. Dijkversterking met een factor 10 sterkere kering ten opzichte van de huidige sterkte heeft dan in werkelijkheid een lager risico dat een deltadijk van een factor 10 sterker. Dit komt omdat bij de deltadijk de overloop en overslag tot extra schade zal leiden. Deze schade is niet meegenomen in deze uitwerking.

FIGUUR 7 DIJKRING 36



In overleg met gebiedsdeskundige zijn strategieën geselecteerd om verder uit te werken (Tabel 3, Tabel 4 en Tabel 5). Op basis van de bevindingen in de gebiedspilot ligt hierbij de focus op preventie in combinatie met rampenbeheersing (evacuatie). Een aandachtspunt is hierbij de interactie met het regionale systeem. De overlast rondom de Dommel en Aa kan de rampenbestrijdingsmaatregelen beperken.

Deze strategieën zijn globale strategieën om het inzicht te vergroten. Zo wordt bij dijkversterking onderscheid gemaakt in een strategie die alle dijkringen versterkt en een strategie die alleen de dijkvakken die het meest bijdragen aan het risico (als bij Keent) versterkt.

Ruimtelijke ontwikkelingen zijn de komende decennia niet voorzien, in sommige gebieden is er zelfs sprake van verwachte krimp. Wel zijn er enkele ruimtelijke strategieën uitgewerkt om gevoel te krijgen voor het effect hiervan. Als hierop wordt ingezet zal dat door middel van herstructureringen moeten plaatsvinden.

In de gebiedspilot is ook geconstateerd dat er op het gebied van rampenbeheersing extra aandacht nodig is. Het gaat hierbij om de inzet van rijkswegen voor evacuatie, om het ontwerp van rijkswegen en het element evacuatie hierin en om de aandacht en voorbereiding van de veiligheidsregio die het onderwerp nu geen prioriteit geeft. De effecten van de strategieën geven inzicht in het potentieel van deze maatregelen.

In de onderstaande hoofdstukken zijn de vorm gegeven strategieën per laag beschreven.

6.2.2 STRATEGIEËN IN LAAG 1: PREVENTIE

TABEL 3 **OVERZICHT MAATREGELEN LAAG 1 DIJKRING 36**

Laag 1	Strategie
	Dijkversterking (over gehele dijkring) gericht op verkleining doorbraakkans.
	Deltadijk (over de gehele dijkring) gericht op extreme verkleining doorbraakkans waarbij overslag wordt toegestaan in enige mate. Deze overslag is niet meegenomen bij de bepaling van het risico waardoor het risico (gering) is onderschat. Ook zijn bij de investeringen in de deltadijk geen kosten voorzien voor geleidingswerken voor overslagwater en opvang hiervan.
	Normdifferentiatie. Hierbij is voor de dijkvakken Keent, Dieden en Kraaijenbergseplas gericht de overstromingskans verlaagd omdat deze dijkvakken relatief veel bijdragen aan het totale risico van de dijkring. De andere vakken zijn niet versterkt.

6.2.3 STRATEGIEËN IN LAAG 2: RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

TABEL 4 **OVERZICHT MAATREGELEN LAAG 2 DIJKRING 36**

Laag 2	Strategie
	Adaptief bouwen gericht op slachtofferreductie. Door middel van maatregelen aan (bestaande en nieuwe) woningen worden maatregelen genomen dat achterblijvers bij een overstroming grotere overlevingskanten hebben (bijvoorbeeld vluchtwegen). Hierbij is verondersteld de mortaliteit wordt gehalveerd.
	Risico neutraal bouwen voor bestaande en nieuwe ontwikkelingen Deze maatregel is gericht op schadereductie. Door middel van nieuwbouw en herstructurering wordt de schade zoals die in 2040 verwacht wordt gelijk gehouden aan 2015.

6.2.4 STRATEGIEËN IN LAAG 3: RAMPENBEHEERSING

TABEL 5 **OVERZICHT MAATREGELEN LAAG 3 DIJKRING 36**

Laag 3	Strategie
	Verdere professionalisering organisatie rampenbeheersing (overheid) gericht op slachtofferreductie. Dit uit zich in een betere benutting van de rampenbestrijdingsorganisatie (besluitvorming), beschikbare middelen en infrastructuur door hulpdiensten (uitvoering). Hierdoor kunnen meer mensen tijdig het gebied verlaten. Rekening is gehouden met faalkans van organisaties, achterblijvers en onverwachte gebeurtenissen. De evacuatiefractie is geschat op 90%.
	Bovengrens: geen slachtoffers. Deze maatregel is gelijk aan de ambities van de veiligheidsregio: door middel van evacuatie kunnen alle mensen het gebied verlaten of binnen het gebied een veilig heenkomen zoeken. Er vallen dan ook geen slachtoffers. Dit is een bovengrens die in werkelijkheid niet haalbaar is, het geeft echter wel inzicht in de maximale waarde.
	Verdere professionalisering organisatie rampenbeheersing (overheid) en zelfredzaamheid (burger). In aanvulling op strategie 5.7 wordt hierbij het aantal slachtoffers verlaagd met 50% doordat mensen zelf verstandigere maatregelen nemen.

6.3 DORDRECHT, DIJKRING 22

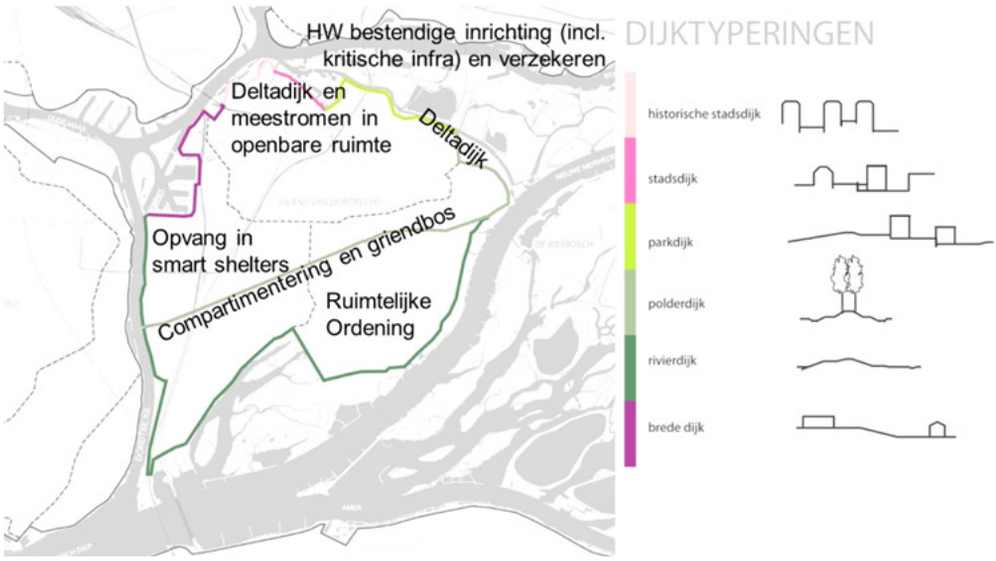
6.3.1 INTRODUCTIE GEBIED

Dordrecht ligt als een eiland ingeklemd tussen de rivieren. De bedreiging is een combinatie van hoge afvoeren van de rivier en als gevolg van wind en stormopzet op zee. Binnen de dijkring kan onderscheid worden gemaakt in een stedelijk en een landelijk gebied. Dit landelijk gebied wordt door middel van een regionale kering gescheiden. Enkele gebiedskenmerken zijn waar meerlaagsveiligheid een rol kan spelen zijn:

- Voorstraat voldoet niet aan wettelijke norm: met MLV kan een goedkope en beheersbare situatie worden gecreëerd (door slimme uitwisseling tussen lagen)
- Deltadijk langs de Kil is niet kostenefficiënt bezien vanuit waterveiligheid: met behulp van Smart Shelters kan het slachtofferrisico worden verminderd tegen lage kosten (indien slim meegekoppeld wordt)
- Deltadijk bij Kop van het Land is erg interessant bezien vanuit risico reducerende ruimtelijke ontwikkelingen, hierbij zijn echter al dijkversterkingen voorzien. Gekeken wordt naar mogelijkheden om hier alsnog een deltadijk van te maken.
- Buitendijks gebied: MLV oplossingen kosten weinig, bieden ruimtelijke kwaliteit, en dragen bij aan de zelfredzaamheid van het hele eiland
- Binnendijks gebied: compartimentering plus differentiatie in landgebruik per compartiment op basis van overstromingsgevaar.

In Figuur 8 is een kaart opgenomen waarin de kansen voor meerlaagsveiligheid zijn gevisualiseerd.

FIGUUR 8 **DORDRECHT**



In overleg met gebiedsdeskundige zijn strategieën geselecteerd om verder uit te werken (Tabel 6, Tabel 7 en Tabel 8). Hierbij gaat de aandacht vooral uit naar Deltadijken op specifieke trajecten. Ook wordt gekeken naar de mate waarin shelters kunnen worden ontwikkeld op het eiland door middel van meekoppelen met bestaande ontwikkelingen. Een van de vragen hierbij is welke voorzieningen aan een shelter toegekend moeten worden. Een uiterste is gebouwen te gebruiken zoals ze nu zijn en andere uiterste is rekening te houden met een toekomstige belasting (keuken, sanitair, electra etc.). Bij de eerste optie zal het zorgniveau erg

laag zijn in de shelter ten tijde van de overstromingen, voorzieningen vallen uit of zijn overbelast. Bij het tweede worden investeringen gedaan voor een laagfrequentie gebeurtenis, het gebouw heeft primair andere functies waardoor er overcapaciteit is die wel onderhouden moet worden.
Vanuit rampenbeheersing bezien is evacuatie erg lastig omdat alle mensen van het eiland af moeten. Als Dordrecht zal evacueren dan is de omgeving ook bedreigd. De ambitie van de regio is om in te zetten op een zelfredzame stad: de oplossingen worden gezocht op het eiland zelf. Hiervoor is risico en crisis communicatie van groot belang.

In de onderstaande hoofdstukken zijn de vorm gegeven strategieën per laag beschreven.

6.3.2 STRATEGIEËN IN LAAG 1: PREVENTIE

TABEL 6 **OVERZICHT MAATREGELEN LAAG 1 DIJKRING 22**

Laag 1	Strategie
	Dijkversterking (over gehele dijkring) gericht op verkleining doorbraakkans.
	Deltadijk Kop van 't Land. Hierbij is alleen het betreffende dijkvak versterkt wat een vorm van normdifferentiatie is. Afhankelijk van het ontwerp zal enige mate van overslag zijn toegestaan. Deze overslag is niet meegenomen bij de bepaling van het risico waardoor het risico (gering) is onderschat. Voor de kosten van een deltadijk bij Kop van 't Land is gebruik gemaakt van schattingen gemaakt in het MARE project.
	Deltadijk noordelijk deel dijkring. Hierbij is een gelijke aanpak gevolgd als bij de Deltadijk voor Kop van 't Land. Voor de kosten van een deltadijk bij Kop van 't Land is gebruik gemaakt van schattingen gemaakt in het MARE project.

6.3.3 STRATEGIEËN IN LAAG 2: RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

TABEL 7 **OVERZICHT MAATREGELEN LAAG 2 DIJKRING 22**

Laag 2	Strategie (allen gericht voor evacuatie op het eiland zelf)
	Verhogen en versterken vitale infrastructuur & bereikbaarheid shelters Door het verbeteren van de bereikbaarheid (voor en na een overstroming) van de bestaande objecten die benut worden als shelter kunnen meer mensen evacueren en vallen onder achterblijvers minder slachtoffers. De evacuatiefractie is hiervoor verhoogd van 15% naar 30% en het aantal slachtoffers is gedaald met 25%. Omdat de infrastructuur beter functioneert, is verondersteld dat de hersteltijd korter is waardoor de schade met 10% reduceert.
	Ontwikkelingen nieuwe shelters door adaptief meekoppelen. Verlagen van de mortaliteit met 25% (door aangenomen aantal van 5 shelters) of 50% (10 shelters) door versterking van de zelfredzaamheid, te bewerkstelligen via ophoging van bestaande openbare voorzieningen (bijv. scholen en verpleeghuizen), zodat de kwetsbaarheid van deze voorzieningen reduceert waardoor deze geschikt zijn om als shelter te fungeren. Hiervoor worden extra eisen gesteld die leiden tot aanpassingen van de bouw.

6.3.4 STRATEGIEËN IN LAAG 3: RAMPENBEHEERSING

TABEL 8 OVERZICHT MAATREGELEN LAAG 3 DIJKRING 22

Laag 3	Strategie
	Verdere professionalisering organisatie rampenbeheersing (overheid) en zelfredzaamheid (burger). Hierbij wordt verondersteld dat door betere planvorming en oefeningen de evacuatiefractie stijgt tot 30%. Door de inzet van shelters en de communicatie hierover zijn twee varianten onderscheiden. Een reductie van de mortaliteit met 25% en een met 50%.
	Benutten bestaande bouw als shelter Verlagen van de mortaliteit met 25% (5 shelters) of 50% (10 shelters) door versterking van de zelfredzaamheid, te bewerkstelligen door bestaande openbare voorzieningen beter te benutten (zonder investeringen in de bereikbaarheid). Deze maatregel kan ook als een laag 2 maatregel worden gecategoriseerd. Bij deze maatregel is de maatschappelijke ontwrichting hoger dan in vergelijking met de bouw van nieuwe shelters of meekoppelen met de ontwikkeling van shelters.

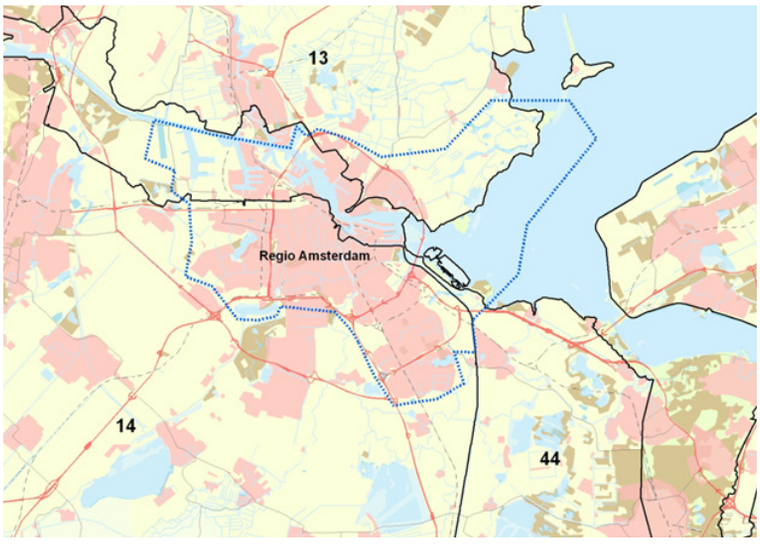
6.4 WATERBESTENDIGE STAD AMSTERDAM

6.4.1 INTRODUCTIE GEBIED

De regio Amsterdam (Figuur 9) kan overstromen als gevolg van dijkdoorbraken op verschillende locaties. Vanuit het primaire watersysteem zijn cascade effecten mogelijk. Dijkringen kunnen hierbij overstromen uit andere dijkringen omdat c-keringen overstromen. In de referentiesituatie is uitgegaan van de huidige situatie van de c-keringen. Het overstromingsrisico is bepaald op basis van:

- Primaire waterkeringen langs de kust (IJmuiden), meren (Markermeer), Kanalen (ARK/NZK) en Rivieren (Lek). Hiervoor is gebruik gemaakt van een analyse die is gemaakt binnen VNK2 (zie: 'The importance of domino-effects in flood risk assessments: a case study from the VNK2-project' van Ter Horst en Jongejan)
- Regionale waterkeringen (boezemkades); Voor het regionale systeem zijn 19 scenario's meegenomen waaraan een overstromingskans is toegekend van 1/1000 per jaar. Bij de gevolgberekening is uitgegaan van afsluiting na 3 uur. Deze drie uur is als reëel verondersteld voor de periode dat de crisisorganisatie maatregelen neemt om de instroom te stoppen[6].

FIGUUR 9 REGIO AMSTERDAM



6 Andere keuzen zijn hierbij mogelijk waarbij de periode voor afsluiting langer of korter is. Deze periode is sterkt van invloed op de hoeveelheid water die het gebied instroomt en zo op het risico.

In overleg met gebiedsdeskundige zijn strategieën geselecteerd om verder uit te werken (Tabel 9, Tabel 10 en Tabel 11). Deze strategieën zijn globale strategieën om het inzicht te vergoten. Zo wordt bij dijkversterking onderscheid gemaakt in een strategie die alle dijkringen versterkt en een die enkel Lekdijk versterkt omdat deze relatief veel bijdraagt aan het risico. Ook wordt er gekeken naar de invloed van de c-keringen en of versterkingen zoals die voortvloeien uit de huidige toetsing wenselijk zijn.

Voor ruimtelijke ontwikkelingen is geconstateerd dat deze een steeds meer kleinschalig karakter krijgen en dat deze een continu karakter hebben. Daar waar keringen eenmalig worden aangelegd voor een lange tijd worden ontwikkelingen continu geïnitieerd en vormgegeven. Ook vind er veel meer verdichting plaats tegenwoordig. Als door middel van ontwikkelingen ook wordt getracht de veiligheidsopgave te realiseren zal dat een andere aanpak vergen. Ook als getracht wordt om door bij ontwikkelingen de kwetsbaarheid continu te verlagen zal hier aandacht voor moeten zijn en vergt dat een rol van de waterbeheerder. Om dit in beeld te brengen is bijgedragen aan een proeftuin Zaan IJ oevers in het kader van Deltaprogramma Nieuwbouw en Herstructurering waarbij de effecten van verschillende ruimtelijke keuzes in kaart zijn gebracht.

In de gebiedspilot is ook geconstateerd dat er op het gebied van rampenbeheersing extra aandacht nodig is. Het gaat hierbij om de inzet van rijkswegen voor evacuatie, om het ontwerp van rijkswegen en het element evacuatie hierin en om de aandacht en voorbereiding van de veiligheidsregio die het onderwerp nu geen prioriteit geeft. De effecten van de strategieën geven inzicht in het potentieel van deze maatregelen.

In de onderstaande hoofdstukken zijn de vorm gegeven strategieën per laag beschreven.

6.4.2 STRATEGIEËN IN LAAG 1: PREVENTIE

TABEL 9 **OVERZICHT GLOBALE MAATREGELEN VOOR LAAG 1 REGIO AMSTERDAM**

Laag 1[7]	Strategie
	Dijkversterking (over gehele dijkring) gericht op verkleining doorbraakkans.
	Investering in c-keringen Hierbij worden de c keringen op orde gebracht. Hieronder wordt verstaan dat de c keringen volledig waterkerend zijn. Cascade effecten waarbij de ene dijkring kan overlopen in een andere dijkring zijn uitgesloten[8].
	Investering in de Lek dijk gericht op risico reductie Amsterdam Het vraagstuk hierbij is hoe het belang van Amsterdam kan worden behartigd buiten de regio. Dit vraagstuk heeft een institutioneel karakter.

7 Alleen voor de maatregelen in laag 1 zijn de ambitieniveaus 2x en 5x veiliger uitgewerkt. Voor de andere maatregelen is het effect bepaald van de strategie en gereflecteerd of de ambitie is gehaald.

8 Bij deze uitwerking is verondersteld dat de c-keringen de cascade effecten voorkomen, het water zal in de bovenstroomse dijkring worden geborgen. Dit extra volume, wat anders weg zou stromen, is niet meegenomen in de analyse die is gebaseerd op een GIS bewerking.

6.4.3 STRATEGIEËN IN LAAG 2: RUIMTELIJKE ONTWIKKELING

TABEL 10 **OVERZICHT GLOBALE MAATREGELEN LAAG 2 REGIO AMSTERDAM**

Laag 2	Strategie
	Bescherming vitale infrastructuur: gericht op schadereductie Door kades om voorzieningen (zoals AMC/RWZI/ Afvalenergiebedrijf/Milieugevaarlijke bedrijven) aan te leggen, wordt vitale infrastructuur beschermd. Hiermee wordt de schade gereduceerd. Deze opgave is zowel beschouwd vanuit de totale maatschappelijke kosten als op basis van het individueel belang van de eigenaar.
	Shelters door adaptief meekoppelen voorzieningen Door deze shelters zijn er vluchtplaatsen binnen het rampgebied. Hierbij zijn twee ambities meegenomen: een reductie van de slachtoffers met 25% en met 50%. De shelters kunnen ontwikkeld worden door meekoppelen met gebiedsontwikkelingen. Lokaal worden gebouwen met een publieke voorziening opgehoogd zodat die kunnen dienen als shelter.
	Schadebeperkend bouwen Hiervoor zijn twee verschillende varianten onderzocht: Schadeneutraal bouwen. Door middel van herstructurering en ontwikkeling is de schade in 2040 gelijk aan die in 2015. Schadebeperkend ontwikkelen. Door middel van herstructurering en ontwikkeling wordt de schade gehalveerd ten opzichte van de referentie.

6.4.4 STRATEGIEËN IN LAAG 3: RAMPENBEHEERSING

TABEL 11 **OVERZICHT GLOBALE MAATREGELEN LAAG 3REGIO AMSTERDAM**

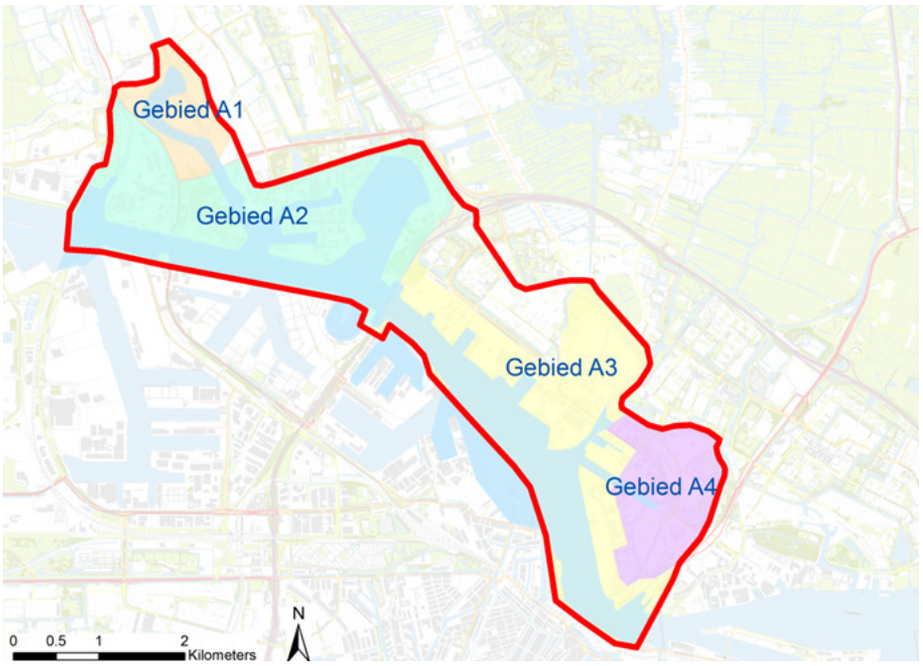
Laag 3	Strategie
	Professionalisering burger en organisatie rampenbeheersing Verlagen mortaliteit met 25% (X shelters) en 50% (2X shelters) door versterking zelfredzaamheid (risico en crisiscommunicatie, benutting bestaande bouw als shelter) in combinatie met professionalisering van rampenbeheersing. Betere plannen, opleiding, oefeningen en onderzoek leidt tot een evacuatiefractie van 75%.
	Verhogen en versterken verbinding evacuatieroutes A2 en A9 Door het verhoogd aanleggen van de snelwegen A2 en A9 blijven deze belangrijke knooppunten dienst doen als evacuatieroute. Deze maatregel is gericht op slachtofferreductie via een toename van de evacuatiefractie met 75% ten opzichte van de referentiesituatie.

6.4.5 ONTWERPATELIER ZAAN IJ OEVERS

Binnen het gebied Zaan IJ oevers is een herstructurering voorzien. Dit gebied ligt aan de noordzijde van het IJ in Amsterdam en Zaandam (Figuur 10). Hierdoor wordt het gebied ontwikkeld. Vanuit het DPNH en Waternet is een ontwerpatelier georganiseerd onder leiding van De Urbanisten. In dit ontwerpatelier zijn enkele varianten van ontwikkeling in kaart gebracht. Ook is rekening gehouden met het wel of niet versterken van de Lekdijk.

Het doel van het atelier is in kaart te brengen hoe het gebied eruit kan zien als rekening wordt gehouden met waterveiligheid. Vanuit STOWA is aanvullend op het ontwerpatelier gekeken naar de risico's en investeringsbudgetten. De afwegingsmethodiek MLV is in de proeftuin niet alleen gebruikt om maatregelen achteraf door te rekenen, maar is ingezet als ondersteuning bij het ontwerpproces. Middels tussentijdse berekeningen is de haalbaarheid van maatregelen bekeken en is het ontwerp daarop aangepast.

FIGUUR 10 **MAATREGELEN ZAAN IJ OEVERS**



In de uitwerking hiervan zijn ook meerdere opties benoemd de opgave rondom waterveiligheid vorm te geven in relatie tot ruimtelijke ontwikkeling:

- Laag 1 - preventie: aanleg kering (Kering 1 (B1) ligt tussen gebieden A1 en A2, kering 2 (B2) ligt tussen gebieden A4 en A3 zie Figuur 10); Door de aanleg van deze kering wordt het gebied achter de kering beschermd. Het gebied achter de nieuwe kering zal bij een doorbraak van de Lekdijk of het falen van de Noordzeesluizen (IJmuiden) niet meer overstromen.

- Laag 2 - duurzame inrichting:
  - schadeneutraal bouwen in gebieden A1. t/m A4. (in Figuur 10); Het concept schadeneutraal bouwen kan zowel in transformatiegebieden als bij bestaande bebouwing worden toegepast. Het doel van deze maatregel is het reduceren van de schade aan bebouwing door schadegevoelige functie niet op de begane grond te laten plaatsvinden.
  - Ophogen of afgraven van gebied A3. Er is geconstateerd dat er bij delen van het studiegebied sprake is van bodemverontreiniging. Deze grond moet worden afgedekt of worden gereinigd (ter plekke of afgegraven en getransporteerd) zodat deze gebieden hoogwaardig woon- en werkgebied kunnen worden. Bij ophoging (de mate is afhankelijk van de beoogde bestemming) is er sprake van het mogelijk meekoppelen voor het belang van waterveiligheid. Bij afgraving kan de grond worden hergebruikt voor andere doeleinden, bijvoorbeeld bij de aanleg van de bovengenoemde keringen. Kwalitatief is gekeken naar het effect van het afgraven (-0.5 m) en ophogen (+0.5 / +1.0) van grond op basis van een analyse met een representatieve schadefunctie voor grondgebruik zoals opgenomen in HIS-SSM (schademodule).

Rondom het de polder Tuindorp-Oostzaan ligt nu een regionale kering met een lokale laagte waardoor de polder alsnog kan overstromen. Deze wordt bij de werkzaamheden rondom de Coentunel gesloten. Hiermee is de kering in het gebied hoger dan de waterstanden die verwacht worden, het risico is dus sterk gereduceerd. Bij de uitwerking van het gebiedsatelier is verondersteld dat hier geen overstroming plaats vindt.

7

EFFECTEN VAN STRATEGIEËN NADER VERKLAARD

In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de effecten (risico's en op de investeringsruimte en kosten) van de strategieën voor de uitwerking van meerlaagsveiligheid. Hierbij is onderscheid gemaakt in de verschillende lagen. Deze effecten kunnen worden vergeleken met andere gecreëerde waarden door de strategieën. Die zijn echter niet benoemd maar zal in de regionale uitwerking plaats moeten vinden.

In dit hoofdstuk zijn enkel voorbeelden uitgewerkt ter ondersteuning aan de interpretatie van de resultaten. Bij de eerste voorbeelden zijn ook enkele rekenvoorbeelden uitgewerkt op basis waarvan de waarden in de tabellen kunnen worden nagerekend. Voor de complete resultaten van de maatregelen wordt verwezen naar Bijlage A: Resultaten dijkring 36, Aa en Maas, Bijlage B: Resultaten dijkring 22, Dordrecht en Bijlage C: Resultaten regio Amsterdam. Hierbij is onderscheid gemaakt in de verschillende risicomaten en verschillende strategieën die zich richten op specifieke lagen.

Voor een bredere afweging als voorzien in het afwegingskader zijn ook andere waarden van belang. Deze zijn benoemd in het hoofdstuk acht. Zoals eerder gesteld zijn uiteindelijke keuzen aan politiek op basis van de inzichten in kosteneffectiviteit en andere waarden.

7.1 SAMENVATTING VAN RESULTATEN STRATEGIEËN

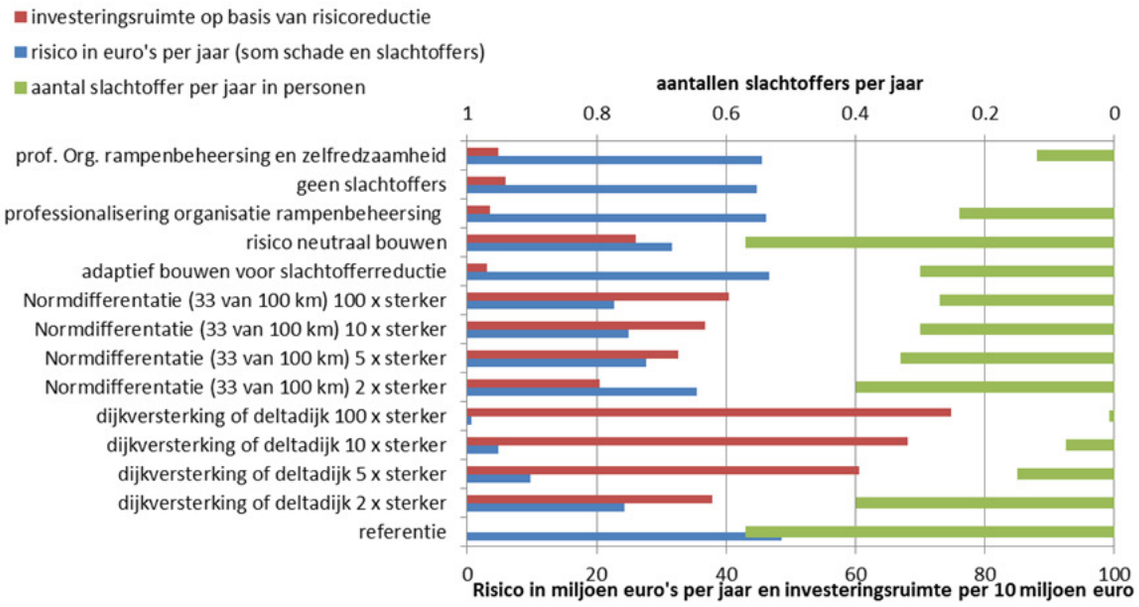
7.1.1 VERWACHTINGSWAARDEN VAN RISICO, SLACHTOFFERS EN INVESTERINGSRUIMTES

De verwachtingswaarden van het risico (gebaseerd op kans x gevolg met medemening monetaire waarde van een mensenleven) en aantallen slachtoffers zijn gebaseerd op de gehele dijkringen of projectgebieden. De investeringsruimte is het budget voor een eenmalige investering die resulteert uit de risicoreductie bij de strategie. Als een strategie binnen dit budget uitvoerbaar, organiseerbaar en handhaafbaar is dan is deze kosten effectief. Opgemerkt wordt dat de totale afweging om te kiezen voor een strategie breder is. De resultaten voor dijkring 36 zijn opgenomen in Figuur 11, voor dijkring 22 (Dordrecht) in Figuur 12 en voor de regio Amsterdam in Figuur 13.

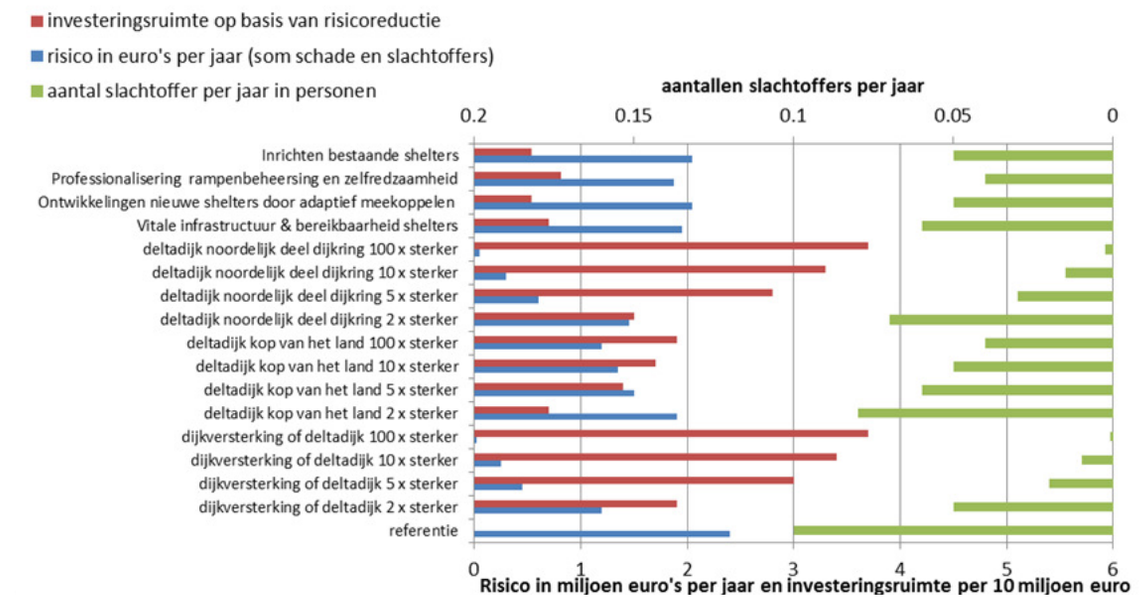
Voor dijkring 36 blijkt dat de strategie die inzet op preventie de grootste reductie van het risico oplevert. Hierdoor wordt ook de kans op slachtoffers sterk verlaagd. Strategieën die zich inzetten op slachtofferreductie hebben nauwelijks effect op het totale risico. In de figuur is zichtbaar dat het aantal slachtoffers uitgedrukt in personen per jaar wel daalt (de groene balken). Als gekeken wordt naar de schadereductie van deze strategieën met medenemen van de waarde van een mensleven blijkt dat de reductie beperkt is (de blauwe balken). Dat komt

omdat de hoeveelheid schade veel significanter is in deze gevallen dan de mensenlevens. Een direct gevolg is dat ook de investeringsruimtes dus ook beperkt zijn als enkel op slachtofferreductie wordt ingezet. Wel blijkt dat het slachtofferrisico sterk kan dalen. De effecten van verbeteringen in de organisatie van rampenbeheersing zijn in de voorbeelden over het algemeen groter dan de effecten van investeren in fysieke middelen voor slachtofferreductie in de gehanteerde voorbeelden. Daarnaast is het de verwachting dat de kosten voor verbeteringen van de organisatie lager zijn dan de investeringen in fysieke ingrepen. Het lijkt dus aantrekkelijker om vooral de organisatie van rampenbeheersing te verbeteren uitgaande van bestaande middelen. De risicoreductie als gevolg van risiconeutraal ontwikkelen is minder dan voor dijkversterking. De vraag is ook of de opgave voor deze (dijkring gemiddelde) ontwikkeling kan worden gerealiseerd binnen het budget vanuit waterveiligheid. Allianties met andere opgaven en het creëren van extra waarden ten opzichte van gangbare ontwikkeling lijkt noodzakelijk.

FIGUUR 11 SAMENVATTING RESULTATEN VOOR DIJKRING 36 VOOR RISICO, AANTALLEN SLACHTOFFERS EN INVESTERINGSRUIMTE PER STRATEGIE



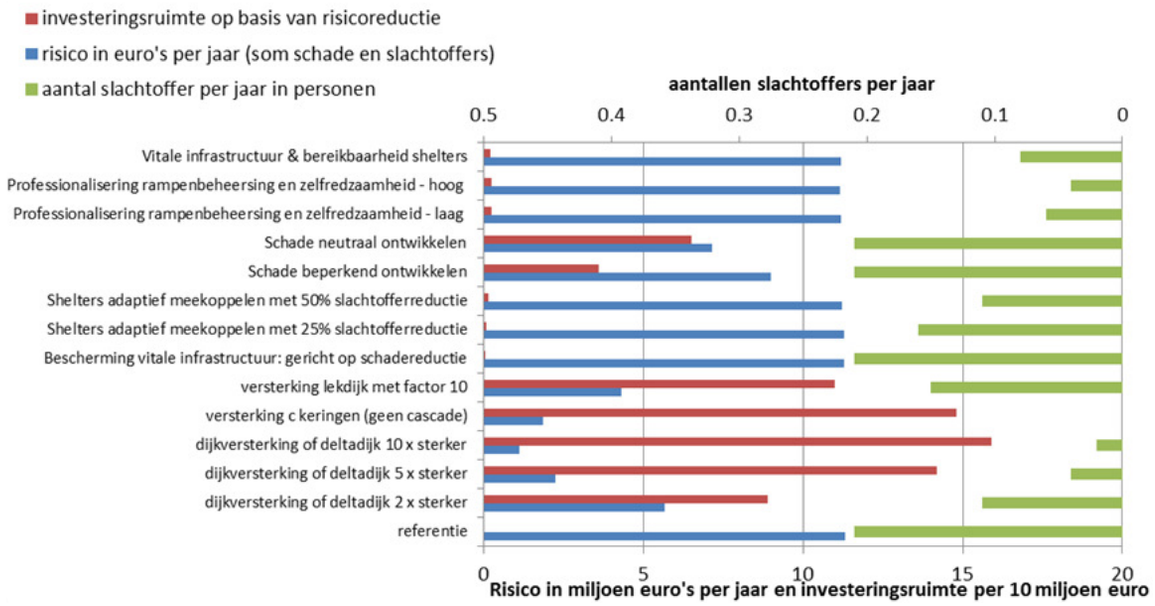
FIGUUR 12 SAMENVATTING RESULTATEN VOOR DIJKRING 22 (DORDRECHT) VOOR RISICO, AANTALLEN SLACHTOFFERS EN INVESTERINGSRUIMTE PER STRATEGIE



De resultaten voor dijkring 22 zijn vergelijkbaar met dijkring 36. Preventie levert de grootste reductie van het risico, en ook voor slachtoffers. Een deltadijk op specifieke plaatsen reduceert het risico, het effect is echter ook lokaal. Omdat dit relatief veel kan bijdragen aan het totale risico kan de risicoreductie nog significant zijn. Het ontwerp en bijbehorende kosten zullen uit moeten wijzen of het binnen de investeringsruimte valt. De geschatte kosten in deze studie zitten in dezelfde orde grootte en binnen de bandbreedtes die zijn gesteld voor een Deltadijk bij Kop van het Land.

Ruimtelijke ingrepen en rampenbeheersing (inclusief vitale infrastructuur) hebben een beperkt effect op de risicoreductie. Ook hier geldt dat verbeteren van het benutten van beschikbare middelen door overheid (rampenbeheersing) en burger (zelfredzaamheid) – inclusief het benutten van bestaande bouw als shelter of vluchtplek – effectiever is voor slachtofferreductie dan fysieke ingrepen gericht op slachtofferreductie in laag 2 en 3.

FIGUUR 13 **SAMENVATTING RESULTATEN VOOR AMSTERDAM VOOR RISICO, AANTALLEN SLACHTOFFERS EN INVESTERINGSRUIMTE PER STRATEGIE**



Ook voor de regio Amsterdam blijkt dat dijkversterking leidt tot de grootste risicoreductie. Ook gerichte maatregelen als versterking van de C-keringen of versterken van de Lekdijk reduceert het risico sterk. Als ook de kosten worden beschouwd dan blijkt dat investeringen in de Ckeringen (een eerste indicatie is 150 miljoen euro) niet en in de Lekdijk (minder dan 100 miljoen euro) wel rendabel is. De investeringsruimte voor de Lek laat zien dat deze maatregel hierbinnen past, voor de C-keringen is dat achter niet het geval. Verder geldt bij de C-keringen dat de toename van de schade in het dijkringgebied doordat het gebied niet meer kan overlopen niet is meegenomen, dit leidt tot een extra onderschatting van het risico.

Het effect van slachtofferreductie op het totale risico is gering, dat komt omdat de schade veel dominanter is dan het aantal slachtoffers in de regio. Het effect van rampenbeheersing en zelfredzaamheid is echter wel duidelijk zichtbaar als gekeken wordt naar aantallen slachtoffers per jaar.

Ook hierbij geldt dat ruimtelijke ingrepen over het algemeen minder bijdrage aan risico reductie dan preventie. De opgave voor ruimtelijke maatregelen lijkt echter wel groter en complexer vanwege de aard van deze ontwikkelingen (meer continu en kleinschaliger). Andere gecreëerde waarden door de ruimtelijke ontwikkeling kunnen echter ook baten genereren die deze strategieën toch aantrekkelijk maken, die moeten dan wel in kaart worden gebracht.

Bij de uitwerking van de Zaan IJ oevers blijkt dat lokaal veel extra waarde wordt gecreëerd door de ontwikkeling. Het effect op de gehele dijkring hiervan is relatief beperkt echter lokale maatregelen kunnen aantrekkelijk zijn om de kans op een overstroming of de kwetsbaarheid te verlagen. Het rendement binnen dit gebied kan hiervoor worden benut. Het risico in deze gebieden kan echter ook worden verlaagd door maatregelen elders als versterking van de Lekdijk. Hier is verder op ingegaan in hoofdstuk 7.7.

7.1.2 BASISVEILIGHEID: EISEN AAN EEN LOKAAL INDIVIDUEEL RISICO

In de onderstaande tabellen is nagegaan in hoeverre een strategie voldoet aan een gestelde eis gerelateerd aan een basisveiligheid van een lokaal individueel risico van 10^{-5} of 10^{-6} per jaar. Voor dijkring 36 (Tabel 12) en 22 (Tabel 13) zijn de antwoorden direct gekoppeld aan de uitkomsten van de berekeningen, voor Amsterdam (Tabel 14) is rekening gehouden met een interpretatie. Lokale uitschieters in het LIR als bijvoorbeeld een of een paar cellen een afwijkende waarde hebben zijn niet meegenomen[9].

Voor al de resultaten zoals getoond geldt dat gekeken is naar het effect op de hele dijkring. Het effect op het LIR kan ook lokaal worden getoond en bepaald. Hierdoor kunnen gerichte maatregelen op knelpunten in een dijkring het LIR verder verlagen. Deze zijn in dit onderzoek niet verder onderzocht. Ook zijn combinaties van strategieën in dit onderzoek niet onderzocht.

Strategieën die gericht zijn op schadereductie hebben geen effect op het LIR als er geen neveneffect is voor slachtofferreductie. Adaptief bouwen gericht op schadereductie heeft dan bijvoorbeeld geen effect op slachtoffers omdat aangenomen wordt dat de waterdieptes niet veranderen.

Voor Dijkring 36 blijkt dat in de referentiesituatie al voldoet aan een LIR van 10^{-5} per jaar. Het voldoen aan een eis van 10^{-6} per jaar wordt alleen gehaald met een strategie die de kans op een overstroming verkleind. Een strategie met een effect dat er geen slachtoffers meer vallen lijkt utopisch, deze voldoet natuurlijk wel aan een eis van 10^{-6} per jaar.

Lokaal zijn verdere optimalisaties mogelijk door gericht in te zetten op slachtofferreductie. Deze maatregelen zijn dan niet van toepassing op de gehele dijkring. Zo stijgt bijvoorbeeld het areaal dat voldoet aan een eis van 10^{-6} van 45% naar 65% als ingezet wordt op verdere professionalisering organisatie rampenbeheersing. Als dat ook wordt gekoppeld aan versterken van de zelfredzaamheid (en gekoppelde lagere mortaliteit) kan dat verhoogd worden naar 85%.

9 Een dergelijk criterium (bijvoorbeeld om de laagste x % niet mee te nemen naar analogie bij normering van extreme neerslag in stedelijk gebied zijn hierin aan oplossing kunnen zijn).

TABEL 12 **MATE WAARIN EEN STRATEGIE VOLDOET AAN EEN EIS VAN EEN LIR VAN 10^{-5} OF 10^{-6} VOOR DIJKRING 36**

LIR van	referentie	dijkversterking of deltadijk 2 x sterker	dijkversterking of deltadijk 5 x sterker	dijkversterking of deltadijk 10 x sterker	dijkversterking of deltadijk 100 x sterker	Normdifferentatie (33 van 100 km) 2 x sterker	Normdifferentatie (33 van 100 km) 5 x sterker	Normdifferentatie (33 van 100 km) 10 x sterker	Normdifferentatie (33 van 100 km) 100 x sterker	adaptief bouwen voor slachtoffereductie	risico neutraal bouwen	professionalisering rampenbeheersing	geen slachtoffers	Professionalisering organisatie rampenbeheersing en zelfredzaamheid
10-5	ja	Ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
10-6	nee	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	nee

TABEL 13 MATE WAARIN EEN STRATEGIE VOLDOET AAN EEN EIS VAN EEN LIR VAN 10^{-5} OF 10^{-6} VOOR DIJKRING 22

LIR van	referentie	dijkversterking of deltadijk 2 x sterker	dijkversterking of deltadijk 5 x sterker	dijkversterking of deltadijk 10 x sterker	dijkversterking of deltadijk 100 x sterker	deltadijk kop van het land 2 x sterker	deltadijk kop van het land 5 x sterker	deltadijk kop van het land 10 x sterker	deltadijk kop van het land 100 x sterker	deltadijk noordelijk deel dijkring 2 x sterker	deltadijk noordelijk deel dijkring 5 x sterker	deltadijk noordelijk deel dijkring 10 x sterker	deltadijk noordelijk deel dijkring 100 x sterker	Vitale infrastructuur & bereikbaarheid shelters	Ontwikkelingen nieuwe shelters door adaptief meekoppelen	Professionalisering rampenbeheersing en zelfredzaamheid	Inrichten bestaande shelters
10^{-5}	ja	ja	ja	Ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
10^{-6}	nee	nee	ja	Ja	ja	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee

Voor Dijkring 22 (Dordrecht) geldt dat ook in de referentiesituatie al wordt voldaan aan een LIR van 10^{-5} maar nog niet aan een LIR van 10^{-6}. Alleen door versterking van waterkeringen, uniform over de gehele dijkring kan een LIR van 10^{-6} worden gehaald. Ook voor Dordrecht geldt dat een nadere verdieping in de ruimtelijke verdeling verdere kansen kan opleveren.

De deltadijk Kop van het Land levert wel een verlaging van het LIR in het directe achterland van de kering, echter niet in de gehele dijkring. Waar in de referentie 65% van het gebied voldoet aan een eis van 10^{-6} wordt dat bij een 5x sterkere kop van het land 85%. Bij een uniforme dijkversterking met een factor 5 voldoet 100% aan de eis. Wordt de gehele noordelijk dijk versterkt met een deltadijk dan voldoet 90%. Verhogen en versterken van vitale infrastructuur & bereikbaarheid shelters verhoogt het areaal dat voldoet aan een eis van 10^{-6} naar 95%.

Verdere professionalisering organisatie rampenbeheersing (overheid) en zelfredzaamheid (burger) gaat het areaal naar 95%. Deze waarde geldt voor varianten van de lagere mortaliteit van zelfredzaamheid.

TABEL 14 MATE WAARIN EEN STRATEGIE VOLDOET AAN EEN EIS VAN EEN LIR VAN 10^{-5} OF 10^{-6} VOOR REGIO AMSTERDAM

	referentie	dijkversterking of deltadijk 2 x sterker	dijkversterking of deltadijk 5 x sterker	dijkversterking of deltadijk 10 x sterker	versterking c keringen (geen cascade)	versterking Lekdijk met factor 10	Bescherming vitale infrastructuur: gericht op schadereductie	Shelters adaptief meekoppelen met 25% slachtofferreductie	Shelters adaptief meekoppelen met 50% slachtofferreductie	Schade beperkend ontwikkelen	Schade neutraal ontwikkelen	Professionalisering rampenbeheersing en zelfredzaamheid - laag	Professionalisering rampenbeheersing en zelfredzaamheid - hoog	Vitale infrastructuur & bereikbaarheid shelters
LIR van														
10^{-5}	nee	nee	ja	ja	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	ja	ja	nee
10^{-6}	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee	nee

Voor de regio Amsterdam geldt dat deze, met medenemen van zowel het primaire als het regionale watersysteem, niet voldoen aan een eis van 10-5 of 10-6 voor de referentiesituatie (dit kan overigens verband houden met de bij de studie gehanteerde uitgangspunten). Hierbij wordt opgemerkt dat een LIR geen inzicht geeft in de hoeveelheid slachtoffers die er vallen. Zo is bijvoorbeeld het verwachte aantal slachtoffers per jaar bijna een factor 3 kleiner in Amsterdam dan voor Dijkring 36. Het verwachte aantal slachtoffers voor Dordrecht daarentegen is weer orde grote de helft van Amsterdam al is dat gebied ook veel kleiner. Ook is in Amsterdam het regionale systeem meegenomen in deze analyses wat bij de voorbeelden in de andere gebieden niet is. Uniforme dijkversterking kan er voor zorgen dat aan een eis van 10^{-5} wordt voldaan. Hetzelfde geldt voor rampenbeheersing en versterking van zelfredzaamheid.

Omdat overstromingen in dit gebied worden veroorzaakt door doorbraken uit verschillende watersystemen (zee en rivieren en meren) en dijkringen hebben gerichte versterkingen wel (lokaal) effect maar worden hiermee niet in het gehele gebied de ambities gehaald. Versterken van de C-keringen voorkomt dat een deel van het gebied overstroomd. Echter door overstromingen elders wordt de eis van 10^{-5} niet gehaald.

7.2 VERWACHTINGSWAARDE ECONOMISCHE SCHADE

De verwachtingswaarde van de economische schade sommeert het risico binnen een gebied. Dat kan een dijkring als voor Dordrecht en Brabant zijn maar ook een regio zoals de regio Amsterdam. In het economisch risico kan de economische waardering van een mensenleven worden meegenomen.

De effecten kunnen in kaart gebracht worden op basis van:

- Een kaart. Hieruit blijkt de ruimtelijke verdeling van het risico. Hieruit kan blijken dat in bepaalde delen van het gebied het risico hoger is dan in andere. Dat kan worden veroorzaakt door het grondgebruik, maar ook door de maaiveldhoogteverdeling of door de overstromingskansen per dijkvak.
- Een getal per gebied. Hierin worden voor alle ruimtelijke eenheden in het gebied de risico's opgeteld.

In onderstaande voorbeelden is het risico per gebied beschouwd.

7.2.1 LAAG 1: VOORBEELD AAN DE HAND VAN DIJKVERSTERKING OVER DE GEHELE DIJKRING OF MAATWERK

Voor de regio Amsterdam leidt dijkversterking tot een verlaging van het risico. Het risico in de referentiesituatie is 11,33 Meuro per jaar, hierin is rekening gehouden met de economische schade als de waardering van een mensenleven. Rekening houdend met de discontovoet van 4% leidt dat tot totale kosten van 177 Meuro uitgaande van zichtjaar 2040. De totale kosten bestaan hierbij de waardering van het risico, er zijn geen investeringen voorzien. Deze getallen zijn opgenomen in de eerste rij van Tabel 15.

> **Rekenvoorbeeld**. Een risico van 11,33 miljoen euro per jaar is gelijk aan een Contante Waarde over de periode 2015 – 2040 van 177 miljoen euro. Vanwege de gehanteerde discontovoet van 4% worden het risico in euros per jaar hiervoor vermenigvuldig met een factor 15,67. Deze factor 15,67 is de waarde waarmee jaarlijkse kosten worden vermenigvuldigt om die contant te maken over een periode van 35 jaar bij een discontovoet van 4%.
> Omdat er geen investeringen zijn voorzien zijn de totale kosten gelijk aan de contante waarde van het risico.

10 Hierbij is aangenomen dat bij een factor 10 sterkere waterkering of minder de kansbijdrage van de overstromingsscenario´s niet veranderd. Met andere woorden we zijn uitgegaan van een kansbijdrage van een scenario bij toetspeil van 60% en een extreem scenario bij 40%. Bij een nog sterkere waterkering is de kansbijdrage van het extreme scenario 100%.

Rekenvoorbeeld. Als de overstromingskans een factor 10 wordt verlaagd door dijkversterking daalt het risico van 11,30 miljoen euro per jaar naar 1,13 miljoen euro per jaar. De risicoreductie is dan ook het verschil tussen deze waarde: 10,2 miljoen euro per jaar.

De investeringsruimte voor eenmalige investeringen kan worden bepaald door dit risico weer contant te maken. Vermenigvuldiging met de factor 15,67 (op basis van de discontovoet) levert een investeringsruimte van 160 miljoen euro. De investeringsruimte voor jaarlijkse investeringen is gelijk aan het risico.

De investeringskosten kunnen ook worden geraamd op basis van een ontwerp of op basis van kentallen. In deze studie is voornamelijk gebruik gemaakt van kentallen om een eerste inzicht te krijgen. Voor het betreffende voorbeeld is de lengte van de primaire keringen is ongeveer 80 kilometer. Bij een versterking van de waterkeringen waardoor de overstromingskans met een factor 10 afneemt is een kental aangehouden voor de kosten van 1500 euro per meter. Dit kental is gebaseerd op de gebiedspilot voor dijkring 36. Dit kental is slechts een benadering omdat lokale gegevens over de kering en omgeving sterk van invloed zijn. Voor een investering met een toename van de veiligheid met een factor 5 (tweede regel Tabel 15) is een lineaire relatie verondersteld, 750 euro per meter omdat de waterkering ook maar de helft sterker wordt. Bij een factor 10 (derde regel Tabel 15) zijn de investeringskomsten dan 120 Meuro, bij een factor 5 zijn deze kosten 60 Meuro.

Rekenvoorbeeld. Bij een lengte van de waterkering van 80 km en de kosten van 1500 euro per meter (10 maal kleinere overstromingskans) zijn de totale investingskosten 120 miljoen euro.

De totale kosten van deze strategie bestaan dan uit de waarde van het risico en de investeringskosten. De contante waarde van het risico is 1,13 miljoen euro per jaar vermenigvuldigt met de factor 15,67 vanwege de discontovoet is dan 17,7 miljoen euro. De verwachte kosten van de eenmalige investeringen is 120 miljoen euro. De totale kosten zijn van 17,7 + 120 = 138 Miljoen euro.

In de MKBA uitgevoerd in WV21 zijn de kosten voor dijkversterking ook geraamd waarbij de overstromingskans met een factor 10 zijn verlaagd. De kosten voor dijkversterking voor de Lek in dijkring 44 zijn hierin geraamd op 82 Meuro (dijkring 44-1 Kromme Rijn-Rijn) (Kind 2011). Dit bedrag valt binnen de bandbreedte van kosten zoals die in dit onderzoek in kaart is gebracht (factor 2 ten opzichte van kental), maar is wel aan de bovenkant van de bandbreedte.

De investeringskosten zijn echter zeer onzeker op basis van de gebruikte kentallen, daarom is met een bandbreedte gewerkt die een ondergrens (min) en een bovengrens (max) oplevert. Deze bandbreedte moet niet te absoluut worden gezien maar is een hulpmiddel om de effecten van maatregelen in beeld te brengen en te beoordelen.

Rekenvoorbeeld. De verwachte investeringskosten zijn bij een verlaging van de overstromingskans geraamd op 120 miljoen euro. Vanwege de onzekerheid is een ondergrens (min) opgesteld van de helft orde 60 miljoen euro en een bovengrens van het dubbele 240 miljoen euro. De totale kosten vertonen hiermee ook een marge. De ondergrens is de waarde van het risico (17,7 miljoen euro) plus 60 miljoen euro wat samen 78 miljoen euro is. De bovengrens is op basis van eenzelfde redenring 259 miljoen euro (17,7 + 240 miljoen euro).

De totale kosten bestaan uit de (contant gemaakte) waarde van het risico in de investeringen. In de onderstaande tabel is te zien dat de totale kosten bij een dijkversterking met een factor 5 voor de gehele bandbreedte onder de totale kosten zijn deze investering zitten. Wordt er meer geïnvesteerd, tot een toename van de veiligheid met een factor 10 dan ligt de bovengrens van de bandbreedte van de totale kosten boven de referentiesituatie. Voor deze maatregel is het dan niet zeker of die kosteneffectief is.

TABEL 15 **OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN VOOR AMSTERDAM**

	Schade+slachtoffer			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie 2040	11.33						177
Uniform 5x sterker	2.27	142	9.06	30	60	120	65 - 155 (95)
Uniform 10x sterker	1.13	160	10.20	60	120	240	78 - 258 (138)
Lekdijk 10x sterker	4.31	110	7.02	25	50	100	92 - 167 (117)

Als een maatregel kosteneffectief is wil dat niet zeggen dat dit de meest kosteneffectieve maatregel is. Door verschillende maatregelen op deze manier uit te werken wordt een beeld gekregen hoe verschillende maatregelen zich ten opzichte van elkaar verhouden. Zo leidt een investering in een deel van de primaire waterkeringen die de Amsterdamse regio beschermen (de Lekdijk) in verhouding tot alle keringen, tot vrijwel een gelijke risicoreductie. Echter de investering is veel geringer omdat het dijk tracé veel korter is (33 km). De investeringskosten voor een factor 10 sterke Lekdijk bedragen gemiddeld 50 Meuro op basis van de gebruikte kentallen. Hierdoor daalt het risico met 7 miljoen euro per jaar naar 4,31 Meuro per jaar. De investeringsruimte is orde grootte 110 miljoen euro. Als de totale kosten worden vergeleken met de huidige situatie dan blijkt dat zelfs de bovengrens van de bandbreedte m.b.t. kosten leidt tot lagere totale kosten dan in de referentiesituatie.

Ook voor Aa en Maas is een dergelijke analyse gedaan (Tabel 16). Dijkversterking uniform over de gehele dijkring leidt tot een risico reductie. Echter gerichte investering in enkel de dijkvakken Keent, Dieden en de Kraaijenbergseplas van ongeveer 1/3 van de totale omvang leveren een relatief grotere reductie van het risico.

TABEL 16 **OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN VOOR BRABANTSE MAAS**

	Schade+slachtoffer			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	48.5						760
Uniform: 2x sterker	24.3	379	24.3	15	30	60	400-440(410)
Uniform: 5x sterker	9.7	606	38.8	37.5	75	150	200-300 (230)
Uniform: 10x sterker	4.9	680	43.6	75	150	300	150-380(230)
Maatwerk: 2x sterker	35.5	204	13.1	5	10	20	550-580 (560)
Maatwerk: 5x sterker	27.6	326	20.9	15	25	50	450-490 (460)
Maatwerk: 10x sterker	25.0	367	23.5	25	50	100	410-490 (440)

De kosten van rampenbeheersing zijn veelal jaarlijkse kosten. Impulsen in planvorming en ontwikkeling van kennis kunnen worden gezien als eenmalige kosten. Het onderhouden van deze kennis en zorgdragen dat die in de organisaties en samenleving blijft is iets wat continu aandacht vereist.
De kentallen in onderstaande tabel zijn de extra kosten voor waterveiligheid. De middelen die al aanwezig zijn op basis van andere doelen (bijvoorbeeld brand in gebouwen, politiemannen, wegen en gebouwen) kunnen worden benut. De inzet van een agent die nu al in dienst is leidt dan niet tot extra kosten omdat deze al betaald is. Als er extra agenten worden aangenomen vanwege overstromingen leidt dit wel tot extra kosten.

7.2.2 LAAG 1: VOORBEELD VAN MAATWERK MET DELTADIJK

Een deltadijk wordt gezien als een sterke dijk waarbij gericht op specifieke faalmechanismen versterkingen zijn aangebracht. Bij de uitwerking van meerlaagsveiligheid staat de vraag wat de overstromingskans van de deltadijk is centraal. Voor Dordrecht is het effect van de deltadijk uitgewerkt voor de Kop van ’t Land en voor het gehele Noordelijk deel van de dijkring (Tabel 17).

De totale lengte van de primaire keringen is ongeveer 40 kilometer. Het dijkringdeel Kop van ’t Land heeft een lengte van ongeveer 3 kilometer. Het versterken van enkel deze 3 kilometer reduceert het risico in de gehele dijkring. Als de overstromingskans wordt gehalveerd daalt het risico van 2,4 naar 1,9 miljoen Euro per jaar. Wordt de dijk sterker uitgevoerd, bijvoorbeeld 100 x sterker dan halveert het risico in de dijkring. Deze halvering levert een investeringsruimte op vanuit waterveiligheid van 19 miljoen euro. Binnen het MARE project zijn ook de kosten van een 100 x sterkere kering bepaald. Deze zijn geraamd op 26 miljoen Euro. Hiervoor is het tracé Kop van ’t Land opgesplitst in een noordelijk (1,45 kilometer) en zuidelijk deel (1,1 kilometer). De eenheidsprijs voor het noordelijk deel wordt geschat op 16.000 euro per meter en voor het zuidelijke deel op 2800 euro per meter. Toepassen van een factor 2 in de bandbreedte rondom de kosten laat zien dat de investeringsruimte binnen de bandbreedte van de kosten valt.
Binnen de regio worden aan de ontwikkeling van de deltadijk ook andere waarden gekoppeld als de ruimtelijke kwaliteit en multifunctioneel grondgebruik. Deze waarden zijn niet opgenomen in de kostenbeschouwing maar kunnen wel worden benoemd in het afwegingskader.

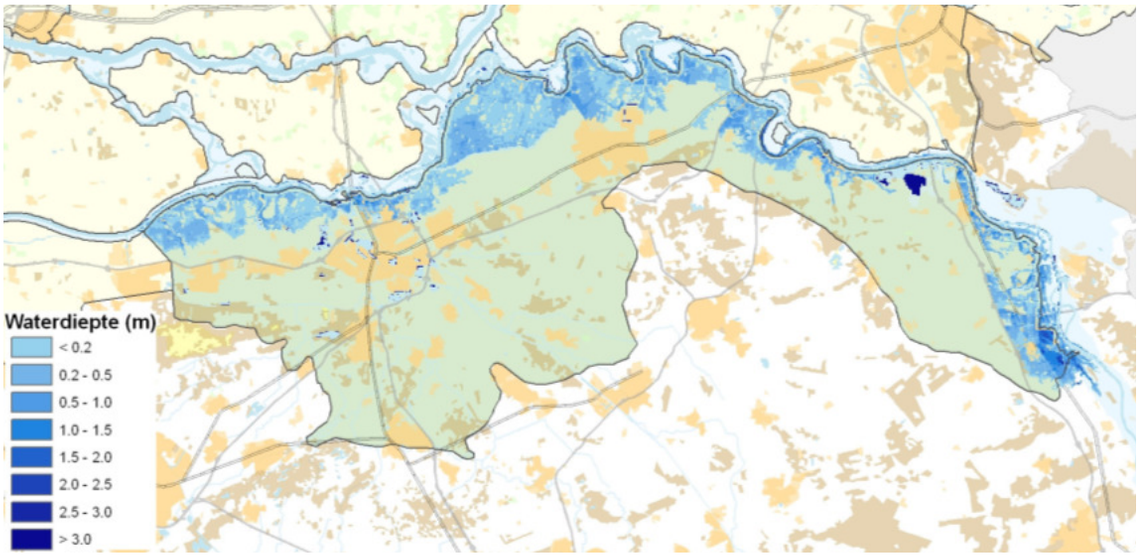
Een andere optie is het investeren in een deltadijk voor het gehele noordelijk deel van de Dijkring. Het tracé noordelijk deel dijkring bestaat uit de dijkvakken Dordtse Kil (3 kilometer en 3,1 m €/km), Westelijk Havengebied (4 kilometer en 21,2 m €/km), Voorstraat/bebouwde dijk (3,5 kilometer en 21,2 m €/km), Wantijdijk (7 kilometer en 16 m €/km), Kop van ’t Land Noord (1,5 kilometer en 16 m €/km) en Kop van ’t Land Zuid (1 kilometer en 2,8 m €/km). In het MARE-project is onderscheid gemaakt in een minimaal en een maximaal scenario. Aangenomen is in de minimale schatting dat het Westelijke havengebied, Voorstraat en de Wantijdijk niet versterkt moeten worden. De totale kosten worden benaderd in de minimale schatting op ongeveer 35 miljoen euro en in het maximale scenario op 300 miljoen euro. Vergelijken met de investeringsruimte laat zien dat deze overeen komt met de strategie met minimale kosten.

TABEL 17 **RISICO BIJ INVESTERINGEN IN DELTADIJK**

	Kop van 't Land			Noordelijk deel dijkring		
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte	
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €/jr)
Referentie 2040	2,4		2,4	2,40		
2x sterker	1,90	7	1,90	1,45	15	0,95
5x sterker	1,50	14	1,50	0,60	28	1,80
10x sterker	1,35	17	1,35	0,30	33	2,10
100x sterker	1,20	19	1,20	0,05	37	2,35

Ook de effecten van overslag zijn van belang omdat deze tot significante schade kunnen leiden. Hier is bij de bovenstaande uitwerking geen rekening mee gehouden. In de gebiedspilot dijkring 36 is gekeken naar de schade als gevolg van overslag bij een deltadijk. Hierbij is deze ontworpen zodat een overslag van 10 l/s/m gedurende 12 uur over de primaire waterkering kan optreden. Met behulp van een overstromingsscenario zijn de gevolgen kaart gebracht. Hierbij is ook gekeken naar de mogelijkheid om dit water te bergen in bestaand open water of weg te pompen. Deze effecten zijn beperkt door het beperkte bergingsvolume en omdat de pompcapaciteit is gebaseerd op neerslag (orde 15 mm per dag. De schade (bepaald met HIS-SSM) is geschat op 1,1 miljard euro. De maximale waterdiepte is opgenomen in Figuur 14. Deze schade wordt beschouwd als een bovengrens omdat is verondersteld dat het water over de gehele lengte van de dijkring slaat gedurende 12 uur.

FIGUUR 14 **GEVOLGEN VAN OVERSLAG BIJ EEN DELTADIJK (HEUVEL ET AL 2011)**



7.2.3 LAAG 2: VOORBEELD VOOR VERHOGEN EN VERSTERKEN VITALE INFRASTRUCTUUR GERICHT OP SCHADEREDUCTIE

Voor de regio Amsterdam is als illustratie gekeken naar de economische rechtvaardiging om te investeren in een hogere veiligheid voor de rwzi Amsterdam West. De aanpak kan hierbij worden vertaald naar diverse andere vitale of kwetsbare objecten.

> **Rekenvoorbeeld**. Een slachtoffer heeft een gemonetariseerde waarde van 6,7 miljoen euro. De economische waarde van 0,57 slachtoffers per jaar is dan 6,7 x 0,6 = 3,8 meuro per jaar. De contante waarde hiervan rekening houdend met de discontovoet is 3,8 x 15,67 = 60 miljoen euro. Als alle slachtoffers worden voorkomen binnen dit budget is het kosten effectief.

De zuivering wordt getroffen bij meerdere scenario's maar niet allen. Het gaat om een doorbraak bij de Lek onder boven maatgevende situaties en bij doorbraken bij IJmuiden. De optredende schade aan de rwzi Amsterdam West wordt geschat op ongeveer 30 miljoen euro. Het risico kan dan met 0,11 miljoen euro per jaar worden verlaagd. Als deze reductie van het risico bereikt kan worden met een eenmalige investering van 0,73 Meuro of minder is deze kosteneffectief.
Een mogelijke maatregel is het beschermen van de zuivering door een waterkering. Hierdoor wordt de directe schade aan de zuivering verlaagd (de vraag is nog wel of zuiveringswater aangeboden kan worden danwel afgevoerd bezien vanuit het netwerk waar de zuivering deel van uitmaakt).

7.3 VERWACHTINGSWAARDE AANTALLEN SLACHTOFFERS EN INVESTERINGSRUIMTE OP BASIS VAN ECONOMISCHE WAARDE

Investeringskosten voor strategieën die gericht zijn op slachtofferreductie kunnen op verschillende manieren worden beoordeeld. De risicomaat 'verwachtingswaarde aantallen slachtoffers' kijkt naar aantallen per jaar, het Lokaal Individueel Risico (LIR) naar de kans dat op een bepaalde plaats een slachtoffer valt en het groepsrisico naar een aantal slachtoffers tegelijk.
De vraag blijft in welke mate investeringen dan wenselijk zijn. Dat kan in beeld worden gebracht door rekening te houden met de economische waarde die een mensenleven vertegenwoordigt. Deze waarde is bepaald door onderzoek aan de VU op basis van de mate waarin we bereid zijn om te investeren om een mensenleven te voorkomen. Deze waarde is ook gebruikt in de MKBA analyses. Ook de verwachtingswaarde van het slachtofferrisico kan per kaart worden uitgedrukt en worden gesommeerd naar een getal per gebied. In onderstaande voorbeelden is de sommatie uitgevoerd.

7.3.1 LAAG 3: VOORBEELD VOOR VERBETEREN ORGANISATIE RAMPENBEHEERSING

In de praktijk zal er altijd een kans zijn op onverwachte gebeurtenissen en mensen die niet evacueren op diverse redenen (als eigen wil, geen middelen of vertrouwen). Ook kunnen door menselijk falen nog slachtoffers optreden. Het slachtofferrisico is dan ook nooit geheel naar nul te brengen. Door middel van verbetering in de rampenbeheersing kan het aantal slachtoffers wel worden gereduceerd. Dit kan door het betere benutten van bestaande middelen (als beschikbare hulpverleners, middelen, gebouwen en asfalt) in uitbreiden van deze capaciteiten. De vraag kan worden gesteld of rampenbeheersing de situatie 'aan kunnen'. Vrijwel per definitie kan worden gesteld dat dat niet het geval is. Zelfs perfect optreden van de rampenbeheersing zal niet alle schade en slachtoffers voorkomen[11]. Zeker voor de Nederlandse

11 Dit geldt ook voor de ruimtelijke ordening. Schade aan gebouw kan wellicht in bepaalde situatie worden voorkomen. Echter schade aan landerijen en effecten omdat gebieden een grote tijd onder water staan en impact hebben op economische en maatschappelijke processen kunnen niet worden voorkomen.

situatie waarin de capaciteiten van de rampenbeheersing zijn gedimensioneerd op basis van de omvang van een gebeurtenis die gemiddeld eens in de 10 jaar voorkomt zal rampenbeheersing bij overstromingen dan vooral gericht zijn op het reduceren van de gevolgen. Hiervoor maken ze gebruik van generieke werkwijze die ze toepassen bij alle rampen en voor specifieke voorbereidingen voor overstromingen. In de analyses zijn de effecten van rampenbeheersing (en zelfredzaamheid) uitgedrukt in:

- Een andere evacuatiefractie: hierdoor hebben meer mensen een veilige bestemming kunnen bereiken buiten het gebied. Hierin is ook het effect verdisconteerd van shelters.
- Mortaliteitspercentage: doordat mensen zelf betere maatregelen nemen of voorbereid zijn is de verwachting dat er een percentage minder slachtoffers vallen.
- Schadereductie: hierdoor neemt door maatregelen de economische schade af. Over dit effect is relatief weinig bekend.

Voor slachtofferreductie (Tabel 18) is veelal onderscheid gemaakt in een absolute bovengrens waarin geen slachtoffers vallen en een meer reële bovengrens. De absolute bovengrens geeft de totale speelruimte aan en levert direct inzichten in kosteneffectiviteit. In *Tabel 18* is voor dijkring 36 opgenomen wat het effect is van deze strategieën. In de referentie is de verwachtingswaarde van 0,57 slachtoffers per jaar. Als dit geheel worden voorkomen reduceert het risico met 3,8 Meuro per jaar (of eenmalig 60 miljoen euro).

> Rekenvoorbeeld. Een slachtoffer heeft een gemonetariseerde waarde van 6,7 miljoen euro. De economische waarde van 0,57 slachtoffers per jaar is dan 6,7 x 0,6 = 3,8 meuro per jaar. De contante waarde hiervan rekening houdend met de discontovoet is 3,8 x 15,67 = 60 miljoen euro. Als alle slachtoffers worden voorkomen binnen dit budget is het kosten effectief.

Een verbetering van de rampenbeheersing waarin de evacuatiefractie van 75% naar 90% gaat reduceert het aantal slachtoffers naar 0,24 per jaar. Hierdoor resteert een risico van 1,5 Meuro per jaar. De investeringsruimte is dan 2,3 Meuro per jaar.

TABEL 18 **BIJDRAGE SLACHTOFFERREDUCTIE AAN RISICO**

	Aantallen slachtoffers		Investeringsruimte	
	(aantal €/jr)	(m €/jaar)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)
Referentie	0.57	3.8		
Reële bovengrens rampenbeheersing	0.24	1.5	36	2.3
Geen slachtoffers	-	-	60	3.8

De kosten van rampenbeheersing zijn veelal jaarlijkse kosten. Impulsen in planvorming en ontwikkeling van kennis kunnen worden gezien als eenmalige kosten. Het onderhouden van deze kennis en zorgdragen dat die in de organisaties en samenleving blijft is iets wat continu aandacht vereist. De kentallen in onderstaande tabel zijn de extra kosten voor waterveiligheid. De middelen die al aanwezig zijn op basis van andere doelen (bijvoorbeeld brand in gebouwen, politiemannen, wegen en gebouwen) kunnen worden benut. De inzet van een agent die nu al in dienst is leidt dan niet tot extra kosten omdat deze al betaald is. Als er extra agenten worden aangenomen vanwege overstromingen leidt dit wel tot extra kosten.

7.3.2 LAAG 1: VOORBEELD VAN GERICHTE DIJKVERSTERKING BINNEN EEN DIJKRING

Door het investeren in enkele dijkvakken, waardoor het ene dijkvak sterker wordt gemaakt dan het andere (en zo wordt gehouden) kan het risico in een gebied sterk worden verlaagd voor geringe kosten. Dit effect is ook zichtbaar als gekeken wordt naar het aantal slachtoffers.

Het voorbeeld is uitgewerkt aan de hand van de casus voor de Brabantse Maas. Hierbij is onderscheid gemaakt in investeren in de gehele dijkring en investeringen in de dijkvakken Keent, Dieden en de Kraaijenbergseplas. Deze dijkvakken zijn ongeveer 1/3 van de totale lengte. Uit Tabel 19 blijkt dat ook het slachtofferrisico dan afneemt.

TABEL 19 **OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE AANTAL SLACHTOFFER PER JAAR VOOR BRABANTSE MAAS BIJ VERSCHILLENDE INVESTERINGSSTRATEGIEËN VOOR WATERKERINGEN**

	Slachtofferrisico		Investeringsruimte	
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig in Meuro	Jaarlijks in Meuro/j
Referentie	0.57	3.8		
Uniform: 2x sterker	0.31	1.9	30	1.9
Uniform: 10x sterker	0.06	0.4	55	3.4
Maatwerk: 2x sterker	0.40	2.7	29	1.9
Maatwerk: 10x sterker	0.30	1.9	29	1.9

7.4 RISICOMAAT LOKAAL INDIVIDUEEL RISICO

Het Lokaal Individueel Risico (LIR) geeft de kans aan dat op een bepaalde plaats een slachtoffer valt. Hierbij wordt rekening gehouden met de kans van overstromen, de lokale effecten en rampenbeheersing.

7.4.1 LAAG 2 EN LAAG 3: VOORBEELD VERHOGEN EN VERSTERKEN VITALE INFRASTRUCTUUR & BEREIKBAARHEID SHELTERS

Voor Dordrecht is deze strategie uitgewerkt. Door het verbeteren van de bereikbaarheid van de shelters kunnen meer mensen evacueren en vallen onder achterblijvers minder slachtoffers. De evacuatiefractie is hiervoor verhoogd van 15% naar 30% en het aantal slachtoffers is gedaald met 25%. Omdat de infrastructuur beter functioneert, is verondersteld dat de hersteltijd korter is waardoor de schade met 10% reduceert.

In Tabel 20 is een overzicht opgenomen van het areaal dat voldaan aan verschillende waardes van het LIR voor dijkring 22. Waar in de referentie orde grootte de helft (45%) niet voldoet aan een kans van 10-6 per jaar voldoet na het nemen van de maatregelen vrijwel het gehele gebied (95%) aan deze waarde.

De verwachtingswaarde van het aantal slachtoffers daalt van 0,10 slachtoffers per jaar naar 0,06 slachtoffers per jaar. De totale verwachtingswaarde van het economische risico van de schade en economische waardering van een mensenleven daalt van 2,40 Meuro per jaar naar 1,95 Meuro per jaar. Om deze maatregel te realiseren is er dan een investeringsruimte van 7 Meuro (dit is een eenmalige investering, die is gelijk aan 0,45 Meuro per jaar bij de gehanteerde discontovoet). Deze investeringsruimte wordt voor 2,70 Meuro gecreëerd door de 10% schadereductie en ruim 4 Meuro voor slachtofferreductie.

TABEL 20 **PERCENTAGE VAN HET GEBIED DAT VOLDOET AAN BEPAALDE WAARDE LIR**

Opgave Basisveiligheid (LIR) in kans per jaar.	Referentie	Effect maatregel
10^{-5}	100%	100%
10^{-6}	45%	95%
10^{-7}	15%	20%

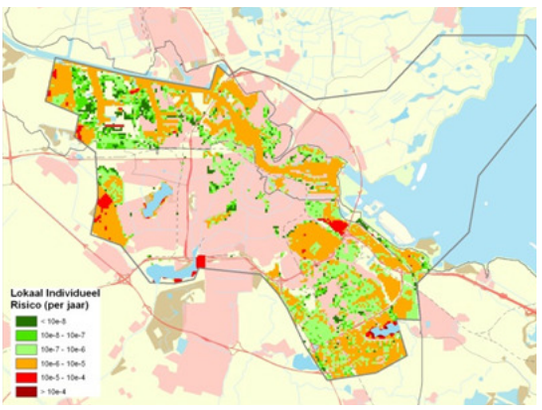
7.4.2 LAAG 1: VOORBEELD DIJKVERSTERKING GEKOPPELD AAN DE LIR

Maatregelen die de kans op een overstroming beïnvloeden en maatregelen gericht om slachtoffers te reduceren hebben effect op de LIR. Schadebeperkende maatregelen als zogenaamd dryproof en wetproof bouwen hebben geen effect op de LIR omdat deze zich enkel richten op reductie van de directe schade. Ophogen van het maaiveld daarentegen kan het LIR wel reduceren omdat de waterdieptes na een overstroming worden verlaagd.

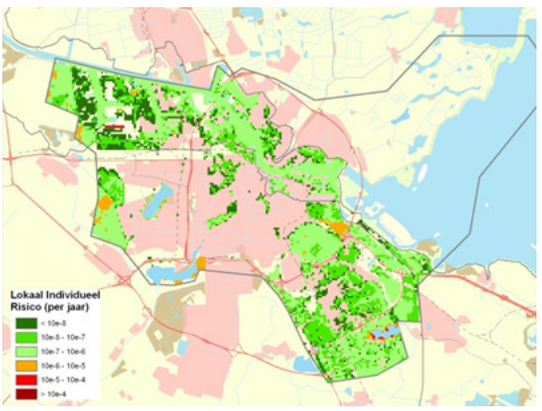
Voor Amsterdam is eerder het voorbeeld van versterkingen voor de Lekdijk uitgevoerd en vergeleken met investeringen in alle waterkeringen. De effecten van deze versterking kunnen ook worden uitgedrukt in de LIR.

In Figuur 15 is het lokaal individueel risico gepresenteerd op een kaart voor beide situaties bij een dijkversterking gericht op een 10x lagere overstromingskans. In het eerste voorbeeld waarin het economisch risico was uitgewerkt bleek duidelijk het effect van de Lekdijk en dat het relatief veel bijdraagt aan reductie van het gehele risico ten opzichte van de andere keringen. Als het vanuit het LIR wordt bekeken is het effect minder goed zichtbaar op kaart. De bijdrage aan het totale risico van de economische schade is echter veel groter dan die van slachtoffers. Bij investeren in enkel de Lekdijk daalt het aantal slachtoffers van 0,21 naar 0,15 per jaar. Als in alle keringen wordt geïnvesteerd daalt het aantal slachtoffers van 0,21 naar 0,02 per jaar.

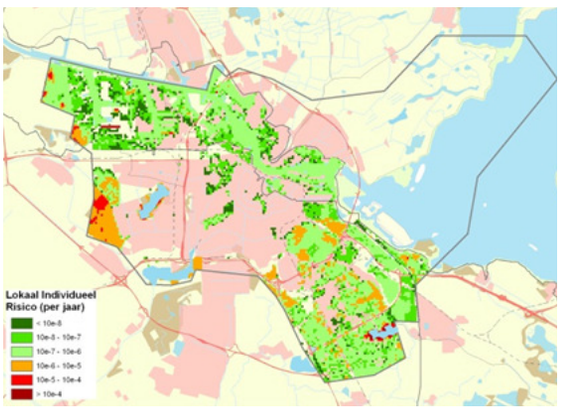
FIGUUR 15 **LIR BIJ REFERENTIE EN DIJKVERSTERKING VOOR 10X STERKER (LINKS BIJ INVESTERING IN ALLE PRIMAIRE KERINGEN EN RECHTS BIJ INVESTERINGEN ALLEEN IN DE LEKDIJK)**



REFERENTIE



10 X STERKER VOOR ALLE PRIMAIRE WATERKERINGEN



10 X STERKER VOOR ALLEEN LEKDIJK RISICOMAAT GROEPSRISICO

7.5 RISICOMAAT GROEPSRISICO

Het groepsrisico is een maat die aangeeft hoeveel slachtoffers tegelijk vallen bij een bepaalde terugkeertijd. Binnen de externe veiligheid worden hiervoor eisen gesteld aan objecten, deze zijn echter direct toepasbaar voor overstromingen. Het groepsrisico moet in werkelijk worden beschouwd voor Nederland of een onafhankelijk deelgebied, bijvoorbeeld het gehele rivierengebied. Om het groepsrisico te bepalen is het nodig rekening te houden met de correlatie tussen verschillende dijkringen, hierover is nog weinig bekend.

Het groepsrisico zoals berekend per dijkring of gebied kan worden gebruikt om inzicht te krijgen in deze dijkring, levert informatie voor de bijdrage aan het totale groepsrisico en het effect van maatregelen binnen de dijkring kan in kaart worden gebracht.

Het groepsrisico kan worden uitgedrukt in een zogenaamd FN Curve. Deze geeft op twee assen weer wat de kans is op een aantal slachtoffers tegelijk. Het groepsrisico kan worden verlaagd door zowel de kans te verlagen als de gevolgen.

7.5.1 LAAG 2 EN 3: VOORBEELD RAMPENBEHEERSING EN INRICHTING SHELTERS

Voor Amsterdam is een voorbeeld uitgewerkt waarin maatregelen zijn genomen om slachtoffers te reduceren. Hierin is gekeken naar de combinatie van:

- Meer mensen die kunnen evacueren en een veilig heenkomen hebben, de evacuatiefractie stijgt van 30% naar 75%[12].
- Versterking benutting shelters en bestaande bouw. Van de achterblijvers wordt meer zelfredzaam gedrag verondersteld waardoor de kans op overlijden kleiner is. Bestaande bebouwing en handelingen van de mensen zelf gericht op zelfvoorzienendheid leiden tot twee varianten van slachtofferafname onder achterblijvers:
  A. 25% minder slachtoffers
  B. 50% minder slachtoffers

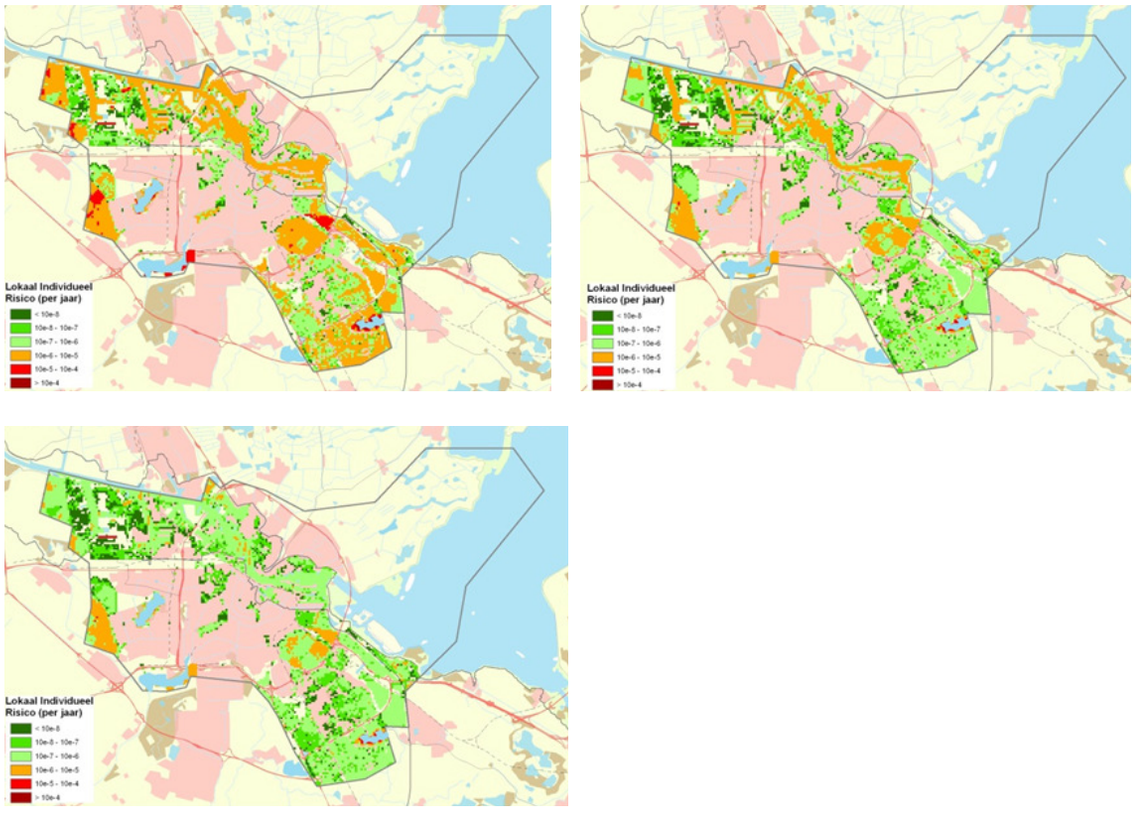
De verwachtingswaarde van het totale risico daalt beperkt door deze maatregelen van 11,33 Meuro per jaar naar 11,18 Meuro per jaar bij variant A en 11,16 Meuro per jaar bij variant B. het verwachte aantal slachtoffers per jaar daalt respectievelijk met 0,15 slachtoffers per jaar en 0,17 slachtoffers per jaar (van 0,21 slachtoffers per jaar in de referentie). In Tabel 21 is het groepsrisico gepresenteerd. Ondanks het beperkte effect in termen van economisch risico is het effect het groepsrisico duidelijk zichtbaar. Ter illustratie is in Figuur 16 ook het effect op het LIR opgenomen middels een kaart.

TABEL 21 **KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS**

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar 'Referentiesituatie'	1/260	1/9.000	<1/100.000
Variant A	1/390	1/17.000	<1/100.000
Variant B	1/700	<1/100.000	<1/100.000

12 Technische uitwerking: Toename van de evacautiefractie tot 75% leidt tot een reductiefactor van 2,8. In de oorspronkelijke som zit een gemiddelde evacuatiefractie van 30 procent een toename tot 75 procent leidt dan tot een factor 2,8 minder slachtoffers ((1-0,3)/(1-0,75)=2,8).

FIGUUR 16 **LIR BIJ REFERENTIE EN BIJ NIEUWE SHELTERS (LINKSBOVEN: REF, RECHTSBOVEN: VARIANT A, LINKSONDER: VARIANT B)**



7.5.2 LAAG 1 EN 3: VOORBEELD DELTADIJK OF DIJKVERSTERKING VERSUS RAMPENBEHEERSING

De overstromingskans heeft ook invloed op het groepsrisico (Tabel 22). Dat is aan de hand van maatregelen aan de waterkeringen geïllustreerd. Hierbij is het effect gepresenteerd van een deltadijk en een dijkversterking waarin beide maatregelen aan de kering de doorbraakkans met een factor 10 reduceren. De effecten op groepsrisico zijn afgezet tegen twee strategieën gericht op slachtofferreductie middels gevolgbeperking. De eerste strategie focust op het verbeteren van de organisatie van de rampenbeheersing, hierdoor stijgt de evacuatiefractie van 75% naar 90%. De tweede strategie ambieert het aantal slachtoffers met een factor 2 te verkleinen door versterking zelfredzaamheid.

TABEL 22 **EFFECT OP GROEPSRISICO BIJ DIJKVERSTERKING OF DELTADIJK**

Opgave groepsrisico	**Aantal slachtoffers**		
	10	**100**	**1000**
Kans per jaar 'systeem op orde' (1/250 per jaar)	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar '2x sterker' (1/500 per jaar)	1/560	1/1.200	1/18.000
Kans per jaar '5x sterker' (1/1.250 per jaar)	1/1.400	1/2.900	1/44.000
Kans per jaar '10x sterker' (1/2.500 per jaar)	1/2.800	1/5.900	1/88.000
Kans per jaar '100x sterker' (1/25.000 per jaar)	1/28.000	1/59.000	1/880.000
Kans per jaar bij verbeteren organisatie rampenbeheersing	1/320	1/2.300	<1.000.000
Kans per jaar bij verbeteren organisatie rampenbeheersing en rampenbeheersing	1/390	1/1.800	<1.000.000

7.6 COMBINATIES VAN MAATREGELEN

Het is mogelijk om maatregelen van verschillende lagen te combineren. Er kunnen bijvoorbeeld combinaties worden gemaakt van dijkversterking, inrichting en rampenbeheersing. De genomen maatregelen beïnvloeden echter wel de haalbaarheid van andere maatregelen.

Bijvoorbeeld voor Amsterdam geldt dat het risico in de referentiesituatie 11,33 miljoen euro per jaar is. Dijkversterking (uniform) waardoor de overstromingskans met een factor 10 daalt of enkel een versterking langs de Lek reduceert het risico naar respectievelijke 1,13 en 4,31 miljoen euro per jaar. Verdere risicoreductie door middel van schadereductie door ruimtelijke inrichting is hierbij minder kosteneffectief dan in de referentiesituatie. Met andere woorden, een gelijke investering zal leiden tot een veel kleinere risicoreductie waarbij de vraag is of dat nog acceptabel is.

Voor de Maas geldt hetzelfde. Het risico in de huidige situatie is 48,5 miljoen euro per jaar. Een factor 10 lagere overstromingskans reduceert het risico naar 4,9 miljoen euro. Het geheel voorkomen van de schade door slimme ruimtelijke ontwikkeling zou uitgevoerd moeten worden binnen een budget van orde 75 miljoen euro. Als dat betekend dat er 50.000 huizen moeten worden aangepast dan is er per huis 1500 euro beschikbaar. Het voorkomen van 50% van de schade levert een budget op van 37,6 miljoen euro.
Als ten opzichte van de referentie situatie risiconeutraal wordt gebouwd, waarbij de toename van de waarde in de toekomst ten opzichte van de huidige situatie van het gebied wordt gecompenseerd door adaptieve ontwikkeling, daalt het risico van 48,5 naar 31,7 miljoen euro. Hiervoor is een investeringsruimte van 260 miljoen euro beschikbaar. Deze investeringsruimte van 260 miljoen euro is veel groter terwijl de opgave om een de overstromingskans een factor 2 kleiner te maken minder lijkt dan de opgave om de schade bij een overstroming te halveren.

7.7 UITWERKING ONTWERPATELIER

7.7.1 MEERWAARDE VAN TOEPASSING

Het nadenken in termen van Meerlaagsveiligheid is binnen de casus Zaan IJ oevers uitgevoerd tijdens het ontwerpproces. Door de inzichten in overstromingsrisico's, het effect van verschillende maatregelen binnen het gebied zoals hieronder beschreven is het mogelijk geweest om bewuste keuzes te maken over hoe om te gaan met waterveiligheid. Zowel door de waterbeheerder als de betrokken ontwerper is de toepassing juist tijdens het ontwerpproces als positief ervaren.

Ook is inzicht gekregen in het effect van maatregelen buiten de Zaan IJ oevers zoals de versterking van de Lekdijk. Het wel of niet meenemen van deze versterking heeft een dusdanig effect op het risico dat dit leidt tot een ander ontwerpproces. Als de Lekdijk wordt versterkt zal de aandacht voor overstromingen sterk in prioriteit verminderen. Voor de casus Zaan IJ Oevers geldt ook dat er veel vervuiling in de grond zit. Hiervoor zijn er per definitie al maatregelen nodig als ophogen of afgraven op basis van de gestelde eisen voor bodemverontreiniging. Met name het ophogen zal ook een positief effect hebben op overstromingsrisicobeheer.

Het meenemen van de gevolgen van overstromingen in het ontwerpproces gaf ook aanleiding voor discussie. Er bestaan geen criteria waaraan bepaald kan worden of het voldoende wordt meegenomen of niet. Nu wordt de inschatting of het risico acceptabel is of niet telkens

impliciet gemaakt door de betrokken. Ook bestaan er geen ontwerpcriteria (bijvoorbeeld gekoppeld aan terugkeertijden van waterstanden in het gebied) die gebruikt kunnen als worden als input voor het ontwerpproces. Keuzes over te hanteren waterstanden hebben dan ook tot veel discussie geleid.

Naast de criteria wordt water wel als element gebruikt om een ontwerp aantrekkelijker te maken. Zo worden er inrichtingsvormen gekozen die de nabijheid van water goed tot uiting laten komen. Deze ontwikkelingen worden vooral ingegeven op basis van een gebiedsvisie en niet vanuit overstromingsrisicobeheer.

7.7.2 EFFECTEN OP RISICO'S EN INVESTERINGSRUIMTES

Het gebied Zaan IJ oevers wordt sterk ontwikkeld de komende tijd. Hierdoor is het niet relevant om een jaarlijkse (gemiddelde) toeslag op de waarde van het gebied te veronderstellen. De exacte waardestijging in de toekomst is echter nog onduidelijk, daarom is een bandbreedte inzichtelijk gemaakt. Gekeken is naar het risico als:

- De waarde niet stijgt
- De waarde verdubbeld
- De waarde vervijfvoudigd
- De waarde vertienvoudigd

Deze toename van de waarde is gebaseerd op de huidige inschatting van de schade bij een overstroming. Hiervoor is gebruik gemaakt van de gegevens en schadefuncties in HIS-SSM. Deze zijn opgenomen in Figuur 17.

FIGUUR 17 **HUIDIG GRONDGEBRUIK IN ZAAN IJ OEVERS UIT HIS-SSM**

		Zaan-IJoevers	Deelgebied A1	Deelgebied A2	Deelgebied A3	Deelgebied A4
Grond-gebruik [m2]	Stedelijk gebied	3,245,000	499,000	366,000	1,059,000	719,000
	Landbouw	69,000	0	14,000	21,000	0
	Intensieve recreatie	236,000	56,000	24,000	124,000	33,000
	Extensieve recreatie	1,166,000	51,000	305,000	204,000	231,000
	Subtotaal [m2]	*4,716,000*	*606,000*	*709,000*	*1,408,000*	*983,000*
Wonen [stuks]	Boerderijen	20	0	0	20	0
	Eengezinswoningen	9,230	2,140	90	1,410	2,780
	Laagbouw	2,280	140	20	340	1,630
	Middenbouw	1,180	70	0	540	510
	Hoogbouw	40	20	0	0	10
	Voertuigen	10,800	2,340	120	1,920	3,940
	Subtotaal [stuks]	*23,550*	*4,710*	*230*	*4,230*	*8,870*
Werken [arbeidsplaatsen]	Transport	1,290	30	600	400	230
	Banken/Verzekeringen	7,230	60	1,990	4,660	500
	Handel/Horeca	6,430	580	2,790	1,430	1,490
	Industrie	3,030	330	1,100	1,250	300
	Nutsbedrijven	140	0	70	30	40
	Delfstoffen	20	0	0	20	0
	Overheid	910	90	60	560	180
	Subtotaal [arbeidsplaatsen]	*19,050*	*1,090*	*6,610*	*8,350*	*2,740*
	Totaal [miljoen Euro]	**€ 6,300**	**€ 900**	**€ 1,000**	**€ 2,000**	**€ 1,600**

De effecten van maatregelen op het risico in euro's per jaar (zonder meenemen van slachtoffers) zijn opgenomen in onderstaande tabellen, de maatregelen zijn (zie Figuur 10):

- preventie door aanleggen waterkeringen door gebieden A1 en A4 beter beschermen)
- anders bouwen door met de ontwikkelingen in de gebieden A1, 2, 3 en 4 de toegenomen waarde te compenseren met anders ontwikkelen zodat de schade op het niveau van de huidige situatie blijft.

In deze uitwerking is onderscheid gemaakt de situatie met (factor 10 x sterker) versterking van de Lekdijk (Tabel 24) en zonder een versterking van de Lekdijk (Tabel 23).

Uit de uitwerking van de risico's blijkt dat als ingezet wordt op versterking van de Lekdijk de risico's al sterk reduceren. Door dit lage risico zijn de te behalen baten door verdere investeringen gering. Investeren in de Lekdijk is hiermee een alternatief voor lokale maatregelen. Investeringen in de Lekdijk hebben ook elders een effect (wat nu niet is meegenomen).
Naarmate de waarde van het gebied toeneemt (door de ontwikkeling) is er ook meer ruimte om het risico te reduceren. Hierdoor nemen de budgetten hiervoor ook toe. In de situatie zonder versterking van de Lekdijk en zonder waardevermeerdering in het gebied zou het voorkomen van een overstroming van gebied A1 door aanleg van de kering B1 (zie 6.4.5) kosteneffectief uitgevoerd moeten worden binnen een eenmalig investeringsbudget van 0,25 Meuro. Deze investeringsruimte ontstaat door de risicoreductie in achterliggend gebied. Als de waarde van het gebied vertienvoudigd is er op basis van de risicobenadering 2,5 Meuro beschikbaar voor dezelfde nieuw aan te leggen kering als gevolg van de grotere te behalen risicoreductie..

Ook door schadeneutraal ontwikkelen kan het risico worden gereduceerd. Afhankelijk van de risicoreductie die bereikt wordt kan er ook een investeringsruimte worden bepaald (voor eenmalige investeringen zijn deze nu uitgewerkt). Als de waarde verdubbeld binnen de gebieden dan is voor ieder gebied een investeringsruimte van minder van 1 Meuro beschikbaar. Vertienvoudigt de waarde dan loopt deze investeringsruimte op tot enkele miljoenen. Opgemerkt wordt dat wel aangetoond moet worden dat het uiteindelijke ontwikkelt het beoogde effect zal bereiken.

TABEL 23 **RISICO'S EN INVESTERINGSRUIMTE BIJ STRATEGIEËN VOOR ZAAN IJ OEVERS ZONDER VERSTERKING LEKDIJK**

Zonder versterking Lekdijk	**geen toename waarde**		**Waarde-toename 2x**		**Waarde-toename 5x**		**Waarde-toename 10x**	
	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro
Referentie 2040 Zaan-IJoevers	0.10		0.20		0.49		0.99	
Aanleg kering gebied B1	0.08	0.25	0.17	0.50	0.41	1.24	0.83	2.48
Aanleg kering gebied B2	0.09	0.09	0.19	0.17	0.47	0.43	0.93	0.86
Schadeneutraal bouwen A1	0.10		0.18	0.25	0.43	0.99	0.85	2.23
Schadeneutraal bouwen A2	0.10		0.17	0.49	0.37	1.98	0.70	4.45
Schadeneutraal bouwen A3	0.10		0.15	0.74	0.31	2.95	0.56	6.63
Schadeneutraal bouwen A4	0.10		0.19	0.09	0.47	0.35	0.94	0.78

TABEL 24 **RISICO'S EN INVESTERINGSRUIMTE BIJ STRATEGIEËN VOOR ZAAN IJ OEVERS MET VERSTERKING LEKDIJK**

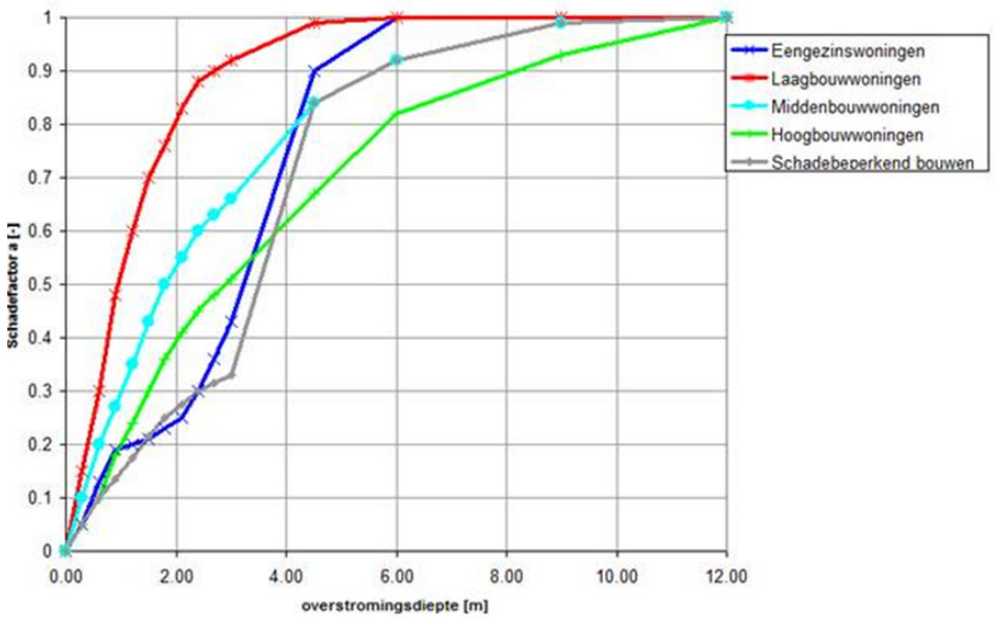
Met versterking Lekdijk	geen toename waarde		Waarde-toename 2x		Waarde-toename 5x		Waarde-toename 10x	
	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro	Risico in Meuro per jaar	Investeringsruimte in Meuro
Referentie 2040 Zaan-IJoevers	0.02		0.05		0.11		0.23	
Aanleg kering gebied B1	0.02	0.03	0.04	0.05	0.11	0.13	0.21	0.25
Aanleg kering gebied B2	0.02	0.01	0.04	0.02	0.11	0.06	0.22	0.12
Schadeneutraal bouwen A1	0.02		0.04	0.03	0.11	0.10	0.21	0.23
Schadeneutraal bouwen A2	0.02		0.04	0.06	0.10	0.23	0.19	0.52
Schadeneutraal bouwen A3	0.02		0.04	0.08	0.09	0.32	0.18	0.72
Schadeneutraal bouwen A4	0.02		0.04	0.01	0.11	0.05	0.22	0.10

7.7.3 OPHOGEN

Door middel van ophogen wordt de overstromingsdiepte verlaagd bij het object. Hierdoor treedt minder schade op. Vanwege bodemverontreiniging in het gebied zijn maatregelen noodzakelijk om te saneren, afgraven of ophogen (met een afdeklaag). De eisen zijn afhankelijk van de beoogde ontwikkeling en de mate van vervuiling. In de praktijk is voor situaties als bij de Zaan IJ oevers ophogen vaak een reële optie. Dat betekent dat zowel vanuit bodemverontreiniging als vanuit waterveiligheid gekeken kan worden naar ophogingen.

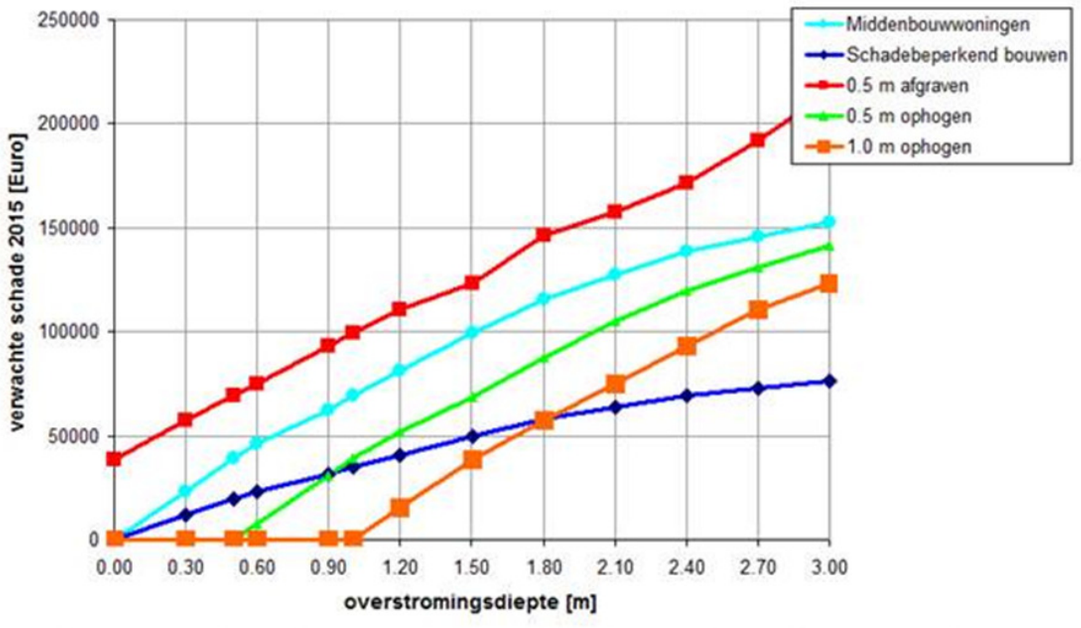
Om inzicht te krijgen in het effect op de schade aan objecten bij een overstroming is nader ingegaan op de schadefuncties zoals die nu worden gehanteerd in HIS-SSM. Een schadefunctie beschrijft de relatie tussen de overstromingsdiepte en de schadefactor (waarde van 0 voor geen schade tot 1 voor maximale schade) voor objecten en vormen van grondgebruik. Deze schadefunctie beschrijft zowel de opstalschade (schade aan gebouw) als de inboedelschade. Per type grondgebruik kan de verwachte optredende schade met een schadefunctie worden beschreven. De schade aan woningbouw wordt beschreven door 4 schadefuncties voor verschillende type gebouwen; eengezinswoningen, laagbouw-, middenbouw- en hoogbouwwoningen. Door middel van schadebeperkend bouwen kan een andere vorm van ontwikkelen worden toegepast, hiervoor zijn nog geen schadefuncties bekend. In Figuur 18 is wel een voorbeeld opgenomen (met de grijze lijn) hoe een dergelijke functie eruit kan zien. De maximale schade wordt hierbij niet beïnvloedt, wel zal de schade bij lagere waterdieptes minder snel oplopen. Deze waarde is natuurlijk afhankelijk van het ontwerp. De strekking van deze maatregel is dat schadegevoelige functies niet op de lage delen worden gesitueerd. Dit is vertaald naar een schadereductie van 50% voor de overstromingsdieptes tussen 0 en 3 meter. De schade loopt pas op als een bepaalde waarde – in dit geval een diepte van 3 meter – wordt overschreden.

FIGUUR 18 **SCHADEFUNCTIES**



Als uitgegaan wordt van de schadefunctie voor middenbouwwoningen (4 woonlagen) kan worden verkend wat het effect is van ophogen. Het maximale schadebedrag (vertaald naar prijspeil 2015 wat ook de basis is van de referentiesituatie in dit onderzoek) voor een middenbouwwoning is 230.000 Euro per woning (dit is gebaseerd op een prijspeil van 172.000 Euro in 2000 met een inflatie van 2%). Stel dat de gebiedsgemiddelde overstromingsdiepte 1,50 m is, dan is de verwachte schade per woning gemiddeld 100.000 euro. Door ophogingen vermindert de overstromingsdiepte, door afgraven zal de diepte toenemen. De verwachte schade per woning daalt tot 70.000 Euro bij een 0.5 meter ophoging en tot 40.000 Euro bij 1.00 meter ophoging. Afgraven met 0,5 meter betekent een toename van de schade met gebiedsgemiddeld 25.000 Euro per woning. In Figuur 19 is het effect middels functies weergegeven voor middenbouwwoningen.

FIGUUR 19 **EFFECT VAN OPHOGEN EN AFGRAVEN (MIDDENBOUWWONINGEN ZIJN HIERBIJ DE REFERENTIE WAAROP DE WIJZIGINGEN ZIJN AANGEBRACHT).**

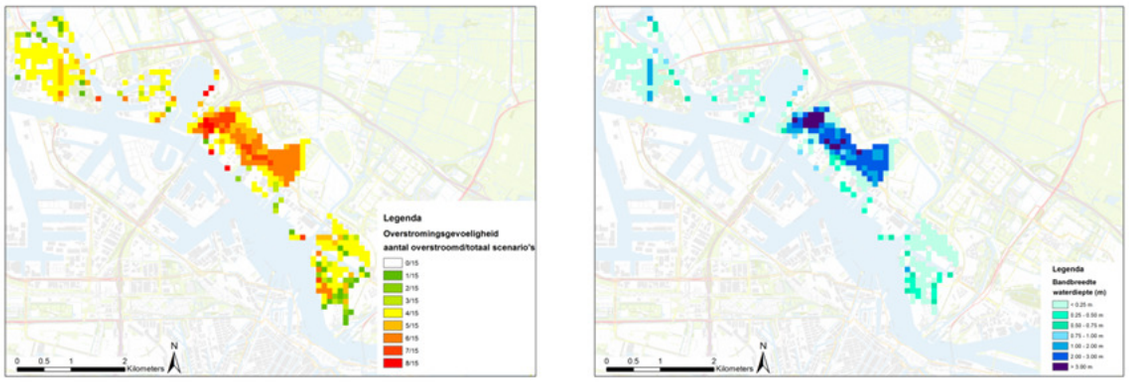


7.7.4 VERDIEPING: OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID EN OVERSCHRIJDINGSFREQUENTIES VAN WATERDIEPTEN IN HET GEBIED

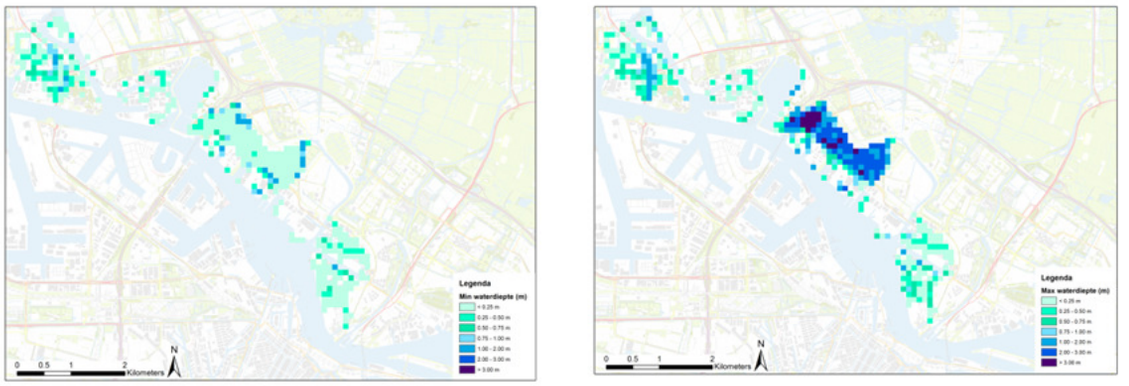
De effecten van een overstroming hangen sterk af van de specifieke omstandigheden. Bij de uitwerking van de risico's is rekening gehouden met verschillende scenario's (breslocaties maar ook verschillende hydraulische belastingen als bij toetspeil en extreme gebeurtenissen). Daarom is ook in kaart gebracht bij welke overstromingsscenario's de Zaan IJ oevers overstromen. Deze zijn opgenomen inFiguur 20, in deze figuur is aangegeven met een ruimtelijke verdeling bij hoeveel, van de voor Amsterdam meegenomen, scenario's delen van de Zaan IJ oevers overstromen. Hieruit blijkt dat in maximaal 9 van de 15 meegenomen scenario's het gebied overstroomt.

In Figuur 21 is, er vanuit gaande dat het overstroomt, aangegeven wat de minimale en de maximale overstromingsdiepte is op basis van de meegenomen scenario's. Figuur 20 is het verschil tussen minimum en maximum als bandbreedte opgenomen.

FIGUUR 20 OVERSTROMINGSGEVOELIGHEID (LINKS) BINNEN ZAAN IJ OEVERS EN BANDBREEDTE (RECHTS) OVERSTROMINGSDIEPTE BINNEN ZAAN IJ OEVERS GEGEVEN DAT HET GEBIED OVERSTROOMT OP BASIS VAN BESCHIKBARE SCENARIO'S



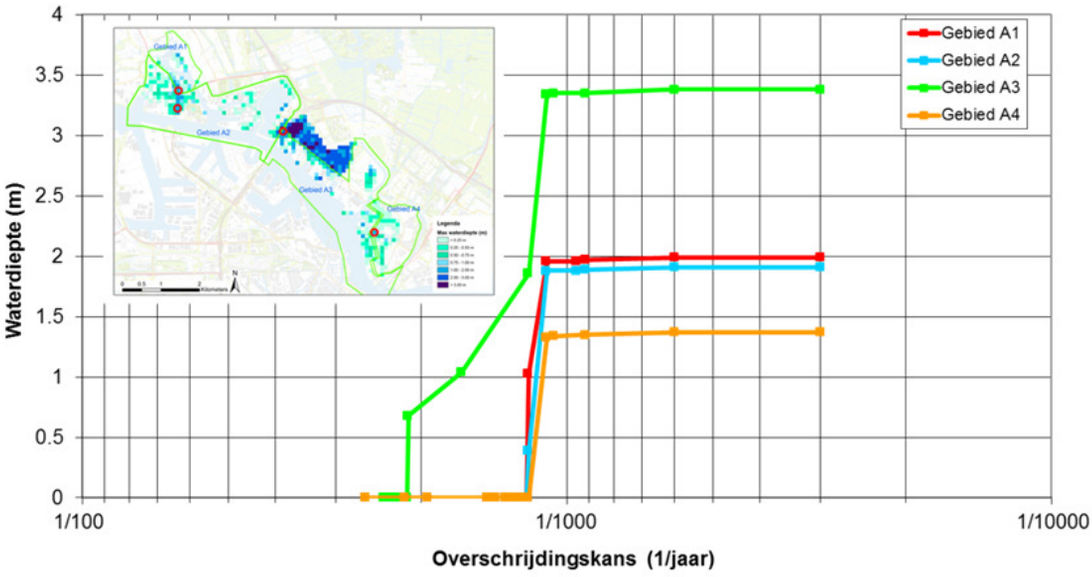
FIGUUR 21 MINIMALE (LINKS) EN MAXIMALE (RECHTS) OVERSTROMINGSDIEPTE BINNEN ZAAN IJ OEVERS GEGEVEN DAT HET GEBIED OVERSTROOMT OP BASIS VAN BESCHIKBARE SCENARIO'S



Uit deze figuren blijkt duidelijk dat de overstromingsdiepte afhankelijk is van de specifieke scenario's. In Figuur 22 zijn overschrijdingsfrequenties van waterdieptes opgenomen. Deze geven aan hoe vaak een waterstand op deze plaats wordt overschreden. Op basis van deze overschrijdingsfrequentie kunnen bijvoorbeeld ontwerppeilen worden bepaald. Deze ontwerppeilen kunnen worden gebaseerd op overschrijdingsfrequenties van waterstanden in het gebied. Deze kunnen worden opgesteld op basis van een set van mogelijke overstromingsscenario's. Hiermee wordt de risicobenadering ook doorgevoerd in ruimtelijk beleid en kan er een duidelijke opgave worden gedefinieerd.

De resultaten worden ook sterk beïnvloed door de scenario's die zijn meegenomen. Dat blijkt in de figuur nu door het afvlakken van de waterstand bij extremen. Omdat er geen grotere extremen (met kleinere kansen) zijn meegenomen neemt de waterstand niet toe. Toevoegen van deze extremen is alleen relevant als de keuze voor ontwerppeilen hierdoor wordt beïnvloed. De huidige scenario's zijn binnen VNK2 en WV21 geselecteerd voor de bepaling van risico's op dijkringniveau. Voor de toepassing nu lijkt het dat er meer scenario's noodzakelijk zijn, ook is mogelijk een verdere detaillering van het overstromingsmodel noodzakelijk omdat het schaalniveau van de huidige toepassing in het model grover is dan de ruimtelijke analyse (en ook met een ander doel gemaakt). Hier is nader onderzoek naar nodig. De huidige resultaten geven wel inzicht in de effecten van maatregelen en kunnen worden gebruiken om verschillende strategieën te vergelijken.

FIGUUR 22 **OVERSCHRIJDINGSFREQUENTIE VAN WATERDIEPTE VOOR ENKELE REPRESENTATIEVE LOCATIES (LET OP, DE BOVENGRENS VAN DE WATERSTAND WORDT IN DEZE FIGUUR GEDOMINEERD DOOR DE MEEGENOMEN SCENARIO'S EN ONTBREKEN VAN ANDERE EXTREMEN)**



7.8 BIJDRAGE AAN OVERSTROMINGSRISICO VAN HET PRIMAIRE EN HET REGIONALE WATERSYSTEEM

Voor de regio Amsterdam is het overstromingsrisico bepaald op basis van de combinatie van het regionale en het primaire watersysteem. De bijdrage aan de verwachtingswaarde van het economisch risico van de dijkring van het regionale systeem is minder groot dan van het primaire systeem.

De inschattingen van het regionale systeem zijn relatief onzeker. Zo is de overstromingskans geschat op 1/1.000 per jaar (gelijk aan de norm waarbij een overschrijdingskans van de waterstand hoort van 1/1.000 per jaar). Op basis van de historie en beheer zijn er aanwijzingen dat de overstromingskans lager is:

- Bij de bepaling van de hydraulische belastingen is er geen rekening mee gehouden dat polders met een lagere veiligheid al bezwijken.
- Op basis van opgetreden dijkdoorbraken in het verleden in het regionale systeem en rekening houdend met het aantal onafhankelijk systemen en een gemiddelde overschrijdingskans van de waterstand als norm van 1/100 jaar kan worden geconcludeerd dat de werkelijke overstromingskans kleiner is. Dat betekent dat er een combinatie is van reststerkte en organisatorische maatregelen.

Ook bij het bepalen van de gevolgen speelt beheer een grote rol. Voor een regionaal watersysteem is de aanvoercapaciteit door het regionale systeem sterk bepalend voor de hoeveelheid water die door een bres kan stromen. Bij de kust en rivieren is het aanbod van water veel groter. Daarnaast heeft het waterschap een crisisorganisatie die maatregelen zal nemen eventueel ondersteund door defensie en de hulpdiensten. Er vanuit gaande dat er gemiddeld na 3 uur maatregelen zijn getroffen om de regionale watersystemen te compartimenteren zijn de berekeningen gemaakt. Als deze tijd anders is zal een andere hoeveelheid water de polders instromen.

Het economisch schaderisico bepaald door de combinatie van primair en regionaal is 11,33 Meuro per jaar voor de regio Amsterdam. Als alleen het primaire systeem wordt meegenomen is de schade 7,85 Meuro per jaar. De bijdrage van het regionale systeem is dus orde grootte 1/3 deel van het primaire systeem. Deze bijdrage geldt voor het gehele gebied. In de analyse van de Zaan IJ Oevers is duidelijk dat een reductie van de overstromingskans bij de Lekdijk het risico sterkt verlaagt. Deze reductie is bijna een factor 10 bij een kansverlaging met ook een factor 10. Het regionale systeem heeft hier dan nauwelijks invloed. Dat betekent tegelijkertijd dat elders het regionale systeem mogelijk veel dominanter is dan het hoofdwatersysteem. Een ruimtelijke analyse kan hier meer inzicht in geven.

8

AFWEGING KOSTEN VERSUS ANDERE WAARDEN

In hoofdstuk 6 is vooral ingegaan kosteneffectiviteit. In dit hoofdstuk zijn andere waarden benoemd die een rol kunnen spelen in de afweging. Hierbij geldt:

- De waardering van deze aspecten zal per regio door de betrokken actoren worden benoemd.
- Er kunnen extra waarden aan worden toegevoegd of verwijderd.

Het Afwegingskader Meerlaagsveiligheid zoals opgesteld door STOWA en beschreven in hoofdstuk 3 Toepassing afwegingskader en relatie Deltaprogramma' 'voorziet in een uitwerking van de kosteneffectiviteit, de beoordeling op (prestatie)criteria en het in beeld brengen van andere belangen. Een en ander zoals genoemd in de brief 'stand van zaken waterveiligheidsbeleid' die op 29 november 2011 door de Staatssecretaris van I&M aan de Tweede kamer is gezonden: "Op deze manier wordt de komende jaren duidelijk wat de veiligheidsopgave concreet betekent in termen van kosten, ruimte, draagvlak, haalbaarheid en betaalbaarheid. Uitgangspunten hierbij zijn het voorkomen van afwenteling (zowel naar andere partijen, volgende generaties als andere schaalniveaus) en het bereiken van een maximale kosteneffectiviteit van de maatregelen."

Een aanvullende voorwaarde die wordt gesteld aan maatregelen in kader van meerlaagsveiligheid (zie brief van de Deltacommissaris van 30 januari 2012 'Werk aan de Delta; op weg naar een Deltaplan Waterveiligheid') is de aantoonbaarheid van de werking en de handhaafbaarheid van het effect op termijn. In wezen betreft het een beoordeling in hoeverre maatregelen reële alternatieven betreffen. Dit speelt al in de fase dat de alternatieven worden ontwikkeld.

Naast fysieke elementen gaat het bij laag 2 en laag 3 hierbij ook om menselijk en organisatorisch falen. Ruimtelijk beleid heeft betrekking op een langere termijnen diverse stakeholders zijn betrokken. De ruimtelijke procedures bieden ook mogelijkheden voor uitzonderingen. Rampenbeheersing bestaat ook uit menselijk handelen waardoor de gevolgen kunnen worden verkleind, echter verkeerde handelingen kunnen de gevolgen ook groter maken zeker als deze dicht bij de dagelijkse werkzaamheden liggen. Rampenbeheersing richt zich op het vergroten van de kans dat de juiste handelingen worden verricht en dat beschikbare middelen en infrastructuur zo goed mogelijk worden benut.

De door het Deltaprogramma en de Staatssecretaris aangedragen (prestatie)criteria kunnen worden gebruikt om meerlaagsveiligheid strategieën te beoordelen. Naast kosteneffectiviteit kan worden gekeken naar criteria als (uit de eerder genoemd handreiking) ruimte, draagvlak, haalbaarheid en betaalbaarheid mits de maatregelen aantoonbaar werken en handhaafbaar zijn. Een voorbeeld voor argumenten die bij de uitwerking van een strategie aan bod kunnen komen is opgenomen in Tabel 25.

TABEL 25 **ARGUMENTEN VOOR VERSCHILLENDE CRITERIA IN AFWEGINGSKADER MLV**

Criteria	Argumenten
Kosteneffectiviteit waterveiligheid	Deze is voor de verschillende alternatieven bepaald. Zowel het risico als de kosten zijn in kaart gebracht voor waterveiligheid. Het gaat hierbij om middelen en mensuren: Uitvoeringskosten: kosten voor realiseren van opgave. Beleid en ontwerp kosten (voor maken ontwerp): kosten voor het opstellen en vormgeven van landelijk en lokaal beleid, maken van ontwerpen. Toezicht op ontwerp: kosten voor beoordelen van ontwerpen en vergunningen. Handhaving en inspectie[13]: kosten voor handhaving en voor maatregelen na geconstateerde gebreken.
Kosteneffectiviteit andere doelen	Het gaat hierbij om meekoppelen doelen als wateroverlast, ruimtelijke ontwikkeling, bodemverontreiniging etc. Hierbij kunnen per alternatief de extra baten en kosten in kaart gebracht op basis van de gestelde doelen.
Ruimte	Beoordeeld kan worden wat de impact is op de ruimtelijke kwaliteit per strategie.
Draagvlak	Op basis van de consultatie van stakeholders kan het draagvlak per strategie in kaart worden gebracht. Hieruit blijkt al in hoeverre extra investeringen wenselijk zijn om bepaalde doelen te bereiken of om een andere vorm van inrichten te kiezen.
Haalbaarheid	Hierbij gaat het erom of een oplossing zal werken, ook op de lange termijn. Het is bekend dat de perceptie van de bevolking aangaande overstromingsrisico's varieert over de tijd. Ook de aandacht van bestuurders, ontwerpers, rampenbeheerders zal variëren. Omdat maatregelen in de ruimtelijke sfeer en rampenbeheersing ook een meer continu karakter hebben en de rol van mensen groter is (dan in fysieke infrastructuur) is ook de kans op menselijk falen aanwezig.
Betaalbaarheid	Hierbij gaat het om of een maatregel nu al kan worden betaald en wie de financiering verzorgt. Het recente advies (maart 2012) van de Adviescommissie Water stelt voor om aparte financieringsstromen te maken voor preventie, inrichting en rampenbeheersing waarbij de financiën in het nieuwe Hoogwater Beschermings Programma geheel ten goede komen aan preventie omdat deze maatregelen overwegend kosteneffectiever zijn en dat er tekort aan geld is. Op basis van kosteneffectiviteit in de risicobenadering wordt gekeken naar maatschappelijke kosten, de investeringen voor inrichting en rampenbeheersing zijn ook gekoppeld aan overstromingen en komen in feite uit de zelfde 'pot' die moet worden verdeeld. Een mechanisme om budgetten te verdelen lijkt dan wenselijk tenzij organisaties in laag 2 en 3 zelf de kosten moeten dragen. Het lijkt dan onwaarschijnlijk dat deze meer gaan investeren in waterveiligheid als er geen harde eisen gesteld zijn.
Verantwoordelijkheid overheid	In een democratie wordt van de overheid verwacht dat deze zoals tijdens een ontwerpvraagstuk (als meerlaagsveiligheid) als tijdens een praktijksituatie (als een vergunningverlening of een crisis) adequate maatregelen neemt op basis van dan beschikbare informatie en kennis, en op basis van beschikbare middelen. Dat betekent dat de maatschappij ook tijdens een crisis verwacht dat de overheid verstandige maatregelen neemt (zonder dat deze alle gevolgen moeten voorkomen).

De strategie met de gunstigste kosten-batenverhouding (de laagste totale kosten) vormt het Meest Waterveiligheidsvriendelijke alternatief (MWA). Van de andere strategieën worden de meerkosten ten opzicht van MWA in beeld gebracht. In de (maatschappelijke) afweging zal blijken of de bijkomende voordelen opwegen deze extra kosten en welke partij de aanvullende kosten voor zijn rekening neemt. In een maatschappelijke kosten-batenanalyse horen alle kosten en baten overigens integraal te worden meegenomen.

13 Hierbij rijst de vraag waarop handhaving plaats zal vinden. De tweede deltacommissie stelde al dat de veiligheidsniveaus (de normen) na 2050 met regelmaat moeten worden geactualiseerd. Hierdoor kan de impact van bodemdaling, welvaartsgroei en groei beroepsbevolking dan worden verdisconteerd in nieuwe normen. Puur handhaven op basis van risico zou ook toezicht op bodemdaling en de omvang van de bevolking vereisen met maatregelen als niet meer aan de eisen in de wet wordt voldaan.

9

CONCLUSIES EN HOE VERDER

In grote delen van Nederland is er geen keuze om al dan niet te leven met de gevaren van een overstroming, het accepteren van het risico op overstroming is een feit. Vanaf de middeleeuwen zijn we ons steeds beter gaan beschermen tegen de gevolgen van een overstroming. Door de kans op een overstroming te verkleinen zijn de randvoorwaarden gecreëerd om in de beschermde gebieden vrij te ontwikkelingen. Dit is zo goed gelukt dat een overstroming zelfs niet meer als een grote dreiging wordt ervaren ondanks campagnes. De gevolgen nemen wellicht toe als het misgaat, echter de kans dat het misgaat neemt veel sterker af. De 'beheersing' van overstromingsrisico's biedt zodoende de randvoorwaarde voor ons bestaan.

De vraag ligt nu voor om te kijken of op basis van de principes van meerlaagsveiligheid, waarbij gekeken wordt naar de kans en de gevolgen door middel van drie lagen, de veiligheid nog verder kan worden vergroot.

HOOFDCONCLUSIES

Op basis van de uitgewerkte voorbeelden voor meerlaagsveiligheid en de toepassing van het afwegingskader kunnen de volgende hoofdconclusies worden getrokken:

- Het afwegingskader biedt de mogelijkheid om de risicoreductie en de kosteneffectiviteit van maatregelen en strategieën te vergelijken met de scores van andere alternatieven en vervolgens te wegen met andere criteria. Door alternatieven op deze manier te vergelijken en uit te werken kan informatie worden geboden als basis voor besluitvorming over 1) ambities per risicomaat en 2) benodigde maatregelen.

- Op basis van de voorbeelden, en op basis van het risico per dijkring, kan worden geconcludeerd dat:
  - De maatregelen of strategieën, in de Nederlandse context van dijkringen, die de overstromingskans verlagen (laag 1) het meest kosteneffectief zijn.
  - Investeringen softe maatregelen als organisatorische voorbereiding op overstromingen (rampenplannen, oefeningen, communicatie etc.) gericht op slachtofferreductie (beter benutten van bestaande middelen) (organisatorische tak van laag 3) kunnen ook kosteneffectief zijn, vooral omdat de kosten van investeringen gering zijn.
  - Investeringen in fysieke infrastructuur (gebouwen, wegen, voertuigen etc.) en extra mensen (hulpverleners, planners) om de gevolgen in geval van een overstroming te beperken (laag 2 en fysieke tak van laag 3) lijken op basis van de uitgewerkte voorbeelden niet kosteneffectief alhoewel ze de gevolgen (aantal slachtoffers en schade) wel reduceren.
  - Door het beschouwen van combinaties van maatregelen blijkt dat sommige combinaties (als het versterken van de Lekdijk in combinatie met gevolgbeperking) niet zinvol zijn. Het versterken van de Lekdijk maakte in dit geval de rest overbodig.

- De gehanteerde risicomaat en bijbehorende ambitie (de probleemopgave, die echter nog niet is gedefinieerd) is van invloed op de uitkomsten. Als risicomaten worden ontwikkeld die ruimtelijke zijn verdeeld (als een basisveiligheid) naast een uitwerking van het risico per dijkring, verandert het perspectief. Maatregelen met een lokaal karakter voor een lokaal probleem zijn dan mogelijk wel kosteneffectief. Bij een MKBA is het van belang welke variabele als optimalisatieparameters meegenomen worden. In de uitgevoerde MKBA van WV21 is enkel gekeken naar dijkversterking; in het voorliggende rapport is breder gekeken. Het bepaald optimum kan dus veranderen als andere maatregelen worden meegenomen.

Over de toepassing van het afwegingskader voor MLV:

- Het blijkt mogelijk om het aspect kosteneffectiviteit als onderdeel van het afwegingskader uit te werken. Voor de verschillende voorbeelden en gebieden is het mogelijk om de overstromingsrisico's te bepalen, de investeringsruimte te bepalen op basis van de reductie van het risico en een vergelijking te maken met investeringskosten. Deze inzichten in kosteneffectiviteit geven input aan de verdere discussie over de wenselijkheid van maatregelen en vorming van beleid.

- *Als de kosten onbekend zijn geven inzichten in de investeringsruimte de mogelijkheid om kansrijke maatregelen te selecteren op basis van het afwegingskader*. Een eerste inschatting van nut en noodzaak voor een verdere uitwerking van de strategieën of maatregelen kan worden gekregen door de investeringsruimte met de kosten of de opgave te vergelijken. Op basis van de beschikbare ruimte kan worden nagegaan in hoeverre er ruimte is om de maatregel te organiseren, uit te voeren en te toetsen.

- *De mate waarin de andere waarden of criteria (zoals ruimte, draagvlak, haalbaarheid, betaalbaarheid, verantwoordelijkheid overheid en de kosteneffectiviteit van andere doelen) voor maatregelen of strategieën in het afwegingskader opwegen tegen de reductie van het risico en de kosteneffectiviteit is niet uitgewerkt in dit onderzoek, deze zullen regionaal in beeld gebracht moeten worden en gewaardeerd*. De strategie met de gunstigste kosten-batenverhouding (de laagste totale kosten) vormt het Meest Waterveiligheidsvriendelijke alternatief (MWA). Van de andere strategieën worden de meerkosten ten opzicht van MWA in beeld gebracht. In de (maatschappelijke) afweging zal blijken of de bijkomende voordelen opwegen deze extra kosten en welke partij de aanvullende kosten voor zijn rekening neemt. De waardering van andere kosten en waarden die worden gerealiseerd in een gebied is sterk afhankelijk van de uitvoering, deze zijn in dit onderzoek niet verder uitgewerkt. De vraag is in hoeverre deze opwegen tegen de kosteneffectiviteit. De gecreëerde waarden die opweegt tegen de extra kosten moet hierbij vrijwel geheel worden gedragen door andere belangen of doelen. De vraag is of dat gerealiseerd kan worden omdat met waterveiligheid een extra aspect aan de ruimtelijke ontwikkeling wordt toegevoegd. In een maatschappelijke kosten-batenanalyse horen alle kosten en baten overigens integraal te worden meegenomen.

Over de uitwerking van meerlaagsveiligheid en de kansen per maatregelen op basis van de voorbeelden:

- *De onderzochte maatregelen en strategieën dragen allen bij aan het reduceren van de gevolgen. Risico avers beleid dat zich richt op enkel reduceren van de gevolgen leidt niet automatisch tot efficiënte verdeling van budgetten gelet op de risico reductie, immers de kans op bepaalde gevolgen kan sterk variëren. De kans op de verschillende gevolgen moet dat ook worden meegenomen*. Verschillende maatregelen of strategieën (en combinaties) kunnen bijdragen aan het behalen van het 'acceptabel risico'. Of de reductie van de gevolgen bijdraagt aan de reductie van het risico blijkt pas als ook rekening wordt gehouden met de kans van voorkomen van de relevante scenario's. Als alleen naar de gevolgen wordt gekeken kunnen deze wel worden gereduceerd, maar blijft het in het midden of deze werkelijk bijdragen aan de reductie van de gevolgen. Ook is er geen inzicht in de totale kosten doe bestaan uit de som van de kosten voor investeringen en het risico.

- *Inzicht in de kostenkentallen van maatregelen in laag 2 en 3 is noodzakelijk (tenzij deze nu al worden aangemerkt om niet verder uit te werken).* In het huidige onderzoek zijn de effecten per strategie gebaseerd op streefwaarden en de kosten geschat op basis van informatie uit de gebiedspilots. Meer inzicht is gewenst in de relatie tussen de kosten en de effecten van deze maatregelen, inclusief de factoren die deze beïnvloeden als de lokale situatie.

- *Maatregelen kunnen niet los van elkaar worden bezien*. De effecten van bijvoorbeeld dijkversterking kunnen een dermate risicoreductie veroorzaken dat andere maatregelen nauwelijks of niet meer kosteneffectief zijn omdat het risico nauwelijks is te reduceren. Ter illustratie een factor 2 kleiner overstromingskans (van 1/1000 per jaar naar 1/2000 per jaar) staat gelijk aan een halvering van de gevolgen.

Over de toepassing van water en ruimte

- *Inzicht in de risicoreductie en kosteneffectiviteit van maatregelen om het overstromingsrisico te verkleinen is informatie die wenselijk is in en tijdens het ontwerpproces bij een gebiedsinrichting (als waterveiligheid een rol speelt).* Op basis van opgedane inzichten kunnen keuzes meer bewust worden onderbouwd omdat verschillende waardes beter kunnen worden vergeleken. Ook kan dan het meekoppelen beter worden vormgegeven zoals bijvoorbeeld met ophogingen in geval van bodemvervuiling.

- *De keuze voor een ontwerppeil leidt tot veel discussie. Er is een behoefte om een representatieve waterstand af te leiden voor het doen van ontwikkelingen*. Deze waterstand kan echter altijd worden overschreden. In het onderzoek is hiervoor gekeken naar meerdere scenario's en uiteindelijk een overschrijdingsfrequentie van de overstromingsdiepte in het gebied opgesteld.

- *In strategieën op dijkringniveau zijn vaak al veronderstellingen gehanteerd over het effect van preventie, waardeontwikkeling en ruimtelijke ontwikkeling (toename schade) en rampenbeheersing (evacuatiefractie, slachtofferfuncties) in een bepaald zichtjaar. De ontwikkelingen vinden echter plaats op een lokaal niveau waardoor deze dijkringgemiddelde waarden niet meer gelden*. Het is lastig gebleken om de exacte schadetoename door de nieuwe bebouwingen te schatten. Echter door het werken met enkele bandbreedtes is het wel mogelijk om keuzes te maken. Ook blijkt dat overstromings simulaties vaak niet gemaakt zijn op het detailniveau waarop gebiedsontwikkelingen plaatsvinden, hierdoor zijn ze, soms te, onnauwkeurig.

- *Een overal gebiedsvisie als leidraad is noodzakelijk, de vraag is hoe omgegaan moet worden met de dynamiek van investeringsbeslissingen*. De cyclus van investeren en beslissingen nemen is bij de ruimtelijke ontwikkelingen veel meer continu dan bij waterveiligheid. Vanwege het kleinschalige karakter van ruimtelijke ontwikkelingen vinden die continu plaats. Beslissingen over waterveiligheid gaan over een veel groter gebied en waterbouwkundige werken hebben een lange levensduur.

10

REFERENTIES

VenW 2009. Nationaal Waterplan. Ministerie van Verkeer en Waterstaat. Den Haag.

Atsma 2011. Deltaprogramma. Brief van 29 november 2011.

Adviescommissie Water 2012. Advies Waterveiligheid.

Ruigh et al 2011. Tijd voor waterveiligheid. Raad van de leefomgeving.

Venema, N., Kolen, B., Roovers, G 2011. Synthese meerlaagsveiligheid. Oranjewoud bv en HKV lijn in water in opdracht van RWS Waterdienst.

Deltacommissaris 2012. Werk aan de Delta; op weg naar een Deltaplan Waterveiligheid. Brief van 30 januari 2012.

DPNH 2012. Handreiking uitwerking veiligheids- en nieuwbouw & herstructureringsopgave in gebiedsgerichte deelprogramma's.

Kolen en Kok 2011. Basisvisie Afwegingsmethodiek voor meerlaagsveiligheid. Rapport 26 van STOWA.

Deltares en HKV 2012. Instrumentarium Meerlaagsveiligheid Methode, software en toepassing. In opdracht van Rijkswaterstaat Waterdienst.

Sebastiaan van Herk, Ellen Kelder, Judit Bax, Edwin van Son, Hans Waals, Chris Zevenbergen, Karin Stone, Berry Gersonius. Gebiedspilot meerlaagsveiligheid. Eiland van Dordrecht CONCEPT - TUSSENRAPPORTAGE ter inspiratie Ter overleg met Project Groep MARE 1 augustus 2011.

Heuvel, J. van den, Kolen, B., Maaskant, B., Roovers, G. 2011. Dijkring 36; Gebiedsgerichte Pilot Meerlaagsveiligheid. Oranjewoud bv en HKV lijn in water in opdracht van RWS Waterdienst.

DHV, Deltares en de Urbanisten 2011. De Waterbestendige stad; Verkenning waterveiligheid regio Amsterdam. In opdracht van RWS Waterdienst.

Kind 2011. Maatschappelijke kosten-batenanalyse Waterveiligheid 21e eeuw. Deltares.

De Bruijn en Van Der Doef 2011. Gevolgen van overstromingen - Informatie ten behoeve van het project Waterveiligheid in de 21^{e} eeuw. Deltares.

Kolen, B. Zethof, M., Terpstra, T. 2011. Globale verkenning 'Anders omgaan met Water' Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden. HKV in opdracht van Deltares voor DPRD.

BIJLAGEN

BIJLAGE A

RESULTATEN DIJKRING 36, AA EN MAAS

DIJKVERSTERKING

Verondersteld is dat de lengte ongeveer 100 km is van de dijk die versterkt moet worden. Een versterking met een factor 10 is 1500 euro per meter, een facto 100 is 3000 euro per meter.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	48.5			44.7						760
2x sterker	24.3	379	24.3	22.3	349	22.4	15	30	60	400-440(410)
5x sterker	9.7	606	38.8	8.9	558	35.8	37.5	75	150	200-300 (230)
10x sterker	4.9	680	43.6	4.5	630	40.2	75	150	300	150-380(230)
100x sterker	0.6	748	47.9	0.6	689	44.1	150	300	600	

Voor de situaties 2, 5 en 10 x sterker is een gelijke verdeling voor de kansbijdrage van de overstromingsscenario's gehanteerd: 60% voor het scenario bij toetspeil en 40% voor het extreme scenario. Bij een sterkere waterkering neemt de kans op het scenario bij toetspeil echter af, en het extreme scenario toe. Voor het scenario 100x sterker is dan ook een 100% bijdrage van het extreme scenario gerekend waardoor het scenario bij toetspeil niet meer bijdraagt.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
	(aantal/jr)	(m €/jr)						
Referentie	0.57	3.8						60
2x sterker	0.4	2.5	21	1.4	15	30	60	40-90 (60)
5x sterker	0.15	1.0	44	2.8	37.5	75	150	50-160 (90)
10x sterker	0.075	0.5	52	3.3	75	150	300	80-300(160)
100x sterker	0.0075	0.05	59	3.8	150	300	600	

MAATLAT 3: LIR

Het totale gebied heeft een oppervlakte van 543 km^2. In de tabel wordt het percentage van het gebied uitgedrukt dat voldoet aan een bepaald lokaal individueel risico, ofwel de opgave basisveiligheid.

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Overstromingskans				
	Referentie (1/250 per jaar)	1/500e	1/1250e	1/2500e	1/25000e
10^{-5}	100%	100%	100%	100%	100%
10^{-6}	45%	60%	85%	100%	100%
10^{-7}	15%	20%	30%	45%	100%
10^{-8}	5%	5%	10%	10%	35%

Om een ambitieniveau te halen voor basisveiligheid van 10^{-4} en 10^{-5} dan is de referentiesituatie al voldoende. Wil je een ambitieniveau halen van 10^{-6} dan moet de dijk versterkt worden tot een kans van 1/2.500 per jaar, om 10^{-7} te halen is een overstromingskans nodig van 1/25.000 per jaar.

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave Groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar ‘systeem op orde’ (1/250 per jaar)	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar ‘2x sterker’ (1/500 per jaar)	1/520	1/950	1/10.000
Kans per jaar ‘5x sterker’ (1/1.250 per jaar)	1/1.300	1/2.400	1/25.000
Kans per jaar ‘10x sterker’ (1/2.500 per jaar)	1/2.600	1/4.800	1/50.000
Kans per jaar ‘100x sterker’ (1/25.000 per jaar)	1/26.000	1/48.000	1/500.000

DELTADIJK

De investeringskosten zijn bepaald op basis van de kentallen uit pilot dijkring 36 waarbij is aangenomen dat een deltadijk 1725 euro per meter kost. De dijkring is ongeveer 100 kilometer lang dit geeft een kosten post van ongeveer 175 miljoen. Om een factor 100 veiliger te realiseren is uitgegaan van 3450 euro per meter.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	48.5			44.7						760
2x sterker	24.3	379	24.3	22.3	349	22.4	17.5	35	70	500-560 (520)
5x sterker	9.7	606	38.8	8.9	558	35.8	43.75	87.5	175	240-370 (280)
10x sterker	4.9	680	43.6	4.5	630	40.2	87.5	175	350	180-450 (270)
100x sterker	0.6	748	47.9	0.6	689	44.1	175	350	700	170-700 (360)

Voor de situaties 2, 5 en 10 x sterker is een gelijke verdeling voor de kansbijdrage van de overstromingsscenario's gehanteerd: 60% voor het scenario bij toetspeil en 40% voor het extreme scenario. Bij een sterkere waterkering neemt de kans op het scenario bij toetspeil echter af, en het extreme scenario toe. Voor het scenario 100x sterker is dan ook een 100% bijdrage van het extreme scenario gerekend waardoor het scenario bij toetspeil niet meer bijdraagt.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (aantal/jr)	(m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	0.57	3.8						60
2x sterker	0.4	2.5	21	1.4	17.5	35	70	55-105 (70)
5x sterker	0.15	1.0	44	2.8	44	87.5	175	55-190 (100)
10x sterker	0.075	0.5	52	3.3	87.5	175	350	90-350 (180)
100x sterker	0.0075	0.05	59	3.8	175	350	700	170-700 (350)

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

		Overstromingskans			
Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/250 per jaar)	1/500e	1/1250e	1/2500e	1/25000e
10^{-5}	100%	100%	100%	100%	100%
10^{-6}	45%	60%	85%	100%	100%
10^{-7}	15%	20%	30%	45%	100%
10^{-8}	5%	5%	10%	10%	35%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS.

Opgave groepsrisico	**Aantal slachtoffers**		
	10	**100**	**1000**
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar '2x sterker'	1/520	1/950	1/10.000
Kans per jaar '5x sterker'	1/1.300	1/2.400	1/25.000
Kans per jaar '10x sterker'	1/2.600	1/4.800	1/50.000
Kans per jaar '100x sterker'	1/26.000	1/48.000	1/500.000

NORMDIFFERENTIATIE

Bij de maatregel normdifferentiatie is gekeken naar het effect van locatie specifieke dijkversterking voor de dijkvakken Keent, Dieden en de Kraaijenbergseplas. Deze keringen zijn versterkt conform de beoogde factor of gericht op het LIR. Het effect op het risico is beschreven in onderstaande tabellen. De totale lengte van de dijkvakken Keent, Dieden en Kraaijenbergseplas is ongeveer 35 kilometer.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	48.5			44.7						760
2x sterker	35.5	204	13.1	32.7	188	12.0	5	10	20	550-580 (560)
5x sterker	27.6	326	20.9	25.5	300	19.2	15	25	50	450-490 (460)
10x sterker	25.0	367	23.5	23.1	338	21.6	25	50	100	410-490 (440)
100x sterker	22.7	404	25.8	20.9	372	23.8	50	100	200	400-550 (450)

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0.57	3.8						60
2x sterker	0.40	2.7	16	1.1	5	10	20	50-65 (55)
5x sterker	0.33	2.1	26	1.7	15	25	50	50-85 (60)
10x sterker	0.30	1.9	29	1.9	25	50	100	55-130 (80)
100x sterker	0.27	1.8	32	2.0	50	100	200	80-230 (130)

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

		Overstromingskans			
Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/250 per jaar)	1/500e	1/1250e	1/2500e	1/25000e
10^{-5}	100	100	100	100	100
10^{-6}	45	55	60	60	65
10^{-7}	15	15	20	20	20
10^{-8}	5	5	5	5	5

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS.

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	**100**	**1000**
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar '2x sterker'			
Kans per jaar '5x sterker'			
Kans per jaar '10x sterker'			
Kans per jaar '100x sterker'			

ADAPTIEF BOUWEN GERICHT OP SLACHTOFFERREDUCTIE

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Invest. kosten + risicokosten
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)
Referentie	48.5			760
Max. effect maatregel	46.6	30	1.9	-

Het halveren van het aantal slachtoffers leidt tot een risicoreductie van bij 2 Meuro per jaar. Een afname van het risico met een factor 2, 5 of 10 is hiermee niet haalbaar. Dit is gelijk aan een investeringsruimte van ongeveer 30 miljoen euro. Om dit in de gehele dijkring te realiseren is er een schatting gedaan van het aantal huizen dat aangepast moet worden. Uitgaande van 30.000 huizen is dat 1.000 euro per huis.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0.57	3.8						60
Max. effect maatregel 2 x sterker	0.3	1.9	30	1.9	*	*	*	30 + I*

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET.

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/250 per jaar)	Effect maatregel
10^{-5}	100%	100%
10^{-6}	45%	60%
10^{-7}	15%	20%
10^{-8}	5%	5%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS. *BIJ HALVERING VAN DE MORTALITEIT WORDT HET AANTAL SLACHTOFFERS NIET MEER OVERSCHREDEN

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar referentie	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar effect maatregel*	1/310	1/1.600	*

RISICO NEUTRAAL BOUWEN VOOR BESTAANDE EN NIEUWE ONTWIKKELINGEN

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	48.5			44.7						760
Max. effect maatregel	31.7	260	16.8	27.9	260	16.8	*	*	*	*

Door middel van risico neutraal bouwen kan het risico niet worden gehalveerd maar wel gereduceerd. Als de schade niet toeneemt van het jaar 2015 naar het jaar 2040 geeft dit een investeringsruimte van 260 miljoen euro. Dit 260 miljoen is het bedrag dat maximaal gebruikt mag worden om bestaande bebouwing en toekomstige ontwikkelingen risiconeutraal te realiseren. Ter illustratie: Als er 100.000 huizen risico neutraal gebouwd/gemaakt moeten worden dan is er per huis 2.600 euro beschikbaar.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

De maatregel heeft geen effect op slachtoffers.

MAATLAT 3: LIR

De maatregel heeft geen effect op slachtoffers.

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

De maatregel heeft geen effect op slachtoffers.

VERDERE PROFESSIONALISERING ORGANISATIE RAMPENBEHEERSING (OVERHEID)

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	48.5			44.7						760
Max. effect maatregel	46.2	36	2.3	44.7	-	-	*	*	*	*

Bij het professionaliseren van de rampenbeheersing wordt de evacuatiefractie vergroot van 75 naar 90 procent. Een halvering van het economisch risico of meer is hiermee niet haalbaar. Dit leidt tot een investeringsruimte van eenmalig 10 miljoen of jaarlijks 0,6 miljoen euro. Gegeven 100.000 euro per fte dan kunnen er bijvoorbeeld jaarlijks zes personen ingezet worden. De vraag is of met deze inzet de beoogde verbetering kan worden gerealiseerd.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

DOOR MIDDEL VAN DE MAATREGEL KAN HET RISICO VAN EEN AANTAL SLACHTOFFERS IETS MEER DAN WORDEN GEHALVEERD.

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0.57	3.8						60
2x sterker	0.3	1.9	30	1.9	*	*	*	*
Effect maatregel	0.24	1.5	36	2.30	*	*	*	*

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/250 per jaar)	Effect maatregel
10^{-5}	100%	100%
10^{-6}	45%	65%
10^{-7}	15%	20%
10^{-8}	5%	5%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP MINIMAAL 10, 100 EN 1.000 SLACHTOFFERS. *BIJ VERHOGING VAN DE EVACUATIEFRACTIE NAAR 90% WORDT HET AANTAL SLACHTOFFERS NIET MEER OVERSCHREDE

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar effect maatregel*	1/320	1/2.300	*

BOVENGRENS: GEEN SLACHTOFFERS

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	48.5			44.7						760
Max. effect maatregel	44.7	60	3.8	44.7	-	-	*	*	*	*

Bij het professionaliseren van de rampenbeheersing wordt bij het maximale scenario de preventieve evacuatie vergroot van 75 naar 100 procent. Hierdoor vallen er geen slachtoffers. Deze strategie lijkt bij voorbaat niet haalbaar maar is een bovengrens. Dit leidt tot een investeringsruimte van eenmalig 60 miljoen of jaarlijks 3,8 miljoen euro.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

-

MAATLAT 3: LIR

-

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

-

VERDERE PROFESSIONALISERING ORGANISATIE RAMPENBEHEERSING (OVERHEID) EN ZELFREDZAAMHEID (BURGER)

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	(m €)
Referentie	48.5			44.7						760
Max. effect maatregel	45.5	48	3.0	44.7	-	-	*	*	*	*

Bij het professionaliseren van de burger en organisatie van de rampenbeheersing wordt het maximale scenario van de preventieve evacuatie vergroot van 75 naar 90 procent. Daarnaast is deze maatregel gericht op een verlaging van de mortaliteit met 50 procent. Dit leidt tot een investeringsruimte van eenmalig 34 miljoen of jaarlijks 2,2 miljoen euro. Een reductie van het schaderisico met een factor 2 of meer is niet haalbaar.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	(m €)
Referentie	0.57	3.8						60
2x sterker	0.3	1.9	30	1.9	*	*	*	*
5x sterker	0.12	0.8	48	3.0	*	*	*	*
Max. effect maatregel	0.12	0.8	48	3.0	*	*	*	*

Een reductie van het risico op het aantal slachtoffers is in deze strategie ongeveer een factor 5. Een verdere reductie is niet mogelijk.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/250 per jaar)	Effect maatregel
10^{-5}	100%	100%
10^{-6}	45%	85%
10^{-7}	15%	30%
10^{-8}	5%	10%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS. *BIJ HALVERING VAN DE MORTALITEIT I.C.M. EEN VERHOGING VAN DE EVACUATIEFRACTIE NAAR 90% WORDT HET AANTAL SLACHTOFFERS NIET MEER OVERSCHREDEN

Opgave	**Aantal slachtoffers**		
Groepsrisico	**10**	**100**	**1000**
Kans per jaar in referentie	1/280	1/590	1/8.800
Kans per jaar effect maatregel*	1/390	1/1.800	*

BIJLAGE B

RESULTATEN DIJKRING 22, DORDRECHT

DIJKVERSTERKING

De lengte van de primaire keringen is ongeveer 40 km. Het totale gebied heeft een oppervlakte van 44 km^2.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	Risico (m €/jr)	Invest. ruimte Eenmalig (m €)	(m €/jr)	min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
Referentie	2,40			1,70						37
2x sterker	1,20	19	1,20	0,85	13	0,85	6	12	24	25 – 43 (31)
5x sterker	0,45	30	1,95	0,35	21	1,35	15	30	60	22 – 67 (37)
10x sterker	0,24	34	2,15	0,15	24	1,55	30	60	120	34 – 124 (64)
100x sterker	0,02	37	2,38	0,015	26	1,68	60	120	240	60 – 240 (120)

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min (m €)	gem (m €)	max (m €)	Invest. kosten + risicokosten (m €)
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)				
Referentie	0,1	0,7						11
2x sterker	0,05	0,35	5	0,35	6	12	24	11 – 29 (17)
5x sterker	0,02	0,15	9	0,55	15	30	60	17 – 62 (32)
10x sterker	0,01	0,07	10	0,63	30	60	120	31 – 121 (61)
100x sterker	0,001	0,007	11	0,69	60	120	240	60 – 240 (120)

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Overstromingskans					
	Referentie (1/1000)	1/2000	1/2500	1/5000	1/10.000	1/100.000
10^{-5}	100%	100%	100%	100%	100%	100%
10^{-6}	65%	90%	95%	100%	100%	100%
10^{-7}	5%	15%	20%	40%	65%	100%
10^{-8}	0%	0%	0%	5%	5%	65%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave	**Aantal slachtoffers**		
Groepsrisico	**10**	**100**	**1000**
Kans per jaar 'systeem op orde' (1/1.000 per jaar)	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar '2x sterker' (1/2.000 per jaar)	1/4.200	1/8.400	1/64.000
Kans per jaar '5x sterker' (1/5.000 per jaar)	1/10.000	1/21.000	1/160.000
Kans per jaar '10x sterker' (1/10.000 per jaar)	1/21.000	1/42.000	1/320.000
Kans per jaar '100x sterker' (1/100.000 per jaar)	1/210.000	1/420.000	$>1/10^6$

DELTADIJK KOP VAN 'T LAND

Het ambitieniveau 2x sterker voor de maatregel Deltadijk Kop van 't Land betekent dat de overstromingskans van dit dijkvak is gehalveerd. De overstromingskansen bij de andere dijkvakken zijn niet veranderd waardoor het effect op het risico van de dijkring minder is dan een factor 2. De effecten van golfoverslag zijn niet meegenomen.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	Gem	max	Invest. kosten +
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	2,40			1,70						37
2x sterker**	1,90	7	0,50	1,35	5	0,35	*	*	*	*
5x sterker **	1,50	14	0,90	1,10	10	0,60	*	*	*	*
10x sterker **	1,35	17	1,05	1,00	11	0,70	*	*	*	*
100x sterker**	1,20	19	1,20	0,90	12	0,80	13	26	52	32 - 71 (45)

**Hoger veiligheidsniveau met factor X betekent hier kleinere overstromingskans met factor X voor het dijkvak Kop van ´t Land (kans reductie); ambitieniveaus X sterker niet haalbaar met Deltadijk Kop van 't Land·

Binnen het MARE-project is een inschatting van de kosten voor een Deltadijk gemaakt in het kader van de gebiedspilot voor dijkring 22. Een Deltadijk wordt in het MARE-project gedefinieerd als een dijk met een factor 100 hoger veiligheidsniveau.
De totale lengte van de primaire keringen is ongeveer 40 kilometer. Het dijkringdeel Kop van 't Land heeft een lengte van ongeveer 3 kilometer. Het tracé Kop van 't Land is hierin opgesplitst in een noordelijk (1,45 kilometer) en zuidelijk deel (1,1 kilometer). De eenheidsprijs voor het noordelijk deel wordt geschat op 16.000 euro per meter en voor het zuidelijke deel op 2800 euro per meter. De totale kosten voor geraamd op 26 miljoen euro.

In het MARE-project zijn geen kostenschattingen gemaakt voor een Deltadijk die een 2x, 5x, en 10x sterkere situatie biedt. Voor deze ambitieniveaus is de investeringsruimte bepaald, op basis waarvan een inschatting van de haalbaarheid van een kosteneffectieve maatregel is te maken. De kosten voor een mindere sterke Deltadijk zijn niet bepaald. Op basis van de te behalen baten is de investeringsruimte voor 2x, 5x en 10x sterker respectievelijk eenmalig 7 miljoen, 14 miljoen en 17 miljoen euro beschikbaar.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	0,10	0,70						11
2x sterker**	0,08	0,55	2	0,15	*	*	*	*
5x sterker**	0,06	0,40	5	0,30	*	*	*	*
10x sterker**	0,05	0,35	5	0,35	*	*	*	*
100x sterker**	0,04	0,30	6	0,40	13	26	52	18 – 57 (31)

**Hoger veiligheidsniveau met factor X betekent hier kleinere overstromingskans met factor X voor het dijkvak Kop van ´t Land (kansreductie); ambitieniveaus X sterker niet haalbaar met Deltadijk Kop van 't Land.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Overstromingskans				
	Referentie (1/1000)	Deltadijk Kop van 't Land 2x sterker	Deltadijk Kop van 't Land 5x sterker	Deltadijk Kop van 't Land 10x sterker	Deltadijk Kop van 't Land 100x sterker
10^{-5}	100%	100%	100%	100%	100%
10^{-6}	65%	75%	85%	85%	90%
10^{-7}	5%	5%	10%	15%	20%
10^{-8}	0%	0%	0%	0%	15%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde' (1/1.000 per jaar)	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar '2x sterker' (1/2.000 per jaar)	1/1.900	1/5.000	1/31.000
Kans per jaar '5x sterker' (1/5.000 per jaar)	1/2.000	1/5.600	1/77.000
Kans per jaar '10x sterker' (1/10.000 per jaar)	1/2.000	1/5.900	1/150.000
Kans per jaar '100x sterker' (1/100.000 per jaar)	1/2.100	1/6.100	$> 1/10^6$

DELTADIJK NOORDELIJK DEEL DIJKRING

Het ambitieniveau 2x sterker voor de maatregel Deltadijk noordelijke deel dijkring (dijkvakken Dordtse Kil, Westelijk Havengebied, Voorstraat/bebouwde dijk, Wantijdijk en Kop van 't Land) betekent dat de overstromingskans van dit dijkvak is gehalveerd. De overstromingskansen bij de andere dijkvakken zijn niet veranderd waardoor het effect op het risico van de dijkring minder is dan een factor 2. De effecten van golfoverslag zijn niet meegenomen.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	2,40			1,70						37
2x sterker**	1,45	15	0,95	1,00	11	0,70	*	*	*	*
5x sterker**	0,60	28	1,80	0,40	20	1,30	*	*	*	*
10x sterker**	0,30	33	2,10	0,20	23	1,50	*	*	*	*
100x sterker**	0,05	37	2,35	0,05	26	1,65	35	165	300	35 - 300 (165)

**Hoger veiligheidsniveau met factor X betekent hier kleinere overstromingskans met factor X voor de dijkvakken Dordtse Kil, Westelijk Havengebied, Voorstraat/bebouwde dijk, Wantijdijk en Kop van ´t Land (kansreductie); ambitieniveaus X sterker niet haalbaar met Deltadijk noordelijk deel dijkring.

Binnen het MARE-project is een inschatting van de kosten voor een Deltadijk gemaakt in het kader van de gebiedspilot voor dijkring 22. Een Deltadijk wordt in het MARE-project gedefinieerd als een dijk met een factor 100 hoger veiligheidsniveau.

De totale dijkring is ongeveer 40 kilometer lang, waarvan het noordelijke dijkringdeel een lengte van 20 kilometer heeft. Het tracé noordelijk deel dijkring bestaat uit de dijkvakken Dordtse Kil (3 kilometer en 3,1 m €/km), Westelijk Havengebied (4 kilometer en 21,2 m €/km), Voorstraat/bebouwde dijk (3,5 kilometer en 21,2 m €/km), Wantijdijk (7 kilometer en 16 m €/km), Kop van 't Land Noord (1,5 kilometer en 16 m €/km) en Kop van 't Land Zuid (1 kilometer en 2,8 m €/km). In het MARE-project is aangenomen voor de minimale schatting dat het Westelijke havengebied, Voorstraat en de Wantijdijk niet versterkt moeten worden. De totale kosten worden benaderd in de minimale schatting op ongeveer 35 miljoen euro en in het maximale scenario op 300 miljoen euro.

In het MARE-project zijn geen kostenschattingen uitgewerkt voor een Deltadijk die een 2x, 5x, en 10x sterkere situatie biedt. Voor deze ambitieniveaus is wel de investeringsruimte bepaald. Op basis van de geschatte eenmalige investeringsruimte kan de haalbaarheid van de kosteneffectiviteit van deze maatregel worden beoordeeld. Op basis van de behaalde baten is de investeringsruimte voor 2x, 5x en 10x sterker respectievelijk eenmalig 15 miljoen, 28 miljoen en 33 miljoen euro vrij te besteden.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	0,10	0,70						11
2x sterker**	0,07	0,45	4	0,25	*	*	*	*
5x sterker**	0,03	0,20	8	0,50	*	*	*	*
10x sterker**	0,015	0,10	9	0,60	*	*	*	*
100x sterker**	0,0025	0,015	11	0,68	35	165	300	35 - 300 (165)

**Hoger veiligheidsniveau met factor X betekent hier kleinere overstromingskans met factor X voor de dijkvakken Dordtse Kil, Westelijk Havengebied, Voorstraat/bebouwde dijk, Wantijdijk en Kop van ´t Land (kansreductie); ambitieniveaus X sterker niet haalbaar met Deltadijk noordelijk deel dijkring.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Overstromingskans				
	Referentie 1/1000	Deltadijk Noord 2x sterker	Deltadijk Noord 5x sterker	Deltadijk Noord 10x sterker	Deltadijk Noord 100x sterker
10^{-5}	100%	100%	100%	100%	100%
10^{-6}	65%	85%	90%	95%	95%
10^{-7}	5%	5%	10%	25%	60%
10^{-8}	0%	0%	0%	0%	25%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar '2x sterker'	1/3.300	1/7.000	1/31.000
Kans per jaar '5x sterker'	1/6.900	1/18.000	1/77.000
Kans per jaar '10x sterker'	1/11.000	1/35.000	1/150.000
Kans per jaar '100x sterker'	1/23.000	1/350.000	> $1/10^6$

VERHOGEN EN VERSTERKEN VITALE INFRASTRUCTUUR & BEREIKBAARHEID SHELTERS

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	(m €)
Referentie	2,40			1,70						37
Max. effect maatregel	1,95	7	0,45	1,53	2,70	0,17	*	*	*	*

Het verhogen en versterken van de vitale infrastructuur en de bereikbaarheid van shelters leidt tot een afname van het risco maar deze is minder dan een factor 2.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0,10	0,70						11
Max. effect maatregel	0,06	0,43	4	0,27	*	*	*	*

Het verhogen en versterken van de vitale infrastructuur en de bereikbaarheid van shelters leidt tot een afname van het risico in aantallen slachtoffers per jaar maar deze is minder dan een factor 2.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/1000 per jaar)	Effect maatregel
10^{-5}	100%	100%
10^{-6}	65%	95%
10^{-7}	5%	20%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers 10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar effect maatregel*	1/2.700	1/12.000	n.v.t.

*bij reductie van de mortaliteit met 25% en het verhogen van de evacuatiefractie naar 30% wordt het aantal van 1000 slachtoffers niet meer overschreden.

ONTWIKKELINGEN NIEUWE SHELTERS DOOR ADAPTIEF MEEKOPPELEN

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten (m €)
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	
Referentie	2,40			1,70						37
Max. effect maatregel 25 %	2,22	2,7	0,18	1,70	-	-	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50%	2,05	5,4	0,35	1,70	-	-	*	*	*	*

Deze maatregel leidt niet tot een afname van het economisch risico met een factor 2 of meer. Als in het dijkringgebied 5 shelters kunnen worden aangelegd, leidt dit tot een reductie van de mortaliteit met 25 procent. Hiervoor is een investeringsruimte van eenmalig 2,7 miljoen euro of jaarlijks 0,2 miljoen euro te besteden. In het geval van 10 shelters leidt de slachtofferreductie tot een investeringsruimte van eenmalig 5,4 miljoen euro ofwel jaarlijks 0,4 miljoen euro.

Voor de extra kosten voor het integreren van de opvangfunctie in scholen worden geschat op 20% van de nieuwbouwkosten (op basis van meekoppelen met vernieuwingsplannen). De gemiddelde bouwkosten voor een onderwijsgebouw bedragen € 1000 per vierkante meter bruto vloeroppervlakte (BVO). De kosten voor de inrichting van opvanglocaties zijn dus gelijk aan € 200 per vierkante meter bruto vloeroppervlakte (BVO). De meerkosten per vierkante meter gebruiksoppervlakte (GO) komen daarmee op ongeveer € 220, uitgaande van een verhouding BVO:GO van 1,1. Het benodigde GO voor de opvang van 1 persoon (voor de periode van 1 tot 2 weken) bedraagt ongeveer 3,72 vierkante meter (op basis van FEMA). De kosten voor de inrichting van opvanglocaties bedragen dus € 816 per opvangplek. Uitgaande van 8.000 tot 14.000 opvangplekken komen de totale kosten dan op 6,5 tot 11,4 miljoen euro. Deze schatting is gemaakt door Gersonius (MARE/UNESCO IHE).

Voor het schatten van de kosten voor de opvang van hulpbehoevenden is gebruik gemaakt van de gemiddelde zorgdagprijs zoals deze nu geldt voor een dag zorg in een verpleeghuis. Deze bedraagt € 185 per persoon per dag. Deze kosten zijn exclusief medische begeleiding. Uitgaande van 8.000 tot 14.000 opvangplekken voor 1 tot 2 weken komen de kosten op 10 tot 35 miljoen euro (1 week opvang voor 8.000 personen en 2 weken opvang voor 14.000 personen).

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0,10	0,70						11
2x sterker**	0,05	0,35	5,4	0,35	*	*	*	*
Max. effect maatregel 25%	0,08	0,52	2,7	0,18	*	*	*	*
Max. Effect maatregel 50%	0,05	0,35	5,4	0,35	*	*	*	*

** Risico in het geval dat er 10 nieuwe shelters, dus 50% mortaliteitsreductie, worden gebouwd.
Het ambitieniveau 2x sterker is niet haalbaar als er 5 nieuwe shelters worden gebouwd.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/1000 per jaar)	Effect maatregel 25%	Effect maatregel 50%
10^{-5}	100%	100%	100%
10^{-6}	65%	80%	90%
10^{-7}	5%	10%	15%
10^{-8}	0%	0%	0%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar effect maatregel 25%*	1/2.200	1/4.800	n.v.t.
Kans per jaar effect maatregel 50%*	1/2.400	1/8.500	n.v.t.

*bij reductie van de mortaliteit met 25% of 50% wordt het aantal van 1000 slachtoffers niet meer overschreden. **Dit geldt alleen bij een reductie van de mortaliteit met 50% (10 shelters).

VERDERE PROFESSIONALISERING ORGANISATIE RAMPENBEHEERSING (OVERHEID) EN ZELFREDZAAMHEID (BURGER)

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	2,40			1,70						37
Max. effect maatregel 25%	1,96	6,8	0,43	1,70	-	-	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50%	1,87	8,1	0,52	1,70	-	-	*	*	*	*

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0,10	0,70						11
2x sterker**	0,05	0,35	5	0,35	*	*	*	*
Max. effect maatregel 25%	0,06	0,43	4	0,27	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50%	0,04	0,28	6	0,42	*	*	*	*

** Ambitieniveau 2x sterker alleen haalbaar bij de inrichting van 10 shelters i.c.m. het verhogen van de evacuatiefractie naar 30%.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/1000 per jaar)	Effect maatregel 25%	Effect maatregel 50%
10^{-5}	100%	100%	100%
10^{-6}	65%	95%	95%
10^{-7}	5%	20%	30%
10^{-8}	0%	0%	0%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers 10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar effect maatregel 25%*	1/2.700	1/12.000	n.v.t.
Kans per jaar effect maatregel 50%*	1/3.000	1/15.000	n.v.t.

*bij reductie van de mortaliteit met 25% of 50% en het verhogen van de evacuatiefractie naar 30% wordt het aantal van 1000 slachtoffers niet meer overschreden.

** Dit geldt zowel bij een reductie van de mortaliteit met 25% als met 50%.

INRICHTEN BESTAANDE SHELTERS DOOR ADAPTIEF MEEKOPPELEN VOORZIENINGEN

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie	2,40			1,70						37
Max. effect maatregel 25 %	2,22	2,7	0,18	1,70	-	-	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50%	2,05	5,4	0,35	1,70	-	-	*	*	*	*

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie	0,10	0,70						11
2x sterker**	0,05	0,35	5,4	0,35	*	*	*	*
Max. effect maatregel 25%	0,08	0,52	2,7	0,18	*	*	*	*
Max. Effect maatregel 50%	0,05	0,35	5,4	0,35	*	*	*	*

** Risico in het geval dat er 10 nieuwe shelters, dus 50% mortaliteitsreductie, worden gebouwd. Het ambitieniveau 2x sterker is niet haalbaar als er 5 nieuwe shelters worden gebouwd.

MAATLAT 3: LIR

PERCENTAGE VAN HET TOTALE GEBIED DAT AAN EEN BASISVEILIGHEIDSNIVEAU VOLDOET

Opgave Basisveiligheid (LIR)	Referentie (1/1000 per jaar)	Effect maatregel 25%	Effect maatregel 50%
10^{-5}	100%	100%	100%
10^{-6}	65%	80%	90%
10^{-7}	5%	10%	15%
10^{-8}	0%	0%	0%

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers 10	100	1000
Kans per jaar 'systeem op orde'	1/2.100	1/4.200	1/32.000
Kans per jaar effect maatregel 25%*	1/2.200	1/4.800	n.v.t.
Kans per jaar effect maatregel 50%*	1/2.400	1/8.500	n.v.t.

*bij reductie van de mortaliteit met 25% of 50% wordt het aantal van 1000 slachtoffers niet meer overschreden.
**Dit geldt alleen bij een reductie van de mortaliteit met 50% (10 shelters).

BIJLAGE C

RESULTATEN REGIO AMSTERDAM

Voorde uitwerking bij Amsterdam is het overstromingsrisico bepaald op basis van een combinatie van het regionale en het primaire systeem. De lengte van de primaire keringen is ongeveer 80 kilometer.

DIJKVERSTERKING

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	(m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
2x sterker	5.67	89	5.67	5.56	87	5.56	15	30	60	104 – 149 (119)
5x sterker	2.27	142	9.06	2.22	139	8.90	30	60	120	65 - 155 (95)
10x sterker	1.13	159	10.20	1.11	156	10.01	60	120	240	78 - 258 (138)

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

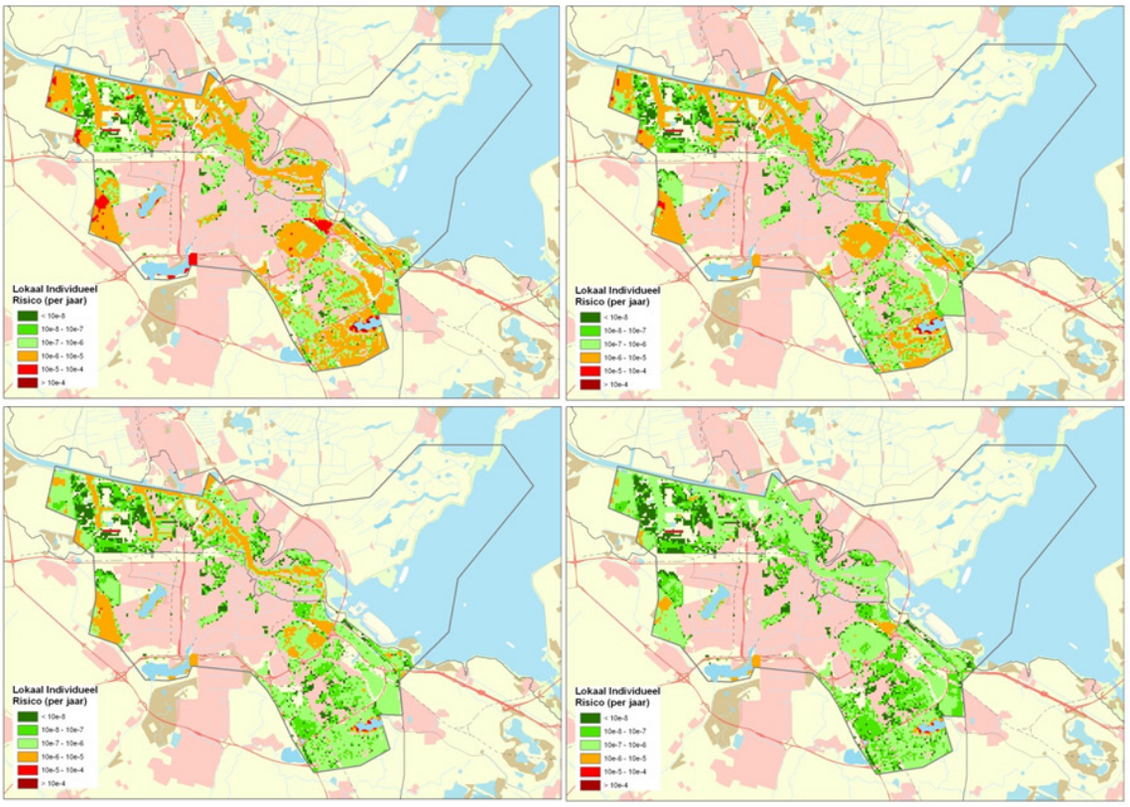
OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	
Referentie (2015 en 2040)	0.21	1.407						22
2x sterker	0.11	0.704	11.0	0.704	15	30	60	26 - 71 (41)
5x sterker	0.04	0.281	17.6	1.126	30	60	120	34 - 124 (64)
10x sterker	0.02	0.141	19.8	1.266	60	120	240	62 - 242 (122)

MAATLAT 3: LIR

In onderstaande tabel is het lokaal individueel risico gepresenteerd op een kaart. De figuur laat de referentie zien (linksboven), 2x sterker (rechtsboven), 5x sterker (linksonder), 10x sterker (rechtsonder).

LIR BIJ REFERENTIE, 2X, 5X EN 10X STERKER



MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000

Opgave	Aantal slachtoffers		
Groepsrisico	10	100	1000
Kans per jaar 'Referentiesituatie'	1/260	1/9.000	-
Kans per jaar '2x sterker'	1/520	1/18.000	-
Kans per jaar '5x sterker'	1/1.300	1/45.000	-
Kans per jaar '10x sterker'	1/2.600	1/90.000	-

INVESTERING IN C-KERINGEN

In dit scenario is aangenomen dat de c keringen voldoende hoog (en sterk) zijn dat er geen cascadeeffecten optreden. Met andere woorden het overstromingswater blijft binnen Dijkring 14. De analyse is uitgevoerd op basis van een GIS bewerking waarbij aangenomen is dat het water niet over de c-kering heen stroomt. Er is hierbij geen correctie uitgevoerd op het bovenstroomse overstromingsverloop. In dit bovenstroomse gebied zal het risico toenemen waardoor het risico en de totale kosten een optimische benadering zijn.

De investeringskosten voor versterking van de c kering zijn in de studie naar Centraal Holland (bron Deltares: Gebiedspilot Centraal Holland Eindrapport) geraamd op 150 miljoen euro. Hierdoor voldoet de c kering tussen dijkring 14 en 44 aan de gestelde normen.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
Effect maatregel	1,87	148	9.46	1,86	145	9.26	75	150	300	104 – 329 (179)

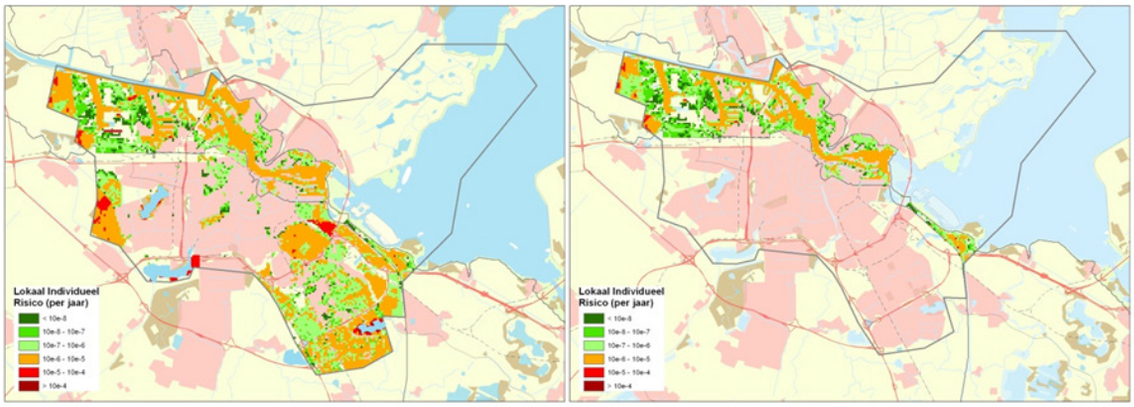
MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN.

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie (2015 en 2040)	0.21	1.407						8
Effect maatregel	0,01	0,07	7	0,42	75	150	300	76 – 301 (151)

MAATLAT 3: LIR

LIR BIJ REFERENTIE (LINKS) EN ZONDER CASCADE (RECHTS).



Duidelijk is te zien dat door versterkingen van de C keringen gebieden niet meer overstromen waardoor het LIR wegvalt.

Als de c-keringen worden verhoogd, beperkt de overstroming zich tot dijkring 44. Tegenover de baten voor dijkring 14 staat dus extra schade (negatieve baten) in dijkring 44. Dat blijkt niet uit het figuur. Het lijkt erop dat met een GIS-analyse alleen de overstroming van dijkring 14 is “uitgezet”.

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar ‘Referentiesituatie’	1/260	1/9.000	-
Kans per jaar ‘C-kering’	1/4.000	-	-

INVESTERING IN DE LEK DIJK GERICHT OP RISICO REDUCTIE AMSTERDAM

De lekdijk (33 km) draagt sterk bij aan het overstromingsrisico van Amsterdam. Bij deze maatregel is alleen de Lekdijk versterkt. De overstromingskans is een factor 10 verlaagt. De effecten zoals gepresenteerd hebben enkel betrekking op de regio Amsterdam, de effecten buiten dit gebied zijn niet in beeld gebracht.

In de MKBA zijn de kosten voor dijkversterking ook geraamd waarbij de overstromingskans met een factor 10 zijn verlaagd. De kosten voor dijkversterking voor de Lek in dijkring 44 zijn hierin geraamd op 82 Meuro (dijkring 44-1 Kromme Rijn-Rijn). Dit bedrag valt binnen de bandbreedte van kosten, maar is wel aan de bovenkant van de bandbreedte.

Opvallend hierbij:

- De lekdijk ligt buiten het beheergebied van Amsterdam, als dit een gewenste maatregel is is de vraag hoe georganiseerd kan worden dat die kan worden genomen (en wat andere effecten zijn buiten Amsterdam en wie hierover beslist)
- Waterkeringen (delen) worden gericht versterkt voor risicoreductie, hierdoor kunnen sommige delen van keringen sterker worden uitgevoerd dan andere, ook binnen een dijkring. De vraag is of dat wenseijk is omdat dit nu wordt gezien als normdifferentiatie.
- De effecten buiten het projectgebied zijn nog niet meegenomen.

VERSTERKEN LEKDIJK MET FACTOR 10

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	(m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
Max. effect maatregel	4.31	110	7.02	4.17	109	6.95	25	50	100	92 - 167 (117)

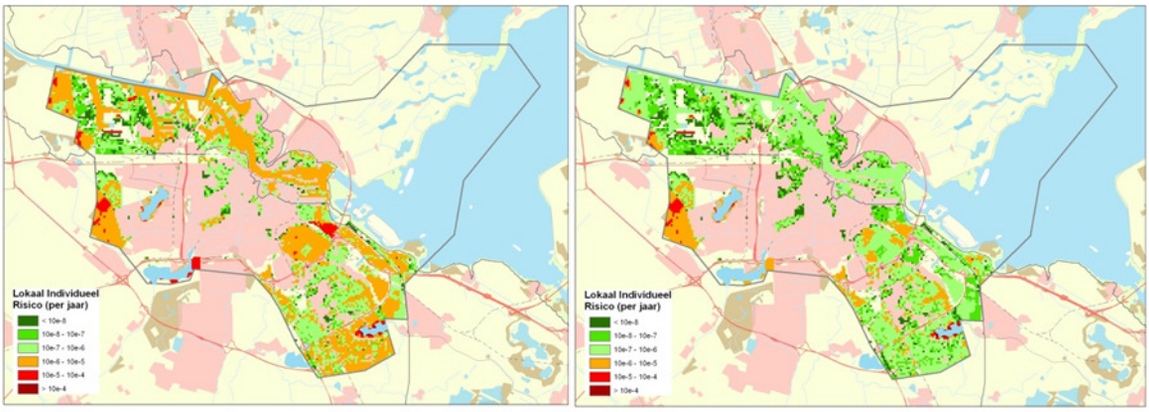
MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten + risicokosten
	(aantal/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	(m €)
Referentie (2015 en 2040)	0.21	1.407						22
Max. effect maatregel	0.15	0.969	7	0.438	25	50	100	40 – 115 (65)

MAATLAT 3: LIR

LIR BIJ REFERENTIE EN AANGEPASTE LEKDIJK



MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	**100**	**1000**
Kans per jaar 'Referentiesituatie'	1/260	1/9.000	-
Kans per jaar effect maatregel	1/330	-	-

BESCHERMING VITALE INFRASTRUCTUUR: GERICHT OP SCHADEREDUCTIE

In de huidige berekening wordt het vitale object, de rwzi Amsterdam West, alleen getroffen door de scenario's vanuit de Lek in bovenmaatgevende situaties en daarnaast door de scenario's vanuit IJmuiden. De optredende schade aan de rwzi Amsterdam West wordt geschat op ongeveer 30 miljoen euro[14]. Door deze aannames kan het risico met 0,11 miljoen euro per jaar worden verlaagd. In de praktijk zal het object niet door alle scenario's worden getroffen en zal de risicoreductie kleiner zijn. De huidige berekening is dan ook een positieve inschatting van de risicoreductie. De aanname van de kosten (5 miljoen euro) zijn een grove inschatting van de kosten om bijvoorbeeld een dijk om de rwzi Amsterdam West te leggen.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
Max. effect maatregel	11.28	0.73	0.05	11.07	0.73	0.05	2.5	5	10	179 – 186 (181)

- Collectieve benadering: Vanuit een maatschappelijke kosten baten benadering is het investeren in de kering rondom de rwzi Amsterdam West niet zinvol op basis van een economische redenering.
- Individuele benadering: uitgaande van een gemiddelde overstromingskans in de huidige situatie van 1/500 per jaar en een mogelijke objectschade van 30 miljoen euro dan is het economisch risico op objectniveau, 30 * 1/500 = 0,06 miljoen euro per jaar. Door het aanleggen van een dijk om de rwzi Amsterdam West kan het risico lokaal met 0,06 miljoen euro per jaar worden gereduceerd. Deze risicoreductie geeft een eenmalige investeringsruimte van 0,94 miljoen euro. Voor maximaal 0,94 miljoen euro zou dan een ringdijk om de rwzi Amsterdam West aangelegd moeten worden.
- Belangrijk aandachtspunt is dat het mogelijk is dat het object niet door alle scenario's wordt getroffen en dat de overstromingskans kleiner is dan de aangenomen 1/500 per jaar. Als er bijvoorbeeld wordt uitgegaan van 1/1000 per jaar dan wordt de investeringsruimte veel kleiner, 0,47 miljoen euro.

Een alternatief voor een kering rondom de RWZI is het aanleggen van drempels op strategische plekken. Hierdoor kan met een relatief kleine investering, schade aan cruciale onderdelen worden voorkomen of gereduceerd. Om de strategische plaatsen voor de drempels en de aanleghoogte te bepalen zijn gedetailleerdere overstromingsscenario's nodig en moet het aantal scenario's worden uitgebreid. Deze aanvullende scenario's kunnen dan gebruikt worden om de overschrijdingsfrequentie te bepalen van waterstanden in en rondom de RWZI.

14 Dit is een inschatting gemaakt met de beheerder. Deze waarde is omgeven met onzekerheid en verdient verdere uitwerking als dit verder wordt verkend.

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

NVT

MAATLAT 3: LIR

NVT

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

NVT

SHELTERS DOOR ADAPTIEF MEEKOPPELEN VOORZIENINGEN

Verondersteld is dat bij herstructureringen tot 2040 shelters worden ontwikkeld door het vormen van combinaties met geplande ontwikkelingen. Hierbij wordt gekeken hoe in voorziene functies eenvoudig extra voorzieningen (of inrichtingsmaatregelen als ophogen) kunnnen worden aangebracht zodat ze als een shelter kunnen worden ingezet. Er zijn twee varianten bekeken:

1. Een hoeveelheid shelters waardoor de mortaliteit met 25% daalt (25% minder slachtoffers doordat mensen binnen deze shelter beter beschermd worden dan elders)
2. Een hoeveelheid shelters waardoor de mortaliteit met 50% daalt

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/ jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/ jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
10x sterker					Niet haalbaar					
Max. effect maatregel 25 %	11.28	0.8	0.05	11.12	-	-	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50%	11.23	1.6	0.11	11.12	-	-	*	*	*	*

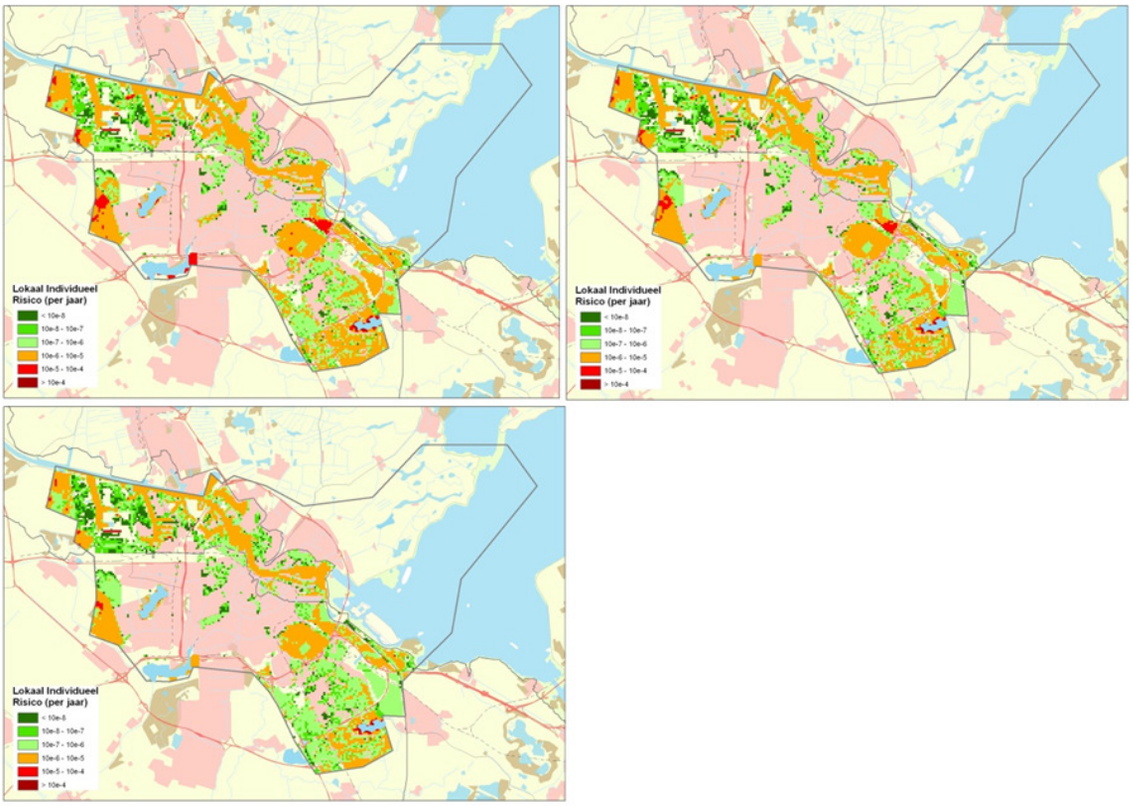
MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie (2015 en 2040)	0.21	1.41						22
10x sterker				Niet haalbaar				
Max. effect maatregel 25%	0.16	1.06	5	0.35	*	*	*	*
Max. Effect maatregel 50%	0.11	0.70	11	0.70	*	*	*	*

MAATLAT 3: LIR

LIR BIJ REFERENTIE EN BIJ NIEUWE SHELTERS (LINKSBOVEN: REF, RECHTSBOVEN: 25% REDUCTIE, LINKSONDER: 50% REDUCTIE)



MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers 10	100	1000
Kans per jaar 'Referentiesituatie'	1/260	1/9.000	-
Kans per jaar effect maatregel 25%*	1/280	1/9.000	-
Kans per jaar effect maatregel 50%*	1/350	1/11.000	-

SCHADEBEPERKEND BOUWEN

Verondersteld is dat bij herstructureringen tot 2040 de bebouwing op zo'n manier wordt ontworpen dat deze minder gevoelig zijn voor een eventuele overstroming. Er zijn twee varianten bekeken:

1 Schadebeperkend bouwen waarbij de toename van de schade naar 2040 met 50 procent wordt beperkt.
2 Schadeneutraal bouwen; de toekomstige bebouwing is niet gevoelig voor een overstroming waardoor de schade naar 2040 niet toeneemt.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
Schade beperkend	9.01	36	2.32	8.80	36	2.32	*	*	*	*
Schade neutraal	7.16	65	4.17	6.95	65	4.17	*	*	*	*

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

NVT

MAATLAT 3: LIR

NVT

MAATLAT 4: GROEPSRISICO

NVT

PROFESSIONALISERING BURGER EN ORGANISATIE RAMPENBEHEERSING

In dit scenario is verondersteld dat de rampenbeheersing verbeterd. Dit is uiteindelijk uitgedrukt in:

- Meer mensen die kunnen evacueren en een veilig heenkomen hebben, de evacuatiefractie stijgt van 30% naar 75%[15].
- Van de achterblijvers wordt meer zelfredzaam gedrag verondersteld waardoor de kans op overlijden kleiner is. Bestaande bebouwing en handelingen van de mensen zelf gericht op zelfvoorzienendheid leiden tot twee varianten van slachtofferafname onder achterblijvers:
  - C. 25% minder slachtoffers
  - D. 50% minder slachtoffers

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			Alleen schade			Investeringskosten			Totale kosten
	Risico	Invest. ruimte		Risico	Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten +
	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	risicokosten (m €)
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
Max. effect maatregel 25% en verbetering evac	11.18	2.4	0.15	11.12	-	-	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50% en verbetering evac	11.16	2.7	0.17	11.12	-	-	*	*	*	*

MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

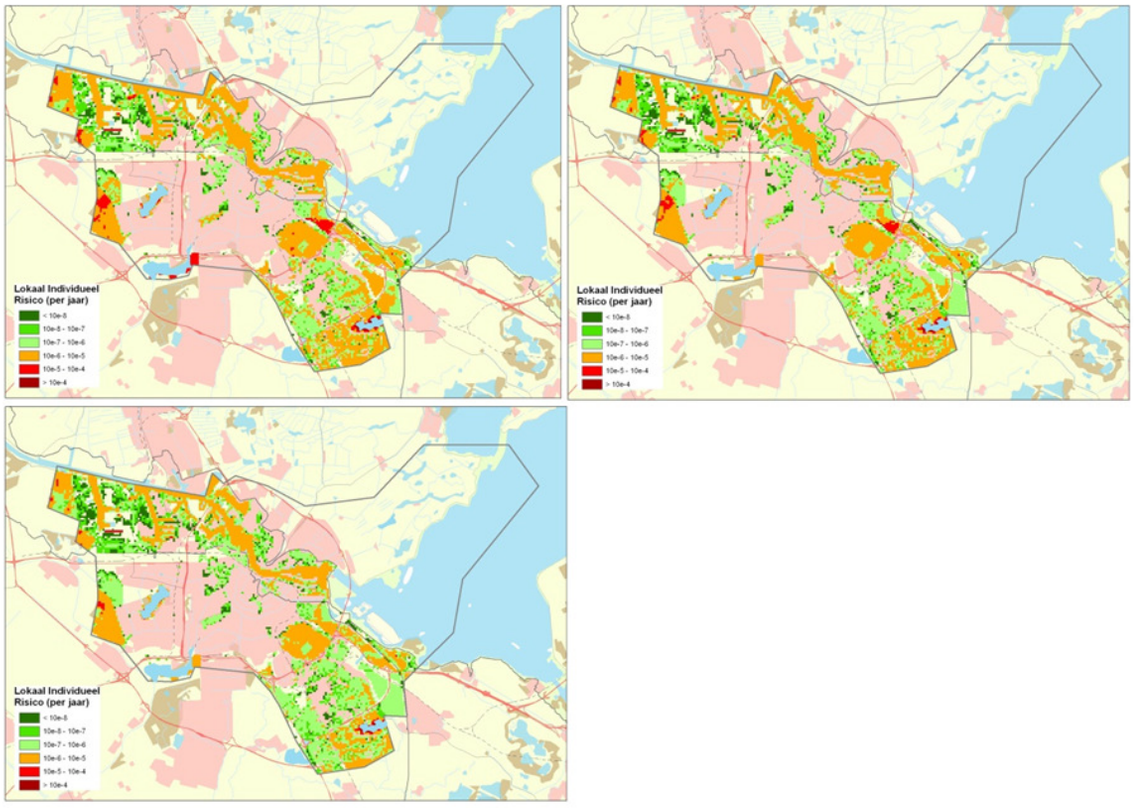
OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				Investeringskosten			Totale kosten
	Risico		Invest. ruimte		min	gem	max	Invest. kosten
	(aantal/jr)	(m €/jr)	Eenmalig (m €)	(m €/jr)	(m €)	(m €)	(m €)	+ risicokosten (m €)
Referentie (2015 en 2040)	0.21	1.41						22
10x sterker				Niet haalbaar				
Max. effect maatregel 25% en verbetering evac	0.06	0.38	16.1	1.03	*	*	*	*
Max. effect maatregel 50% en verbetering evac	0.04	0.25	18.1	1.16	*	*	*	*

15 Technische uitwerking: Toename van de evacautiefractie tot 75% leidt tot een reductiefactor van 2,8.
In de oorspronkelijke som zit een gemiddelde evacuatiefractie van 30 procent een toename tot 75 procent leidt dan tot een factor 2,8 minder slachtoffers ((1-0,3)/(1-0,75)=2,8).

MAATLAT 3: LIR

LIR BIJ REFERENTIE EN BIJ NIEUWE SHELTERS (LINKSBOVEN: REF, RECHTSBOVEN: 25% REDUCTIE, LINKSONDER: 50% REDUCTIE)



MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	100	1000
Kans per jaar 'Referentiesituatie'	1/260	1/9.000	-
Kans per jaar effect maatregel 25% en verbetering evac	1/390	1/17.000	-
Kans per jaar effect maatregel 50% en verbetering evac	1/700	-	-

VERHOGEN EN VERSTERKEN VERBINDING EVACUATIEROUTES A2 EN A9

Door de betere ontsluiting kunnen meer mensen vooraf het gebied verlaten, ook tijdens de overstroming en direct erna kunnen meer mensen het gebied verlaten omdat de weg droog is en hulpverleners (en andere burgers) beter het gebied in kunnen. Dit is in de berekeningen meegenomen door uit te gaan van een evacuatiefractie van 75%. Deze fractie geldt voor alle situaties.

In werkelijkheid ligt het genuanceerder omdat doorbraken kunnen plaatsvinden vanuit de Lek en vanuit IJmuiden en de meren. Bij IJmuiden en de meren zal het gepaard gaan met een periode van extreme wind voorafgaand aan de doorbraken. Bij deze omstandigheden is evacuatie niet of nauwelijks mogelijk. Bij een eventuele verdere uitwerking zal hier rekening mee gehouden moeten worden. Daarnaast ambieren evacuatieplannen vooral om mensen voorafgaand een evacuatie in veiligheid te hebben. Hogere wegen hebben dan niet zozeer een effect op evacuatie, mogelijk wel op iets efficientere reddings en hersteloperaties.

MAATLAT 1: ECONOMISCH RISICO

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SCHADE EN SLACHTOFFER (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Schade+slachtoffer			**Alleen schade**			**Investeringskosten**			**Totale kosten**
	Risico	**Invest. ruimte**		**Risico**	**Invest. ruimte**		**min**	**gem**	**max**	**Invest. kosten + risicokosten**
	(m €/jr)	**Eenmalig (m €)**	**(m €/jr)**	**(m €/jr)**	**Eenmalig (m €)**	**(m €/jr)**	**(m €)**	**(m €)**	**(m €)**	**(m €)**
Referentie 2015	7.16			6.95						112
Referentie 2040	11.33			11.12						177
10x sterker					Niet haalbaar					
Max. effect maatregel 75%	11.20	2.1	0.14	11.12	-	-	*	*	*	*

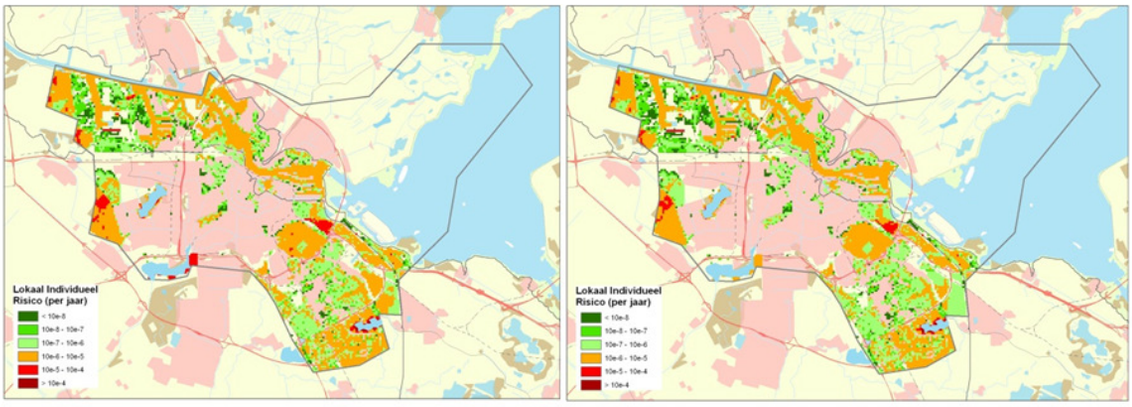
MAATLAT 2: AANTALLEN SLACHTOFFERS

OVERZICHT JAARLIJKS VERWACHTE SLACHTOFFERS (RISICO), INVESTERINGSRUIMTE EN DE KOSTEN

	Alleen slachtoffer				**Investeringskosten**			**Totale kosten**
	Risico		**Invest. ruimte**		**min**	**gem**	**max**	**Invest. kosten + risicokosten**
	(aantal/jr)	**(m €/jr)**	**Eenmalig (m €)**	**(m €/jr)**	**(m €)**	**(m €)**	**(m €)**	**(m €)**
Referentie (2015 en 2040)	0.21	1.41						22
10x sterker				Niet haalbaar				
Max. Effect maatregel 75%	0.08	0.50	14	0.90	*	*	*	*

MAATLAT 3: LIR

LIR BIJ REFERENTIE EN BIJ AANPASSEN WEGEN



MAATLAT 4: GROEPSRISICO

KANS PER JAAR OP GROEP SLACHTOFFERS VAN 10, 100 EN 1.000 STUKS.

Opgave groepsrisico	Aantal slachtoffers		
	10	**100**	**1000**
Kans per jaar 'Referentiesituatie'	1/260	1/9.000	-
Kans per jaar effect maatregel 75%	1/370	1/13.000	-

BIJLAGE D

UITGANGSPUNTEN RISICOBEPALING

Voor het bepalen van de investeringsruimte en –kosten zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Referentie is ‘systeem op orde’ in 2040;
- Toename van welvaart en economische groei is rekening gehouden met een toename van 1,9% per jaar;
- Geen grote ontwikkelingen in grondgebruik, nieuwbouw en herstructurering & demografie;
- Contante waarde berekening voor de baten is uitgegaan van een discontovoet van 4% per jaar;
- Voor het monetariseren van slachtoffers is een waarde van 6,7 miljoen € per slachtoffer gehanteerd. Slachtoffers zijn waardevast en hier is geen sprake van economische groei;