

# Rapport

## Waterveiligheid Merwe-Vierhavens

Een adaptatiestrategie voor een veilige haven - nu en in de toekomst

Klant: Havenbedrijf Rotterdam en Gemeente Rotterdam

Referentie: WATBF4776-100-102R003F0.3

Status: 0.3/Finale versie

Datum: 14 maart 2019

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

George Hintzenweg 85  
3068 AX ROTTERDAM  
Water  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 90 00 **T**  
+31 10 209 44 26 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Waterveiligheid Merwe-Vierhavens

Ondertitel:  
Referentie: WATBF4776-100-102R003F0.3  
Status: 0.3/Finale versie  
Datum: 14 maart 2019  
Projectnaam: Waterveiligheid M4H  
Projectnummer: BF4776-100-102  
Auteur(s): Jarit van de Visch, Matthijs Bos en Sytske Stuij

Opgesteld door: Jarit van de Visch

Gecontroleerd door: Matthijs Bos, Jarit van de Visch

Goedgekeurd door: Jarit van de Visch

Datum/Initialen: JvdV 15/03/2019

Classificatie

Projectgerelateerd



## Disclaimer

*No part of these specifications/printed matter may be reproduced and/or published by print, photocopy, microfilm or by any other means, without the prior written permission of HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. HaskoningDHV Nederland B.V. accepts no responsibility or liability for these specifications/printed matter to any party other than the persons by whom it was commissioned and as concluded under that Appointment. The integrated QHSE management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 and OHSAS 18001:2007.*

Versie nummer	Datum	Opsteller (RHDHV)	Reviewer
N001D0.1	19-04-2018	Jarit van de Visch	Joost de Nooijer en Arnold Vis (HbR), Nick van Barneveld, Walter de Vries en Ria van der Zaag (Gemeente Rotterdam)
R003D0.2	14-06-2018	Jarit van de Visch, Matthijs Bos en Sytske Stuij	Joost de Nooijer, Marc Eisma en Arnold Vis (HbR), Nick van Barneveld (Gemeente Rotterdam)
R003F0.1	12-09-2018	Jarit van de Visch	Joost de Nooijer (HbR), Nick van Barneveld en Walter de Vries (Gemeente Rotterdam)
R003F0.2	25-01-2019	Jarit van de Visch	Matthijs Bos
R003F0.3	14-03-2019	Jarit van de Visch	Joost de Nooijer (HbR) en Marc Eisma (HbR)

## Inhoud

<b>1</b>	<b>Werken aan waterveiligheid in het Rotterdamse havengebied</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Overstromingsrisico's in beeld</b>	<b>5</b>
2.1	Gebiedsbeschrijving en ontwikkelingen	5
2.2	Overstromingskansen	8
2.3	Gevolgen van een overstroming	10
2.4	Overstromingsrisico's in perspectief	14
<b>3</b>	<b>Adaptatiestrategieën om overstromingsrisico's te beheersen</b>	<b>18</b>
3.1	Selectie van mogelijke maatregelen	18
3.1.1	Aanpak – trechters van maatregelen	18
3.1.2	Mogelijke maatregelen uit laag 1: preventie	20
3.1.3	Mogelijke maatregelen uit laag 2: ruimtelijke adaptatie	21
3.1.4	Mogelijke maatregelen uit laag 3: crisisbeheersing	23
3.2	Van maatregelen naar mogelijke adaptatiestrategieën	25
<b>4</b>	<b>Adaptief overstromingsrisico's beheersen in Merwe-Vierhavens</b>	<b>27</b>
4.1	Uitgangspunten van de veelbelovende adaptatiestrategie	27
4.2	Voorgestelde maatregelen per pier	28
<b>5</b>	<b>Aanbevelingen voor het vervolg</b>	<b>34</b>
	<b>Literatuurlijst</b>	<b>36</b>

## Bijlagen

Bijlage 1. Resultaten kosten-batenanalyse

## Tabellen

Tabel 1. Ontwikkeling waterdiepte in de tijd bij de klimaatscenario's W+ en G van het KNMI. Met kleuren is aangegeven wanneer de waterdiepte ongeveer gelijk is aan (geel) of hoger is dan (rood) het gemiddelde maaiveldniveau van Merwe-Vierhavens (3,5 meter boven NAP). NB: De getallen bevatten een toeslagfactor van 10 cm.	9
Tabel 2. Economische schade in duizend Euro) voor het zichtjaar 2050 bij W+-scenario (Contante Waarde 2018)	12
Tabel 3. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van economische schade	14
Tabel 4. Verkenning acceptabele grensniveaus overstromingsrisico's met het afwegingskader bij verschillende ontwikkelingsscenario's voor Merwe-Vierhavens als geheel en per deelgebied	17
Tabel 5. Overzicht maatregelen met per stap in rood aangegeven of en in welke stap een maatregel afgevallen is.	18

Tabel 6. Overzicht van maatregelen per pier met een positieve (✓) of negatieve (☒) kosten-batenverhouding	20
Tabel 7: Kosten en baten van de maatregelen in euro's (groen is een positieve baten-kostenratio en rood negatief)	38

## Figuren

Figuur 1. Merwe-Vierhavens met de verschillende deelgebieden.	5
Figuur 2. Hoogtekaart Merwe-Vierhavens.	6
Figuur 3. Landgebruikkaart Merwe-Vierhavens in de huidige situatie.	6
Figuur 4. Kwetsbare functies in Merwe-Vierhavens	7
Figuur 5. Ontwikkelscenario's voor Merwe-Vierhavens.	8
Figuur 6. Waterdiepte Merwe-Vierhavens bij een stormscenario op de Noordzee voor de zichtjaren 2015 en 2050 (W+) met een kans van 1/1.000 per jaar.	10
Figuur 7. Contante waarde in 2018 van de totale economische schade (direct + indirect) per pier voor het zichtjaar 2050.	12
Figuur 8. LIR voor het zichtjaar 2050.	13
Figuur 9. Maatschappelijke ontwrichting voor het zichtjaar 2050.	14
Figuur 10. Stappen in de systematiek van het afwegingskader	15
Figuur 11. Afweging van het overstromingsrisico in Merwe-Vierhavens bij een overstroming van 1/1.000 per jaar in 2015 met het afwegingskader voor de klimaatscenario's W+ en G van het KNMI	16
Figuur 12. MLV met van onder naar boven preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.	18
Figuur 13. Kade waar schepen kunnen aanmeren (links in rode ellips), glooiing met steenbekleding (rechts in gele ellips). Bron: Havenbedrijf Rotterdam.	21
Figuur 14. Illustratie van dry proofing (links) en wet proofing (rechts)	23
Figuur 15. Voorbeelden van noodkeringen: Box Barrier (links), systeem gevuld met lucht (midden) en vrijstaand keermiddel (rechts).	24
Figuur 16: Visualisatie van de hoofdconceptkeuzes in de veelbelovende adaptatiestrategie, met in groen de keuze voor 'leven met water' en in wit 'water buiten de deur'. De pijlen in het gebied visualiseren de evacuateroutes	28
Figuur 18: Dwarsdoorsnede van de Gustoweg met voorgestelde kansrijke maatregelen	29
Figuur 19: Dwarsdoorsnede van de Korte Merwepier met voorgestelde kansrijke maatregelen	30
Figuur 20: Dwarsdoorsnede van de Lange Merwepier met voorgestelde kansrijke maatregelen	30
Figuur 21: Dwarsdoorsnede van de Marconistrip met voorgestelde kansrijke maatregelen	30
Figuur 22: Dwarsdoorsnede van een deel het Hart Makers district met voorgestelde kansrijke maatregelen	31
Figuur 23: Dwarsdoorsnede van een deel van het Hart Makers district ter hoogte van het Ferroplein met voorgestelde kansrijke maatregelen	31
Figuur 24: Dwarsdoorsnede van een deel van de Keilehaven met voorgestelde kansrijke maatregelen	32

## 1 Werken aan waterveiligheid in het Rotterdamse havengebied

Als gevolg van klimaatverandering neemt het overstromingsrisico toe. Het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD, 2014) heeft geadviseerd onderzoek te verrichten naar hoe bewoners en gebruikers van buitendijks gebied beschermd kunnen blijven. Een groot deel van deze regio, zoals de haven van Rotterdam, ligt namelijk buitendijks; buiten de bescherming van de primaire keringen.

Op hoofdlijnen gaat het huidige beleid voor waterveiligheid in buitendijks gebied ervan uit dat gebruikers en bewoners van buitendijks gebied zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van maatregelen om schade als gevolg van een overstroming te beperken. De overheid weegt bij nieuwe ontwikkelingen de risico's af (met name de gemeente) en stelt indien nodig randvoorwaarden om deze risico's te beheersen (provincie en gemeente). Ook is de overheid (gemeente, veiligheidsregio) verantwoordelijk voor de communicatie over de risico's.

In 2017 heeft de gemeente Rotterdam samen met belanghebbenden een strategische adaptatieagenda buitendijks opgesteld. Deze agenda bevat acties voor de waterveiligheid in het buitendijks gebied in Rijnmond-Drechtsteden, met als uitgangspunt dat gebruikers, bewoners en overheid gezamenlijk eigenaar zijn van een waterveilige regio. Een van die acties is het formuleren van adaptatiestrategieën voor alle buitendijkse gebieden in de regio Rijnmond-Drechtsteden, waaronder een adaptatiestrategie voor de Merwe-Vierhavens. In een adaptatiestrategie worden kansrijke maatregelen geformuleerd om het overstromingsrisico in een bepaald gebied te beheersen.

Het Havenbedrijf Rotterdam en de gemeente Rotterdam hebben het voortouw genomen voor het formuleren van een adaptatiestrategie voor de Merwe-Vierhavens. Merwe-Vierhavens is een buitendijks havengebied waarvoor een transitie naar een combinatie van wonen en werken is voorzien. In dit project 'Waterveiligheid Merwe-Vierhavens' hebben de projectgroep waterveiligheid buitendijks en het ruimtelijk team Merwe-Vierhavens onderzocht hoe waterveiligheid in de Merwe-Vierhavens meegenomen kan worden in het ruimtelijk raamwerk voor het gebied, zodat het beheersen van overstromingsrisico's vanaf het begin een plek krijgt in de ruimtelijke plannen. Vanuit de bril van waterveiligheid en ruimtelijk ontwerp is een adaptatiestrategie geformuleerd.

### **Gevolgd proces en leeswijzer**

De overstromingskansen van het gebied en de hierbij behorende waterdiepten voor verschillende zichtjaren zijn geanalyseerd (zie paragraaf 2.2). De overstromingskansen zijn vervolgens gebruikt om de economische schade, kans op dodelijke slachtoffers op basis van het lokaal individueel risico (LIR) en kans op maatschappelijke ontwrichting te verkennen (zie paragraaf 2.3). Hiermee is een beeld van de overstromingsrisico's (kans x gevolg) in het gebied gecreëerd. De overstromingsrisico's zijn afgewogen in het licht van waterveiligheid binnendijks met een afwegingskader dat in de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017) is ontwikkeld voor het buitendijkse havengebied. Paragraaf 2.4 presenteert de verkenning naar een acceptabel risiconiveau voor dit buitendijkse gebied in het perspectief van waterveiligheid binnendijks. Vervolgens zijn mogelijke maatregelen geïnventariseerd (zie paragraaf 3.1) en gecombineerd in twee verschillende gebiedsstrategieën (zie paragraaf 3.2).

De gebiedsstrategieën zijn gebruikt om een veelbelovende adaptatiestrategie te formuleren. Hiervoor zijn de meest kansrijke maatregelen per deelgebied geselecteerd. Tijd/flexibiliteit, effectiviteit, uitvoerbaarheid en gebiedsidentiteit bepalen in hoeverre een maatregel kansrijk is. Een kosten-batenanalyse van de geselecteerde maatregelen per deelgebied heeft inzicht gegeven in de kosteneffectiviteit (zie hoofdstuk 4). Aanbevelingen voor het vervolg zijn opgenomen in hoofdstuk 5.



## 2 Overstromingsrisico's in beeld

De eerste stap in de ontwikkeling van een adaptatiestrategie is het vormen van een beeld van de huidige en toekomstige overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens. Voor deze beeldvorming zijn de karakteristieken van het gebied (§2.1), de overstromingskansen (§2.2) en de gevolgen daarvan (§2.3) van belang. Een vervolgstap is om te bepalen wanneer overstromingsrisico's niet langer acceptabel zijn. Aangezien er voor buitendijkse gebieden geen normen zijn, zijn de overstromingsrisico's in perspectief geplaatst van maatschappelijke kaders voor waterveiligheid in binnendijks gebied (§2.4).

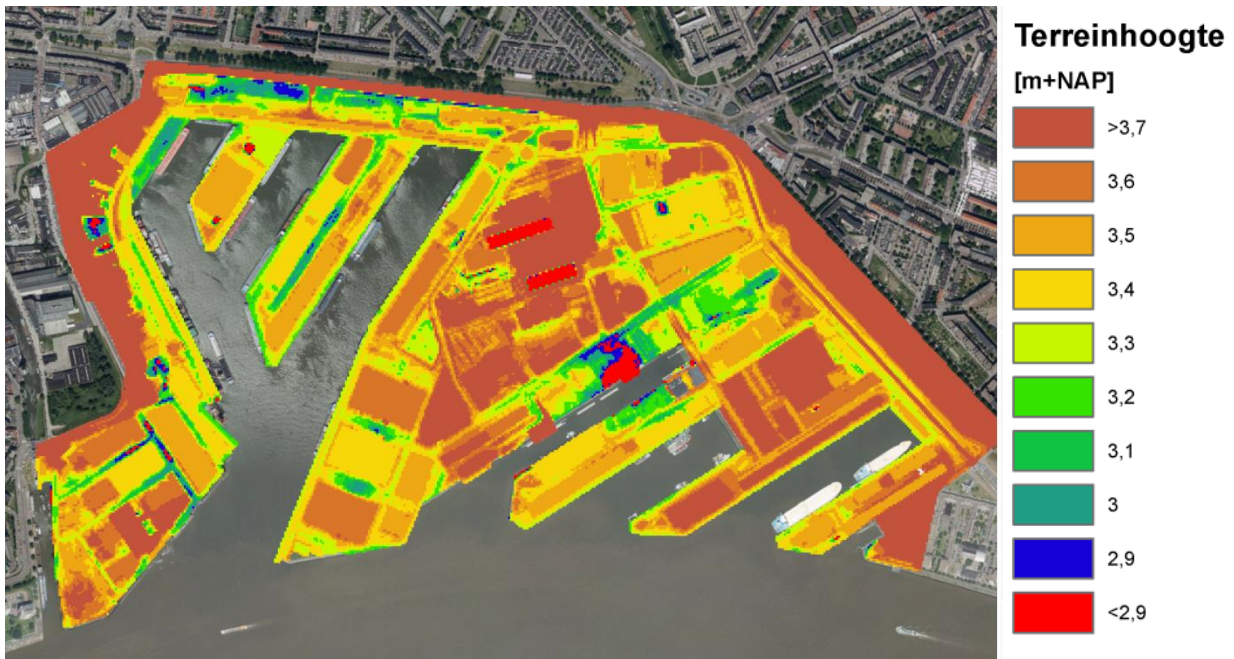
### 2.1 Gebiedsbeschrijving en ontwikkelingen

Merwe-Vierhavens beslaat circa 120 ha en bestaat uit meerdere afzonderlijke deelgebieden (zie Figuur 1).



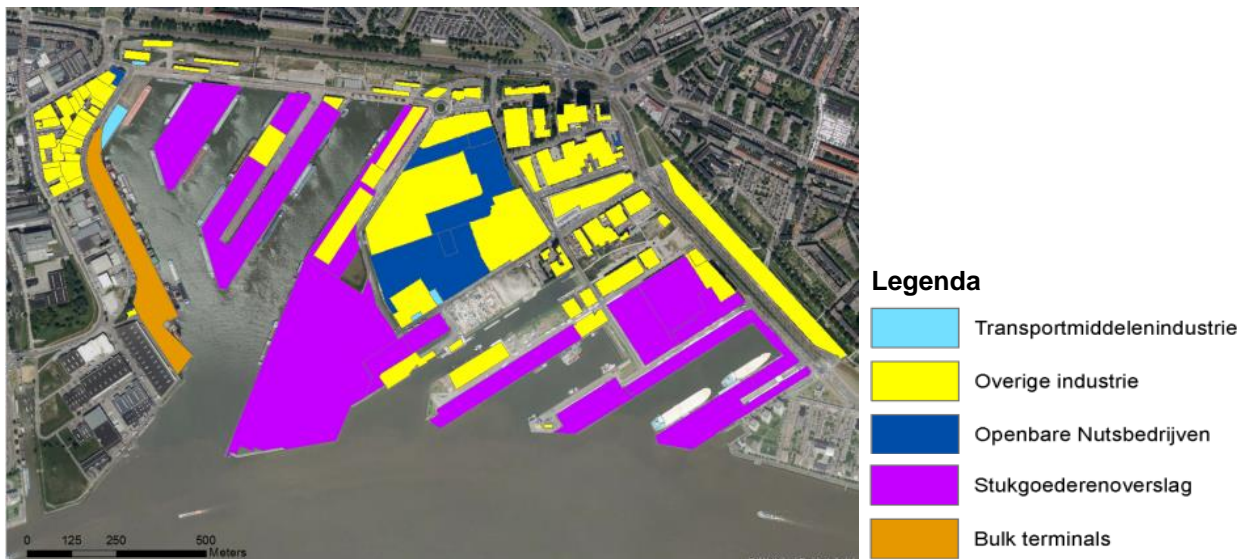
Figuur 1. Merwe-Vierhavens met de verschillende deelgebieden.

Het gebied ligt gemiddeld 3,5 meter boven NAP. De laagst gelegen deelgebieden, Gustoweg I, Keilehaven en de Marconistrip, liggen op gemiddeld 3,3 meter boven NAP. De hoogst gelegen deelgebieden zijn Gustoweg II (gemiddeld 3,9 meter boven NAP), Dakpark (plint gemiddeld op 3,6 meter boven NAP) en Hart Makers District (gemiddeld 3,6 meter boven NAP). Ook binnen de deelgebieden varieert de hoogte. Figuur 2 visualiseert de terreinhoogte van het gebied.



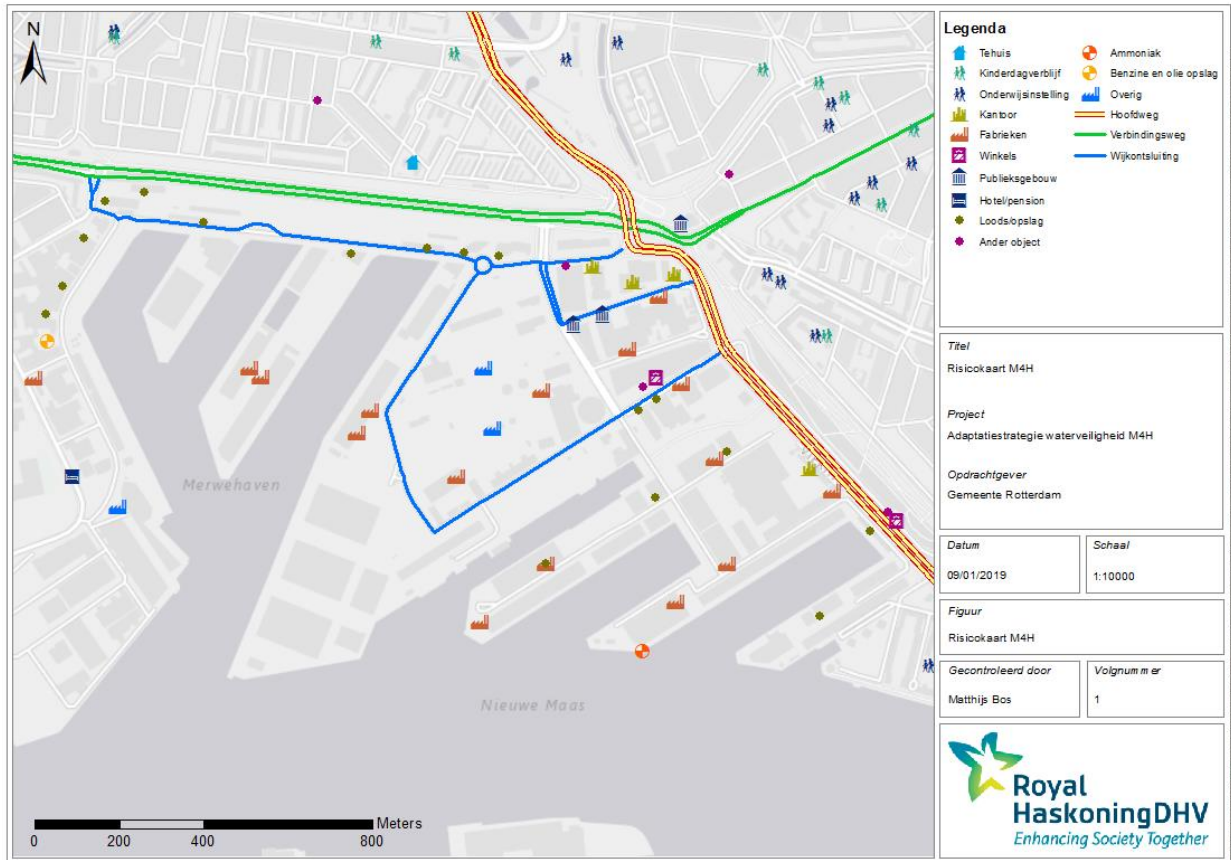
Figuur 2. Hoogtekaart Merwe-Vierhavens.

De belangrijkste activiteiten in Merwe-Vierhavens zijn stukgoederenoverslag en overige industrie. Onder overige industrie vallen bedrijfspanden, kantoren en loodsen. Ook staan een hoogspanningsverdeelstation van Tennet en de warmteketels van Stedin in Merwe-Vierhavens, zie Figuur 4. Hiernaast ligt een deel van het gebied braak. Dit zijn lagergelegen delen, waar recent gebouwen zijn gesloopt en terreinen zijn afgegraven.



Figuur 3. Landgebruikkaart Merwe-Vierhavens in de huidige situatie.





Figuur 4. Kwetsbare functies in Merwe-Vierhavens

Het Havenbedrijf en de gemeente hebben ontwikkelingsplannen voor Merwe-Vierhavens, waarin meer ruimte is voor woon-werkfuncties dan in de huidige situatie. De ontwikkelingsplannen zijn in twee mogelijke scenario's meegenomen in de overstromingsrisicoanalyse (zie Figuur 5):

- **Wonen+**, waarbij het gebied wordt ingericht met een mix van wonen en werken en de havenindustrie zal verdwijnen;
- **Sappen- & Maakindustrie**, waarbij het gebied wordt ingericht met een mix van wonen en werken en de sappenindustrie in stand blijft.



Figuur 5. Ontwikkelscenario's voor Merwe-Vierhavens<sup>1</sup>.

## 2.2 Overstromingskansen

Merwe-Vierhavens is buitendijks gebied. Dat betekent niet dat het gebied volledig onbeschermd is. Zo profiteert het gebied van de Maeslantkering, al is de kering daar formeel niet voor bedoeld. Sluiting van de Maeslantkering zorgt ervoor dat de waterstand in de Nieuwe Maas in de huidige situatie veelal niet hoger zal worden dan ca. 3,4 – 3,6 meter boven NAP. Hierin is verdisconteerd dat de Maeslantkering een faalkans heeft van 1/100 op dit moment. Dit betekent dat bij 100 sluitingen de kering statistisch gezien gemiddeld één keer niet zal sluiten, bijvoorbeeld vanwege een technisch mankement. De Maeslantkering biedt ook geen volledige bescherming voor Merwe-Vierhavens vanwege de opstuwning van het rivierwater bij sluiting van de kering. Het rivierwater kan dan immers niet meer afvloeien naar zee.

<sup>1</sup> De functie Mix Woon Werk staat voor een combinatie tussen werk en wonen. Werk bevindt zich op de begane grond, daarboven bevindt zich woningen. De functie Wonen Gemengd staat voor verschillende woningeenheden binnen een gebouwblok.

Uit de overstromingsrisicoanalyse blijkt dat er op dit moment een kans van ca. 1/3.000 per jaar is dat een groot gedeelte van Merwe-Vierhavens te maken krijgt met water door een overstroming vanuit de Noordzee. Ter vergelijking, de watersnoodramp van 1953 had een herhalingstijd van eens in de 300 jaar. Er is sprake van een overstroming wanneer de waterstand boven de terreinhoogte (gemiddeld 3,5 meter boven NAP voor Merwe-Vierhavens) uitkomt. De verwachting is dat een dergelijke overstroming veroorzaakt wordt door een zeer zware Noordwesterstorm, met windkrachtpieken van 11 of 12 (Beaufort). Een dergelijke storm is ca. 2 dagen van tevoren met enige nauwkeurigheid te voorspellen. In het geval van een overstroming door het falen (niet sluiten) van de Maeslantkering, zal de reactietijd veel korter zijn. Het (zoute) water staat maximaal 1-2 dagen in het gebied.

In de toekomst neemt de kans op overstromen toe door zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering. Om de toekomstige overstromingskans in te kunnen schatten, zijn twee klimaatscenario's van het KNMI gebruikt (Deltaprogramma Waterveiligheid, 2014): een snel (W+) en een langzaam (G) scenario. Bij W+ stijgt de zeespiegel met 35cm in 2050 en 85cm in 2100 (ten opzichte van 1990). Bij G blijft deze stijging beperkt tot 15cm in 2050 en 35cm in 2100 (ten opzichte van 1990). De zeespiegelstijging in het W+ scenario in 2050 treedt in het G-scenario dus pas 50 jaar later op. Tabel 1 geeft de ontwikkeling weer van de waterdiepte in de tijd in Merwe-Vierhavens.

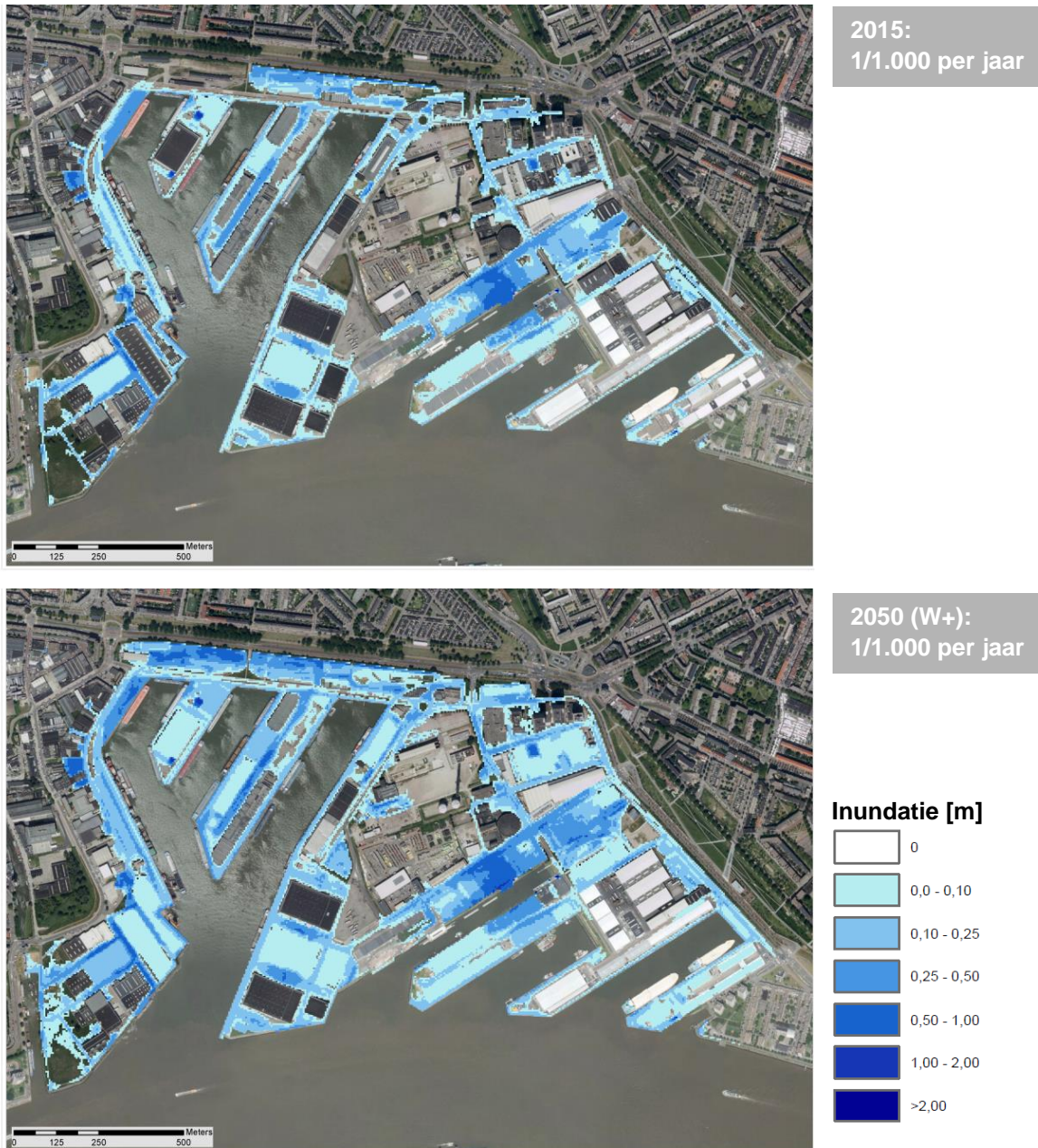
Tabel 1. Ontwikkeling waterdiepte in de tijd bij de klimaatscenario's W+ en G van het KNMI. Met kleuren is aangegeven wanneer de waterdiepte ongeveer gelijk is aan (geel) of hoger is dan (rood) het gemiddelde maaiveldniveau van Merwe-Vierhavens (3,5 meter boven NAP). NB: De getallen bevatten een toeslagfactor van 10 cm.<sup>2</sup>

Herhalingstijd	Zichtjaar		
	2015	2050 (W+)/ 2100 (G)	2100 (W+)
10 jaar	3,0	3,1	3,3
100 jaar	3,2	3,3	3,4
300 jaar	3,3	3,4	3,5
1.000 jaar	3,4	3,5	3,7
3.000 jaar	3,5	3,6	4,0
10.000 jaar	3,6	3,9	4,3

Een zeespiegelstijging van 35 cm vergroot de kans op een overstroming in een groot deel van het gebied van een herhalingstijd van eens in de 10.000 naar een herhalingstijd van eens in de 1.000 jaar (zie Tabel 1). Bij een zeespiegelstijging van 85 cm wordt dit eens in de 300 jaar. Het beeld van een overstroming van 1/1.000 jaar in 2015 is ongeveer vergelijkbaar met een overstroming van 1/300 jaar in 2050 en van 1/100 jaar in 2100 op basis van het W+ scenario. De overstromingskans neemt dus ongeveer met een factor 3 toe in 2050 en nog weer eens met een factor 3 richting 2100. Voor het G-scenario geldt dat een overstroming met een frequentie van 1/300 jaar in 2100 een vergelijkbaar beeld oplevert als bij 1/1.000 jaar in de huidige situatie. Figuur 6 laat de waterdieptes zien van een overstroming in 2015 en 2050 met een kans van 1/1.000 per jaar.

<sup>2</sup> Bovenop de waterstanden wordt een toeslagfactor gehanteerd van 10cm. Deze toeslagfactor neemt een toeslag voor onzekerheden in golfoploop/ scheefstand, waarvoor een waakhoogte van 30cm gehanteerd dient te worden. Hiernaast neemt deze toeslagfactor een reductie voor de schadecurve van ca. 20cm mee om te voorzien in bijvoorbeeld drempels. Hierdoor kan de schadecurve die gebruikt wordt voor het kwantificeren van de economische schade direct vanaf terreinhoogte starten (Mooyaart & Schoemaker, 2017). De toeslagfactor is enigszins conservatief voor de lage herhalingstijden en op basis van de Pilot Botlek geschikt voor de hogere herhalingstijden. Seiches spelen geen rol door de ligging van de havengebieden achter de Maeslantkering.





Figuur 6. Waterdiepte Merwe-Vierhavens bij een stormscenario op de Noordzee voor de zichtjaren 2015 en 2050 (W+) met een kans van 1/1.000 per jaar.

### 2.3 Gevolgen van een overstroming

Uit de analyse van de economische schade, milieuschade en (dodelijke) slachtoffers in de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017) blijkt dat een overstroming in het havengebied vooral tot economische schade leidt. De geconsulteerde experts in de Pilot Waterveiligheid Botlek hebben aangegeven dat milieuschade in de Botlek en Vondelingenplaat naar verwachting verwaarloosbaar is vergeleken met de economische schade. In Merwe-Vierhavens is naar verwachting de milieuschade beperkter dan in de Botlek, omdat het hier om gebruiksfuncties gaat met weinig milieueffecten. Zo zijn er in tegenstelling tot de Botlek en Vondelingenplaat

bijvoorbeeld geen Brzo-bedrijven<sup>3</sup> in Merwe-Vierhavens. Om die reden zijn mogelijke gevolgen voor het milieu niet nader geanalyseerd.

Aangezien voorzien wordt dat de woonfunctie in Merwe-Vierhavens groter wordt, is in dit gebied naast economische schade, verkend wat de kans op dodelijke slachtoffers is als gevolg van een overstroming. De kans op dodelijke slachtoffers is geanalyseerd aan de hand van het Lokaal Individueel Risico (LIR) met behulp van de Risico Applicatie Buitendijks (RAB) van de provincie Zuid-Holland. De provincie heeft enkele jaren geleden het initiatief genomen om vanuit het perspectief van waterveiligheid een beleidskader te ontwikkelen voor buitendijks bouwen. Op grond van dit beleid dienen bestemmingsplannen voor buitendijkse gebieden die nieuwe ontwikkelingen mogelijk maken sinds 1 februari 2013 een inschatting te geven van het slachtofferrisico van een eventuele overstroming. De RAB faciliteert gemeenten om het slachtofferrisico als gevolg van een overstroming op een uniforme en gestructureerde manier inzichtelijk te maken (Provincie Zuid-Holland, 2013). De nieuwe uitgiftepeilen van de gemeente Rotterdam hebben als uitgangspunt de referentiewaarde voor slachtofferrisico van de Provincie Zuid-Holland (Gemeente Rotterdam, 2015).

Naast de kans op dodelijke slachtoffers geeft de RAB ook een waterdichte hoogte voor Maatschappelijke ontvricting per deelgebied. In de RAB is maatschappelijke ontvricting gebaseerd op het aantal getroffen dagen door functie-uitval (Provincie Zuid-Holland, 2013). De waterdichte hoogte is geen vereiste van de provincie, zoals de kans op dodelijke slachtoffers dat wel is bij nieuwe ontwikkelingen. Echter, het kan wel gebruikt worden als een hulpmiddel bij de afweging van overstromingsrisico's.

In de onderstaande paragrafen worden achtereenvolgens (1) economische schade, (2) dodelijke slachtoffers en (3) maatschappelijke ontvricting als gevolg van een overstroming in Merwe-Vierhavens toegelicht.

### **(1) Economische schade**

Bij economische schade is onderscheid gemaakt tussen de directe schade die optreedt aan gebouwen, installaties en andere voorzieningen en de indirecte schade vanwege het stil komen te liggen van de bedrijfsvoering en/of het niet optimaal kunnen gebruiken van de aanwezige infrastructuur met als gevolg omzetverlies. Een schatting van de directe schade van een bepaalde gebeurtenis volgt uit de overstromingskarakteristieken en een schadecurve als functie van de overstromingsdiepte. De generieke schadefuncties uit de kwantitatieve analyse van de Pilot Botlek Waterveiligheid van HKV/VU (2016b) zijn hiervoor gebruikt. Voor het schatten van de indirecte schade is een opslagfactor op de directe schade gebruikt (100% bovenop de directe schade van industriële gebruiksfuncties en 10% op de schade voor mix woon-werk en wonen gemengd). Tabel 2 en Figuur 7 geven de contante waarde van de economische schade weer voor het zichtjaar 2050.

Door de beoogde ruimtelijke transitie van het gebied wordt de verwachte economische schade als gevolg van een overstroming ruim drie keer zo groot. Dit komt met name omdat braakliggende terreinen dan een functie krijgen met meer economische waarde. Daar waar de gebruiksfunctie(s) in een deelgebied (pier) een woonfunctie krijgen (in plaats van een industriële havenfunctie die het op dit moment heeft) daalt de economische schade, omdat de indirecte schade bij wonen gemengd en mix woon-werk beperkter is dan de indirecte schade bij een industriële havenfunctie.

Er is weinig verschil tussen de twee ontwikkelscenario's. In het ontwikkelscenario Sappen- & Maakindustrie wordt de mogelijke economische schade iets hoger geschat, omdat in dit scenario er meer ruimte gereserveerd is voor de industriële havenfunctie, bijvoorbeeld op de pier Bak, Bak & Bak.

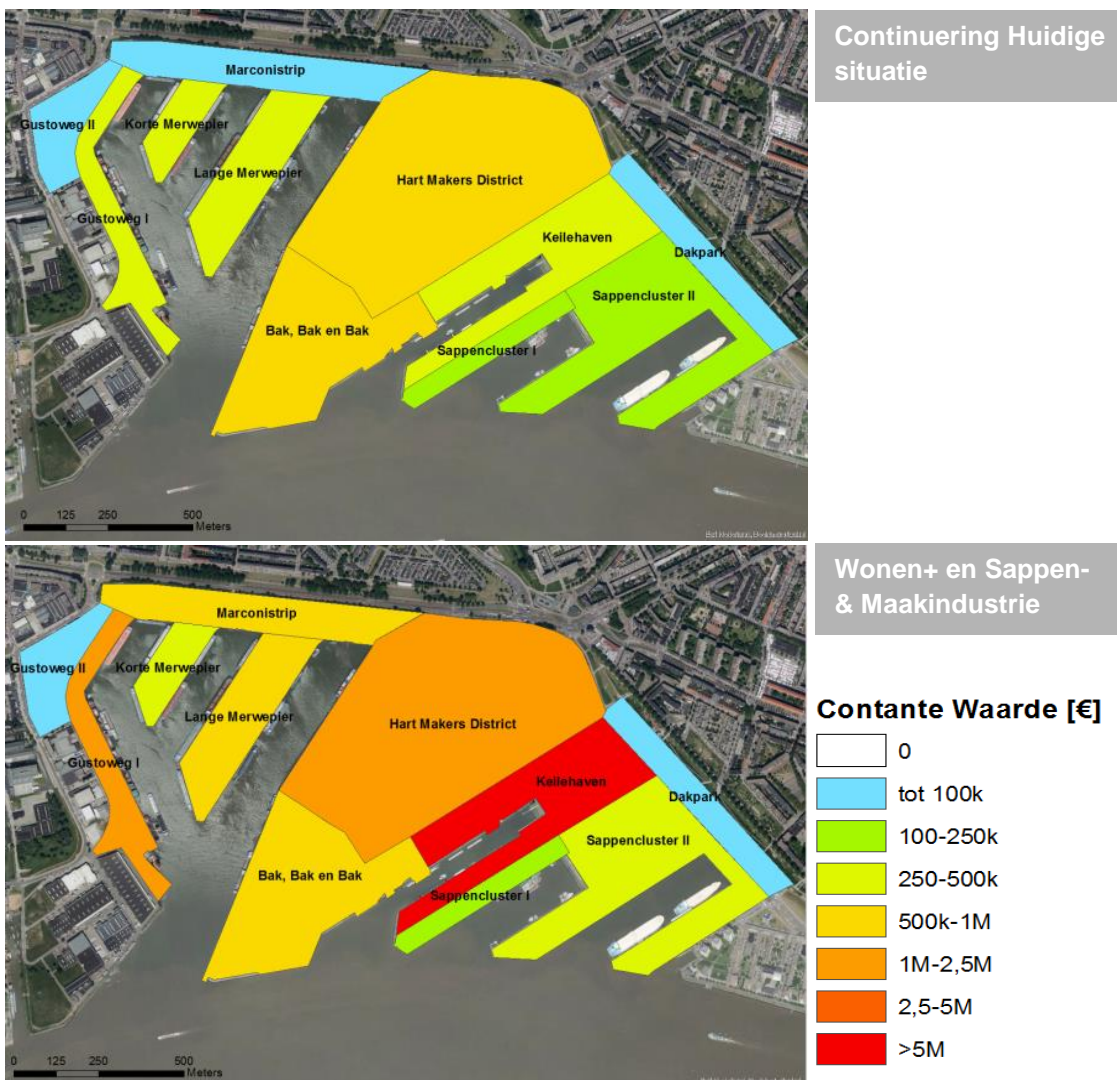
---

<sup>3</sup> Bedrijven waar grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen aanwezig zijn bóven een bepaalde drempelwaarde, vallen onder de werking van het Besluit risico's zware ongevallen 2015 (BRZO-2015).



Tabel 2. Economische schade in duizend Euro) voor het zichtjaar 2050 bij W+-scenario (Contante Waarde 2018)

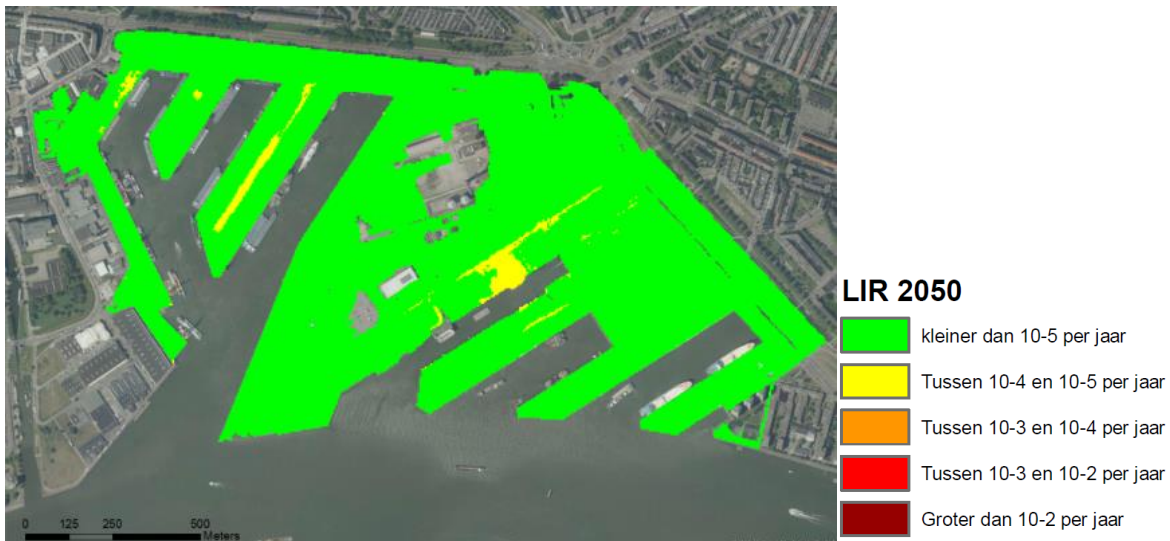
Pier	Economische schade Conti- nuering huidige situatie	Economische schade bij Wonen+	Economische schade bij Sappen- & Maakindustrie
Bak, Bak & Bak	1.067	1.027	1.550
Dakpark	70	70	70
Gustoweg I	553	1723	2152
Gustoweg II	84	54	67
Hart Makers District	1.270	2.206	2.203
Keilehaven	681	10.993	10.993
Korte Merwepier	609	454	454
Lange Merwepier	964	801	801
Marconistrip	64	711	711
Sappencluster I	245	272	370
Sappencluster II	371	370	505
<b>Totaal</b>	<b>5.978</b>	<b>18.681</b>	<b>19.876</b>



Figuur 7. Contante waarde in 2018 van de totale economische schade (direct + indirect) per pier voor het zichtjaar 2050.

## (2) Slachtoffers

Onder slachtoffers wordt verstaan dodelijke slachtoffers veroorzaakt door verdrinking tijdens de overstroming. De overstromingskarakteristieken (waterdiepte, stijgsnelheid, stroomsnelheid) zijn vertaald naar het LIR per locatie. Het LIR heeft als input gediend om locaties te identificeren die niet aan de norm voldoen (zie Figuur 8). In het overgrote deel van Merwe-Vierhavens is het LIR kleiner dan 10-5. Alleen in het braakliggende terrein (op de Gustoweg en Keilehaven) en de toegangsweg van de Lange Merwepier is het LIR hoger dan 10-5. Bij de ontwikkeling van deze gebieden zal hier rekening mee gehouden moeten worden bij het vaststellen van de maatregelen en formuleren van de strategie.

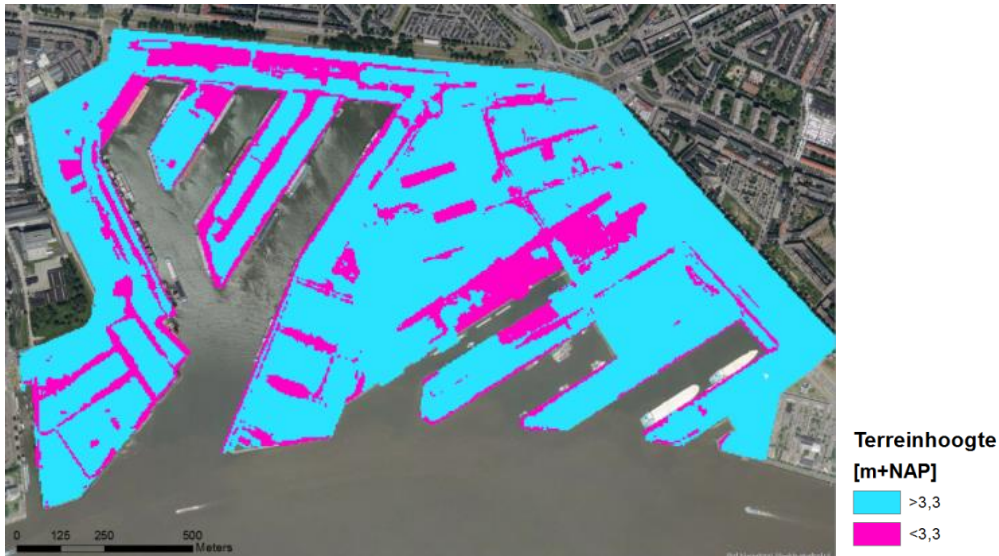


Figuur 8. LIR voor het zichtjaar 2050.

## Maatschappelijke ontwrichting

Om een ruw beeld te krijgen van mogelijke maatschappelijke ontwrichting in de Merwe-Vierhavens, is de waterdichte hoogte voor Maatschappelijke ontwrichting conform de RAB van de Provincie Zuid-Holland als referentiehoogte toegepast. Deze maatgevende waterdichte hoogte wordt bepaald door de functie “Laagbouw wonen” voor zichtjaar 2100. De functie laagbouw-wonen heeft de combinatie met de hoogste ernstfactor, langste ontwrichtingsduur en meest kritieke waterdiepte. De waterdichte hoogte is overigens geen “norm” waaraan voldaan moet worden. Het is een indicatie van de hoogte waar een overstroming mogelijk tot maatschappelijke ontwrichting kan leiden.

De waterdichte hoogte in de Merwe-Vierhavens is 3,3 meter boven NAP (bij maximaal 69 gebruikers per ha). Figuur 9 geeft weer welke terreinen lager liggen dan 3,3 meter boven NAP.



Figuur 9. Maatschappelijke ontwrichting voor het zichtjaar 2050.

## 2.4 Overstromingsrisico's in perspectief

Uit onderzoek blijkt dat de Rotterdamse haven in vergelijking met diverse internationale havens relatief veilig is: de overstromingskansen in de Rotterdamse haven zijn gemiddeld een factor 1 tot 100 lager. Een ander perspectief om het buitendijkse overstromingsrisico mee te vergelijken is het publieke kader voor binnendijkse waterveiligheid. Met een afwegingskader dat speciaal voor overstromingsrisico's in de buitendijkse Rotterdamse haven is ontwikkeld, is verkend tot waar overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens nog acceptabel zouden zijn gezien vanuit binnendijkse waterveiligheid. Het onderstaande kader licht de systematiek kort toe. Het bijlagerapport Waterveiligheid Waal-Eemhaven (2018) geeft een detailuitleg van het afwegingskader. Tabel 3 presenteert de grensniveaus voor economische schade in dit afwegingskader.

Tabel 3. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van economische schade

Totale economische schade in Merwe-Vierhavens	Gehanteerde grensniveaus
3,6 miljoen Euro	1/100
36 miljoen Euro	1/1.000
360 miljoen Euro	1/10.000
3,6 miljard Euro	1/100.000

### De systematiek van het afwegingskader

Met het afwegingskader voor de buitendijkse havengebieden in Rotterdam kan een beeld gevormd worden hoe overstromingsrisico's zich ontwikkelen in een gebied of van een sector en of dit nog past binnen in Nederland gangbare publieke kaders, te weten binnendijkse waterveiligheid. Het afwegingskader is geen nieuwe norm voor buitendijkse overstromingsrisico's. Het is bedoeld als kapstok voor het afwegen van overstromingsrisico's met meerdere belanghebbenden, die allemaal eigen afwegingscriteria hebben. Elke belanghebbende maakt uiteindelijk zijn of haar eigen afweging van het overstromingsrisico.

Het afwegingskader is gebaseerd op de kans op schade door overstromingen (faalkans) en grensniveaus voor de acceptabele faalkans. Het afwegingskader maakt onderscheid tussen de "bruikbaarheidsgrens" (waterdiepte waar schade begint te ontstaan aan assets, producten en/of terreinen), en de "bezwijkgrens" van een object (waterdiepte



waar de schade significant groter wordt, bijvoorbeeld omdat een asset volledig afgeschreven moet worden). Onderliggende aannames beïnvloeden het resultaat: het moment dat de faalkans boven het grensniveau komt te liggen. Zo is de keuze voor de indeling van de grensniveaus sterk bepalend voor de verkenning met het afwegingskader en daarmee een belangrijke factor in de afweging van de overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens. Figuur 10 geeft de stappen weer die gevolgd worden bij de afweging van overstromingsrisico's met het afwegingskader.



Figuur 10. Stappen in de systematiek van het afwegingskader

**Stap 1.** De eerste stap analyseert wanneer, dat wil zeggen bij welke waterdiepte, een object niet meer bruikbaar is met onderscheid tussen de bruikbaarheidsgrens (service level state – SLS), de beperkte bruikbaarheid van een object (functioneel falen), en bezwijkgrens (ultimate level state – ULS), het bezwijken van een object. Op basis van eerdere studies (o.a. waterveiligheid Waal-Eemhaven, 2018) is aangenomen dat met 10 cm water op het terrein de bruikbaarheidsgrens bereikt wordt. De bezwijkgrens is geschat op 50 cm water op het terrein.

**Stap 2.** Stap 2a bepaalt bij de waterdiepten voor SLS en ULS wat de faalkans is voor verschillende jaren (2015, 2050 en 2100). Stap 2b analyseert de gevolgen van het falen in termen van economische schade in het licht van waterveiligheidsnormen voor binnendijkse gebieden. Deze analyse heeft geleid tot het bepalen van grensniveaus voor acceptabele faalkansen (zie Tabel 3).

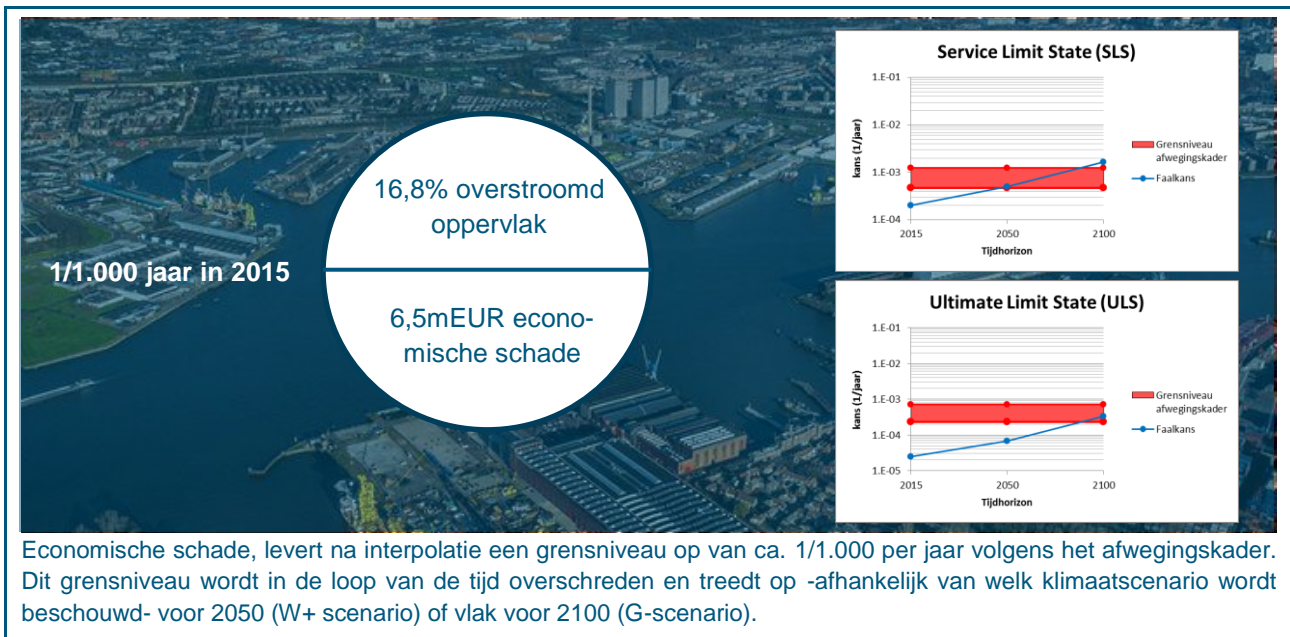
**Stap 3.** De laatste stap vergelijkt de kans dat het object overstroomt met een bepaalde waterstand (2a) met de acceptabele kans van optreden (2b). Het eindbeeld geeft inzicht of en wanneer de faalkans van een object een in het afwegingskader gehanteerd grensniveau overschrijdt in de loop van de tijd. Het overschrijden van het grensniveau geeft input voor het bepalen of een zekere faalkans nog acceptabel geacht zou kunnen worden: de afweging van het risico.

#### Kanttekeningen bij het afwegingskader

Er zijn twee belangrijke kanttekeningen bij het afwegingskader. Ten eerste zijn de gekozen grenzen voor het acceptabel risico geen vast gegeven. Ze hebben een bandbreedte. Dit komt omdat het gekozen grensniveau van het economische risico in het binnendijkse gebied niet 1-op-1 te vertalen is naar het buitendijkse gebied. Er zijn diverse aannames gemaakt om hier een richtgetal voor af te leiden. Daarnaast zal per partij verschillen wat een acceptabel risico is in buitendijks gebied. Dit is afhankelijk van hun eigen beleid/risicoafweging. Een veel voorkomende afweging is dat het risico acceptabel is zolang de kosten van het nemen van een maatregel hoger zijn dan de te verwachten baten (schadereductie) van deze maatregel.

De resultaten van het afwegingskader zijn gevoelig voor de keuzes die zijn gemaakt voor de grensniveaus. Als voorbeeld wordt hier de timing besproken waarop het grensniveau wordt overschreden, omdat deze resultaten zijn gebruikt om maatregelen in de tijd te plaatsen. Stel dat het economische risico in 2050 het grensniveau bereikt. Een keuze voor een 2x zo hoog (of 2x zo laag) acceptabel economisch risico zorgt ervoor dat dit moment verschuift naar 2080 (of 2020). Dit voorbeeld laat zien dat de timing gevoelig is voor de keuze van het grensniveau. De hieronder gepresenteerde resultaten moeten in dit licht met de nodige marge geïnterpreteerd worden.

De verkenning van het acceptabele overstromingsrisico met het afwegingskader geeft een idee van de gewenste timing van de maatregelen. Bij continuering van de huidige situatie zijn de overstromingsrisico's acceptabel tot uiterlijk 2050 vanuit een binnendijks perspectief op waterveiligheid (zie Tabel 4). Een transitie volgens de ontwikkelingsscenario's Wonen+ of Sappen- & Maakindustrie haalt het moment dat overstromingsrisico's niet meer acceptabel zouden zijn voor een aantal deelgebieden naar voren. Echter, elke belanghebbende in dit buitendijkse gebied kan op basis van zijn of haar eigen risicoafweging bepalen of maatregelen gewenst zijn of niet. Een veel voorkomende afweging is dat het risico acceptabel is zolang de kosten van het nemen van een maatregel hoger zijn dan de te verwachten baten (schadereductie) van deze maatregel. Figuur 11 licht de risicoafweging voor de Merwe-Vierhavens toe voor een overstroming met een frequentie van 1/1.000 per jaar in 2015.



Figuur 11. Afweging van het overstromingsrisico in Merwe-Vierhavens bij een overstroming van 1/1.000 per jaar in 2015 met het afwegingskader voor de klimaatscenario's W+ en G van het KNMI

Tabel 4 presenteert het resultaat van de verkenning van de grensniveaus voor Merwe-Vierhavens als geheel en per deelgebied (pier) met het afwegingskader voor het klimaatscenario W+. De grensniveaus verschuiven naar de toekomst bij het gematigder klimaatscenario G. In de tabel zijn de volgende kleurcodes gebruikt:

- groen - onder grensniveau (acceptabele faalkans) van het afwegingskader;
- geel - het grensniveau (acceptabele faalkans) en faalkans vallen ongeveer samen;
- rood - boven grensniveau/ acceptabele faalkans van het afwegingskader.



Tabel 4. Verkenning acceptabele grensniveaus overstroomingsrisico's met het afwegingskader bij verschillende ontwikkelingsscenario's voor Merwe-Vierhavens als geheel en per deelgebied

	Continuering huidige situatie			Transitie naar wonen+			Transitie naar sappen- en maakindustrie		
	2015	2050	2100	2015	2050	2100	2015	2050	2100
Merwe-Vierhavens	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red
<b>Deelgebieden</b>									
Bak, Bak & Bak	Green	Green	Red	Green	Green	Red	Green	Yellow	Red
Dakpark	Green	Green	Red	Green	Green	Red	Green	Yellow	Red
Gustoweg I	Green	Yellow	Red	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red
Gustoweg II	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Hart Makers District	Green	Green	Green	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red
Keilehaven	Green	Yellow	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Korte Merwepier	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red
Lange Merwepier	Green	Yellow	Red	Green	Green	Red	Green	Green	Red
Marconistrip	Green	Green	Red	Green	Red	Red	Green	Red	Red
Sappencluster I	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red	Green	Yellow	Red
Sappencluster II	Green	Green	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Yellow

Uit de verkenning met het afwegingskader komt naar voren dat in de huidige situatie de overstroomingsrisico's nog acceptabel zijn vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid. In een deel van het gebied bereikt het overstroomingsrisico uiterlijk 2050 het grensniveau, terwijl in een groot deel het overstroomingsrisico pas uiterlijk 2100 het grensniveau bereikt en/of overschrijdt.

Bij een transitie naar wonen+ of sappen- & maakindustrie neemt de economische schade als gevolg van een overstrooming toe in veel deelgebieden (met name vanwege het in gebruik nemen van braakliggende terreinen). Hierdoor verschuift het moment dat overstroomingsrisico's nog acceptabel zijn vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid naar voren. Zo zou het overstroomingsrisico in een aantal deelgebieden op dit moment – zonder maatregelen – al op of boven het grensniveau komen te liggen, te weten in de deelgebieden Gustoweg I en Keilehaven. Alleen op de Lange Merwepier verschuift de grens naar achter in vergelijking met de continuering van de huidige situatie, omdat de woonfunctie in dit gebied toeneemt ten koste van de huidige industriële gebruiksfunctie in de geanalyseerde ontwikkelscenario's.

### 3 Adaptatiestrategieën om overstromingsrisico's te beheersen

Om overstromingsrisico vanaf dit moment tot aan 2100 te beheersen zijn maatregelen geïnventariseerd (§3.1) en gecombineerd in mogelijke adaptatiestrategieën (§3.2).

#### 3.1 Selectie van mogelijke maatregelen

Voor het verkennen van mogelijke maatregelen om overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens te beheersen is het concept meerlaagsveiligheid (MLV) gebruikt. De volgende definitie van de lagen van MLV is gebruikt in dit rapport:

1. **Preventie:** gericht op het verlagen van de kans op een overstroming door het implementeren van een structurele maatregel in een deelgebied (bijvoorbeeld een pier). Denk aan ophoging van kades en glooiingen, dijken en stormvloedkeringen.
2. **Ruimtelijke adaptatie:** gericht op het beheersen van overstromingsrisico's door een duurzame ruimtelijke inrichting van het gebied. Denk bijvoorbeeld aan bouwcodes, waterrobuust maken van gebouwen en ophogen van sites.
3. **Crisisbeheersing:** gericht op het beheersen van overstromingsrisico's door een betere voorbereiding op en herstellen van schade na een overstroming met tijdelijke maatregelen (denk aan evacuatieplannen, noodmaatregelen zoals zandzakken of geavanceerde nooddijken, etc.).



Figuur 12. MLV met van onder naar boven preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.

##### 3.1.1 Aanpak – trechters van maatregelen

Het uitgangspunt voor de maatregeleninventarisatie voor Merwe-Vierhavens is de inventarisatie die in 2018 gedaan is voor Waterveiligheid in de Waal-Eemhaven (WEH). De maatregelen uit de literatuurstudie in WEH die in het project waterveiligheid WEH niet als kansrijk zijn beoordeeld zijn direct afgefallen. Vervolgens hebben een kwantitatieve beoordeling van kosten en baten en een kwalitatieve beoordeling op basis van tijd/flexibiliteit, uitvoerbaarheid, effectiviteit en ruimtelijke identiteit geleid tot een selectie van de meest kansrijke maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens. Het selectieproces is versimpeld weergegeven in Tabel 5. De tabel geeft met rode vlakken weer of en waarom maatregelen zijn afgefallen. Het selectieproces wordt hieronder kort beschreven.

Tabel 5. Overzicht maatregelen met per stap in rood aangegeven of en in welke stap een maatregel afgefallen is.

Maatregelen	Selectie n.a.v. literatuurstudie in WEH	Kwantitatieve beoordeling	Kwalitatieve beoordeling
<b>Laag 1: Preventie</b>			
Faalkansverlaging Maeslantkering		Niet beoordeeld	
Kades en glooiingen ophogen			
Compartimenteren van deelgebieden			
Aanleggen afsluitbaar-openkering			Niet beoordeeld

Maatregelen	Selectie n.a.v. literatuurstudie in WEH	Kwantitatieve beoordeling	Kwalitatieve beoordeling
<b>Laag 2: Ruimtelijke adaptatie</b>			
Waterberging		Niet beoordeeld	
Ophogen van deelgebieden/ terreinen/ voorzieningen			
Toekennen van gebruiksfuncties			
Verplaatsen van activiteiten en voorzieningen			
Waterrobuust maken van assets (wet/dry proofing)			
<b>Laag 3: Crisisbeheersing</b>			
Nood- en/of herstelplannen			
Noodvoorzieningen			
Nooddijken/ -keringen			
Crisisbeheerplan			

#### (i) Selectie maatregelen uit literatuurstudie Waal-Eemhavens

De literatuurstudie naar mogelijke maatregelen voor waterveiligheid in de Waal-Eemhaven (2018) heeft ook inzicht gegeven in welke maatregelen mogelijk kansrijk zijn om overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens te beheersen. De maatregelen die direct na de literatuurstudie zijn afgevallen, zijn ook als niet realistisch beoordeeld voor Merwe-Vierhavens. Het betreft de maatregelen (i) verlagen van de faalkans van de Maeslantkering; en (ii) waterberging. Ook in dit gebied heeft het verlagen van de faalkans van de Maeslantkering zeer beperkt effect en is er onvoldoende ruimte om waterberging te implementeren.

#### (ii) Kwantitatieve beoordeling maatregelen op kosten en baten

In een kosten-batenanalyse (zie bijlage 1) is gekeken naar de meest kosteneffectieve maatregelen per pier. Dat wil zeggen de kosten van een maatregel om de gehele pier te beschermen tegen overstromingsrisico's die een kleinere kans van voorkomen hebben dan 1/1.000 per jaar in 2050 en de baten vanwege de reductie in economische schade door de maatregel. Alleen maatregelen die een hele pier kunnen beschermen zijn meegenomen in deze analyse. Uitgangspunt voor de timing van de maatregel is dat de maatregel geïmplementeerd wordt op het moment dat het overstromingsrisico voor een pier niet meer als acceptabel beschouwd wordt vanuit het perspectief van waterveiligheid binnendijks, zoals gepresenteerd in het afwegingskader.

Het aanleggen van een afsluitbaar-openkering is als maatregel voor Merwe-Vierhavens afgevallen, omdat een dergelijke kering erg kostbaar is en het deelgebied dat een kering zou kunnen beschermen in het geval van Merwe-Vierhavens erg klein is.

Tabel 6 geeft per pier de verkenning van de kosten-batenverhouding van de maatregelen weer. Per maatregel zijn de kosten en de baten geschat uitgaande van de aannames die gebruikt zijn in eerdere studies. Een positieve kosten-batenverhouding betekent dat de geschatte schadereductie groter is dan de geschatte kosten van een maatregel. De geschatte kosten en baten zijn te vinden in bijlage 1.

Tabel 6. Overzicht van maatregelen per pier met een positieve (✓) of negatieve (⊗) kosten-batenverhouding

	Bak, Bak & Bak - Scenario wonen - Scenario sappen	Dakpark	Gustoweg I - Scenario wonen - Scenario sappen	Gustoweg II	Hart Makers District	Keilehaven	Korte Merwepier	Lange Merwepier	Maronistrip	Sappcluster I - Scenario wonen - Scenario sappen	Sappcluster II - Scenario wonen - Scenario sappen
<b>Preventie</b>											
Kades & glooiingen ophogen	⊗ ⊗	NA	✓ ✓	NA	⊗	✓	⊗	⊗	✓	⊗ ⊗	⊗ ⊗
<b>Ruimtelijke adaptatie</b>											
Ophogen van het terrein	✓ ✓	✓	✓ ✓	NA	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ✓	✓ ✓
Waterrobuust bouwen	⊗ ⊗	⊗	✓ ✓	NA	⊗	✓	⊗	⊗	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗
<b>Crisisbeheersing</b>											
Noodkering	⊗ ⊗	NA	⊗ ✓	NA	✓	✓	⊗	⊗	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗
Gebiedsnoodplan	✓ ✓	⊗	✓ ✓	NA	✓	✓	⊗	⊗	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗
Noodvoorzieningen	⊗ ⊗	⊗	⊗ ⊗	NA	✓	✓	⊗	⊗	⊗	⊗ ⊗	⊗ ⊗

### (iii) Kwalitatieve beoordeling maatregelen in werksessies

De kosten-batenverhouding is niet bepalend voor het selecteren van een maatregel voor een adaptatiestrategie in Merwe-Vierhavens. Tijd/ flexibiliteit, uitvoerbaarheid en ruimtelijke identiteit tellen ook mee, evenals negatieve effecten op andere gebieden als toevoeging onder effectiviteit naast de kosten-batenverhouding.

- **Tijd/ flexibiliteit** betreft meekoppelkansen met andere opgaven, mogelijkheid tot het uitstellen van de keuze tot het moment waarop een deelgebied ontwikkeld wordt en/of geen-spijtmateel in het licht van de onzekere toekomst als het gaat om sociaaleconomische ontwikkeling en klimaatverandering.
- **Effectiviteit** kijkt naast de kosten-batenverhouding ook naar effecten op andere gebieden/ opgaven.
- Bij **uitvoerbaarheid** is gekeken naar inpasbaarheid, draagvlak bij bewoner/ gebruiker en bewezen techniek.
- Bij **ruimtelijke identiteit** gaat het om ruimtelijke eenheid, cultuurhistorie en de communicatieve waarde van Merwe-Vierhavens als deltagebied en als voorbeeld voor hoe om te gaan met eigen verantwoordelijkheid voor waterveiligheid in buitendijks gebied.

Met de projectgroep waterveiligheid en het ruimtelijk team Merwe-Vierhavens zijn mogelijke maatregelen verkend en geselecteerd aan de hand van deze criteria. In deze stap zijn Nooddijken/ noodkeringen afgevallen, omdat deze alleen effectief zijn als alle betrokkenen in een deelgebied een dergelijke kering plaatsen. Ook het verplaatsen van activiteiten en voorzieningen is in deze stap afgevallen, omdat verwacht wordt dat dit in de praktijk niet realiseerbaar is.

### 3.1.2 Mogelijke maatregelen uit laag 1: preventie

In dit project gaat het bij preventie om het verlagen van de kans op een overstroming door het implementeren van een structurele maatregel in een deelgebied (een pier). Voor de Waal-Eemhaven waren de volgende maatregelen als mogelijk kansrijk geschat om overstromingsrisico's te beheersen:

- Ophogen van kades en/of glooiingen;
- Compartimenteren van deelgebieden.

#### Kades en glooiingen ophogen

De scheiding tussen land en water op haventerreinen kenmerkt zich door twee varianten, namelijk: kades (kademuren) en glooiingen. Figuur 13 laat het onderscheid zien tussen een kade en een glooiing. Bij het

ophogen (en versterken) van kades en glooiingen wordt ervoor gezorgd dat deelgebieden pas kunnen overstromen als een ontwerpwaterstand wordt overschreden.

- Kades onderscheiden zich doordat hier schepen kunnen aanmeren langs een verticale muur. Bij kades dient de verticale wand (kademuur) inclusief achterliggend laad- en lossterrein op juiste hoogte te worden gebracht en indien nodig versterkt te worden (bijvoorbeeld door extra verankering aan te brengen).
- Glooiingen liggen onder een helling en zijn bekleed met stort-, zetsteen en/of gras. Schepen kunnen hier niet direct aan aanmeren. Bij het ophogen van glooiingen geldt dat grond wordt aangebracht en de stenen bekleding omhoog wordt doorgetrokken. De ophoging wordt afgedekt met een kleilaag met een grasbekleding er bovenop.



*Figuur 13. Kade waar schepen kunnen aanmeren (links in rode ellips), glooiing met steenbekleding (rechts in gele ellips). Bron: Havenbedrijf Rotterdam.*

Voor Merwe-Vierhavens is deze maatregel mogelijk haalbaar en realistisch met uitzondering van de industriële bedrijvigheid (sappencluster). De kades moeten hier dusdanig opgehoogd en versterkt worden om schepen te kunnen laten aanmeren. De kosten hiervan wegen niet op tegen de relatief lage baten vanwege vermeden schade in het sappencluster.

### **Comparteren van deelgebieden**

Om ervoor te zorgen dat overstromingen niet doorwerken naar andere deelgebieden, kunnen gebieden van elkaar worden gescheiden met behulp van compartimenteringswerken. Gebieden met hoge economische waarden die een overstromingskans hebben, kunnen hiermee bijvoorbeeld afgescheiden worden van gebieden met lage economische waarden die niet kosteneffectief beschermd kunnen worden. Een compartimenteringswerk kan dan juist erg kosteneffectief zijn.

### **3.1.3 Mogelijke maatregelen uit laag 2: ruimtelijke adaptatie**

In dit project zijn maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie gericht op het beheersen van overstromingsrisico's door een duurzame ruimtelijke inrichting van het gebied. Uit Waterveiligheid Waal-Eemhaven (2018) kwamen de volgende mogelijke maatregelen naar voren:

- Ophogen van deelgebieden/ terreinen/ voorzieningen;
- Toekennen van gebruiksfuncties die minder gevoelig zijn voor overstromingen;
- Verplaatsen van activiteiten en voorzieningen (afgevalen);
- Waterrobuust maken van assets (wet/dry proofing).



### **Ophogen van deelgebieden/ terreinen/ voorzieningen**

De hoogte van het maaiveld op een site bepaalt de waterdiepte en daarmee voor een belangrijk deel de gevolgen van een overstroming. Het ophogen van terreinen verlaagt de waterdiepten tijdens een overstroming en is daarmee een mogelijke maatregel om de gevolgen van overstromingen te reduceren. Dit principe is in het buitendijkse gebied van Rotterdam door de jaren heen altijd toegepast om de risico's van een overstroming te beperken en om lokale bodemdaling te compenseren.

Ophogen leent zich vooral voor (nu nog) open terreinen en/of voor specifieke percelen waar assets gebouwd of vervangen worden. Voor bestaande terreinen met monumenten en/of complexe en kapitaalintensieve installaties, is ophogen van het terrein minder geschikt vanwege de kapitaalvernietiging en/of kosten voor het opnieuw aanleggen.

Naast het ophogen van een gebied, is het ophogen van specifieke voorzieningen zoals wegen een mogelijke maatregel. Niet zozeer om deze als kering tegen het water te laten fungeren (doordat er meer eisen verbonden zijn aan een kering dan enkel het aanbrengen van hoogte), maar wel vanuit een maatschappelijke overweging. Indien toegangswegen niet onderlopen, blijft het gebied tijdens en vlak na een overstroming bereikbaar voor evacuatie, het verplaatsen van kritische en/of kapitaalintensieve producten en assets, en herstelwerkzaamheden.

### **Toekennen van gebruiksfuncties**

De ruimtelijke inrichting van een gebied bepaalt hoe groot de gevolgen zijn van een overstroming. Verschillende typen gebruiksfuncties hebben een ander schadeprofiel. Zo leidt een overstroming van een park tot minder economische schade dan een overstroming van een bedrijventerrein. Het meenemen van waterveiligheid bij het toekennen van gebruiksfuncties kan een interessante maatregel zijn om het overstromingsrisico te reduceren in gebieden die nog ontwikkeld worden.

Merwe-Vierhavens is een gebied dat (deels) herontwikkeld wordt: een groot deel is aangeduid als een veranderlocatie. Het toewijzen van een gebruiksfunctie die weinig (of minder) gevoelig is voor overstromingen is een mogelijke maatregel om de gevolgen van een overstroming op de veranderlocaties te beperken. Met maatregelen uit laag 3, crisisbeheersing, kan het niet acceptabele restrisico beheerst worden.

### **Verplaatsen van activiteiten en voorzieningen (afgevallen)**

In geval van overstromingsrisicobeheersing gaat het bij verplaatsen om het fysieke verplaatsen van activiteiten en voorzieningen naar beschikbare hoger gelegen gebieden om schade te voorkomen. Denk aan het verplaatsen van kapitaalintensieve en/of kritieke deelactiviteiten en vitale voorzieningen zoals elektra, telecom en ICT. Voor verplaatsing van activiteiten en voorzieningen is het noodzakelijk dat hoger gelegen gebieden beschikbaar zijn. Verplaatsen van vitale voorzieningen is niet altijd mogelijk, omdat deze voorzieningen ter plaatse noodzakelijk zijn.

### **Waterrobuust maken van assets (wet/dry proofing)**

- Dry proofing

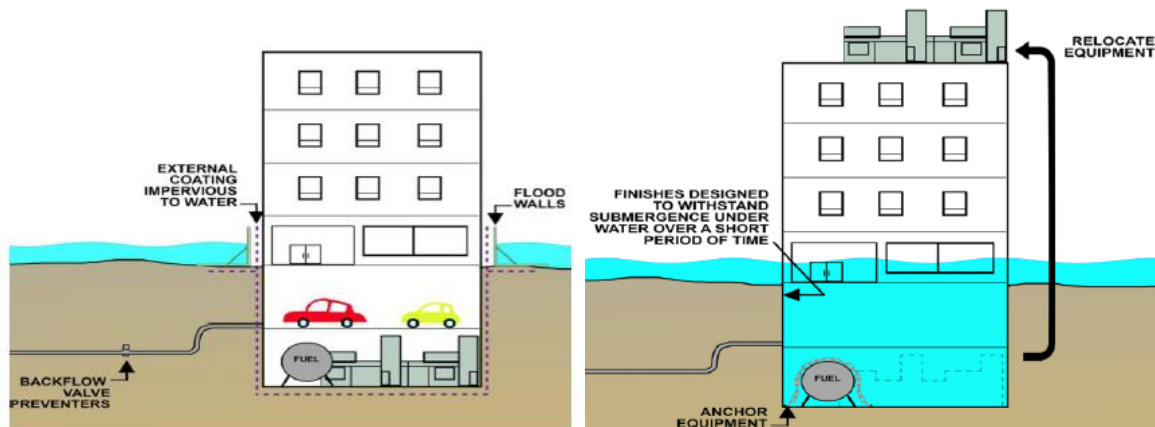
Bij dry proofing (zie het plaatje links in Figuur 14) wordt ervoor gezorgd dat er geen water meer in een asset (gebouw, installatie, etc.) kan komen. Een asset wordt aan de buitenzijde volledig waterdicht gemaakt en versterkt om de waterdruk te kunnen weerstaan. Gebouwen krijgen bijvoorbeeld speciale waterdichte muren, ramen en deuren tot een bepaald niveau. De muren worden verstevigd om waterdruk te weerstaan. Flood panels of verticale liftdeuren houden het water buiten. Bij dry proofing is het ook noodzakelijk om leidingen (bijvoorbeeld rioolsystemen, etc.) af te sluiten, zodat het water niet via deze weg naar binnen stroomt.

Dry proofing is in de praktijk realistisch tot circa 1 meter waterdiepte vanwege de krachten op muren, deuren, etc. In geval van een dreigende overstroming zullen handelingen verricht moeten worden zoals het sluiten van deuren, ramen en riool. Het vereist een zeer gedetailleerde analyse om ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk schade optreedt.

- Wet proofing

Wet proofing (zie het plaatje rechts in Figuur 14) houdt in dat de asset volledig geschikt gemaakt wordt om het water te ontvangen binnen de asset. Bij een overstroming staat het water binnen dus even hoog als buiten de asset. Alle utiliteiten (elektriciteit, gasleidingen etc.) worden op hoogte gebracht tot boven het maatgevende waterpeil. Onder het maatgevende waterpeil worden alle delen van de asset bestand gemaakt tegen water, bijvoorbeeld door het gebruik van speciale materialen. Daarnaast moeten er openingen gecreëerd worden, zodat het water binnen kan stromen en in goede banen geleid wordt. Het vastzetten van onderdelen moet ervoor zorgen dat ze niet gaan schuiven zodra het water binnen stroomt.

Wet proofing kan tot waterdiepten van maximaal 3 meter worden toegepast. Een belangrijk nadeel van wet proofing is dat – ondanks de vermeden schade aan de asset – er nog steeds water in de asset komt. Na afloop van de overstroming zal op zijn minst een schoonmaakactie nodig zijn om de asset weer in gebruik te kunnen nemen.



Figuur 14. Illustratie van dry proofing (links) en wet proofing (rechts)

### 3.1.4 Mogelijke maatregelen uit laag 3: crisisbeheersing

Crisisbeheersing is in dit project gericht op het beheersen van overstromingsrisico's door een betere voorbereiding op en herstellen van schade na een overstroming met tijdelijke maatregelen (denk aan evacuatieplannen, noodmaatregelen zoals zandzakken of geavanceerde nooddijken, etc.). Uit Waterveiligheid Waal-Eemhaven (2018) kwamen de volgende mogelijke maatregelen naar voren:

- Plaatsen van nooddijken/ -keringen (afgefallen);
- Opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen;
- Voorbereiden en treffen van noodvoorzieningen;
- Opstellen, beheren en oefenen van een crisisbeheerplan door de Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond (VRR).

#### Plaatsen van nooddijken/ -keringen (afgefallen)

Noodkeringen zijn tijdelijke keringen die direct voor een eventuele overstroming geplaatst kunnen worden om ervoor te zorgen dat het water niet in het gebied komt. Het gaat om systemen die tijdelijk geplaatst en weer weggehaald kunnen worden (zonder dat er iets achterblijft in de omgeving). Traditioneel wordt hierbij

aan zandzakken gedacht om een tijdelijke waterkering te maken en/of de bestaande waterkering te verhoogen. Tegenwoordig bestaan er ook verschillende mobiele keringen van ander materiaalsoorten waarmee snel een tijdelijke waterkering gemaakt kan worden (zie Figuur 15 voor voorbeelden).



*Figuur 15. Voorbeelden van noodkeringen: Box Barrier (links), systeem gevuld met lucht (midden) en vrijstaand keermiddel (rechts).*

Noodkeringen zijn er in allerlei soorten en maten. Sommigen bieden bescherming tegen situaties met beperkte waterdiepte en relatief weinig golven (vanwege het ontbreken van een echte fundering), andere kunnen tot meer dan één of twee meter water keren. Cruciaal bij het succesvol toepassen van een noodkering is de organisatie rondom het mobiliseren, sluiten en bewaken van de kering net voor en tijdens hoogwater. Er is voldoende tijd en capaciteit nodig om een noodkering op te zetten voorafgaand aan een overstroming. Een gedetailleerd draaiboek en frequent trainen zijn noodzakelijk. Het kan in eigen beheer worden gedaan, maar er zijn ook mogelijkheden om dit uit te besteden.

### **Opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen**

Door het opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen kan gevolgschade beperkt en/of sneller opgestart worden na een overstroming. Deze plannen voorzien in het tijdig afschakelen van elektriciteit en het treffen van voorzieningen om sneller te herstellen na de overstroming. Uit de verzekeringswereld is bekend dat een goed noodplan een substantiële reductie in directe schade en het weer sneller opstarten na een calamiteit kan betekenen (zie bijvoorbeeld FM Global, 2003). Brzo-bedrijven zijn verplicht om op siteniveau een noodplan te hebben voor calamiteiten, inclusief de calamiteit 'overstroming'. In Merwe-Vierhavens zitten geen Brzo-bedrijven, maar bedrijven in laaggelegen gebieden kunnen ook nood- en herstelplannen opstellen voor overstromingsrisico's en/of overstromingsrisico's meenemen in bestaande plannen.

Naast nood- en herstelplannen voor individuele bedrijven, kan een noodplan voor een hele pier bijdragen aan schadereductie. Indien er verschillende typen gebruikers op een laag gelegen pier gevestigd zijn, is het treffen van noodvoorzieningen effectiever in geval van onderlinge samenhang. In deze zogenaamde pier-noodplannen zouden bedrijven, bewoners, nutsbedrijven en andere leveranciers van vitale voorzieningen betrokken moeten worden.

### **Vorbereiden en treffen van noodvoorzieningen**

Onder noodvoorzieningen vallen maatregelen die de schade kunnen beperken tijdens een overstroming en/of sneller herstellen (bijv. opstarten) na de overstroming mogelijk maken. Deze maatregelen hangen nauw samen met nood- en herstelplannen. Noodvoorzieningen die getroffen kunnen worden zijn bijvoorbeeld:

- Kritische en kapitaalintensieve producten en assets tijdelijk hoger/ elders opslaan;
- Klanten vragen om producten eerder af te nemen en leveranciers vragen om producten later te leveren;
- Rollend materieel verrijden naar een hoger gelegen plek;
- Noodstroomvoorziening realiseren om het wegvallen van elektriciteit op te kunnen vangen.

### Opstellen, beheren en oefenen van crisisbeheerplan door VRR

Het crisisbeheerplan betreft het opstellen en oefenen van het plan waardoor gevolgschade, slachtoffers en maatschappelijke ontwrichting beperkt blijven en/of het gebied sneller hersteld kan worden. De VRR stelt het crisisbeheerplan op, beheert het en draagt zorg voor de oefening ervan. Het plan zet de volgorde van acties uiteen. Daarnaast maakt het bijvoorbeeld inzichtelijk hoe toegangswegen dienen te functioneren, hoe om te gaan met het afsluiten van energievoorzieningen en wat te doen bij het uitslaan van brand door kortsluiting.

## 3.2 Van maatregelen naar mogelijke adaptatiestrategieën

In dialoog met de projectgroep waterveiligheid en het ruimtelijk team Merwe-Vierhavens zijn mogelijke adaptatiestrategieën voor overstromingsrisicobeheersing in Merwe-Vierhavens geformuleerd. Met de mogelijke maatregelen zijn logische combinaties gemaakt waarmee overstromingsrisico's in Merwe-Vierhavens in de tijd beheerst kunnen worden. De combinaties hebben geleid tot twee mogelijke adaptatiestrategieën: (1) een adaptatiestrategie met als thema 'water buiten de deur'; en (2) een adaptatiestrategie met als thema 'leven met water'.

In beide strategieën speelt crisisbeheersing ten behoeve van een snel herstel (schoonmaken en/of sneller opstarten) en voorkomen van slachtoffers en maatschappelijke ontwrichting een belangrijke rol. Maatregelen die hiertoe voorzien worden zijn nood- en herstelplannen per pier om het restrisico te beheersen en crisisbeheersing door de VRR.

### 1. Thema 'Water buiten de deur'

Een adaptatiestrategie met als thema 'water buiten de deur' verkleint de kans op een overstroming. Mogelijke maatregelen uit de maatregel inventarisatie die het water buiten deur houden zijn (i) het ophogen van kades en glooiingen; en (ii) het ophogen van terreinen.

- (i) Om het overstromingsrisico te beheersen met de eerste maatregel, het ophogen van de kades en glooiingen, moeten alle kades en glooiingen in een deelgebied aangepakt worden. Glooiingen worden gemiddeld 1/40 jaar vervangen en of opgehoogd, dit kan betrekkelijk eenvoudig zo lang er voldoende ruimte is. Kades hebben een lange levensduur (> 100 jaar), zijn kostbaar en worden over het algemeen niet vervangen of aangepakt als de levensduur nog niet voorbij is. Bovendien maakt het meekoppelen met natuurlijke vervangingsmomenten deze maatregel kosteneffectiever. Voor het ophogen van de kades geldt dan ook een lange doorlooptijd. Bovendien is het mogelijk dat kades niet opgehoogd kunnen worden, omdat het niet zeker is dat ze bestand zijn tegen hogere belastingen die worden veroorzaakt door de ophoging. Ten slotte is de kosten-batenverhouding van deze maatregelen niet voor alle deelgebieden positief.
- (ii) Het ophogen van de laaggelegen terreinen op een pier is kosteneffectiever dan het ophogen van de kades en/of glooiingen in Merwe-Vierhavens. Het uitgangspunt is een ophoging tot een hoogte in lijn met het uitgiftepeil van de gemeente, namelijk 3,6 meter boven NAP. Dit betekent dat het water niet meer op de pier komt bij overstromingen met een kans van voorkomen tot en met 1/1.000 per jaar in 2100 bij het G-scenario. Een ander voordeel van ophogen is dat het eenvoudig te realiseren is op braakliggende terreinen. Een nadeel van ophoging is een hoogteverschil mogelijk belemmeringen creëert voor (bedrijfs)processen, bijvoorbeeld door een hoogteverschil met de weg. En ook de afstand tot het water neemt toe. Ten slotte zijn er monumentale panden in het gebied die niet even verplaatst kunnen worden om het terrein op te hogen en waar dus een inpassingsprobleem ontstaat.



## 2. Thema 'Leven met water'

De gemeente Rotterdam hanteert bij ruimtelijke ontwikkelingen in het stedelijk gebied uitgiftepeilen voor het maaiveld. In M4H geldt een basisniveau van 3,6 meter boven NAP voor basisfuncties en 3,9 meter boven NAP voor kwetsbare/vitale functies (bijvoorbeeld een trafostation). Deze 'bouwniveaus' gelden als vast vertrekpunt. Het is echter mogelijk om gemotiveerd af te wijken en te kiezen voor lagere bouwniveaus.

Een adaptatiestrategie met als thema 'leven met water' wijkt af van het hiervoor genoemde uitgiftepeilenbeleid. Dat wil zeggen dat deze strategie niet uitgaat van het ophogen van terreinen die lager liggen dan het uitgiftepeil (3,6/ 3,9 meter boven NAP). In deze strategie kan een gebied (deels) overstroomd, de schade wordt vervolgens beperkt met waterrobuuste bebouwing. Dryproof gebouwen zorgen dat water niet het gebouw in kan komen. Wetproof gebouwen laten het water op de begane grond toe zonder dat dit tot niet acceptabele gevolgen leidt. Denk bijvoorbeeld aan woningen op palen, leefruimte pas op de 1<sup>e</sup> etage, voorkomen van parkeerkelders, etc. Ook de buitenruimte moet waterrobuust worden ingericht (denk hierbij aan wegen, verlichting, riolering en beplanting).

De gevolgen van een overstrooming worden verder beperkt door het toekennen van functies die minder gevoelig zijn voor overstromingsrisico's, zoals de aanleg van getijddeparken op plekken die makkelijk kunnen overstroomd. Naast dat schade beperkt is als een getijddepark overstroomt, draagt het ook bij aan de identiteit van Merwe-Vierhavens als deltagebied en heeft het een communicatieve functie over de buitendijkse ligging van het gebied.

Communicatie over risico's, taken en verantwoordelijkheden is cruciaal, zeker bij een strategie waarin delen van het gebied kunnen overstroomd. Bewoners en gebruikers zijn immers zelf verantwoordelijk voor de schade. Aandacht voor het creëren en behouden van bewustzijn van het overstromingsrisico en zelfredzaamheid van gebruikers en bewoners is dan ook cruciaal bij deze strategie. Dat wil zeggen dat gebruikers en bewoners van het gebied zich bewust zijn en blijven dat de verantwoordelijkheid voor schade als gevolg van een overstrooming in buitendijks gebied bij henzelf ligt. Het risico bij deze strategie is natuurlijk dat bij het uitblijven van een overstrooming, het bewustzijn over de eigen verantwoordelijkheid verdwijnt en bewoners/gebruikers zelf geen maatregelen nemen, maar naar de overheid kijken. Het versterken van het besef dat het gebied buitendijks ligt en het onderscheid met de binnendijkse "polder" moeten bijdragen aan een blijvend bewustzijn van de buitendijkse ligging. Met slimme spelregels en regelmatige communicatie voor gebruikers en bewoners, maar ook de ontwikkelende partijen in het gebied kan gestuurd worden op waterveilig gedrag en gebiedsinrichting.

Ten slotte is crisisbeheersing een belangrijk onderdeel van deze strategie, zodat de VRR een plan heeft om de gevolgen van een overstrooming zo beperkt mogelijk te houden en de gemeente effectief kan communiceren over dreigende overstroomingen.

## 4 Adaptief overstromingsrisico's beheersen in Merwe-Vierhavens

In dialoog met de projectgroep waterveiligheid en het ruimtelijk team Merwe-Vierhavens is een veelbelovende adaptatiestrategie geformuleerd om overstromingsrisico's te beheersen in Merwe-Vierhavens. Deze bestaat uit een combinatie van de meest kansrijke maatregelen uit de twee adaptatiestrategieën 'water buiten de deur' en 'leven met water'. De optelsom van maatregelen leidt tot een gevarieerd pallet, dat niet alleen waterveiligheid en risicobewustzijn bevordert, maar ook leidt tot ruimtelijk identiteit en een tot de verbeelding sprekende staalkaart van klimaatadaptatie in buitendijks gebied.

De uitgangspunten van de veelbelovende strategie worden toegelicht in §4.1. In §4.2 wordt toegelicht welke maatregelen per pier naar voren zijn gekomen in de werksessie en welke maatregelen kansrijk zijn in het licht van uitvoerbaarheid en kosteneffectiviteit.

### 4.1 Uitgangspunten van de veelbelovende adaptatiestrategie

Zowel maatregelen uit de strategie met als thema 'leven met water' als 'water buiten de deur' zijn kansrijk om het overstromingsrisico te beheersen, dat wil zeggen (kosten)effectief, uitvoerbaar, en/of flexibel. De veelbelovende adaptatiestrategie (zie Figuur 16) combineert dan ook maatregelen uit zowel 'water buiten de deur' met 'leven met water'. De ruimtelijke identiteit is veelal bepalend geweest voor een hoofdkeuze voor een thema per deelgebied; het thema 'water buiten de deur' voor de dijkgebieden en het middengebied en 'leven met water' voor de pieren. Per deelgebied is vervolgens gekeken welke maatregelen het meest kansrijk zijn (zie paragraaf 4.2).

Hoogteverschillen in het gebied worden gebruikt voor crisisbeheersing. Hogere plekken en hoger gelegen routes naar het gebied toe geven bewoners en gebruikers de mogelijkheid om lagergelegen gebieden te verlaten. De VRR heeft een crisisbeheersplan nodig om de gevolgen van een overstroming zo beperkt mogelijk te houden. Het plan zet de volgorde van acties uiteen. Daarnaast maakt het bijvoorbeeld inzichtelijk hoe toegangswegen dienen te functioneren, hoe om te gaan met het afsluiten van energievoorzieningen en wat te doen bij het uitslaan van brand door kortsluiting. Tegelijkertijd zal de hoogwaterprocedure van de gemeente uitgebreid moeten worden om goed gesteld te staan voor de overstromingsrisico's in de gebieden in Merwe-Vierhavens waar het water niet buiten de deur wordt gehouden.

Een belangrijk uitgangspunt bij deze adaptatiestrategie is dat bewoners en gebruikers blijvend bewust gemaakt worden van de 'eigen verantwoordelijkheid' voor waterveiligheid in dit buitendijkse gebied. Het versterken van het beeld dat het gebied buitendijks ligt en het onderscheid met de binnendijkse "polder" moeten hieraan dragen. Maatregelen die bijdragen aan de buitendijkse identiteit is het meer in zicht brengen van de primaire kering en het aanleggen van lagergelegen getijddeparken waar het water regelmatig komt.

Slimme spelregels en communicatie voor bewoners, gebruikers en ontwikkelende partijen in het gebied moeten helpen sturen op waterveilig gedrag en gebiedsinrichting, maar ook op effectieve crisisbeheersing, dat wil zeggen dat juist en tijdig gereageerd wordt in het geval van een overstroming om de gevolgen zo beperkt mogelijk te houden. Denk aan spelregels over hoe om te gaan met hoogwatersituaties (zoals wie is waar verantwoordelijk voor) en voor eisen aan de buitenruimte in het kader van crisisbeheersing. Aanvullende spelregels of adviezen kunnen opgesteld worden ten behoeve van een waterrobuuste bebouwing, bijvoorbeeld dat gebouwen minimaal twee etages moeten hebben om verticale evacuatie mogelijk te maken. Ook voor toekomstige bewoners/gebruikers is (blijvende) communicatie vanuit bijvoorbeeld de gemeente nodig over het concept 'leven met water'. Een toolbox met mogelijke maatregelen kan de bewoners en gebruikers handelingsperspectief geven voor de omgang met het water.



Figuur 16: Visualisatie van de hoofdconceptkeuzes in de veelbelovende adaptatiestrategie, met in groen de keuze voor 'leven met water' en in wit 'water buiten de deur'. De pijlen in het gebied visualiseren de evacuateroutes

#### Indeling van 'leven met water' en 'water buiten de deur'

Voor de dijkzones en voor het middengebied is de hoofdkeuze 'water buiten de deur'. In deze zone is de uitdaging gelegen in de integratie van een dijkversterking in de stedenbouwkundige opzet. Op plekken met monumentale, beeldbepalende of kapitaalintensieve gebouwen is ophoging geen optie en wordt wet/dry proofing van de bebouwing voorgesteld. Door het op hoogte aanleggen van het geplande regionale fietspad (op 3,9 meter), blijft het gebied ook bij overstroming toegankelijk. De brug naar het Dakpark biedt een evacuateroute.

Voor de pieren is de hoofdkeuze het thema 'leven met water'. Op pieren worden de straten die de pieren verbinden met de dijkzones hoger aangelegd met het oog op evacuatie en toegankelijkheid. De gebouwen op de pieren worden waterrobuust gemaakt (bestaande bouw) en aangelegd (nieuwbouw) om het overstromingsrisico te beheersen. Er kan voor wet proofing gekozen worden indien de functie op de begane grond of kelder niet gevoelig is voor schade door een overstroming. Voor nieuwbouw wordt voorgesteld om de ontwikkelende partijen door middel van communicatie bewust te maken van het overstromingsrisico, zodat dit meegenomen wordt in de ontwikkeling van het gebied.

## 4.2 Voorgestelde maatregelen per pier

Per deelgebied is de hiervoor genoemde adaptatiestrategie nader ingevuld met kansrijke maatregelen. De risicoafweging vanuit een binnendijs perspectief op waterveiligheid geeft een indicatie van de timing dat een deelgebied waterveilig ingericht moet zijn om overstromingsrisico's acceptabel te houden. Op basis van wat we voor binnendijs een acceptabel overstromingsrisico vinden, is de timing voor het nemen van een maatregel verkend. Dit houdt in dat wanneer vanuit een binnendijs perspectief op waterveiligheid een maatregel genomen zou worden, in de adaptatiestrategie aangehouden is dat een maatregel ook in dit buitendijkse gebied wenselijk zou zijn.

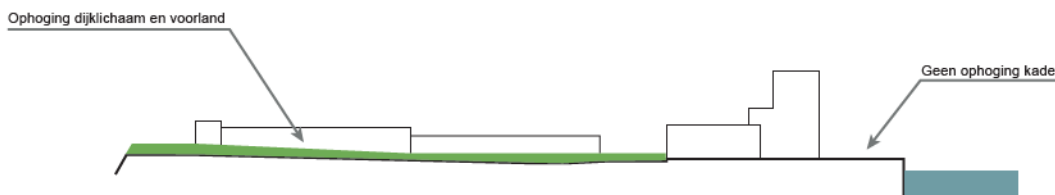
### Gustoweg I en II



De Gustoweg II ligt dusdanig hoog dat de overstromingsrisico's in dit deelgebied tot 2100 acceptabel zijn vanuit een binnendijks waterveiligheidsperspectief. Er hoeft hier dan ook (nog) geen keuze gemaakt te worden voor maatregelen om het overstromingsrisico te beheersen. Het (braakliggende terrein) van Gustoweg I ligt lager dan Gustoweg II. Afhankelijk van het gekozen ontwikkelingsscenario zou het overstromingsrisico in dit gebied tussen nu en 2050 niet meer acceptabel zijn.

De Gustoweg II ligt aan de dijk, waardoor ophogen nabij de dijk een kansrijke maatregel lijkt in het licht van de ruimtelijke identiteit als dijkzone ('water buiten de deur'). Op het braakliggende terrein is ophoging ook goed uitvoerbaar en kosteneffectief. Deze maatregel draagt positief bij aan de functie van het gebied als voorlandkering, waardoor er een minder grote opgave is voor een eventuele dijkversterking in het licht van nieuwe normering. Voorgesteld is om het maaiveld door te trekken.

Aangezien onduidelijk is of de kade sterk genoeg is om deze op te hogen, komt waterrobuust bouwen als kansrijke maatregel naar voren voor het deel van de Gustoweg dat direct aan het water ligt (Gustoweg I). Bovendien past het thema 'leven met water' bij de ligging direct aan het water van dit deelgebied en is het ophogen van de kade minder kosteneffectief dan waterrobuust bouwen. Figuur 17 visualiseert de voorgestelde maatregelen in een dwarsdoorsnede van dit deelgebied.



Figuur 17: Dwarsdoorsnede van de Gustoweg met voorgestelde kansrijke maatregelen

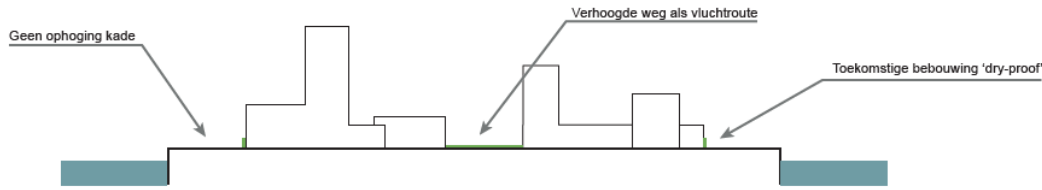
### Korte en Lange Merwepier



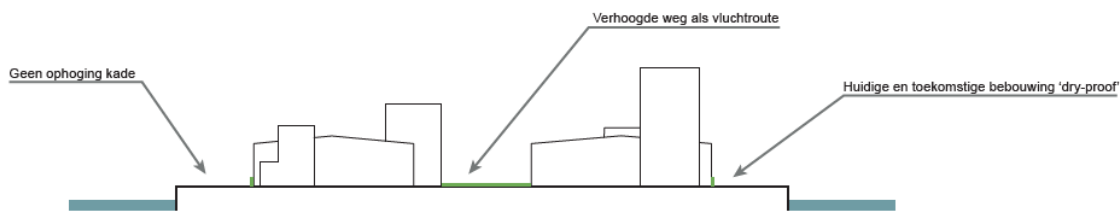
Om overstromingsrisico's vanuit een binnendijks waterveiligheidsperspectief acceptabel te houden, zouden uiterlijk 2050 maatregelen geïmplementeerd moeten worden op de Korte en Lange Merwepier. Vanwege de ligging aan/in het water, past het thema 'leven met water' goed bij de ruimtelijke identiteit van dit gebied. De pieren kunnen een etalagefunctie krijgen voor de zichtbare delta en proeftuin worden voor het beheersen van overstromingsrisico's door ruimtelijke inrichting.

Om overstromingsrisico's in dit gebied te beheersen is waterrobuuste bebouwing kansrijk en passend bij het idee van de Merwepieren als proeftuin, bijvoorbeeld door het aanleggen van drijvende woningen en stadslandbouw en andere innovaties waarin 'leven met water' centraal staat. Door de ontsluitingsweg in het midden van de pieren verhoogd aan te leggen is er een vluchtroute bij hoogwater. Het plan is gevat om de bestaande loodsen in het gebied te handhaven. Deze kunnen waterrobuust gemaakt worden door middel van dry proofing. Het beschermen van het stadsgezicht weegt hierbij sterker op dan kosteneffectiviteit (deze optie is namelijk duurder uit dan terreinophoging). Figuur 18 visualiseert de voorgestelde maatregelen in een dwarsdoorsnede van de Korte Merwepier en Figuur 19 van de Lange Merwepier.



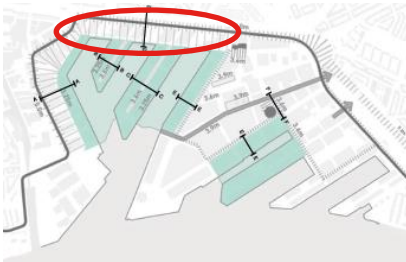


Figuur 18: Dwarsdoorsnede van de Korte Merwepier met voorgestelde kansrijke maatregelen



Figuur 19: Dwarsdoorsnede van de Lange Merwepier met voorgestelde kansrijke maatregelen

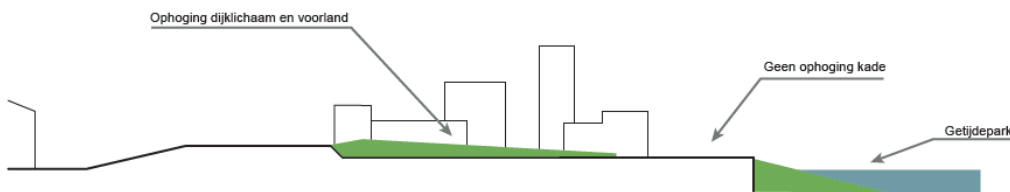
### Marconistrip



In perspectief van waterveiligheid binnendijks zou het overstromingsrisico op de Marconistrip uiterlijk in 2050 niet meer acceptabel zijn. Gezien de ligging aan de dijk en het water, past zowel het thema 'water buiten de deur' als 'leven met water' bij de ruimtelijke identiteit van dit gebied. De Marconistrip is hierdoor het overgangsgebied van de dijkzone naar de pieren waar het uitgangspunt 'leven met water is'.

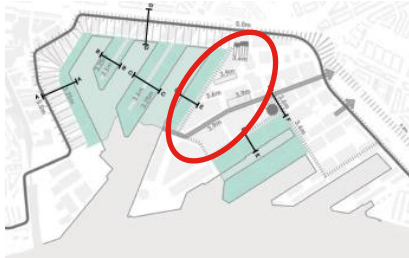
Het gebied achter de Marconistraat (dichtbij de dijk) is dijkgebied. Hier wordt voorgesteld om het terrein op te hogen ('water buiten de deur'). Ophoging is een kosteneffectieve maatregel in dit gebied en goed uitvoerbaar. Door op te hogen draagt dit deel van het gebied bovendien positief bij aan dijkversterkingsopgave van het hoogheemraadschap Delfland, omdat het als voorland meegeteld kan worden. De bestaande loodsen in dit gebied zijn cultuurhistorisch beeldbepalend. Om die reden is voorgesteld om hier te kiezen voor de maatregel waterrobuust bouwen.

Het thema 'leven met water' past goed bij de ruimtelijke identiteit van het gebied voor de Marconistraat (dichtbij het water en aansluitend aan de pieren). Direct aan het water wordt gedacht aan een waterrobuuste inrichting met bijvoorbeeld een getijdepark. Met waterrobuuste bebouwing kan het overstromingsrisico meer richting de weg beheerst worden, bijvoorbeeld door de begane grond van de (geplande) bebouwing aan de Marconistraat waterrobuust te maken. Om de Korte en Lange Merwepier te kunnen ontsluiten moet de weg bij aansluiting naar de pieren naar 3,6 meter boven NAP opgehoogd worden. Figuur 20 visualiseert de voorgestelde maatregelen in een dwarsdoorsnede van dit deelgebied.



Figuur 20: Dwarsdoorsnede van de Marconistrip met voorgestelde kansrijke maatregelen

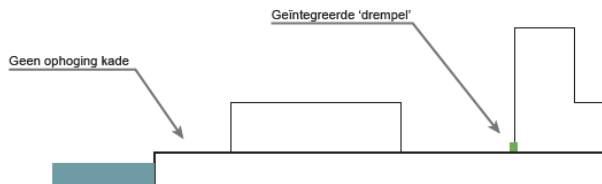
### Hart Makers District



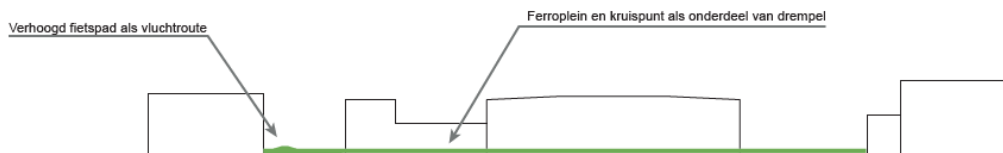
Het Hart Makers District ligt hoger dan de meeste andere deelgebieden in Merwe-Vierhavens, namelijk gemiddeld op bijna 3,6 meter boven NAP. Wel zijn er hoogteverschillen; met de hoogste ligging in het midden van het Hart Makers District. Bij een transitie naar wonen/ wonen & werken zou het overstromingsrisico in 2050 niet meer acceptabel zijn in het perspectief van waterveiligheid binnendijs.

Het thema 'water buiten de deur' maakt gebruik van de hogere ligging en past goed bij de ruimtelijke identiteit van dit middengebied. Het hoger gelegen deel in het midden kan als vluchtheuvel fungeren voor aangrenzende, lagergelegen gebieden, waar de kans op overstromen hoger is. Om deze reden wordt voorgesteld om het hoger gelegen middendeel een recreatieve functie te geven waar bewoners en gebruikers van het gebied samen kunnen komen. Het geplande fietspad door dit hoger gelegen gebied kan gebruikt worden als verbinding met lagergelegen gebieden voor crisisbeheersing (evacuatie en/of verplaatsen van materiaal en assets). Figuur 22 visualiseert dit. Hiertoe moet het fietspad breed genoeg aangelegd worden om toegang te kunnen verschaffen aan het verkeer dat nodig is voor crisisbeheersing.

Aangezien er maar enkele plekken zijn die niet hoog genoeg zijn om het water buiten de deur te houden, is terreinverhoging de meest kosteneffectieve oplossing. Ophoging is echter niet op alle plekken mogelijk. Door het aanleggen van drempels nabij het Ferroplein aansluitend op de Marconistrip en Keilehaven ontstaat een compartiment en wordt de gehele pier voor het water afgesloten. Indien het gewenst is om de TP-loodsen te behouden kan het overstromingsrisico op deze plek beheerst worden door middel van wet of dry proofing en/of met aanvullende crisisbeheersingsmaatregelen. Figuur 21 visualiseert de voorgestelde maatregelen in een dwarsdoorsnede van de linkerkant van Hart Makers district. Figuur 22 visualiseert de voorgestelde maatregelen met het verhoogde fietspad ter hoogte van het Ferroplein.

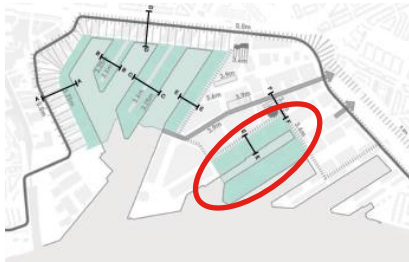


Figuur 21: Dwarsdoorsnede van een deel het Hart Makers district met voorgestelde kansrijke maatregelen



Figuur 22: Dwarsdoorsnede van een deel van het Hart Makers district ter hoogte van het Ferroplein met voorgestelde kansrijke maatregelen

### Keilehaven



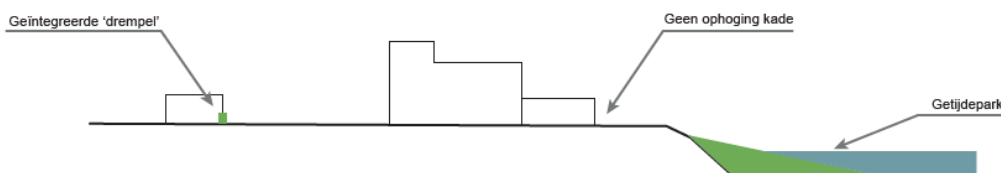
Vanuit het binnendijkse perspectief op waterveiligheid zijn de overstromingsrisico's in de huidige situatie nog acceptabel. Echter, indien nu begonnen zou worden met de ontwikkeling van lagergelegen braakliggende terreinen zou het op binnendijkse waterveiligheid gebaseerde grensniveau in het afwegingskader overschreden worden.

Het water doorsnijdt de Keilehaven en bepaalt het ruimtelijk beeld van dit gebied. Het thema 'leven met water' past goed bij deze ruimtelijke identiteit.

Bovendien is dit gebied afgesloten van de rest van Merwe-Vierhavens als het gaat om waterveiligheid. Dit betekent dat het ingericht kan worden als pilotgebied voor 'leven met water' over hoe je bewustwording creëert en behoudt over de buitendijkse ligging en omgaan met overstromingsrisico's zonder het water buiten de deur te houden.

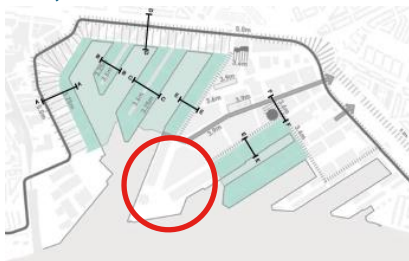
De laaggelegen Noordoever (2,7 meter boven NAP) heeft de potentie om een getijddepark te worden, waardoor het overstromingsrisico kleiner wordt (namelijk minder schade als gevolg van een overstroming). Hiertoe kan het terrein deels afgegraven worden om het water vaker het park binnen te laten komen en zo bewustwording te creëren en te behouden over de buitendijkse ligging van het gebied.

De drempel in het Hart Makers district (zie Figuur 22) geeft een meekoppelkans om de Benjamin Franklinstraat als kering te gebruiken door het ophogen van deze weg, zodat er geen water ten noordoosten kan komen in het lager gelegen stadspark en aangrenzende gebouwen. Het geplande fietspad naar het hoger gelegen dakpark die hoog en breed genoeg aangelegd is, kan gebruikt worden als toegangsweg in geval van hoogwater. Figuur 23 visualiseert de voorgestelde maatregelen dwars door het midden van het Hart Makers district naar de Keilehaven. Figuur 22 visualiseert de voorgestelde maatregelen ter hoogte van het Ferroplein.



Figuur 23: Dwarsdoorsnede van een deel van de Keilehaven met voorgestelde kansrijke maatregelen

### Bak, Bak & Bak



Dit gebied kenmerkt zich als verbinding tussen het water en Hart Makers District. Een gebied waar vanuit een binnendijks waterveiligheids-perspectief overstromingsrisico's tussen 2050 en 2100 niet meer acceptabel zijn, afhankelijk van het geanalyseerde ontwikkelingsscenario. De herontwikkeling van het gebied is echter pas voorzien na 2035. Tot die tijd is het overstromingsrisico nog acceptabel vanuit een binnendijks perspectief op waterveiligheid. Het lijkt dan ook opportuun om maatregelen in dit gebied te selecteren op het moment dat de ontwikkelrichting van het gebied duidelijke vormen krijgt.

### Sappencluster I en II



Vanuit een binnendijks waterveiligheidsperspectief zou het overstroomingsrisico in het Sappencluster II pas rond 2100 niet meer acceptabel zijn. Voor dit gebied zijn maatregelen dus nog niet nodig. Het grensniveau in het Sappencluster I wordt uiterlijk in 2050 bereikt, onafhankelijk van het geanalyseerde ontwikkelingsscenario. De ontwikkelrichting van het Sappencluster I wordt, net zoals Bak, Bak en Bak, pas na 2035 ingevuld. Tot die tijd is het nog niet opportuun om maatregelen voor die gebied te selecteren.



## 5 Aanbevelingen voor het vervolg

In het proces van het formuleren van een adaptatiestrategie is een aantal onderzoeksvragen naar voren gekomen (zie kader beneden). Het wordt aanbevolen om deze onderzoeksvragen uit te zoeken en de resultaten hiervan mee te nemen in de uitwerking van nieuw in te richten deelgebieden.

### Onderzoeksvragen

1. Wat is de veiligheidsopgave van de westelijke kering grenzend aan de westzijde van de Gustoweg alsook van de dijk grenzend aan de Noordzijde van de Marconistrip?
2. Wat is de invloed van de beoogde gebiedsontwikkeling (inclusief maatregelen uit de adaptatiestrategie) op die opgaven?
3. Komende jaren worden de waterkeringen versterkt. Om de voordelen van het meerekenen van voorlanden te onderzoeken, is begin 2017 de Projectoverstijgende Verkenning (POV) Voorlanden gestart. POV Voorlanden is op zoek naar cases waar voorland meegeteld kan worden in de dijkopgave (wat is daarvoor nodig). Een deel van Merwe-Vierhavens heeft een voorlandfunctie en draagt daardoor bij aan de dijkversterkingsopgave. Vergroten of verkleinen van dit voorland heeft effect op deze opgave en mogelijk is er een meekoppelkans voor gemeente en/of Havenbedrijf bij het nemen van maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's.
4. Wat zijn de mogelijkheden voor ruimtelijke ontwikkeling op/met de dijk grenzend aan de Noordzijde van de Marconistrip?
5. Evacuatieroute met fietspad Hart Makers District en Keilehaven: Bereikbaarheid van hulpdiensten – wat hebben hulpdiensten nodig?
6. Wat betekent een strategie met als uitgangspunt 'leven met water' voor de toekomstige bewoners, de gemeente, de veiligheidsregio in praktische zin (parkeerplaatsen hoger/niet) en hoogwaterprocedure/waarschuwingen

De overstromingsrisico's in dit project zijn gebaseerd op aannames en er zijn onzekerheden, denk aan de klimaatscenario's en de daaraan gekoppelde snelheid en mate van de zeespiegelstijging. Ook de economische ontwikkeling en uiteindelijke transitie van het gebied zijn onzeker. Voor het realiseren van de adaptatiestrategie in de Merwe-Vierhavens kan de Maeslantkering bepalend zijn, omdat partijen mogelijk geremd worden om te investeren in maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen. Het is belangrijk om bij het doorvoeren van maatregelen rekening te houden met deze onzekerheden, maar het is niet raadzaam om deze als belemmering te laten fungeren. Het is vooral zaak weldoordachte (geen-spijt) maatregelen te nemen en zoveel als mogelijk een flexibele strategie te volgen die rekening houdt met de onzekerheden op de korte en lange termijn.

Een andere aanbeveling is om initiatiefnemers voor ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied te adviseren over de huidige en toekomstige overstromingsrisico's en mogelijke (geen-spijt) beheersmaatregelen. Adviezen hierover komen van het Havenbedrijf en/of de gemeente. Hiernaast wordt aanbevolen om de overstromingsrisico's af te wegen met projectontwikkelaars, beheerders en gebruikers (publiek en privaat) in Merwe-Vierhavens. Hierdoor ontstaat een gezamenlijk beeld over wanneer welke maatregelen wenselijk zijn. Bovendien maakt dit afstemming mogelijk over de gewenste timing en type maatregelen op een pier. Op deze manier kan een duurzame ontwikkeling op de lange termijn worden geborgd.

Voor buitendijkse gebieden zijn crisisbeheermaatregelen extra belangrijk, omdat de focus van veiligheidsdiensten bij zeer ernstige stormsituaties en dreigende dijkdoorbraken vooral op binnendijkse gebieden gericht zal zijn. Het uitwerken van storm-/overstromingssituaties in noodplannen van en noodmaatregelen samen met de VRR is daarom een aanbevolen ontwikkeling, zeker in de gebieden waar het concept 'leven



met water' geïmplementeerd wordt. Hiernaast wordt aanbevolen dat de gemeente haar hoogwaterbeschermingsprocedure uitbreidt met communicatie/ waarschuwingen voor een overstroming in dit buitendijks gelegen gebied.

Ten slotte wordt aanbevolen om de relatie te leggen met de voorkeursstrategie van het DPRD (DPRD, 2014) en de strategische adaptatieagenda buitendijks, door de resultaten van het project naast die van de pilots en eerder uitgevoerde projecten te leggen.

## Literatuurlijst

Bruggeman, W. en Dammer, E. (2013). *Deltascenario's voor 2050 en 2100 Nadere uitwerking 2012-2013*. Nederland: KNMI, PBL, CPB, LEI en Deltares.

Deltaprogramma | Rijnmond-Drechtsteden (2014). *Synthesedocument Rijnmond-Drechtsteden*. Programmateam Rijnmond-Drechtsteden

Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Van den Hurk, B. en Lenderink, G. (2015). *KNMI'14-klimaatscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. De Bilt, Nederland: KNMI

Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken (2012). *Deltaprogramma 2013 (DP2013) - Werk aan de delta*.

Nicolai, R. Van Vuren, S., Pleijter, G., Huizinga, J., Koks, E. en De Moel, H. (2016b). *Pilot Waterveiligheid Botlek. Kwantitatieve analyse overstromingsrisico's*. Nederland: HKV en VU.

Trouwborst E., Pangemanan, W., Van der Zaag, R., Van Barneveld, N., *Integraal beleid waterveiligheid Buitendijks. Bouwsteen: Inventarisatie deelgebieden en herijking uitgiftepeilen*. Gemeente Rotterdam. Juli 2014

Van de Visch, J., Bos M. en Schaap, A. (2018). *Waterveiligheid Waal-Eemhaven. Een adaptatiestrategie voor een veilige haven – nu en in de toekomst*. Opdrachtgever Havenbedrijf Rotterdam & Gemeente Rotterdam.

Van Ledden, M. & Van de Visch, J. (2017). *Botlek waterveiligheid. Pilot Waterveiligheid Botlek Waterveiligheid: een veilige haven – nu en in de toekomst*. Opdrachtgever Havenbedrijf Rotterdam, Rijkswaterstaat WNZ & Gemeente Rotterdam.

Hoogtedata (LiDAR) 2017, Gemeente Rotterdam.

Gemeente Rotterdam. Hoogwater in Buitendijks gebied (brochure): <https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/waterloket/water-in-buitendijkse-geb-web.pdf>. (Geraadpleegd op 30/05/2018)



## Bijlagen



## Bijlage 1. Resultaten kosten-batenanalyse

Onderstaande tabel bevat de kosten-batenanalyse van de maatregelen voor de verschillende deelgebieden voor de drie lagen vanuit het meerlaagsveiligheidsprincipe. De baten zijn bepaald aan de hand van de methodiek toegepast bij Botlek en Waal-Eemhaven, waar laag 1 100% van de schade reduceert en laag 2 en 3 dit in mindere mate doen. De kosten zijn gebaseerd op eenheidsprijzen per strekkende meter kadeophoging, kubieke meter terrein ophoging of omtrek van gebouwen voor dry proofing. Deze eenheidsprijzen zijn eveneens toegepast bij Botlek en Waal-Eemhaven.

Voor crisisbeheersing zijn de volgende aannames gedaan:

- Noodkeringen zijn geraamd op 1.000 Euro per strekkende meter, uitgaande van aanschaf en opslag van een flexibele kering;
- Noodplannen zijn geraamd op een eenheidsprijs van 100.000 Euro voor het opstellen van een plan, uitgaande van een bureaustudie;
- Noodvoorzieningen zijn geraamd op een eenmalige investering van 300.000 Euro om aanpassingen op de site te doen om noodvoorzieningen te kunnen treffen.

Tabel 7: Kosten en baten van de maatregelen in euro's (groen is een positieve baten-kostenratio en rood negatief)

Maatregel	Laag 1	Laag 2		Laag 3		
	Kades & glooiingen ophogen	Ophoging	Waterrobuuste bebouwing	Noodkering	Gebieds-noodplan	Noodvoorzieningen
<b>Keilehaven</b>						
Baten	10.993	9.244	9.244	5.247	1.099	1.249
Kosten	1.650	556	2.524	1.100	100	300
Baten-kostenratio	6,7	16,6	3,7	4,8	11,0	4,2
<b>Gustweg I: wonen</b>						
Baten	1.723	1.449	1.449	822	172	196
Kosten	1.508	241	1.016	1.005	100	300
Baten-kostenratio	1,1	6	1,4	0,8	1,7	0,7
<b>Gustweg I: sappen</b>						
Baten	2.152	1.809	1.809	1.027	215	244
Kosten	1.508	241	1.016	1.005	100	300
Baten-kostenratio	1,4	7,5	1,8	1,0	2,2	0,8
<b>Marconistrip</b>						
Baten	711	598	598	339	71	81
Kosten	593	346	1.290	395	100	300
Baten-kostenratio	1,2	1,7	0,5	0,9	0,7	0,3
<b>Hart Makers District</b>						
Baten	2.206	1.269	1.269	827	221	386
Kosten	4.545	813	9.105	505	100	300
Baten-kostenratio	0,5	1,6	0,1	1,6	2,2	1,3
<b>Korte Merwepier</b>						
Baten	454	382	382	217	45	52
Kosten	1.080	95	578	720	100	300
Baten-kostenratio	0,4	4,0	0,7	0,3	0,5	0,2
<b>Lange Merwepier</b>						
Baten	801	674	674	382	80	91
Kosten	1.943	253	1.868	1.295	100	300
Baten-kostenratio	0,4	2,7	0,4	0,3	0,8	0,3

Maatregel	Laag 1	Laag 2		Laag 3		
	Kades & glooiingen ophogen	Ophoging	Waterrobuuste bebouwing	Noodkering	Gebieds-noodplan	Noodvoorzieningen
<b>Sappencluster I - Wonen</b>						
Baten	272	228	228	130	27	31
Kosten	948	93	921	632	100	300
Baten-kostenratio	0,3	2,5	0,2	0,2	0,3	0,1
<b>Sappencluster I - Sappen</b>						
Baten	370	213	213	139	37	65
Kosten	5.688	93	921	632	100	300
Baten-kostenratio	0,1	2,3	0,2	0,2	0,4	0,2
<b>Sappencluster II - Wonen</b>						
Baten	370	311	311	177	37	42
Kosten	17.280	220	4.868	2.020	100	300
Baten-kostenratio	0,0	1,4	0,1	0,1	0,4	0,1
<b>Sappencluster II - Sappen</b>						
Baten	505	290	290	189	51	88
Kosten	17.280	220	4.868	2.020	100	300
Baten-kostenratio	0,0	1,3	0,1	0,1	0,5	0,3
<b>Bak. Bak &amp; Bak - Wonen</b>						
Baten	1.027	863	863	490	103	117
Kosten	10.080	350	2.340	1.520	100	300
Baten-kostenratio	0,1	2,5	0,4	0,3	1,0	0,4
<b>Bak. Bak &amp; Bak - Sappen</b>						
Baten	1.550	891	891	581	155	271
Kosten	10.080	350	2.340	1.520	100	300
Baten-kostenratio	0,2	2,5	0,4	0,4	1,5	0,9
<b>Dakpark</b>						
Baten	70	40	40	26	7	12
Kosten	0	32	46	0	100	300
Baten-kostenratio	-	1,3	0,3	-	0,0	0,0