



## RAPPORT

# Botlek Waterveiligheid

Pilot Botlek Waterveiligheid: een veilige haven – nu en in de toekomst

Klant: Havenbedrijf Rotterdam, Rijkswaterstaat WNZ,  
Gemeente Rotterdam

Referentie: T&PBE1769R003F06

Versie: 06/Finale versie

Datum: 10 januari 2017

**DEFACTO**

**HKV**  
LIJN IN WATER



**Royal  
HaskoningDHV**  
*Enhancing Society Together*

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52  
6534 AB Nijmegen  
Netherlands  
Transport & Planning  
Trade register number: 56515154

+31 88 348 70 00 **T**  
+31 24 323 93 46 **F**  
info@rhdhv.com **E**  
royalhaskoningdhv.com **W**

Titel document: Botlek Waterveiligheid

Ondertitel: Pilot Botlek Waterveiligheid  
Referentie: T&PBE1769R003F06  
Versie: 06/Finale versie  
Datum: 10 januari 2017  
Projectnaam: Pilot Botlek Waterveiligheid  
Projectnummer: BE1769  
Auteur(s): Mathijs van Ledden, Jarit van de Visch

Gecontroleerd door: Rob Bonte, Teun Terpstra, Simone  
van Dijk, Marit Zethof, Anneloes  
Nillessen

Goedgekeurd door: Joost de Nooijer, Marc Eisma, Nick  
van Barneveld, Bart Kornman

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 the client and/or HaskoningDHV Nederland B.V.; nor may they be used, without such permission, for any purposes other than that for which they were produced. The client and HaskoningDHV Nederland B.V. accept 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 quality management system of HaskoningDHV Nederland B.V. has been certified in accordance with ISO 9001, ISO 14001 and OHSAS 18001.*

## Inhoud

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Samenvatting</b>  | <b>6</b>  |
| <b>1 Inleiding</b>   | <b>13</b> |
| 1.1 Doel van de pilot Botlek   | 13        |
| 1.2 Aanpak van de Pilot  | 14        |
| <b>2 Overstromingsrisico's in beeld</b>                                  | <b>15</b> |
| 2.1 Beknopte gebiedsbeschrijving en ontwikkelingen                       | 15        |
| 2.2 Overstromingskansen in het Botlekgebied                              | 18        |
| 2.3 Gevolgen van een overstroming  | 23        |
| 2.4 Overstromingsrisico's in perspectief                                 | 27        |
| <b>3 Maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen</b>               | <b>33</b> |
| 3.1 Aanpak: trechters van maatregelen                                    | 33        |
| 3.2 Preventie  | 35        |
| 3.2.1 Maatregelen voor het verhogen en versterken van waterkeringen      | 35        |
| 3.2.2 Maatregelen die de hydraulische belasting verlagen                 | 39        |
| 3.3 Ruimtelijke adaptatie  | 42        |
| 3.3.1 Maatregelen voor het waterrobuust maken van terreinen              | 43        |
| 3.3.2 Maatregelen voor het waterrobuust maken van assets                 | 43        |
| 3.4 Crisisbeheersing   | 44        |
| <b>4 Mogelijke adaptatiestrategieën voor een waterveilige Botlek</b>     | <b>46</b> |
| 4.1 Selectie van maatregelen voor mogelijke adaptatiestrategieën         | 46        |
| 4.2 Preventie: het verhogen/versterken van waterkeringen                 | 46        |
| 4.3 Preventie door waterstandsverlaging                                  | 49        |
| 4.4 Ruimtelijke adaptatie met waterrobuust maken van assets en terreinen | 51        |
| 4.5 Crisisbeheersing met noodmaatregelen                                 | 53        |
| <b>5 Een aanbeveling voor een adaptatiestrategie voor de Botlek</b>      | <b>55</b> |
| 5.1 Selectie van kansrijke maatregelen                                   | 55        |
| 5.2 Een veelbelovende adaptatiestrategie voor het Botlekgebied           | 55        |
| 5.3 Aanbevelingen voor het vervolg                                       | 61        |
| <b>6 Reflectie op de pilot en aanbevelingen voor vervolg</b>             | <b>63</b> |
| 6.1 Reflectie op de resultaten: enkele kanttekeningen voor het vervolg   | 63        |
| 6.2 Reflectie op het proces: waarde in de pilot en voor andere gebieden  | 65        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Literatuurlijst</b>  | <b>66</b> |
| <b>Figuren</b>  |           |
| Figuur 1. Het Pilotgebied en de deelgebieden. De pijlen en kleuren geven aan uit welke richting de overstromingsdreiging hoofdzakelijk komt voor de deelgebieden.   | 6         |
| Figuur 2. Waterdiepte Botlekgebied bij een stormscenario op de Noordzee voor het zichtjaar 2015 en een kans van 1/1.000 per jaar (1/300 per jaar in 2050 en 1/100 per jaar in 2100 bij W+).   | 7         |
| Figuur 3. Aanbevolen adaptatiestrategie voor het Botlekgebied.  | 10        |
| Figuur 4. Begrenzing Pilotgebied: Botlekgebied inclusief Vondelingenplaat. Globaal wordt dit gebied omsloten door snelwegen, de A4 ten zuiden van de Beneluxtunnel en de A15 tussen knooppunt Benelux en de Hartelkering, het Hartelkanaal, Rozenburg en de Nieuwe Waterweg.  | 13        |
| Figuur 5. Weergave van het Pilotgebied met onderverdeling in de deelgebieden. De pijlen en kleuren geven weer uit welke richting de overstromingsdreiging hoofdzakelijk komt voor de verschillende deelgebieden.  | 15        |
| Figuur 6. Landgebruikkaart van het pilotgebied met verschillende sectoren (Nicolai et al, 2016b).   | 16        |
| Figuur 7. Pijpleidingen vanaf Rotterdam (Havenbedrijf Rotterdam).   | 16        |
| Figuur 8. Waterveiligheidssituatie rondom het pilotgebied Botlek. In rood zijn relevante waterkeringen voor het Pilotgebied Botlek aangegeven zoals de Hartelkering, de Europoortkering, de Tuimelkade, de waterkering rondom Rozenburg en de Maeslantkering. De kleurenschaal geeft een indruk van de hoogte van het gebied t.o.v. NAP.  | 19        |
| Figuur 9. Terugkeertijden in jaren van een overstroming met een waterdiepte van 0,1 meter in het Pilotgebied Botlek voor de huidige situatie (2015).  | 20        |
| Figuur 10. Overstromingsbeelden incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans van 1/100 jaar, 1/300 jaar, 1/1.000 per jaar en 1/10.000 per jaar voor het Botlekgebied   | 21        |
| Figuur 11. Ontwikkeling overstromingskansen door de jaren heen voor het W+ en G klimaatscenario.  | 22        |
| Figuur 12. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in het pilotgebied in gebeurtenis 1 (2050 en 2100 zijn gebaseerd op het W+ klimaatscenario).   | 24        |
| Figuur 13. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in het pilotgebied in gebeurtenis 2 (2050 en 2100 zijn gebaseerd op het W+ scenario)   | 25        |
| Figuur 14. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in het pilotgebied in gebeurtenis 3 (2050 is gebaseerd op het W+ scenario. Deze indicatie geldt ook voor een situatie in 2100 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar bij W+ voor Botlek 1 en 2. De Vondelingenplaat is in een situatie in 2100 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar ook overstromd. De totale gevolgen zijn dan heviger dan in de figuur gevisualiseerd. | 25        |
| Figuur 15. Stappen in de systematiek van het afwegingskader   | 28        |
| Figuur 16. Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/1.000 per jaar in 2015 met het afwegingskader voor het W+ en G klimaatscenario van het KNMI  | 30        |
| Figuur 17. Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/1.000 per jaar in 2015 met het afwegingskader voor de drie deelgebieden voor het W+ en G klimaatscenario van het KNMI  | 30        |
| Figuur 18. MLV met van onder naar boven preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.   | 33        |
| Figuur 19. Plattegrond met locatie van de Tuimelkade en het effect van de maatregel   | 36        |
| Figuur 20. Plattegrond met locatie van de flexibele kering en het effect van de maatregel   | 37        |



|  |           |
|--|-----------|
| <b>Figuur 21. Plattegrond met het effect van de maatregel. De Maeslantkering ligt buiten beeld van de plattegrond.</b>   | <b>38</b> |
| <b>Figuur 22. Plattegrond met locatie van de viaducten in de A15 en het effect van de maatregel</b>  | <b>39</b> |
| <b>Figuur 23. Plattegrond met locatie van de Hartelkering en het effect van de maatregel</b>   | <b>40</b> |
| <b>Figuur 24. Plattegrond met locatie van de Rozenburgse Sluis (pijl links) en het effect van de maatregel in combinatie met een open Hartelkering</b>             | <b>41</b> |
| <b>Figuur 25. Plattegrond met de mogelijke locatie van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal en het effect van de maatregel</b>                          | <b>42</b> |
| <b>Figuur 26. Overzicht van faciliteiten met een waterrobuustheidopgave in het geval een bescherming tot 1/1.000 in 2050 gewenst is</b>                            | <b>42</b> |
| <b>Figuur 27. Voorbeelden van noodkeringen: Box Barrier (links), systeem gevuld met lucht (midden) en vrijstaand keermiddel (rechts).</b>                          | <b>45</b> |
| <b>Figuur 28. Strategie 1 – preventie door middel van verhoging/ versterking van keringen. Maatregelen en beoordeling</b>  | <b>48</b> |
| <b>Figuur 29. Strategie 2 – preventie door middel van waterstandsverlaging. Maatregelen en beoordeling</b>   | <b>50</b> |
| <b>Figuur 30. Strategie 3 – ruimtelijke adaptatie door waterrobuust maken van assets. Maatregelen en beoordeling</b>   | <b>52</b> |
| <b>Figuur 31. Strategie 4 – crisisbeheersing met noodmaatregelen. Maatregelen en beoordeling</b>   | <b>54</b> |
| <b>Figuur 32. Een veelbelovende strategie met een schatting van de timing van de maatregelen op basis van het W+ scenario en het ‘afwegingskader Pilot Botlek’</b> | <b>56</b> |
| <b>Figuur 33. Afweging overstromingsrisico’s in de Brittanniëhaven met het afwegingskader voor drie scenario’s met zichtjaar 2015</b>                              | <b>57</b> |
| <b>Figuur 34. Verbeelding veelbelovende maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico’s in de Brittanniëhaven</b>   | <b>58</b> |
| <b>Figuur 35. Afweging overstromingsrisico’s in Botlek 1 en 2 met het afwegingskader voor drie scenario’s met zichtjaar 2015</b>                                   | <b>58</b> |
| <b>Figuur 36. Verbeelding veelbelovende maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico’s in Botlek 1 en 2</b>  | <b>59</b> |
| <b>Figuur 37. Afweging overstromingsrisico’s in de Vondelingenplaat met het afwegingskader voor drie scenario’s met zichtjaar 2015</b>                             | <b>60</b> |
| <b>Figuur 38. Verbeelding veelbelovende maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico’s in de Vondelingenplaat</b>  | <b>60</b> |

## Tabellen

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Tabel 1. Overzicht ontwikkeling absolute economische schade door klimaatverandering (in miljarden Euro, prijspeil 2015)</b>                     | <b>7</b>  |
| <b>Tabel 2. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van schade per gevolgcategorie</b>                       | <b>8</b>  |
| <b>Tabel 3. Overzicht ontwikkeling absolute economische schade door klimaatverandering in miljoenen Euro (Nicolai et al, 2016. Prijspeil 2015)</b> | <b>26</b> |
| <b>Tabel 4. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van schade per gevolgcategorie</b>                       | <b>29</b> |

**Tabel 5. Samenvatting eerste verkenning overschrijding acceptabele kans bij SLS en ULS voor de verschillende activiteiten. In deze tabel is de bandbreedte als gevolg van zeespiegelstijging en ook indirecte schade verdisconteerd (convex versus concaaf herstel). 31**

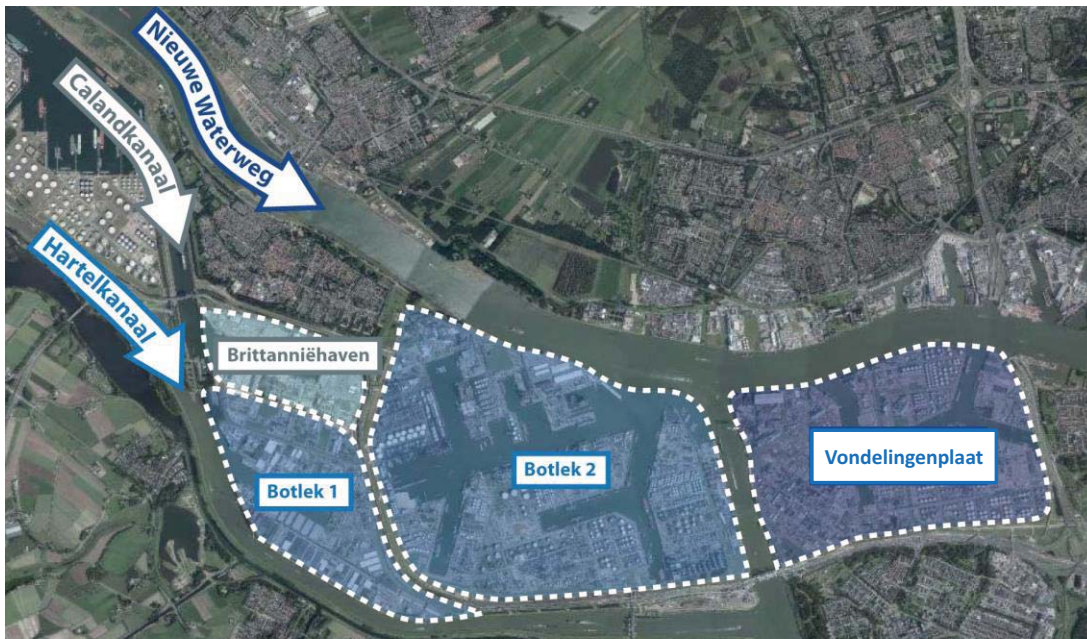
**Tabel 6. Overzicht maatregelen met per stap in groen (geselecteerd), oranje (deels geselecteerd) en rood (afgevallen) aangegeven tot waar een maatregel in het selectieproces gekomen is 34**

## Samenvatting

### 1. Werken aan waterveiligheid in het Rotterdamse havengebied

Binnen de regio Rijnmond-Drechtsteden bevindt zich een groot areaal buitendijks gebied. Er zijn geen wettelijke normen voor de bescherming van buitendijks gebied tegen overstromingen. Bewoners en gebruikers van buitendijks gebied dragen het risico voor waterschade en zijn zelf verantwoordelijk voor het treffen van gevolgbeperkende maatregelen. Als gevolg van klimaatverandering neemt het overstromingsrisico toe. Het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (2014) heeft daarom geadviseerd onderzoek te verrichten naar hoe bewoners en gebruikers van buitendijks gebied beschermd kunnen blijven.

In de 'Pilot Waterveiligheid Botlek' is onderzocht hoe overstromingsrisico's in het Botlekgebied beheerst kunnen blijven. Het economisch belang, het type bedrijvigheid en de kwetsbare infrastructuur in dit gebied vragen aandacht voor dit onderwerp. Samen met bedrijven, nutsbeheerders, overheden en kennisinstellingen zijn in een proces van Joint Fact Finding de overstromingsrisico's in de verschillende deelgebieden van het Botlekgebied onderzocht (zie Figuur 1). Mogelijke maatregelen om overstromingsrisico's te kunnen blijven beheersen zijn geïnventariseerd. Een adaptatiestrategie is geformuleerd die past bij de kenmerken van en ontwikkelingen in het gebied en de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden.



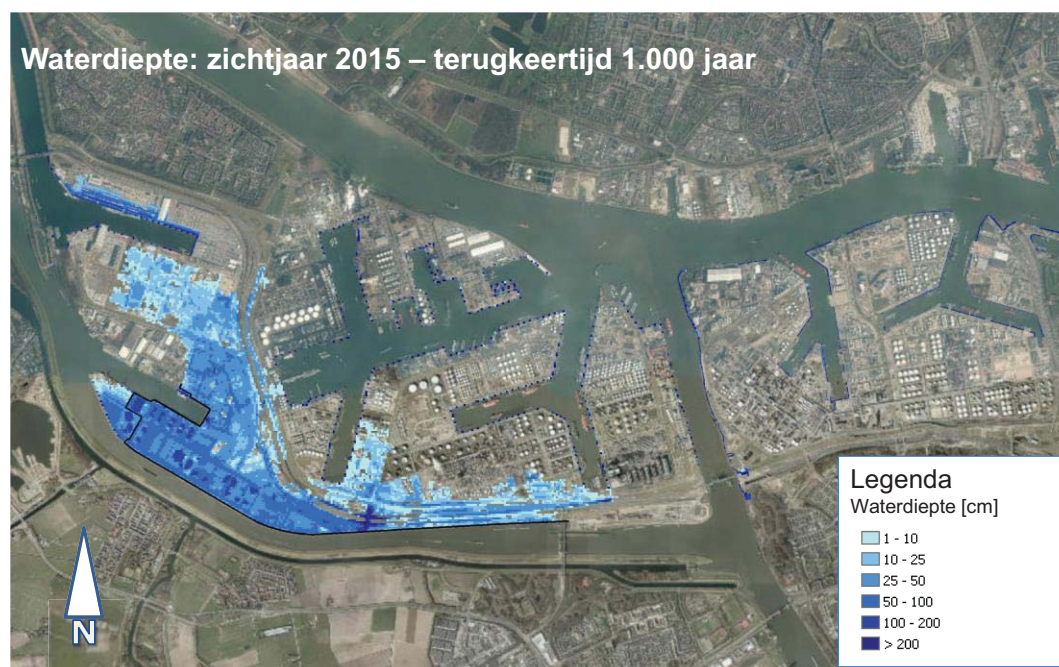
Figuur 1. Het Pilotgebied en de deelgebieden. De pijlen en kleuren geven aan uit welke richting de overstromingsdreiging hoofdzakelijk komt voor de deelgebieden.

### 2. Overstromingsrisico's in beeld

#### *Kans op overstroming nu en in de toekomst*

Het Botlekgebied is relatief hoog boven zeeniveau aangelegd en wordt (deels) beschermd door de Maeslantkering en de Tuimelkade. Echter, het gebied kan overstromen, met een duidelijk verschil in overstromingskans tussen de deelgebieden. Bij een overstroming die eens in de 1.000 jaar voorkomt (zichtjaar 2015) blijft volgens modelberekeningen de Vondelingenplaat droog, is Botlek 2 beperkt overstromd en staat een groot deel van de Brittanniëhaven en Botlek 1 onder water (zie Figuur 2).

De kans op overstromingen zal door zeespiegelstijging toenemen. Bij het W+ klimaatscenario, met een snelle zeespiegelstijging<sup>1</sup>, komt het onderstaande waterdieptebeeld overeen met een overstroming met een frequentie van 1/300 per jaar in 2050 en 1/100 per jaar in 2100.



Figuur 2. Waterdiepte Botlekgebied bij een stormscenario op de Noordzee voor het zichtjaar 2015 en een kans van 1/1.000 per jaar (1/300 per jaar in 2050 en 1/100 per jaar in 2100 bij W+).

#### Economische gevolgen zijn dominant

Uit de analyse van de economische schade, milieuschade en slachtoffers blijkt dat een overstroming in het Botlekgebied vooral tot economische schade leidt. Dit is de directe schade die optreedt aan gebouwen, installaties en andere voorzieningen. Ook 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 valt hieronder. In tabel 2 wordt de geschatte totale economische schade bij verschillende overstromingen en zichtjaren weergegeven.

Tabel 1. Overzicht ontwikkeling absolute economische schade door klimaatverandering (in miljarden Euro, prijspeil 2015)

| Frequentie | 2015 | 2050 (W+) / 2100 (G) | 2100 (W+) |
|------------|------|----------------------|-----------|
| 1:100      | 0,05 | 0,05                 | 0,5       |
| 1:1.000    | 0,5  | 3,0                  | 10,5      |
| 1:10.000   | 3,5  | 10,5                 | 15,0      |

Een overstroming in het Botlekgebied levert een kleine kans op milieuschade. In geval van een overstroming zijn er diverse scenario's te bedenken waarbij schade aan het milieu kan ontstaan. Met experts vanuit het bedrijfsleven en de overheid zijn deze mogelijke scenario's verkend. Geconcludeerd is dat milieuschade in de vorm van kleine lekkages, breuken, etc. voor zullen komen bij een overstroming, maar dat de impact hiervan verwaarloosbaar is ten opzichte van de overige gevolgen. Voor potentiële ernstige gevolgen (zoals het vrijkomen van aquatoxische stoffen of het ontstaan van een

<sup>1</sup> W+ scenario: zeespiegelstijging +35 cm in 2050 en +85 cm in 2100 t.o.v. 1990, zoals gebruikt in het Deltaprogramma. Het langzame klimaatscenario G gaat uit van +15 cm in 2050 en +35 cm in 2100 t.o.v. 1990.



levensbedreigende gifwolk), geldt dat de kansen hierop extreem klein worden ingeschat. Het grootste milieurisico (kans x gevolg) betreft het falen van een opslagtank met olie(achtige) producten. Onderzoek laat zien dat in combinatie met de overstromingskarakteristieken van de Botlek één opslagtank in het Botlekgebied bij een overstroming van 1/1.000 per jaar mogelijk kan falen. Deze kans op falen is bedrijfs- en situatiespecifiek en is in overleg met experts geschat op 10%. De daaruit vloeiende vervolgschade zal merkbaar zijn in het Botlekgebied. Ook in extremere scenario's is de kans dat opslagtanks falen klein.

De kans op directe dodelijke slachtoffers door overstroming is naar verwachting zeer klein en blijft zelfs in 2100 bij het snelle klimaatscenario onder de  $10^{-5}$  per jaar.

#### *Overstromingsrisico's in perspectief*

Uit onderzoek blijkt dat de Rotterdamse haven en ook het Botlekgebied in vergelijking met diverse internationale havens relatief veilig is (de overstromingskansen in de Rotterdamse haven zijn gemiddeld een factor 1 tot 100 lager). De impact van een overstroming in dit gebied is bij minder frequent voorkomende overstromingsscenario's echter groot in nationaal perspectief, wanneer naar de 'Impactcriteria Vitale Infrastructuur' van het Rijk wordt gekeken.

Met een speciaal voor de pilot ontwikkeld afwegingskader zijn de overstromingsrisico's in het perspectief van (publieke) kaders voor overstromingsrisico's binnendijs en externe veiligheid geplaatst. Aan de hand van deze kaders zijn grensniveaus bepaald tot waar overstromingsrisico's in het Botlekgebied nog acceptabel zouden zijn. Tabel 2 presenteert de gehanteerde grensniveaus van het 'afwegingskader pilot Botlek'.

#### **Afwegingskader Pilot Botlek**

Het 'afwegingskader pilot Botlek' is een systematiek waarmee een beeld gevormd kan worden hoe overstromingsrisico's zich ontwikkelen in een gebied of van een sector in de toekomst en of dit nog past binnen in Nederland gangbare maatschappelijke kaders. Het doel van het afwegingskader is het ontwikkelen van een gezamenlijke taal voor het in perspectief plaatsen van overstromingsrisico's waar meerdere partijen bij betrokken zijn, die allemaal eigen afwegingscriteria hebben. Het pretendeert niet om een nieuwe norm te zijn. Het biedt inzicht en handvatten om partijen een eigen afweging te laten maken. Deze afweging zal per partij verschillen, afhankelijk van hun eigen beleid.

Het 'afwegingskader pilot Botlek' is gebaseerd op faalkansen door overstromingen en een indeling van grensniveaus. Diverse 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 uitkomsten die het 'afwegingskader pilot Botlek' oplevert en daarmee een belangrijke factor in de beoordeling van de overstromingsrisico's in het Botlekgebied.

*Tabel 2. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van schade per gevolgcategorie*

| Aantal dodelijke slachtoffers | Economische schade | Max. ruimtelijke schaal (afstand tot milieuverontreiniging)                  | Acceptabele kans (1/jaar) |
|-------------------------------|--------------------|--|---------------------------|
| 1                             | 0,1 miljard Euro   | Eigen- / buurtbedrijven (geen falende opslagtanks: < 1km impactgebied)       | 1/100                     |
| 10                            | 1 miljard Euro     | Botlekgebied (één falende opslagtanks: < 20 km impactgebied)                 | 1/1.000                   |
| 100                           | 10 miljard Euro    | Havengebied (twee falende opslagtanks: < 50 km impactgebied)                 | 1/10.000                  |
| 1.000                         | 100 miljard Euro   | Buitengebied (pluimgebied) (twee falende opslagtanks: >= 50 km impactgebied) | 1/100.000                 |

Uit de afweging van de overstromingsrisico's in de deelgebieden met het 'afwegingskader pilot Botlek' komt naar voren dat het grensniveau als eerste bereikt wordt in de Britanniëhaven, gevolgd door Botlek 1

en 2. In de Vondelingenplaat wordt het grensniveau pas (ver) na 2050 bereikt. Vanwege de aannames en onzekerheden in de keuze van de grensniveaus van het 'afwegingskader pilot Botlek' heeft het bereiken van de grensniveaus en daarmee de timing van het nemen van maatregelen een ruime bandbreedte. Het 'afwegingskader pilot Botlek' geeft echter een robuuste indicatie van de onderlinge prioriteiten tussen de drie deelgebieden. Bovendien is de aanbevolen adaptatiestrategie (uitgewerkt onder punt 4) ook robuust voor de genoemde aannames en onzekerheden, dat wil zeggen de voorgestelde maatregelen veranderen niet.

Het (precieze) moment waarop maatregelen daadwerkelijk genomen moeten worden, is afhankelijk van verschillende factoren. Denk bijvoorbeeld aan hoe lang overstromingsrisico's beheerst zijn met bestaande noodvoorzieningen, zoals het verticaal verplaatsen van producten in de Britanniëhaven. Verder is de timing van maatregelen onderhevig aan de eigen afweging van de gebruikers in het gebied, zoals bedrijven en beheerders. De gebiedsafweging met het 'afwegingskader pilot Botlek' is daarom gedeeld met de belanghebbende bedrijven en beheerders in het gebied die hun eigen kaders hebben om te bepalen wanneer risico's niet meer acceptabel zijn. Een aantal van hen heeft aangegeven dat uit hun risicomatrices naar voren komt dat maatregelen nu of op korte termijn gewenst zijn. Voor andere bedrijven geldt weer dat er veel minder urgentie is op basis van eigen risicoafwegingen.

### 3. Selectie van maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen

Met de belanghebbende bedrijven en beheerders in het gebied zijn mogelijke maatregelen geselecteerd om de overstromingsrisico's te kunnen beheersen op een acceptabel niveau. Het selectieproces kan versimpeld weergegeven worden aan de hand van drie stappen:

- **Stap 1:** De eerste selectie is uitgevoerd door experts op basis van realiteits- en haalbaarheidsgehalte. In deze stap zijn de maatregelen 'gecontroleerd overstromen', 'aanleggen van golfremmende maatregelen' en 'integraal ophogen van de Europoortkering' afgefallen.
- **Stap 2:** In dialoog met belanghebbenden zijn de maatregelen vervolgens ingedeeld bij mogelijke adaptatiestrategieën gebaseerd op preventie, ruimtelijke adaptatie of crisisbeheersing. Van deze maatregelen zijn de kosten en baten geschat. In deze stap zijn de maatregelen 'afsluiten viaducten in de A15' en 'nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal' afgefallen, omdat deze de minst gunstige kosten-batenverhouding hebben.
- **Stap 3:** De mogelijke adaptatiestrategieën zijn samen met de belanghebbenden beoordeeld op effectiviteit, uitvoerbaarheid en tijd/flexibiliteit met als resultaat een aanbeveling voor een adaptatiestrategie voor het Botlekgebied. 'Noodkeringen' zijn in deze stap afgefallen, omdat meerdere partijen ze niet voldoende betrouwbaar in de uitvoering vinden. 'Waterrobuust maken van bestaande assets en terreinen' is afgefallen, omdat de kosten-batenverhouding van waterrobuust maken van een heel gebied veel minder gunstig is dan die van preventieve maatregelcombinaties, ook wanneer dit gefaseerd uitgevoerd zou worden of alleen voor de meest kritische onderdelen. Bovendien is een strategie gebaseerd op waterrobuust maken van assets en terreinen kwetsbaar vanwege de ketenafhankelijkheden in het gebied. De maatregel komt nog wel terug in de aanbevolen adaptatiestrategie voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen (zie volgende paragraaf).

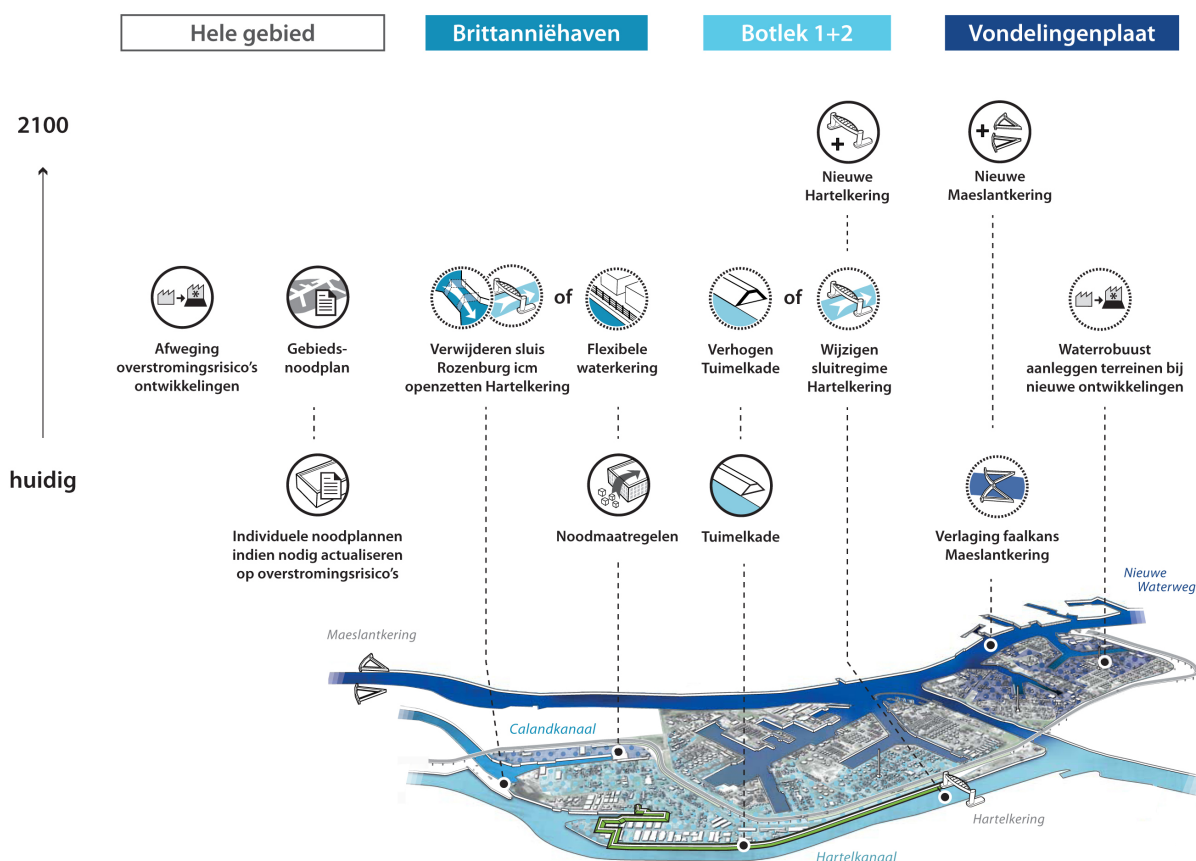
### 4. Aanbeveling voor een adaptatiestrategie in het Botlekgebied

De aanbevolen adaptatiestrategie voor het Botlekgebied bestaat uit kansrijke maatregelen op het gebied van preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing voor de verschillende deelgebieden uitgezet in de tijd (zie Figuur 3).

#### *Preventieve maatregelen*

De basis van de adaptatiestrategie is preventie. De kosten-batenverhouding van de geselecteerde preventieve maatregelen is het meest gunstig van alle geïnventariseerde maatregelen op basis van een eerste inschatting. Uniek in het Botlekgebied is namelijk de aanwezigheid van de Tuimelkade, een kering die Botlek 1 en 2 al (enige) bescherming biedt tegen overstroming. Daarnaast draagt de Maeslantkering

bij aan de bescherming van de Vondelingenplaat.. In de voorgestelde adaptatiestrategie kan daar kosteneffectief en relatief eenvoudig op worden voortgebouwd. Bovendien zijn de preventieve maatregelen in de adaptatiestrategie naar verwachting robuust, dat wil zeggen effectief bij toekomstige ontwikkelingen en voor de diverse overstromingsscenario's. De mogelijke negatieve effecten van preventieve maatregelen op omliggend gebied moeten onderzocht worden, evenals het komen tot afspraken over uitvoering, bekostiging en beheer ervan.



Figuur 3. Aanbevolen adaptatiestrategie voor het Botlekgebied.

Hieronder volgt welke maatregelen per deelgebied aanbevolen worden om overstromingsrisico's te beheersen.

- **Brittanniëhaven:** Op korte termijn kan het overstromingsrisico aan de noordzijde van de haven met noodvoorzieningen worden beheerst (bijvoorbeeld het verticaal verplaatsen van goederen). Om te bepalen tot wanneer deze voorzieningen adequaat zijn om het risico te beheersen is het aanbevolen om een onderzoek hiernaar uit te voeren. Vanaf het moment dat noodvoorzieningen niet meer adequaat zijn, lijkt een preventieve maatregel kansrijk om de overstromingsrisico's beheersen. Een keuze voor een preventieve maatregel in de deelgebieden Botlek 1 en 2 (zie onder) is bepalend voor de mogelijke preventieve maatregelen in de Brittanniëhaven. In combinatie met de maatregel 'ophogen Tuimelkade' lijken een flexibele kering langs de noordzijde en een uitbreiding van de Tuimelkade langs de zuidzijde van de Brittanniëhaven kansrijk. In combinatie met de maatregel 'Hartelkering open' kan het verwijderen van de Rozenburgse Sluis kansrijk zijn.
- **Botlek 1 en 2:** Het 'afwegingskader pilot Botlek' laat zien dat in dit gebied voor 2050 maatregelen gewenst zijn. Een ophoging van de Tuimelkade of het verlagen van de waterstand met een open Hartelkering bij storm lijkt kansrijk om het overstromingsrisico in dit gebied te beheersen. Aangeraden

wordt om in de komende jaren de effecten van deze maatregelen nader te onderzoeken om te kunnen bepalen welke van deze twee maatregelen het meest kansrijk is. Zo leiden beide maatregelen mogelijk tot een (beperkte) waterstandsverhoging in het omliggende gebied. Bovendien is een gedetailleerde studie naar de ontwerpvarianten van de Tuimelkade nodig (ruimtelijke inpassing, optimale hoogte/versterking in relatie tot kosten, etc.). Een open Hartelkering verlaat de tot nu toe gehanteerde Rijksstrategie van een 'gesloten kustlijn' en vraagt dientengevolge om een bestuurlijke afweging, mocht voor deze optie gekozen worden.

- Vondelingenplaat: Het grensniveau van het 'afwegingskader pilot Botlek' wordt pas na 2050 bereikt in dit gebied, omdat het gebied van de Maeslantkering profiteert. Het is raadzaam om eerst het onderzoek naar de verlaging van de faalkans van de Maeslantkering af te wachten in lijn met de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden. Mogelijk dat de faalkans van de Maeslantkering voor 2028 wordt verbeterd; een verlaging van de faalkans heeft een positief effect op het risicoprofiel.

Hoewel de meeste van de hierboven genoemde maatregelen vooral gericht zijn op preventie, kunnen maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing het risicoprofiel in het Botlekgebied op korte en lange termijn significant beïnvloeden. Deze maatregelen maken dus integraal onderdeel uit van de aanbevolen adaptatiestrategie.

#### *Ruimtelijke adaptatie*

Wanneer nieuwe ontwikkelingen gepland worden, geldt dat een afweging van het overstromingsrisico gemaakt dient te worden. Eventueel kan daarbij verwezen worden naar de preventieve maatregelen als dit formeel is vastgelegd, maar ook het nemen van maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie (zoals het waterrobuust maken van assets bij nieuwe of vervangingsinvesteringen) spelen een rol bij deze afweging. Het is belangrijk dat initiatiefnemers voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied over overstromingsrisico's (nu en in de toekomst) en de mogelijke beheersmaatregelen worden geïnformeerd. De transitie naar biobased industrie kan hiervoor benut worden. Hetzelfde geldt voor maatregelen die noodzakelijk zijn in het kader van extreme neerslag.

Op de Vondelingenplaat lijkt ruimtelijke adaptatie het meest opportuun. De bescherming in dit gebied tot 2100 hangt in de aanbevolen adaptatiestrategie af van een besluit over de verlaging van de faalkans van de Maeslantkering. Er kan besloten worden dat de faalkans niet verlaagd wordt, waardoor het grensniveau op termijn alsnog bereikt wordt.

Gezien het belang van de vitale en kwetsbare functies in het gebied is een afweging voor meer waterrobuustheid van deze functies in Botlek 1 en 2 wellicht ook nog relevant, omdat er ook met preventieve maatregelen altijd nog een risico blijft bestaan.

#### *Crisisbeheermaatregelen*

Crisisbeheermaatregelen zijn maatregelen om het restrisico te ondervangen en zo goed als mogelijk gesteld te staan wanneer het gebied onverhoopt toch overstroomt. Waar nodig dient de omgang met overstromingsrisico's in individuele noodplannen te worden geïmplementeerd om sneller te kunnen opstarten na de overstroming. Een aanbeveling is om bovendien een gebiedsnoodplan op te stellen, in aanvulling op de individuele noodplannen. Een gebiedsnoodplan dient ertoe om de individuele noodplannen van belanghebbende bedrijven en beheerders op elkaar af te stemmen. Denk hierbij aan het op orde brengen van ketenafhankelijkheden (wie is waarvan afhankelijk en wie is daar verantwoordelijk voor), afspraken te maken over wie, wat, wanneer doet in geval van een (dreigende) overstroming en dit regelmatig te oefenen.



### 5. Aanbevelingen voor het vervolg

Het proces van Joint Fact Finding heeft geleid tot bewustwording van de overstromingsrisico's bij belanghebbenden. De gezamenlijke dialoog heeft de basis gelegd voor draagvlak voor de aanbevolen adaptatiestrategie. Diverse belanghebbenden hebben benadrukt het momentum, het netwerk, het partnerschap en de ontwikkelde kennis vast te houden door vervolg te geven aan de pilot.

Voor een goede keuze tussen de preventieve maatregelen wordt nader onderzoek aanbevolen naar de ophoging van de Tuimelkade en een open Hartelkering. Een andere aanbeveling is om op korte termijn te starten met het opstellen van een gebiedsnoodplan. Het gebiedsnoodplan is een no-regret maatregel die wordt gedragen door de belanghebbenden die deel hebben genomen aan de pilot. Het initiatief hiervoor kan zowel van de kant van de belanghebbende bedrijven als de beheerders en overheden in het gebied komen. Ten aanzien van nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen wordt aanbevolen afspraken te maken over de wijze waarop overstromingsrisico's meegenomen kunnen worden. De gemeente Rotterdam ontwikkelt in dat kader bijvoorbeeld een nieuw uitgiftepeilenbeleid.

Het is ook wenselijk om op korte termijn de relatie met de Strategische Adaptatie Agenda Buitendijks en de voorkeursstrategie van Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden te leggen. De pilot levert bovendien veel informatie op met betrekking tot de kwetsbaarheid en ketenafhankelijkheid van vitale en kwetsbare infrastructuur, zoals stroomvoorziening en de A15 (de laatste ook in relatie tot crisisbeheersing). Dit zou binnen het deelprogramma "Vitaal en Kwetsbaar" van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie opgepakt kunnen worden. De kennisagenda van deze pilot benoemt meerdere programma's, onderzoeken en projecten waarmee kennis kan worden uitgewisseld ook na het afronden van de pilot.

## 1 Inleiding

In de regio Rijnmond-Drechtsteden bevindt zich een groot areaal buitendijks gebied. Voor deze gebieden zijn er geen wettelijke normen voor de bescherming tegen overstroming. Bedrijven en bewoners zijn zelf verantwoordelijk voor het treffen van gevolg beperkende maatregelen en zij dragen zelf het risico van waterschade.

In het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD, 2014) is aangegeven dat in het buitendijks gebied sprake dient te zijn van een acceptabel risiconiveau. De voorkeursstrategie van het DPRD bevat het voorstel om een 'Strategische adaptatie agenda Buitendijks' te ontwikkelen voor de buitendijkse gebieden. Specifieke aandacht is daarin gevraagd voor het buitendijks gelegen havengebied. Gezien de aanwezige productieprocessen en bijbehorende infrastructuur die van belang zijn voor het functioneren van het havencluster en het stedelijk gebied is hier meer kans op grote economische schade en mogelijke milieuschade. Binnen DPRD is voorgesteld in een eerste fase onderzoek te doen naar de risico's en maatregelen voor een viertal specifieke delen van het Rotterdamse havengebied. Een van die gebieden is de Botlek.

### 1.1 Doel van de pilot Botlek

Het economische belang van de Rotterdamse haven is groot (regionaal, nationaal en internationaal) en er is vitale en kwetsbare infrastructuur aanwezig. De haventerreinen zijn weliswaar relatief hoog boven zeeniveau aangelegd en worden (deels) beschermd door bestaande keringen/kades, maar er is een kans dat het gebied bij een zeer zware storm op zee overstroomt. Door klimaatverandering en de daaraan gerelateerde zeespiegelstijging zal deze kans toenemen. Het Botlekgebied ligt ten westen van Rotterdam en geheel buitendijks, zie Figuur 4.



Figuur 4. Begrenzing Pilotgebied: Botlekgebied inclusief Vondelingenplaat. Globaal wordt dit gebied omsloten door snelwegen, de A4 ten zuiden van de Beneluxtunnel en de A15 tussen knooppunt Benelux en de Hartelkering, het Hartelkanaal, Rozenburg en de Nieuwe Waterweg.

Doel van de pilot was de overstromingskansen en -gevolgen in het Botlekgebied te onderzoeken, maatregelen in beeld te brengen waarmee de overstromingsrisico's kunnen worden beheerst en een adaptatiestrategie te formuleren.

## 1.2 Aanpak van de Pilot

In de 'Pilot Waterveiligheid Botlek' hebben het Havenbedrijf Rotterdam (HbR), de Gemeente Rotterdam en Rijkswaterstaat West Nederland Zuid (RWS WNZ) intensief samengewerkt. Ook belanghebbenden binnen het studiegebied zijn betrokken in een proces van Joint Fact Finding en dialogen over de formulering van een adaptatiestrategie. In bijlage 1 is een overzicht van de betrokken organisaties opgenomen.

De pilot is gestart met het analyseren van de overstromingskansen van het gebied en de hierbij behorende waterdiepten. Deze analyses zijn uitgevoerd voor verschillende zichtjaren. Paragraaf 2.2 presenteert hiervan de belangrijkste bevindingen. De analyse van de overstromingskansen vormt de basis voor het onderzoek naar de gevolgen van een overstroming. De gevolgen zijn zowel kwalitatief als kwantitatief onderzocht. Bij de gevolgenanalyse is onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte economische schade, slachtoffers en milieuschade. De resultaten zijn in werksessies met belanghebbenden in het gebied besproken, getoetst en verrijkt. Dit proces van Joint Fact Finding heeft in een aantal iteratieslagen geresulteerd in een aangescherpt en gedeeld beeld van de overstromingsrisico's. Paragraaf 2.3 beschrijft de resultaten van deze analyse.

Parallel aan de overstromingsrisicoanalyse is een afwegingskader ontwikkeld waarmee inzicht is verkregen in de vraag hoe de overstromingsrisico's in het buitendijks gelegen Botlekgebied zich verhouden tot externe veiligheidsrisico's bij individuele bedrijven en tot de overstromingsrisico's in binnendijks gebied. Naast deze vergelijking met een 'publieke bril' is samen met de belanghebbenden ook met een 'private bril' naar de risico's gekeken; de overstromingsrisico's zijn tegen het licht gehouden van een aantal risicomatrices van individuele bedrijven. Door de risico's zowel met een publieke als private bril te beschouwen, wordt een beeld verkregen wat mogelijk als acceptabel risiconiveau voor dit buitendijks gebied kan worden gezien. De uitkomsten van deze analyse worden in paragraaf 2.4 gegeven.

Op basis van deze analyses zijn adaptatiestrategieën geformuleerd. Deze zijn tot stand gekomen in drie stappen in dialoog met belanghebbenden. Stap 1: mogelijke maatregelen zijn geïnventariseerd en beoordeeld op kansrijkheid (zie hoofdstuk 3). Stap 2: de maatregelen zijn vertaald naar mogelijke, samenhangende gebiedsstrategieën. Deze mogelijke strategieën zijn beoordeeld op tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid (hoofdstuk 4). Stap 3: op basis van deze beoordeling en de reflectie daarop door de gebiedspartners, is een aanbeveling voor een adaptatiestrategie voor het Botlekgebied geformuleerd (hoofdstuk 5).

In het proces is veel aandacht geweest voor reflectie op het proces en de resultaten van deze pilot. Deze reflecties zijn mogelijk ook voor andere (buitendijkse) gebieden van belang. Hoofdstuk 6 presenteert de uitkomsten van deze reflectie.



## 2 Overstromingsrisico's in beeld

De eerste stap in de ontwikkeling van een adaptatiestrategie is het vormen van een goed beeld van huidige en toekomstige overstromingsrisico in het Botlekgebied. Bij de beeldvorming zijn twee elementen van belang: de kans van optreden en de gevolgen van een overstromingsscenario. Dit hoofdstuk vat belangrijke karakteristieken van het gebied (§2.1) samen. De overstromingssituaties bij verschillende herhalingstijden (§2.2) en de gevolgen daarvan (§2.3) worden gepresenteerd. De laatste paragraaf (§2.4) plaatst de kansen en gevolgen in het perspectief van een aantal kaders.

### 2.1 Beknopte gebiedsbeschrijving en ontwikkelingen

Het Botlekgebied beslaat ongeveer 3.490 ha, waarvan 1.120 ha water, en ligt op circa 3,5 – 4,5 meter boven NAP. Het gebied kan in vier deelgebieden opgedeeld worden: Brittanniëhaven, Botlek 1, Botlek 2 en de Vondelingenplaat, zie ook Figuur 5.

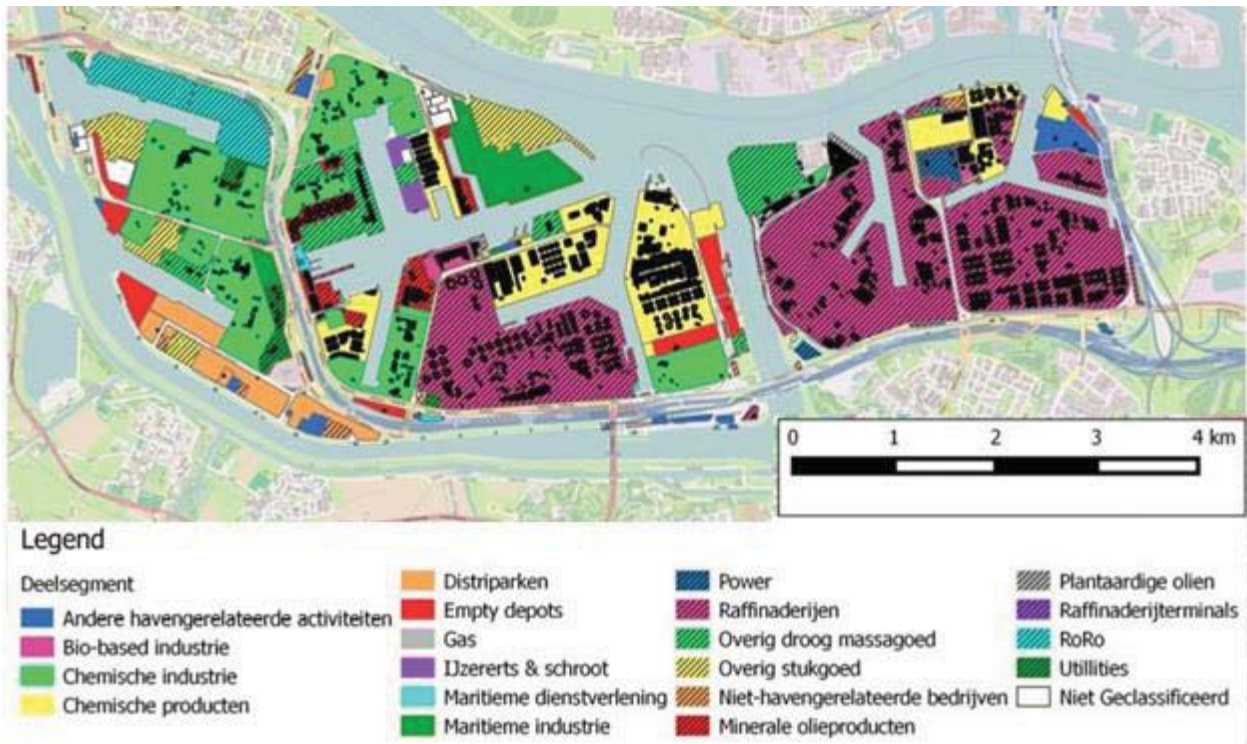


Figuur 5. Weergave van het Pilotgebied met onderverdeling in de deelgebieden. De pijlen en kleuren geven weer uit welke richting de overstromingsdreiging hoofdzakelijk komt voor de verschillende deelgebieden.

#### Bedrijvigheid in het Botlekgebied

Het gebied is een belangrijke motor van de Nederlandse economie en biedt direct en indirect werk aan tienduizenden mensen. Het gebied is ook van strategische waarde voor Nederland en erbuiten. De industrie in het gebied is een belangrijke speler in de brandstofvoorziening van Schiphol. Bovendien bevat het Botlekgebied het grootste petrochemische cluster van Noordwest Europa. Tenslotte is het gebied met de A15, Betuwelijn en de binnenvaartroutes richting het achterland onderdeel van een belangrijke transportcorridor. Figuur 6 geeft een overzicht van de activiteiten in het gebied. De belangrijkste activiteiten in het gebied qua oppervlakte zijn de olieraffinaderijen (Botlek 2, Vondelingenplaat) en chemische industrie (Botlek 2).





Figuur 6. Landgebruikkaart van het pilotgebied met verschillende sectoren (Nicolai et al, 2016b).

De industrie in het gebied is nauw met elkaar verweven. Bedrijven zijn voor toelevering van grondstoffen of beveiliging en optimalisatie van processen afhankelijk van andere bedrijven in het gebied. Daarnaast speelt aan- en afvoer van (grond)stoffen via buisleidingen een belangrijke rol; binnen het gebied, maar ook met andere industriegebieden (onder andere Chemelot), zie hiervoor Figuur 7.



Figuur 7. Pijpleidingen vanaf Rotterdam (Havenbedrijf Rotterdam).

### Geplande en autonome ontwikkelingen in het Botlekgebied

Rondom het pilotgebied zijn in de nabije toekomst diverse ontwikkelingen gepland die effect hebben op de economische activiteiten in en de bereikbaarheid van het gebied. Door klimaatverandering stijgt de zeespiegel. In het licht van overstromingsrisico's betekenen deze ontwikkelingen dat de kansen op en gevolgen van een eventuele overstroming in het pilotgebied zullen veranderen tussen nu en 2100.<sup>2</sup>

De gevolgen van een overstroming (hier: economische schade) kunnen groter worden vanwege de aangekondigde grootschalige investeringen van private partijen (bijvoorbeeld door Exxon en Shell) en de komst van een centrale afvalwaterzuivering voor de Botlek op het terrein van Huntsman. Bedrijven uit de omgeving kunnen hierop aansluiten om hun industriële afvalwater te laten zuiveren. De bereikbaarheid en inrichting van het gebied veranderen vanwege de aanleg van het Theemswegtracé ter vervanging van de Calandbrug en de aanleg van de Blankenberg tunnel waarmee de A15 ten oosten van Rozenburg en de A20 tussen Maassluis en Vlaardingen verbonden worden (zie Figuur 4 voor locaties). De verdieping van de Botlek en de Nieuwe Waterweg staan op het programma om de toegang tot de haven van Rotterdam te verbeteren.

Voor deze pilot is de Voorkeursstrategie Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (zie DPRD, 2014) als uitgangspunt gehanteerd. In het kader hiervan vindt er op dit moment onderzoek plaats naar het verkleinen van de faalkans van de Maeslantkering. Het verkleinen van de faalkans kan positieve gevolgen hebben voor de overstromingskansen van de Vondelingenplaat.

Verwacht wordt dat het type bedrijvigheid min of meer gelijk zal blijven tot en met 2050. Op de langere termijn, tot 2100, zou deze echter wel kunnen veranderen, bijvoorbeeld door een switch naar biobased industrie (zie kader beneden). Een andere ontwikkeling die het overstromingsrisico beïnvloedt, is de autonome bodemdaling in West-Nederland. Het effect hiervan blijft echter beperkt in het pilotgebied (alleen beperkt effect in de Vondelingenplaat).

#### Biobased industrie scenario

Het is niet vanzelfsprekend dat de huidige activiteiten in het Botlekgebied één op één gehandhaafd blijven tot aan 2100. Het klimaatakkoord dat in Parijs gesloten is zou de toekomst van de industrie in het Botlekgebied dat drijft op fossiele brandstoffen kunnen veranderen. Het kernteam Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk (2016) sorteert hier al op voor en geeft aan dat chemische bedrijven en olieraffinaderijen in het havengebied geconfronteerd zullen worden met stagnatie en krimp zonder verdere acties. De concurrentiepositie van deze bedrijven is de afgelopen jaren verslechterd. Tegelijkertijd moeten ze 80-95% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot teruggedrongen hebben in 2050 (t.o.v. 1990) in het licht van de Europese klimaatdoelstellingen.

Een mogelijk toekomstscenario voor het havengebied dat zowel in de verkenning van deltasenario's voor het havengebied Rijnmond Drechtsteden van het Deltaprogramma (2011) als in het actieplan van het kernteam Versterking Industriecluster Rotterdam/ Moerdijk (2016) aan bod komt is de ontwikkeling naar een biobased cluster, bijvoorbeeld op basis van bioraffinage. In dit scenario passen de chemische bedrijven en olieraffinaderijen in het havengebied nieuwe technologieën toe voor het verbeteren van de effectiviteit van operaties, benutten van hernieuwbare grondstoffen en energiebronnen, elektrificeren van de industrie, afvangen en opslaan van CO<sub>2</sub> (CCS), en het leveren van CO<sub>2</sub>, waterstof en warmte aan derden. Van belang voor dit scenario zijn ketenintegratie, gezamenlijke infrastructuur voor het kunnen benutten van reststromen binnen en buiten het gebied, aanwezigheid van biomassa-importfaciliteiten, aanwezigheid van bijsmaakfaciliteiten en bedrijven die grondstoffen kunnen omzetten in biobrandstoffen. Naar verwachting stijgt het waterverbruik door gebruik van biomassa, met implicaties voor onder meer de afhankelijkheid van zoet water en/of toepassing van ontzilting.

Autonome ontwikkelingen die in gang gezet zijn (of worden) en een impact zullen hebben op de waterveiligheid, zijn als uitgangspunt gehanteerd in de ontwikkeling van de adaptatiestrategie. Verder is gekeken in hoeverre maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's aanpasbaar zijn in het

<sup>2</sup> Bij bepaling van de gevolgen is aangenomen dat de huidige indeling van de industrie binnen het gebied tot 2100 gehandhaafd blijft.

licht van een onzekere toekomst (zie hoofdstuk 5). Dit is van belang voor autonome ontwikkelingen die nu nog niet zeker zijn (denk bijvoorbeeld aan mogelijke switch naar bio-based industrie na 2050). Deze beoordeling geeft een indicatie in hoeverre de strategie robuust is.

## 2.2 Overstromingskansen in het Botlekgebied

In deze paragraaf worden de resultaten van de analyse van de overstromingskansen nu en in de toekomst in het Botlekgebied samengevat (zie ook bijlage 2 voor meer informatie).

### Botlekgebied

Het Botlekgebied is zogenaamd “buitendijks” gebied. Dat betekent niet dat het gebied volledig onbeschermd is (zie ook bijv. Konter, 2013). Zo zijn in het verleden de havengebieden in de Botlek relatief hoog aangelegd om de kans op overstromen te beperken. Naast de hoogteligging profiteert het gebied (met name de Vondelingenplaat) van de Maeslantkering, al is de kering daar formeel niet voor bedoeld. Sluiting van de Maeslantkering zorgt ervoor dat de waterstand in de Nieuwe Waterweg in de huidige situatie niet hoger dan ca.  $3,4\text{m}-3,6\text{m}^3+\text{NAP}$  komt. 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 faalkans van de Maeslantkering is voor dit onderzoek van belang omdat verlaging hiervan een positief effect heeft op het overstromingsrisico van het Botlekgebied vanuit de Nieuwe Waterweg.

Aan de zuidwestkant van het Botlekgebied is sprake van een open verbinding met de Noordzee via het Calandkanaal tot de Rozenburgse sluis en via het Hartelkanaal tot voorbij de Hartelkering. Hierdoor wordt het water in het Caland- en Hartelkanaal hoger opgestuwd dan in de Nieuwe Waterweg. Bij zeer extreme stormsituaties (1/10.000 jaar) kan de waterstand momenteel oplopen tot circa  $5,5\text{m}+\text{NAP}$ <sup>4</sup>. In een dergelijke situatie stroomt het gedeelte ten westen van de Europoortkering onder water (Britanniëhaven en Botlek 1). De Europoortkering remt het water af waardoor Botlek 2 minder snel overstroomt en ook de waterstand in de Nieuwe Waterweg (en daarmee dus ook het overstromingsrisico voor de Vondelingenplaat) niet nadelig wordt beïnvloed.

Ook de Tuimelkade beschermt het Botlekgebied. De Tuimelkade loopt vanaf de Hartelkering tot bij de Seinehaven en heeft een hoogte van ongeveer  $5,25\text{ m}+\text{NAP}$ . Deze kering is aangelegd na de opening van de Beerdam om het verhogende effect op de waterstanden in het Hartelkanaal op te vangen. De Tuimelkade is in beheer van het HbR. Figuur 8 visualiseert de hoogte van het gebied en de keringen.

<sup>3</sup> Bij Rotterdam in de Nieuwe Maas MHW  $3,60\text{m}+\text{NAP}$  1/10.000, bij Maassluis in de Nieuwe Waterweg  $3,40\text{m}+\text{NAP}$  1/10.000. [https://staticresources.rijkswaterstaat.nl/binaries/Referentiewaarden%20waterstanden\\_tcm174-326696\\_tcm21-24223.pdf](https://staticresources.rijkswaterstaat.nl/binaries/Referentiewaarden%20waterstanden_tcm174-326696_tcm21-24223.pdf)

<sup>4</sup> Dit is inclusief het effect van seiches (kortdurende schommelingen van enkele decimeters) en (wind-)golven.





Figuur 8. Waterveiligheidssituatie rondom het pilotgebied Botlek. In rood zijn relevante waterkeringen voor het Pilotgebied Botlek aangegeven zoals de Hartelkering, de Europoortkering, de Tuimelkade, de waterkering rondom Rozenburg en de Maeslantkering. De kleurenschaal geeft een indruk van de hoogte van het gebied t.o.v. NAP.

### Huidige overstromingskansen

Een overstromingsanalyse is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de kansen op een overstroming in het studiegebied (Deltares, 2015; HKV/VU, 2016), zie ook Bijlage 2. Figuur 9 geeft de terugkeertijd weer van een overstroming met een waterdiepte van 0,1 meter voor de huidige situatie. Uit de figuur blijkt dat de Brittaniëhaven en Botlek 1 het meest kwetsbaar zijn voor overstromingen. De huidige kans op een overstroming is ongeveer 1/100 – 1/300 per jaar in de Brittaniëhaven en 1/300 – 1/1.000 per jaar in Botlek 1; grote delen staan dan onder water. Botlek 2 staat dan voor een klein deel onder water. De kans dat er in de Vondelingenplaat een overstroming plaats vindt is het laagst (vanaf 1/5.000 per jaar)<sup>5</sup>. De kans dat er gemiddeld meer dan een 1 meter water staat is nog kleiner: in de orde van 1/300 – 1/1.000 per jaar (Brittaniëhaven), 1/1000 - 1/3.000 per jaar (Botlek 1 en 2) en vanaf ca. 1/10.000 jaar in (beperkte mate) de Vondelingenplaat.

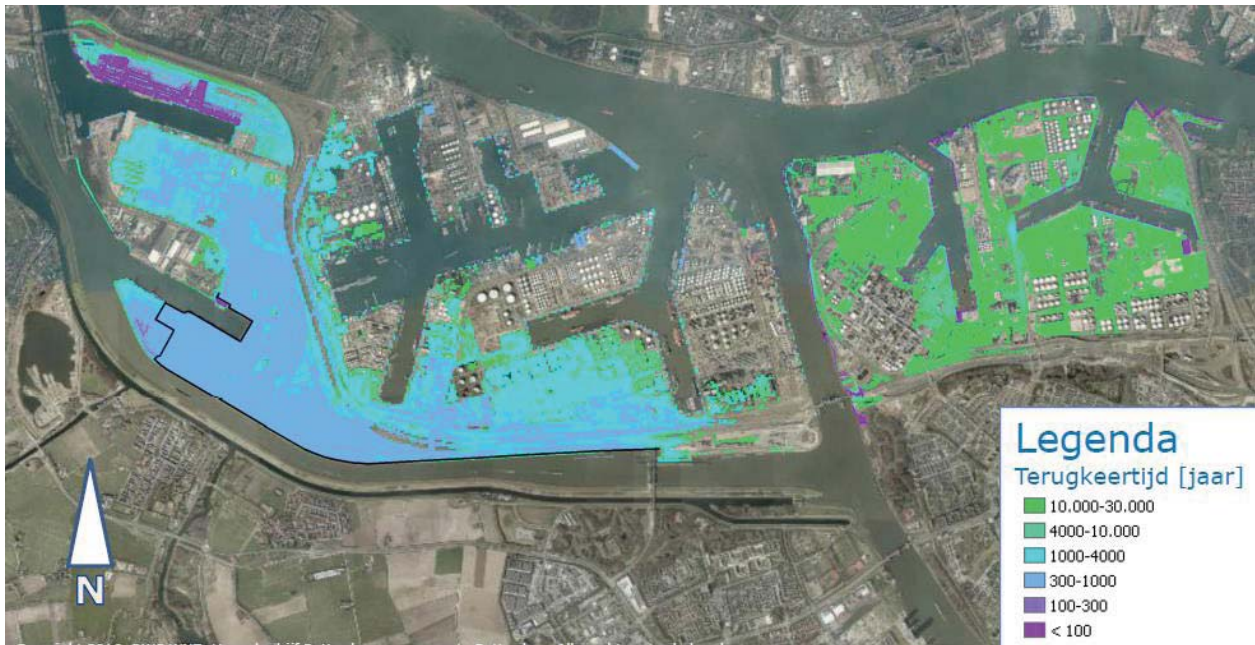
De verblijfsduur van het water is beperkt tot maximaal 1-1,5 dag. De stroomsnelheden en de stijgsnelheid zijn relatief laag. Alleen langs de zuidrand van Botlek 1 kan de stijgsnelheid groter worden dan 1 m/uur onder extreme overstromingsscenario's. In een groot deel van het overstromde gebied zal de stroomsnelheid beperkt blijven tot maximaal 0,5 m/s. Bij bepaalde obstakels of bijzondere constructies (zoals onderdoorgangen) kan de stroomsnelheid hoger worden (1,5 m/s en hoger). De overstromingssituaties met herhalingstijden van 1.000 jaar en hoger gaan gepaard met extreme weersomstandigheden<sup>6</sup>. In deze situaties zal de windkracht tijdens de piek van de storm zeer zwaar zijn

<sup>5</sup> In de Vondelingenplaat gaat het ook om een ander overstromingsscenario. Naast het stormvloedscenario speelt hier de faalkans van de Maeslantkering een rol.

<sup>6</sup> Ter referentie: de verwachte stormvloedwaterstand met een kans van 1/1.000 per jaar ligt net wat hoger dan de stormvloed van 1953 (circa 30 centimeter). De 1/10.000 jaar waterstand ligt ruim boven de 1953 stormvloedwaterstand (ca. 1 meter). De herhalingstijd van de storm van 1953 was circa 1/300 jaar.



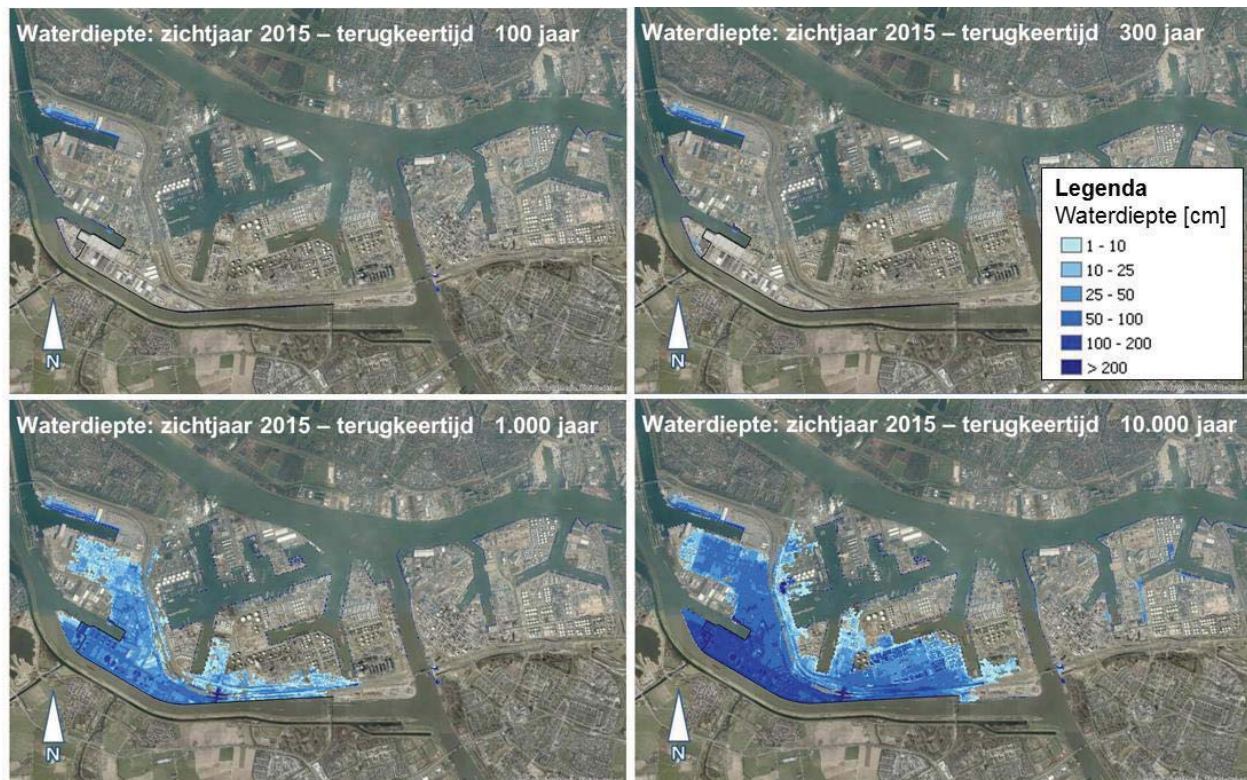
(Beaufort 11 en hoger). Het openbare leven ondervindt hierdoor al ruim voor de piek van de storm sterke hinder en zal langzaam stil komen te liggen.



Figuur 9. Terugkeertijden in jaren van een overstroming met een waterdiepte van 0,1 meter in het Pilotgebied Botlek voor de huidige situatie (2015).

Figuur 10 geeft een indicatie van de waterdiepte in 2015 bij vier verschillende frequenties: 1/100 per jaar, 1/300 per jaar, 1/1000 per jaar en 1/10.000 per jaar.<sup>7</sup> De achtergrond van deze kaarten is toegelicht in bijlage 2.

<sup>7</sup> In de overstromingsberekeningen is aangenomen dat de Tuimelkade niet faalt.



Figuur 10. Overstromingsbeelden incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans van 1/100 jaar, 1/300 jaar, 1/1.000 per jaar en 1/10.000 per jaar voor het Botlekgebied

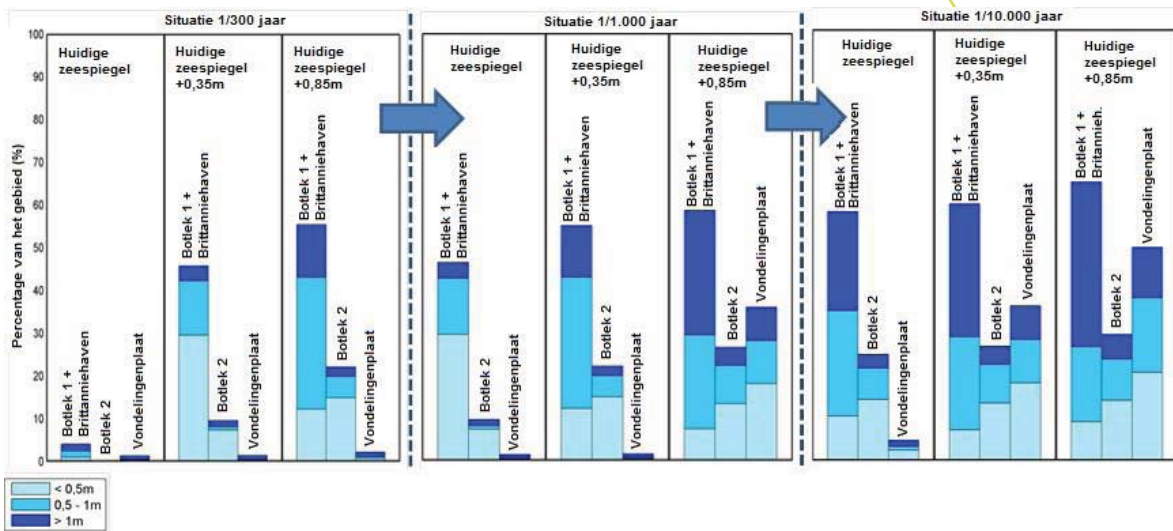
### Overstromingskansen in de toekomst

Veranderingen in de overstromingskans zijn in dit gebied vooral afhankelijk van de zeespiegelstijging. Deze hangt samen met een verandering in het klimaat. Om de toekomstige overstromingskans in te kunnen schatten, zijn de klimaatscenario's van het KNMI en de daaraan gekoppelde verwachte zeespiegelstijging toegepast. In de pilot zijn twee klimaatscenario's uit het Deltaprogramma Waterveiligheid (2014) toegepast: een snel (W+) en een langzaam (G) scenario voor de zeespiegelstijging. Bij W+ stijgt de zeespiegel met +35 cm in 2050 en +85 cm in 2100. Bij G blijft deze stijging beperkt tot +15 cm in 2050 en +35 cm in 2100. De zeespiegelstijging in het W+ scenario in 2050 treedt in het G scenario dus pas 50 jaar later op.

De zeespiegelstijging leidt tot grotere overstromingskansen in de toekomst. Het beeld van een overstroming van 1/1.000 jaar in 2015 (Figuur 10) is 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<sup>8</sup>. Voor het G scenario geldt dat een overstroming met een frequentie van 1/300 jaar in 2100 een vergelijkbaar beeld oplevert als bij 1/1000 jaar in de huidige situatie. Figuur 11 laat zien hoe de overstromingskansen per deelgebied (Britanniëhaven en Botlek 1, Botlek 2 en Vondelingenplaat) zich door de jaren heen ontwikkelen. De grafieken geven een indicatie van de het percentage van een gebied dat overstroomt met een bepaalde waterstand bij bepaalde overstromingskansen nu en in de toekomst.

<sup>8</sup> Het overstromingskans beeld in de Vondelingenplaat is hier een uitzondering op, dit gebied vertoont een andere ontwikkeling bij verschillende zeespiegelstijgingniveaus.

Projectgerelateerd



Figuur 11. Ontwikkeling overstromingskansen door de jaren heen voor het W+ en G klimaatscenario.



## 2.3 Gevolgen van een overstroming

In deze pilot zijn de gevolgen geïnventariseerd in de categorieën economische schade, dodelijke slachtoffers en milieuschade. Details over de aanpak en aannames om de gevolgen in beeld te brengen zijn terug te vinden in bijlage 3. Een belangrijk uitgangspunt bij de bepaling van de gevolgen in deze pilot is dat is uitgegaan van een “standstill”, d.w.z. dat het huidige investeringsniveau en de huidige activiteiten van nu ook voor 2050 en 2100 gelden.

### *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. De indirecte schade is in sommige gevallen gebiedsoverstijgend, vanwege de onderlinge afhankelijkheden tussen de verschillende activiteiten in het Botlekgebied en daar buiten (bijvoorbeeld in regio's als Schiphol en Chemelot). Hierdoor kunnen bedrijfsprocessen stil komen te liggen, ook als deze bedrijven niet in het overstromde gebied liggen. De schadefuncties<sup>9</sup> zijn opgesteld door Tebodin (1998), verfijnd door HKV/VU (2016) en vervolgens toegepast om de directe economische schade te berekenen. De indirecte schade is door HKV/VU (2016) berekend met behulp van een economisch input-output model.

### *Slachtoffers*

Dodelijke slachtoffers zijn te onderscheiden in directe slachtoffers, veroorzaakt door verdrinking tijdens de overstroming, en indirecte slachtoffers, veroorzaakt door eventuele calamiteiten die zich voordoen als gevolg van de overstroming. De overstromingskarakteristieken (waterdiepte, stijgsnelheid, stroomsnelheid) zijn vertaald naar het lokaal individueel risico (LIR) per locatie. Het LIR heeft als input gediend voor de schatting van het aantal directe slachtoffers (met diverse aannames voor de kans op overlijden) voor een bepaalde locatie rekening houdend met de mogelijkheid tot preventieve evacuatie van personen die nog aanwezig zijn in het Botlekgebied. Indirecte slachtoffers zijn niet kwantitatief onderzocht, maar kwalitatief belicht onder milieuschade (want gevolg van een milieucalamiteit).

### *Milieuschade*

Milieuschade is mogelijk door ofwel verspreiding van stoffen via water en eventuele indringing in de bodem of via de lucht. In geval van een overstroming zijn er diverse scenario's te bedenken waarbij schade aan het milieu kan ontstaan. Met experts vanuit het bedrijfsleven en de overheid zijn deze mogelijke scenario's verkend. Geconcludeerd is dat milieuschade in de vorm van kleine lekkages, breuken, etc. voor zullen komen bij een overstroming, maar dat verwacht wordt dat de impact hiervan verwaarloosbaar is ten opzichte van de overige gevolgen.

Voor potentiële ernstige gevolgen (zoals het vrijkomen van aquatoxische stoffen of het ontstaan van een levensbedreigende gifwolk), geldt dat de kansen hierop extreem klein worden ingeschat. Het grootste risico (kans x gevolg) betreft daarom het falen van een opslagtank met olie(achtige) producten. Om tot een onderbouwing van het aantal mogelijk falende tanks te komen, is informatie over fragiliteitscurves van opslagtanks (Kasmeshwar en Padget, 2015) gebruikt in combinatie met de locatie en de grootte van opslagtanks in het gebied. De kans dat een opslagtank daadwerkelijk faalt, is vervolgens bedrijfs- en situatiespecifiek. In overleg met experts is de kans dat een gemiddelde fragiele tank faalt bij een overstroming geschat op 10%. De mate waarin een opslagtank gevuld is (hoe leger de tank, hoe eerder een tank bezwijkt) en het ontwerp (bijvoorbeeld de aanwezigheid van een containmentdijk) zijn van invloed op de faalkans.

<sup>9</sup> Een schatting van de directe schade van een bepaalde gebeurtenis volgt uit de overstromingskarakteristieken en een schadecurve (veelal als functie van de overstromingsdiepte).

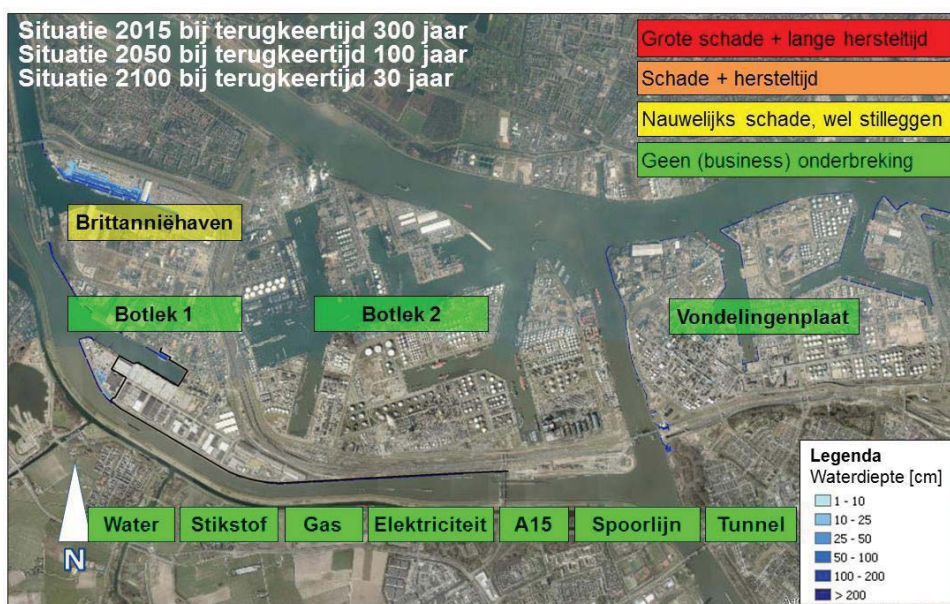


### Huidige overstromingsrisico's

Overstromingsrisico's zijn een combinatie van kansen (op een overstroming) en gevolgen. Aan de hand van drie gebeurtenissen met verschillende overstromingskansen, worden de gevolgen van een overstroming nader toegelicht<sup>10</sup>. Meer informatie over deze gebeurtenissen en onderliggende berekeningen is te vinden in bijlage 3.

#### 1. Een overstroming in 2015 met een terugkeertijd van 1/300 per jaar

Bij deze gebeurtenis is de verwachting dat alle bedrijven in het hele Botlekgebied in bedrijf blijven en dat er alleen beperkt schade is aan gebouwen in met name de Brittanniëhaven. De totale schade is berekend op circa 70 miljoen Euro (Nicolai et al, 2016.). Hier dient de kanttekening gemaakt te worden dat diverse belanghebbenden dit een orde lager schatten omdat er tijdelijke maatregelen genomen kunnen worden om de schade te beperken. In deze situatie is er alleen sprake van directe schade, de indirecte bedrijfsverliezen zijn klein. De kans op milieuschade (op basis van de fragiliteitscurve is het aantal falende tanks bij dit scenario 0) en dodelijke slachtoffers is zeer klein. Figuur 12 geeft een indicatie van de gevolgen in termen van economische schade per sector van deze gebeurtenis.

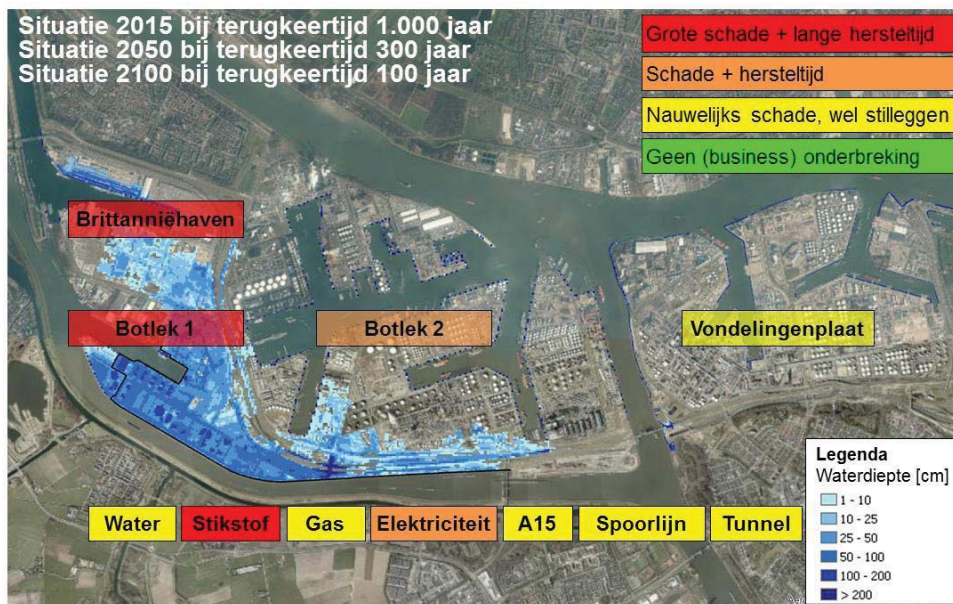


Figuur 12. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in het pilotgebied in gebeurtenis 1 (2050 en 2100 zijn gebaseerd op het W+ klimaatscenario).

#### 2. Een overstroming in 2015 met een frequentie van 1/1.000 per jaar

Deze gebeurtenis resulteert naar verwachting in aanzienlijk meer directe schade aan gebouwen, installaties en lokale infrastructuur in de Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2, alsook in indirecte schade. De totale schade wordt in die situatie geschat op circa 0,5 miljard Euro waarvan meer dan 80% directe schade (Nicolai et al, 2016). Bij deze gebeurtenis is er een kans (geschat op 10%) dat er een opslagtank in het gebied faalt en er milieuschade binnen het Botlekgebied optreedt. De kans op dodelijke slachtoffers is net zoals in de vorige gebeurtenis zeer klein. Figuur 13 geeft een indicatie van de gevolgen in termen van economische schade per sector van deze gebeurtenis.

<sup>10</sup> Algemeen uitgangspunt bij de uitwerking van de gebeurtenissen is dat bedrijven door tijdige waarschuwing in staat zijn om – zo nodig – over te gaan tot een gecontroleerde shutdown. Het is echter niet uit te sluiten dat een ongecontroleerde shutdown optreedt.



Figuur 13. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in het pilotgebied in gebeurtenis 2 (2050 en 2100 zijn gebaseerd op het W+ scenario)

3. Een overstrooming in 2015 met een terugkeertijd van 1/10.000 per jaar

Bij deze gebeurtenis krijgt het hele gebied (Brittanniëhaven, Botlek 1, Botlek 2 en Vondelingenplaat) te maken met economische schade. De directe schade stijgt naar circa 0,9 miljard euro en de indirecte economische schade naar 2,6 miljard euro (Nicolai et al, 2016. Prijspeil 2015). Bij deze gebeurtenis is er een geschatte kans van 10% dat er twee opslagtanks falen. Dit kan leiden tot milieuschade die verder in het Rotterdamse havengebied merkbaar is. De kans op dodelijke slachtoffers is net zoals in de vorige gebeurtenissen zeer klein. Figuur 14 geeft een indicatie van de gevolgen in termen van economische schade per sector van deze gebeurtenis.



Figuur 14. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in het pilotgebied in gebeurtenis 3 (2050 is gebaseerd op het W+ scenario. Deze indicatie geldt ook voor een situatie in 2100 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar bij W+ voor Botlek 1 en 2. De Vondelingenplaat is in een situatie in 2100 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar ook overstroomd. De totale gevolgen zijn dan heviger dan in de figuur gevisualiseerd.



### Ontwikkeling overstromingsrisico's

De economische schade neemt als gevolg van klimaatverandering toe. Vanwege de stijgende zeespiegel neemt het risico op overstromen langzaam toe. Tabel 3 laat een schatting van de ontwikkeling van de economische schade zien op basis van modelberekeningen (zie Nicolaï et al, 2016). De tabel geeft voor verschillende herhalingstijden (1/100, 1/300, 1/1.000 per jaar, etc.) de directe en de indirecte schadebedragen. De verwachte jaarlijkse schade (ook wel: het risico) in deze tabel is de som van de kans van voorkomen en de gevolgschade van de gebeurtenissen met verschillende herhalingstijden. Dit bedrag geeft het risico weer dat op jaarbasis optreedt als gevolg van de dreiging van hoogwater. Deze verwachte jaarlijkse schade wordt later gebruikt in de kosten-batenanalyse (zie hoofdstuk 3 en verder).

De schadebepaling in Tabel 1 laat zien dat de directe schade toeneemt van 1,6 miljoen euro per jaar in 2015 toeneemt naar 5 tot 16,7 miljoen euro per jaar in 2100 (bij respectievelijk het G en W+ scenario). De geschatte indirecte schade neemt als gevolg van klimaatverandering toe van een geschatte 1,7 miljoen euro per jaar in 2015 naar 6,5 (G scenario) - 31,6 (W+ scenario) miljoen euro per jaar in 2100 (Nicolaï et al, 2016). Hoe lager de overstromingsfrequentie, hoe groter het aandeel van de indirecte schade lijkt te worden vanwege de langere herstelduur (de tijd om weer op te starten na een overstroming). Het omslagpunt waarbij de indirecte schade groter is dan de directe schade ligt naar verwachting bij een overstroming van 1/4.000 per jaar in 2015, 1/1.000 per jaar in 2050 en 1/300 per jaar in 2100. De indirecte schade is in 2015 een factor 3 (bij 1/4.000 en 1/10.000 per jaar) tot 6 (bij 1/30.000 per jaar) groter dan de directe schade.

Vanwege het verschil in de overstromingskansen tussen de Brittanniëhaven, Botlek 1 en 2 en de Vondelingenplaat en de kwetsbaarheid van verschillende sectoren voor overstroming, zijn er grote verschillen waarneembaar tussen sectoren onderling alsook geografisch. Met name de bedrijven gelegen in de Brittanniëhaven en Botlek 1 en de sectoren chemie, aardolie, distriparken en stukgoederenoverslag lopen grotere verliezen op (vooral bij lagere frequenties vanaf 1/1.000 per jaar).

Tabel 3. Overzicht ontwikkeling absolute economische schade door klimaatverandering in miljoenen Euro (Nicolaï et al, 2016. Prijspeil 2015)

| Frequentie                                      | 2015       |            | 2050 (W+) / 2100 (G) |            | 2100 (W+)   |             |
|---|------------|------------|----------------------|------------|-------------|-------------|
|   | Direct     | Indirect   | Direct               | Indirect   | Direct      | Indirect    |
| 1:100   | 50         | 0,2        | 60                   | 0,7        | 400         | 91          |
| 1:300   | 70         | 0,8        | 390                  | 91         | 730         | 2.247       |
| 1:1.000   | 400        | 91         | 720                  | 2.247      | 1.290       | 9.106       |
| 1:4.000   | 740        | 2.248      | 890                  | 2.676      | 1.420       | 11.218      |
| 1:10.000  | 900        | 2.676      | 1.320                | 9.106      | 1.610       | 13.144      |
| 1:30.000  | 1.330      | 9.106      | 1.520                | 12.235     | 1.990       | 21.460      |
| <b>Verwachte jaarlijkse schade<sup>11</sup></b> | <b>1,6</b> | <b>1,7</b> | <b>5,0</b>           | <b>6,5</b> | <b>16,7</b> | <b>31,6</b> |

<sup>11</sup> De verwachte jaarlijkse schade is de som van de schades bij de verschillende overstromingsevents waarin de kans van voorkomen van het desbetreffende event is verdisconteerd.

## 2.4 Overstromingsrisico's in perspectief

Maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen zijn gewenst zodra een risico niet meer als acceptabel beschouwd wordt. Wat als een 'acceptabel risiconiveau' beschouwd kan of mag worden is in geval van buitendijks gebied geen uitgemaakte zaak. Voor buitendijkse gebieden zijn er geen wettelijke normen voor bescherming tegen overstromen. Om toch een beeld te vormen van de overstromingsrisico's die toenemen als gevolg van de stijgende zeespiegel zijn deze in perspectief van een aantal kaders geplaatst. Ten eerste zijn de overstromingsrisico's in internationaal perspectief geplaatst, dat wil zeggen de overstromingskans is vergeleken met de overstromingskansen in andere zeehavens. Ten tweede zijn de risico's in het perspectief geplaatst van de Rijksimpactcriteria vitale infrastructuur. Ten slotte is in deze pilot een afwegingskader opgesteld om overstromingsrisico's in het perspectief te plaatsen van overstromingsrisico's voor binnendijks gebied en externe veiligheid.

### Overstromingsrisico's in internationaal perspectief

Tretjakova (2012) heeft op globaal niveau een vergelijking gemaakt tussen overstromingskansen (niet overstromingsgevolgen) in diverse internationale grote zeehavens (Hamburg, Londen, Melbourne, New York, Ho Chi Minh, etc.). De overstromingskans van de internationale zeehavens in Engeland, Duitsland, de VS ligt in de range van 1/100 – 1/1000 jaar. Hieruit blijkt dat de Rotterdamse haven in vergelijking met deze havens relatief veilig is (de overstromingskansen in de Rotterdamse haven zijn gemiddeld een factor 1 tot 100 lager). Specifiek voor het pilotgebied geldt dat de overstromingskansen voor Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 vergelijkbaar is met de genoemde range van de grote Europese en Amerikaanse zeehavens, terwijl de overstromingskans van de Vondelingenplaat substantieel lager is.

### Overstromingsrisico's in perspectief van de Rijksimpactcriteria vitale infrastructuur

De 'impactcriteria vitale infrastructuur' van het Rijk (Ministerie Veiligheid en Justitie, 2015) zijn gebruikt om de overstromingsgevolgen te kunnen duiden in landelijk perspectief. Resultaat van deze analyse is dat de overstromingsgevolgen in minder frequent voorkomende scenario's de grenzen van verschillende categorieën vitale infrastructuur overschrijden. Onder deze scenario's is de impact van een overstroming in de Botlek groot op nationaal niveau.

### Overstromingsrisico's in perspectief van andere publieke kaders (Afwegingskader Pilot Botlek)

Binnen deze pilot is een afwegingskader ontwikkeld om de risico's in perspectief te plaatsen van nationale veiligheidskaders. Het kader op de volgende pagina vat het 'afwegingskader pilot Botlek' samen. In bijlage 4 wordt een nadere toelichting gepresenteerd.



De systematiek onder het 'afwegingskader Pilot Botlek'

**1. Definieer grenstoestanden voor een specifiek object**

Onderscheid tussen 2 grenstoestanden: Bruikbaarheid (S.L.S.):



**Voorbeeld van bruikbaarheid:** A15 moet worden afgesloten wateroverlast op de weg en kan niet meer gebruikt kan worden gedurende T dagen.

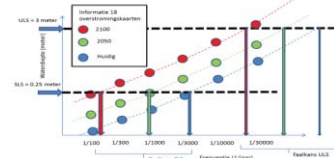


**Voorbeeld van bezijken:** Olieopslagtank drijft op van fundering en zorgt voor milieuschade in de omgeving vanwege lekkage van olie uit tank. Reparatiekosten veel geld en maanden werk.



**2a. Bepaal de faalkans**

Wat is de kans dat deze grenstoestand voorkomt in de huidige situatie en hoe verandert deze kans als functie van de tijd i.v.m. klimaatverandering?



**Resultaat: faalkans voor deze grenstoestand van dit object voor nu, 2050 en 2100**

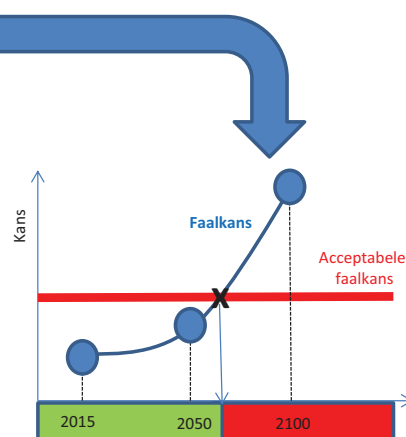
**2b. Bepaal de acceptabele faalkans**

Wat zijn de gevolgen van het overschrijden van de grenstoestand (via ingreep-effectrelaties en informatie over slachtoffers en schade)?  
Hoe acceptabel zijn deze gevolgen (via tabel)?

| Stochastische kans (1/jaar) | Maximaal aantal doden/slachtoffers | Totale economische schade (in miljard Euro) | Maximale ruimtelijke schaal milieuverontreiniging (lucht, water, bodem) |
|-----------------------------|------------------------------------|---|---|
| 200                         | 0                                  | 0,1   | < 100m  |
| 7.000                       | 10                                 | 1   | < 3km   |
| 20.000                      | 100                                | 10  | < 10km  |
| 200.000                     | 1000                               | 100   | < 100km   |

**Resultaat: acceptabele faalkans voor deze grenstoestand van dit object**

**3. Vergelijking tussen faalkans en acceptabele faalkans (het 'grensniveau')**



**Resultaat: inzicht of dit object voor deze grenstoestand voldoet en zo niet, wanneer dit knelpunt optreedt in de tijd (bijv. in voorbeeld hierboven rond 2060).**

Figuur 15. 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 SLS, de beperkte bruikbaarheid van een object aan (functioneel falen), en ULS, het bezijken van een object.

**Stap 2a.** Deze stap bepaalt bij de waterdiepten voor SLS en ULS wat de faalkans is voor verschillende jaren (2015, 2050 en 2100).

**Stap 2b.** Deze stap analyseert de gevolgen van het falen in termen van economische schade, slachtoffers, en milieu-impact in het licht van waterveiligheidsnormen voor binnendijkse gebieden en externe veiligheidsnormen voor Brzo-bedrijven. Deze analyse heeft geleid tot het bepalen van grensniveaus voor acceptabele faalkansen. Het dominante gevolg is bepalend voor het grensniveau. De onderstaande tabel geeft de gehanteerde grensniveaus van het 'afwegingskader Pilot Botlek' weer. In bijlage 4 worden de grensniveaus toegelicht.

Tabel 4. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van schade per gevolgcategorie

| Aantal dodelijke slachtoffers | Economische schade | Max. ruimtelijke schaal (afstand tot milieuverontreiniging)                  | Acceptabele kans (1/jaar) |
|-------------------------------|--------------------|--|---------------------------|
| 1                             | 0,1 miljard Euro   | Eigen- / buurtbedrijven (geen falende opslagtanks: < 1km impactgebied)       | 1/100                     |
| 10                            | 1 miljard Euro     | Botlekgebied (één falende opslagtanks: < 20 km impactgebied)                 | 1/1.000                   |
| 100                           | 10 miljard Euro    | Havengebied (twee falende opslagtanks: < 50 km impactgebied)                 | 1/10.000                  |
| 1.000                         | 100 miljard Euro   | Buitengebied (pluimgebied) (twee falende opslagtanks: >= 50 km impactgebied) | 1/100.000                 |

**Stap 3.** De laatste stap vergelijkt de kans dat het object overstroomt met een bepaalde waterstand (stap 2a) met de acceptabele kans van optreden (stap 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.

Het is van belang om te realiseren dat, gelet op de onzekerheden en aannames (zie kader), dit afwegingskader een indicatie oplevert van de timing waarop het grensniveau wordt bereikt. Verschillende partijen maken bijvoorbeeld verschillende keuzes over wat voor hen een acceptabel risiconiveau is. Een andere keuze voor het acceptabele risiconiveau, resulteert in een ander moment dat de grens daarvan overschreden wordt.

#### Kanttekeningen bij het 'afwegingskader Pilot Botlek'

Er zijn twee belangrijke kanttekeningen bij het 'afwegingskader Pilot Botlek'. Ten eerste zijn de gekozen grenzen voor het acceptabel risico geen vast gegeven maar deze getallen 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. Dus 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. Voor Brzo-bedrijven zal deze afweging bijvoorbeeld veelal gemaakt worden aan de hand van hun eigen risicomatrix. Uit een vergelijking blijkt dat het hier gekozen economische risico relatief hoog is ten opzichte van de gehanteerde getallen in private afwegingskaders (zeker bij meer extreme gebeurtenissen).

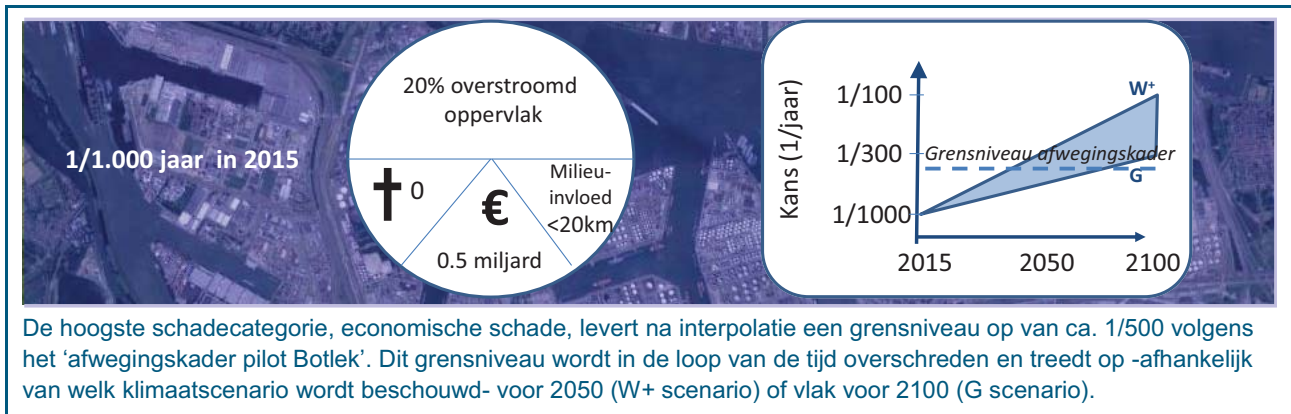
De resultaten van het afwegingskader zijn gevoelig voor de keuzes die zijn gemaakt voor de grensniveaus. Als voorbeeld wordt hier de timing besproken waarop het grensniveau wordt overschreden omdat deze resultaten zijn gebruikt om maatregelen in de tijd te plaatsen. Stel dat het economische risico in 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 van dit moment gevoelig is voor de keuze van het grensniveau. De hieronder gepresenteerde resultaten moeten in dit licht met de nodige marge geïnterpreteerd worden.

#### Gebiedsgerichte afweging van overstromingsrisico's met het 'afwegingskader pilot Botlek'

Met de methodiek van het 'afwegingskader pilot Botlek' is bekeken hoe het totale overstromingsrisico van de Botlek zich tot 2100 ontwikkelt in relatie tot de in deze studie gekozen grens waaronder risico's nog als acceptabel beschouwd worden (het grensniveau). Figuur 16 neemt een overstroming met een frequentie van 1/1.000 per jaar in 2015 als gebeurtenis om de risicoafweging toe te lichten.

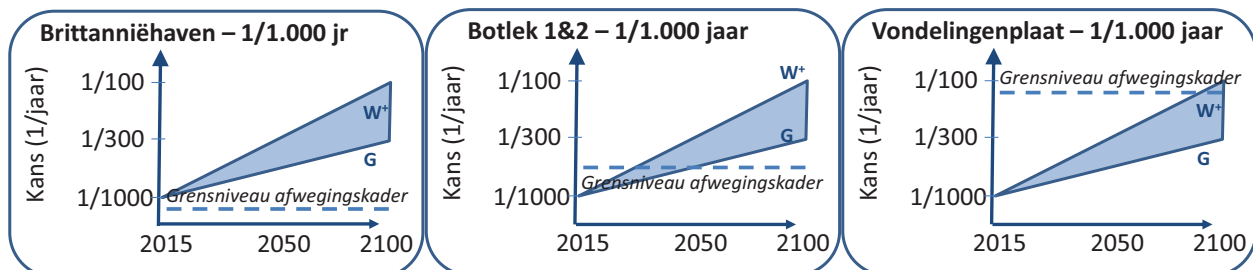
De economische schade is de dominante gevolgcategorie in de discussie over waterveiligheid van het Botlekgebied binnen het 'afwegingskader pilot Botlek'. Het slachtofferrisico blijft naar verwachting ook in een extreem overstromingsscenario (1:30.000 per jaar) in 2100 onder het grensniveau van het kader voor externe veiligheid (kleiner dan  $10^{-5}$  per jaar, oftewel 1 op 100.000). De gevolgcategorie slachtoffers is derhalve geen categorie die het grensniveau voor een acceptabel risico bepaalt binnen het 'afwegingskader pilot Botlek'. Op het gebied van milieuschade wordt geschat dat de kans op falen van

een opslagtank 10% is bij een overstroming met een frequentie van 1/1.000 per jaar (geschat op maximaal 1 opslagtank op basis van de fragiliteitscurve). Dit betekent dat ook milieuschade geen categorie is die het grensniveau bepaalt.



Figuur 16. Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/1.000 per jaar in 2015 met het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor het W+ en G klimaatscenario van het KNMI

Per deelgebied, Brittanniëhaven, Botlek 1 en 2 en Vondelingenplaat, ziet dit plaatje er anders uit. Zowel de overstromingskans als de gevolgen verschillen immers per gebied, zie Figuur 17 voor een afwegingskader van de overstromingsrisico's per deelgebied voor een overstroming van 1/1.000 per jaar (zichtjaar 2015).



Figuur 17. Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/1.000 per jaar in 2015 met het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor de drie deelgebieden voor het W+ en G klimaatscenario van het KNMI

Uit de afweging per deelgebied met het 'afwegingskader pilot Botlek' komt naar voren dat in de Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 voor 2050 maatregelen gewenst zouden zijn. Voor de Vondelingenplaat komt dat moment na 2050. De timing van maatregelen in de Brittanniëhaven hangt af van de vraag hoe lang de overstromingsrisico's beheerst zijn met noodvoorzieningen (bijvoorbeeld het verticaal verplaatsen van producten). Bijlage 5 geeft een toelichting op de afweging per deelgebied.

Het gebruikte 'afwegingskader pilot Botlek' geeft alleen een indicatie van de timing. Een aantal bedrijven in het Botlekgebied concludeert bijvoorbeeld op grond van eigen risicomatrices dat maatregelen nu of op korte termijn gewenst zijn of juist nog lang niet.

#### Sectorgerichte afweging van overstromingsrisico's met het afwegingskader

Het afwegingskader is ook gebruikt om een afweging te maken van de overstromingsrisico's voor afzonderlijke sectoren. Het moment waarop een sector faalt door een bepaalde waterdiepte is afgezet tegen de grensniveaus van het afwegingskader (gelijk aan de gebiedsgerichte afweging). Voor de faalkans per sector is uitgegaan van het moment dat objecten niet meer gebruikt kunnen worden (Service

Level State - SLS) of bezwijken (Ultimate Level State - ULS)<sup>12</sup>. In bijlage 4 worden deze faalkansen nader toegelicht.

Tabel 5 geeft de overschrijding van de acceptabele faalkans bij SLS en ULS voor de verschillende sectoren weer (de complete analyse is te vinden in bijlage 6). In de tabel zijn de volgende kleurcodes gebruikt:

- Groen: onder grensniveau (acceptabele faalkans) van het afwegingskader,
- Oranje: acceptabele faalkans en faalkans vallen ongeveer samen,
- Rood: boven grensniveau/ acceptabele faalkans van het afwegingskader.

Tabel 5. Samenvatting eerste verkenning overschrijding acceptabele kans bij SLS en ULS voor de verschillende activiteiten. In deze tabel is de bandbreedte als gevolg van zeespiegelstijging en ook indirecte verdisconteerd (convex versus concaaf herstel).<sup>13</sup>

| Activiteiten        | SLS ("bruikbaarheidgrens") |        |        | ULS ("bezwijkgrens") |        |        |
|---------------------|----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|--------|
|                     | 2015                       | 2050   | 2100   | 2015                 | 2050   | 2100   |
| Tankopslag          | Green                      | Green  | Yellow | Green                | Green  | Green  |
| A15                 | Green                      | Yellow | Red    | Green                | Yellow | Yellow |
| Olieraffinaderijen  | Green                      | Green  | Yellow | Green                | Green  | Yellow |
| Chemische bedrijven | Green                      | Yellow | Red    | Green                | Green  | Yellow |
| Bulkterminals       | Green                      | Green  | Yellow | Green                | Green  | Green  |
| Containeroverslag   | Green                      | Green  | Yellow | Green                | Green  | Yellow |
| Stukgoedterminals   | Red                        | Red    | Red    | Yellow               | Red    | Red    |
| Distriparken        | Red                        | Red    | Red    | Red                  | Red    | Red    |
| Nutsbedrijven       | Green                      | Yellow | Red    | Green                | Green  | Yellow |

Deze tabel geeft een aantal inzichten. Ten eerste geeft het weer dat in de huidige situatie (2015) de overstromingsrisico's voor het overgrote deel van de activiteiten in het Botlekgebied onder het grensniveau van het afwegingskader liggen. Uitzonderingen vormen de sectoren Distriparken en Stukgoedterminals. Deze activiteiten concentreren zich in de Britanniëhaven en Botlek 1, met een relatief grote kans op overstromen. Om die reden ligt de faalkans al in 2015 onder de grens van wat een 'acceptabel risiconiveau' is volgens het gebruikte afwegingskader. Een kanttekening hierbij is dat er vanuit gegaan is dat er nu geen noodvoorzieningen zijn (bijvoorbeeld een maatregel voor het verplaatsen van producten voorafgaand aan een overstroming of de aanwezigheid van een noodstroomvoorziening). In de toekomst nemen de risico's als gevolg van zeespiegelstijging toe. Hierdoor komen de kansen in de buurt of boven het grensniveau te liggen. Ten slotte geeft deze analyse weer dat het niet-bruikbaar zijn (SLS) voor afzonderlijke sectoren in alle gevallen een meer maatgevende situatie is dan bezwijken (ULS). De combinatie van de kans op niet-bruikbaar zijn (SLS) en de daarmee gepaard gaande schade is blijkbaar groter dan in het geval van bezwijken (ULS).

Op individueel bedrijfsniveau kan de hierboven beschreven situatie heel anders liggen, bijvoorbeeld omdat de geografische ligging van een specifiek bedrijf binnen een sector gunstiger of ongunstiger is dan het gemiddelde. Bovendien maken de onderlinge afhankelijkheden tussen de activiteiten in het gebied de situatie complexer. Hierdoor kunnen vooral in minder frequent optredende scenario's (zoals een

<sup>12</sup> Merk op dat deze grenstoestanden vaak zodanig zijn gekozen dat er sprake is van begin van falen en niet per definitie integraal falen. Bijvoorbeeld: gemiddeld 10 centimeter water op het overstroomde deel van het terrein kan tot stopzetten van een deel van de activiteiten leiden, maar zal de site niet compleet onbruikbaar maken. Hetzelfde kan gezegd worden voor de grenstoestand bezwijken (ULS).

<sup>13</sup> Scheepvaart en spoor zijn niet in deze tabel opgenomen, omdat deze vooral kwalitatief beoordeeld zijn. In bijlage 6 staat een inhoudelijke risicoanalyse voor deze beide activiteiten.



overstroming van 1/1.000 per jaar) keteneffecten optreden met consequenties voor de bedrijven in het Botlekgebied. Denk bijvoorbeeld aan uitval van utiliteiten (gas, water, elektra, stikstof), het ontbreken van personeel en/of transportmiddelen (heftrucks, etc.) en geblokkeerde (transport)routes. Het falen van een bedrijf vanwege deze keteneffecten is in bovenstaande tabel niet verdisconteerd.

Heel specifiek voor het Botlekgebied is de vitale en kwetsbare infrastructuur. Niet alleen vallen nagenoeg alle grote (BRZO) bedrijven zelf onder één van de aangewezen vitale en kwetsbare sectoren in het project vitaal (Deltaprogramma, 2016). Veel bedrijven binnen (en buiten) het gebied zijn afhankelijk van deze infrastructuur, denk bijvoorbeeld aan levering van stikstof, elektriciteit, afvalwaterzuivering en transport via de A15. Als deze infrastructuur niet goed functioneert, valt de productie van bedrijven geheel of deels stil.

### 3 Maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen

In deze pilot is er voor gekozen om de mogelijke maatregelen om de overstromingsrisico's in het Botlekgebied te beheersen te categoriseren volgens de lagenindeling behorende bij het concept Meerlaagsveiligheid (MLV). Opgemerkt wordt dat MLV in het Nationaal Waterplan 2009-2015 betrekking had op de bescherming van binnendijs gebied. Echter, het Botlekgebied is wel uniek omdat dit buitendijs gebied gedeeltelijk wordt beschermd door waterkeringen (de Maeslantkering, Europoortkering, Tuimelkade).

De lagen van MLV zijn:

1. **Preventie:** gericht op het verlagen van de kans op een overstroming (denk aan dijken, stormvloedkeringen, rivierverruiming, etc.)
2. **Ruimtelijke adaptatie:** gericht op het verlagen van de gevolgen van een overstroming door een duurzame ruimtelijke inrichting van het gebied (denk aan bouwcodes, waterrobuust maken van gebouwen en/of sites, etc.)
3. **Crisisbeheersing:** gericht op het verlagen de gevolgen van een overstroming door een betere voorbereiding op een overstroming (denk aan evacuatieplannen, noodmaatregelen zoals zandzakken of geavanceerde nooddijken, etc.).



*Figuur 18. MLV met van onder naar boven preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.*

Soms laten maatregelen zich moeilijk in het MLV kader plaatsen, afhankelijk van de precieze definitie. In dit rapport wordt onder preventie (laag 1) maatregelen bedoeld die op het niveau van een heel deelgebied (dus Britanniëhaven, Botlek 1 & 2 en/of Vondelingenplaat) de kans op overstromen verlagen. Alle andere fysieke maatregelen die een permanent karakter hebben worden gezien als ruimtelijke adaptatie (laag 2). Denk bijvoorbeeld aan een kering rondom een industriële site. Tijdelijke maatregelen die tijdens een storm kunnen worden ingezet (zoals mobiele waterkeringen, zandzakken, evacuatie) vallen onder crisisbeheersing (laag 3).

#### 3.1 Aanpak: trechters van maatregelen

In deze pilotstudie heeft een brede inventarisatie plaatsgevonden van mogelijke maatregelen. Het doel hiervan was om vanuit dit brede overzicht te kunnen trechters naar maatregelen die kansrijk zijn om een veelbelovende adaptatiestrategie op te stellen. De inventarisatie is uitgevoerd op basis van expert judgement en eerder uitgevoerde studies (Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden 2014, notitie van Konter, J. 2013, en het onderzoek van Leede, R. de en Veen, P. 2014).

Vervolgens zijn in verschillende stappen de naar verwachting meest kansrijke maatregelen geselecteerd. Het selectieproces kan versimpeld aan de hand van drie stappen weergegeven worden. Deze worden hieronder kort beschreven. Tabel 6 geeft met groene (geselecteerd) en rode (afgevalen) vlakken weer of en in welke stap maatregelen zijn afgevalen. In dit hoofdstuk en de hoofdstukken 4 en 5 worden de maatregelen en de analyse nader beschreven.

Tabel 6. Overzicht maatregelen met per stap in groen (geselecteerd), oranje (deels geselecteerd) en rood (afgefallen) aangegeven tot waar een maatregel in het selectieproces gekomen is

| Maatregelen                                | Stap 1<br>(Hoofdstuk 3) | Stap 2<br>(Hoofdstuk 4) | Stap 3<br>(Hoofdstuk 5) |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Laag 1: Preventie</b>                   |                         |                         |                         |
| Gecontroleerd overstromen                  |                         |                         |                         |
| Aanleggen van golfremmende maatregelen     |                         |                         |                         |
| Integraal ophogen van de Europoortkering   |                         |                         |                         |
| Flexibele kering noordzijde Britanniëhaven |                         |                         |                         |
| Kering zuidzijde Britanniëhaven            |                         |                         |                         |
| Faalkans Maeslantkering verlagen           |                         |                         |                         |
| Viaducten A15 afsluiten                    |                         |                         |                         |
| Hartelkering open                          |                         |                         |                         |
| Rozenburgse Sluis weghalen                 |                         |                         |                         |
| Nieuwe stormvloedkering                    |                         |                         |                         |
| <b>Laag 2: Ruimtelijke adaptatie</b>       |                         |                         |                         |
| Landniveau ophogen                         |                         |                         |                         |
| Aanleggen lokale keringen                  |                         |                         |                         |
| Dry proofing                               |                         |                         |                         |
| Wet proofing                               |                         |                         |                         |
| <b>Laag 3: Crisisbeheersing</b>            |                         |                         |                         |
| Noodkeringen                               |                         |                         |                         |
| Noodplannen (gebiedsnoodplan)              |                         |                         |                         |
| Noodvoorzieningen                          |                         |                         |                         |

#### Stap 1 – Mogelijke maatregelen

Op basis van literatuuronderzoek en expert judgement zijn mogelijke maatregelen om overstromingsrisico's in het Botlekgebied te beheersen geïnterviewd. De eerste selectie is uitgevoerd door experts op basis van realiteits- en haalbaarheidsgehalte. Maatregelen die in dit stadium zijn afgefallen zijn 'gecontroleerd overstromen'<sup>14</sup>, 'aanleggen van golfremmende maatregelen'<sup>15</sup> en 'integraal ophogen van de Europoortkering'<sup>16</sup>. De volgende paragrafen beschrijven per MLV laag de maatregelen die in samenspraak met de belanghebbenden geïnterviewd zijn voor mogelijke strategieën om overstromingsrisico's in het Botlekgebied te beheersen: preventie (§3.2), ruimtelijke adaptatie (§3.3) en crisisbeheersing (§3.4). Alle maatregelen zijn zodanig gedimensioneerd dat ze de overstromingsrisico's naar een acceptabel risiconiveau brengen volgens de resultaten van het afwegingskader per deelgebied.

#### Stap 2 – maatregelen voor mogelijke adaptatiestrategieën

In dialoog met belanghebbenden zijn de maatregelen ingedeeld bij mogelijke adaptatiestrategieën gebaseerd op preventie, ruimtelijke adaptatie of crisisbeheersing. Van deze maatregelen zijn de kosten en baten geschat (bijlage 7). In deze stap zijn het afsluiten van viaducten in de A15 en een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal afgefallen, omdat deze de minst gunstige kosten-batenverhouding hebben. In hoofdstuk 4 komen de mogelijke adaptatiestrategieën aan bod.

<sup>14</sup> Om voldoende capaciteit te hebben voor de doorvoer van het watervolume is geschat dat er een oppervlak van circa 60-70 ha nodig is. Ook zijn forse constructies nodig om het water goed op te vangen. Verwacht wordt dat de kosten daarvan aanzienlijk zijn en niet opwegen tegen de baten.

<sup>15</sup> Golfremmende maatregelen reduceren de golfslag maar deels en hebben geen effect op de waterstand en de seiches. Zodra de waterstand boven de kruin van de dijk komt heeft deze maatregel ook geen effect meer. Omdat de golfslag vrij beperkt is (vanwege beperkte strijklengte) lijkt de maatregel niet heel effectief voor dit gebied.

<sup>16</sup> Het verwachte effect van het integraal ophogen van de Europoortkering is beperkt, omdat de reductie in het overstromingsrisico in Botlek 2 (deels) te niet gedaan wordt door een stijging van het overstromingsrisico in Botlek 1. Door de opgehoogde kering kan het water er ook minder makkelijk weg stromen.



### *Stap 3 – maatregelen voor de aanbevolen adaptatiestrategie*

De mogelijke adaptatiestrategieën zijn samen met de belanghebbenden beoordeeld op effectiviteit, uitvoerbaarheid en tijd/flexibiliteit. Deze beoordeling heeft geleid tot een aanbeveling voor een adaptatiestrategie voor het Botlekgebied waarin maatregelen uit verschillende mogelijke adaptatiestrategieën geselecteerd zijn. Noodkeringen zijn in deze stap afgefallen, omdat meerdere partijen ze niet voldoende betrouwbaar in de uitvoering vinden. Waterrobuust maken van bestaande assets en terreinen is afgefallen, omdat de kosten-batenverhouding van waterrobuust maken van het hele Botlekgebied veel minder gunstig is dan die van preventieve maatregelcombinaties en het effect op overstromingsrisico's kwetsbaar is vanwege ketenafhankelijkheden in het gebied. De maatregel komt nog wel terug in de aanbevolen adaptatiestrategie voor nieuwe activiteiten en assets. Al bestaat er bij de belanghebbenden een verdeeld beeld over de kansrijkheid ervan. In hoofdstuk 5 komt de aanbevolen adaptatiestrategie aan bod.

## **3.2 Preventie**

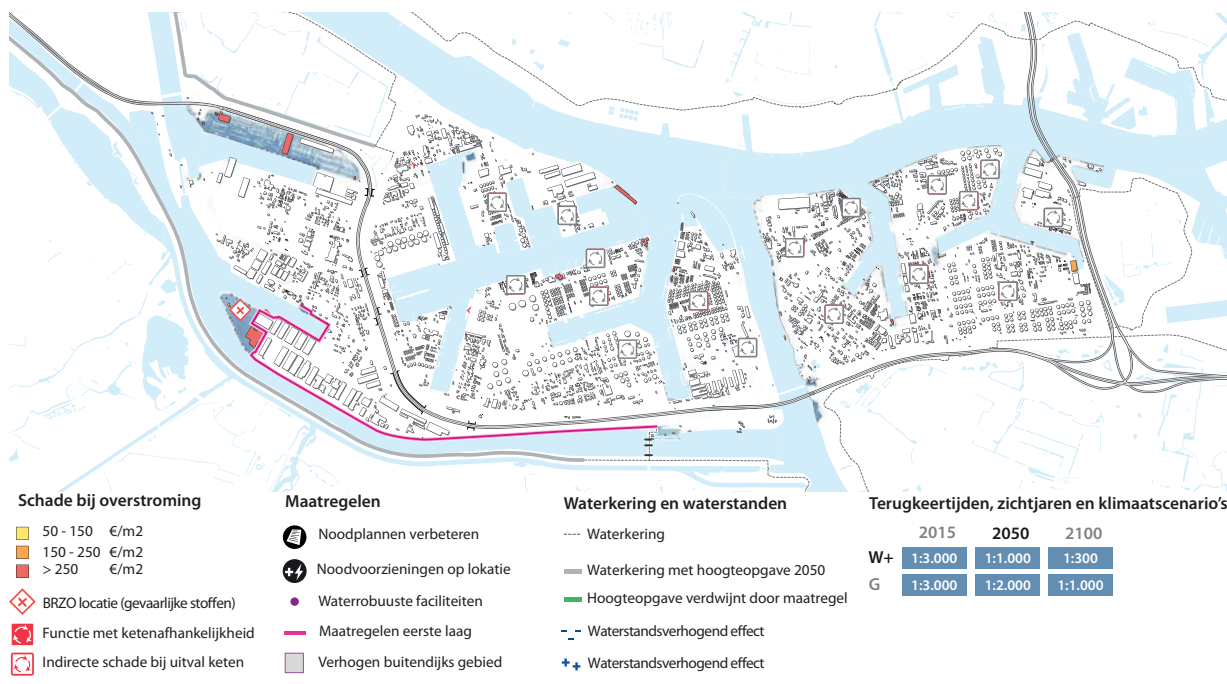
Bij preventieve maatregelen gaat het om het realiseren van permanente maatregelen die ervoor zorgen dat de kans op overstromen in een of meerdere deelgebieden omlaag gaat. In deze pilot wordt onderscheid gemaakt tussen twee hoofdcategorieën: maatregelen die de kans op overstromen verlagen door (i) hogere en sterkere dijken en (ii) hydraulische belastingen te verlagen (lagere waterstanden en/of lagere golven). De onderstaande paragrafen vatten de mogelijke maatregelen per categorie samen.

### **3.2.1 Maatregelen voor het verhogen en versterken van waterkeringen**

Mogelijke maatregelen voor het verhogen en versterken van waterkeringen in het Botlekgebied zijn het ophogen van de Tuimelkade, een kering aan de noordzijde en zuidzijde van de Brittanniëhaven, de faalkans van de Maeslantkering verlagen en de viaducten in de A15 afsluiten. Onderstaand worden deze maatregelen nader toegelicht.

#### **Maatregel 1.1 Tuimelkade ophogen**

De Tuimelkade is aangelegd toen de Beerdam werd verwijderd en het Hartelkanaal in open verbinding kwam met de Noordzee. De Tuimelkade loopt vanaf de Hartelkering langs het Hartelkanaal en biedt bescherming aan Botlek 1 en 2 (met uitzondering van de Brittanniëhaven). De kade heeft geen formele status en is ook niet ontworpen op extreme ontwerpomstandigheden (bv. veel golfoverslag). De kade is in beheer bij HbR. Figuur 19 geeft de locatie en het effect van de Tuimelkade weer.



Figuur 19. Plattegrond met locatie van de Tuimelkade en het effect van de maatregel

Het ophogen (en ook verbreden en versterken) van de Tuimelkade reduceert het overstromingsrisico in Botlek 1 en 2. De maatregel heeft geen effect op de waterstand in de Brittanniëhaven en de Vondelingenplaat. De benodigde dijkverhoging is afhankelijk van het gewenste veiligheidsniveau (geschat op 0,8 – 1,3 meter over de totale lengte van circa 8 kilometer voor een beschermingsniveau van 1/1.000 tot 1/10.000). Vanwege de verhoging zal de Tuimelkade ook verlengd moeten worden richting de Brittanniëhaven, om te zorgen dat langs de gehele rand van het Botlek 1 en 2 voldoende kerende hoogte aanwezig is.

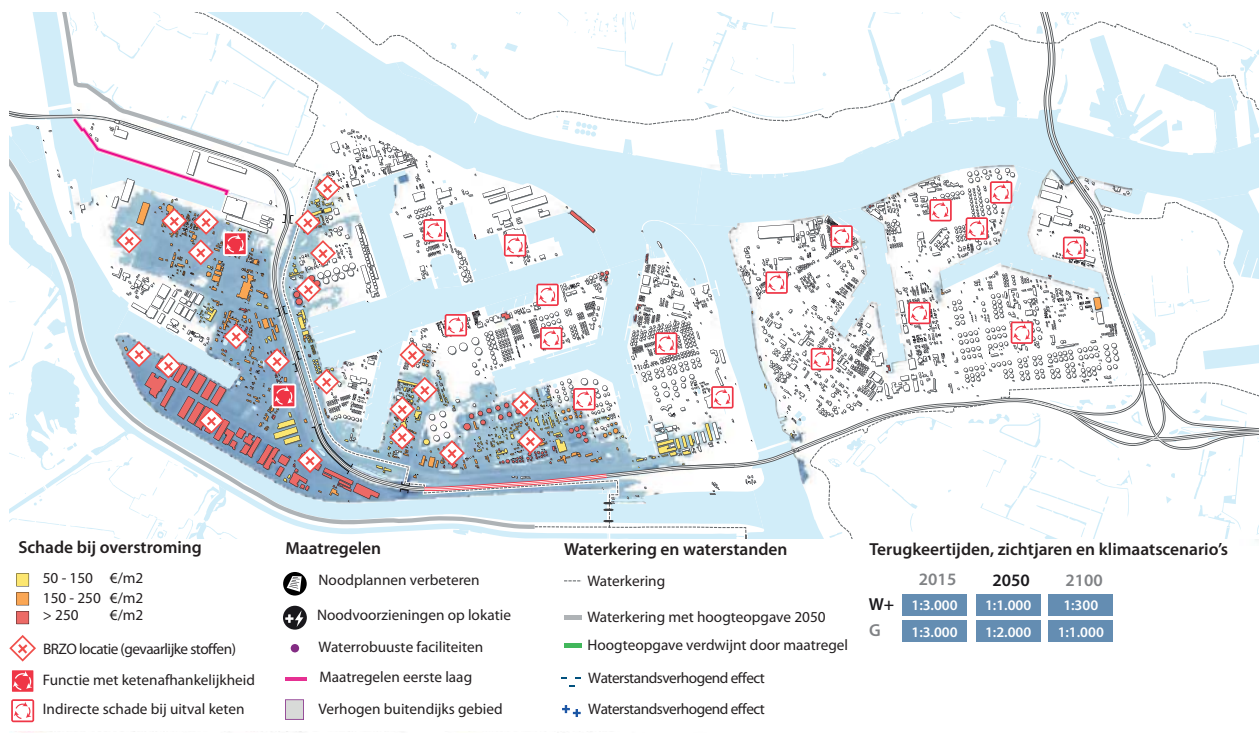
Het ophogen van de Tuimelkade vraagt meer ruimte. Zeker het doortrekken richting de Brittanniëhaven vraagt om inpassing in het gebied. Een verhoging van de Tuimelkade heeft een ongunstig effect op de waterstanden en de seiches in het Hartelkanaal. Dat kan consequenties hebben voor de primaire kering langs de zuidzijde van het Hartelkanaal. Onderzoek zal antwoord moeten geven op het ruimtegebruik, de inpassing in het gebied en het effect op de maatgevende waterstanden in het Hartelkanaal.

### Maatregel 1.2 Flexibele kering noordzijde Brittanniëhaven

De noordzijde van de Brittanniëhaven is relatief gevoelig voor overstromingen. De kans op wateroverlast op de rand van de noordelijke kade is in de huidige situatie ca. 1/100 per jaar. Eerdere schattingen van de schade (referentie) laat zien dat er zonder maatregelen relatief veel schade optreedt. Een maatregel om de overstromingsrisico's te beheersen is het plaatsen van een (permanente) flexibele waterkering op de kade langs het water. Met permanent wordt hier bedoeld dat de kering op een vooraf bepaalde plek gebouwd wordt en (deels) aanwezig is<sup>17</sup>. De typische kerende hoogte van een flexibele waterkering bovenop de kade van de Brittanniëhaven zal in de orde van 1-1,5 meter moeten zijn (afhankelijk van de gewenste risicoreductie) over een lengte van 1-2 kilometer. Daarnaast moet rekening gehouden worden met lokale golfslag.

Figuur 20 geeft de locatie en het effect van de flexibele kering weer.

<sup>17</sup> In tegenstelling tot tijdelijke (nood)keringen die vlak voor hoogwater in zijn geheel opgebouwd worden (zie paragraaf 3.3 over noodmaatregelen)



Figuur 20. Plattegrond met locatie van de flexibele kering en het effect van de maatregel

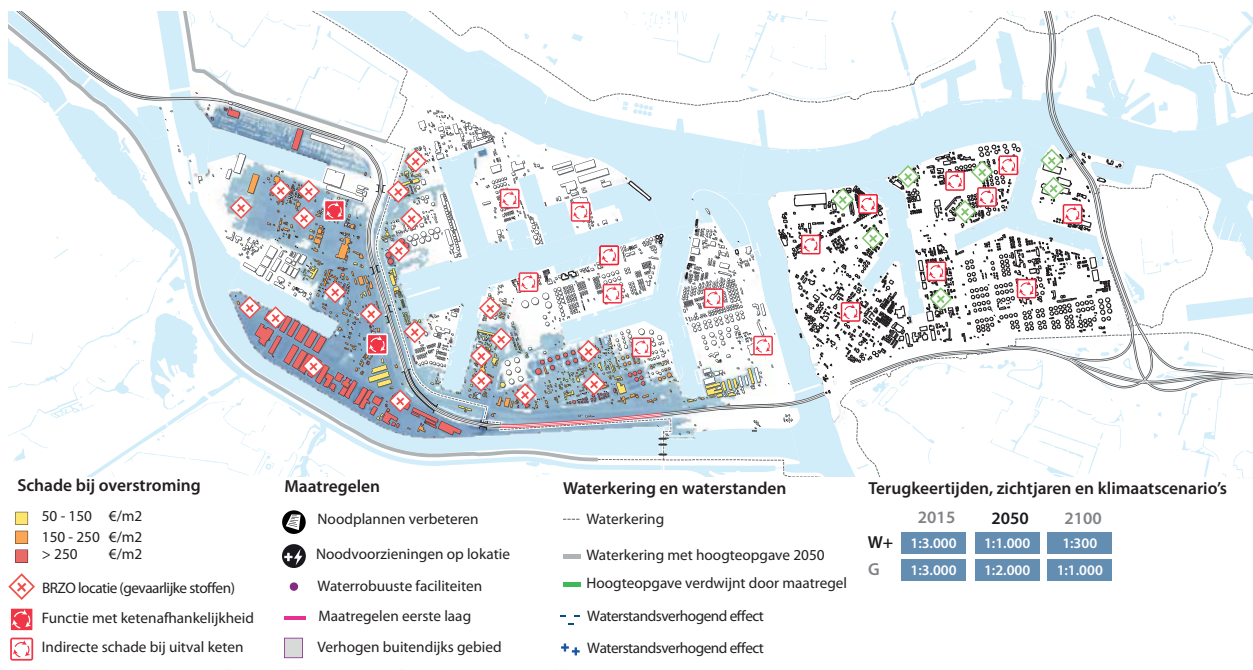
Het effect van een flexibele kering aan de Noordzijde van de Britanniehaven is dat de overstromingskansen in de Britanniehaven sterk gereduceerd worden. Op de waterstanden in de rest van het Botlekgebied heeft deze maatregel geen effect.

### Maatregel 1.3 Kering zuidzijde Britanniehaven

De zuidzijde van de Britanniehaven is op dit moment relatief ongevoelig voor overstroming vanwege de hoogteligging. Op termijn zou hier ook een lage waterkering nodig kunnen zijn op het bestaande haventerrein in verband met toenemend risico op overstroming. Afhankelijk van de situatie kan dit deels een vaste kering zijn of een flexibele waterkering. Dit kan gezien worden als een uitbreiding van de Tuimelkade om ervoor te zorgen dat er een gesloten waterkering ontstaat voor Botlek 1 en 2.

### Maatregel 1.4 Faalkans Maeslantkering verlagen

De faalkans van de Maeslantkering is verdisconteerd in de maatgevende hoogwaterstanden op de Nieuwe Waterweg. Een verlaging van de faalkans van de Maeslantkering van 1/100 naar 1/200 per sluiting heeft volgens een studie van Rijkswaterstaat (2007) een verlagend effect op de maatgevende waterstanden van circa 0,2 meter. Bij een verlaging van 1/100 naar 1/1.000 is dit circa 0,4 meter. Op dit moment bestaat er geen formele inschatting welke maatregelen nodig zijn om de faalkans te verlagen. Een verlaging van de faalkans is relevant voor de Vondelingenplaat en Botlek 2, omdat de overstromingsdreiging hier wordt bepaald door de Nieuwe Waterweg. Een verlaging van de faalkans beïnvloedt daardoor het overstromingsrisicoprofiel in de Vondelingenplaat positief. Figuur 21 geeft het effect van de Maeslantkering weer.



Figuur 21. Plattegrond met het effect van de maatregel. De Maeslantkering ligt buiten beeld van de plattegrond.

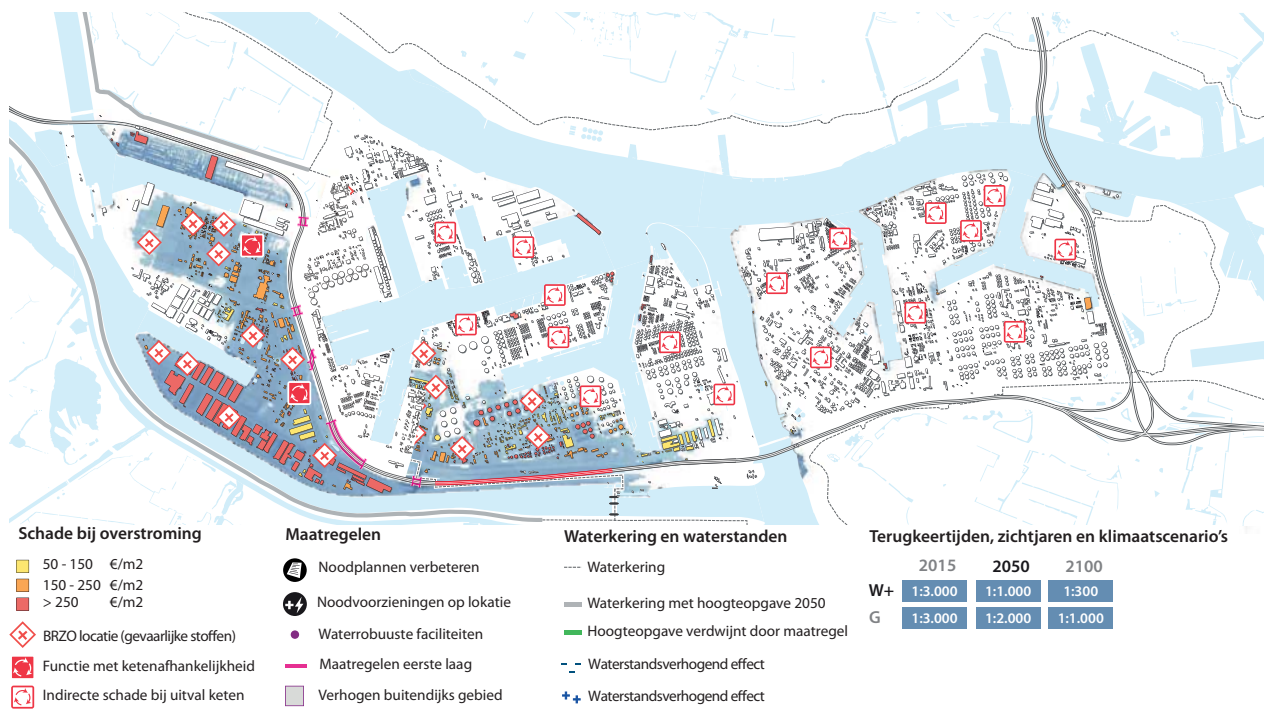
### Maatregel 1.5 Viaducten A15 afsluiten

Er zijn diverse onderdoorgangen (viaducten) onder de A15. Wanneer tijdens een extreme storm Botlek 1 overstroomt, zal er water door deze onderdoorgangen naar Botlek 2 stromen. Het afsluiten van onderdoorgangen in extreme stormsituaties, bijvoorbeeld door het plaatsen van deuren boven of naast de weg, zal de wateroverlast richting Botlek 2 reduceren.

In totaal gaat het om vijf onderdoorgangen, namelijk de Trentweg, de Theemsweg, nabij de Chemieweg, de Welplaatweg en de spoorlijn. Door het afsluiten van al deze vijf onderdoorgangen zal het talud van de A15 tussen Rozenburg en de Welplaatweg als een gesloten blokkade fungeren, zodat er minder water komt aan de oostkant van de A15 in Botlek 2. Het stuk A15 tussen de Welplaatweg en de Botlektunnel ligt op maaiveld. Daar zal nog steeds water overheen stromen. In Botlek 1 zal dit leiden tot een verhogend effect op de waterstanden, omdat het water er minder makkelijk weg kan stromen.

Figuur 22 geeft de locatie en het effect van de maatregel weer.





Figuur 22. Plattegrond met locatie van de viaducten in de A15 en het effect van de maatregel

### 3.2.2 Maatregelen die de hydraulische belasting verlagen

Mogelijke maatregelen die de hydraulische belasting in het Botlekgebied verlagen zijn een open Hartelkering, het weghalen van de Rozenburgse Sluis en een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal. Onderstaande worden deze maatregelen nader toegelicht.

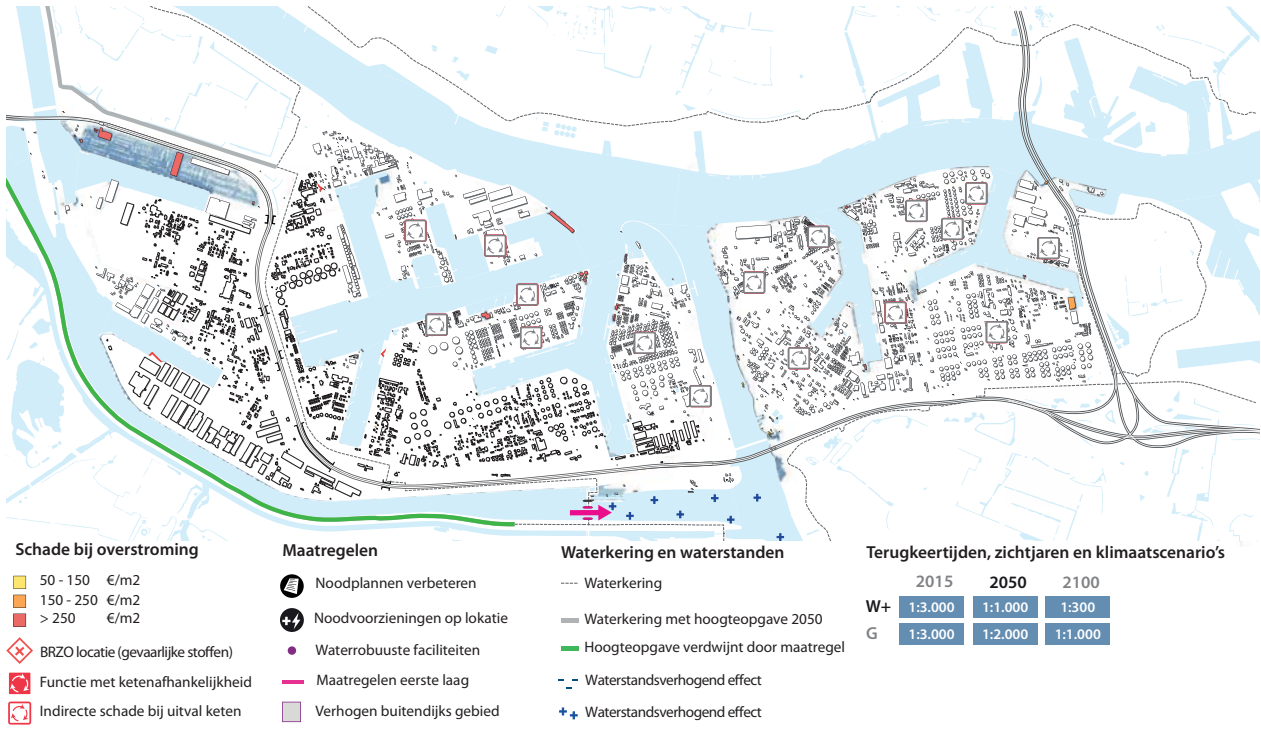
#### Maatregel 1.6 Hartelkering open

De Hartelkering is samen met de Maeslantkering onderdeel van de Europoortkering. Door het sluiten van beide stormvloedkeringen is er sprake van een gesloten kustlijn bij storm om het achterland te beschermen. De Hartelkering in het Hartelkanaal sluit bij stormvloedsituaties zodra de voorspelde waterstand hoger of gelijk is aan 3m+NAP bij Rotterdam of 2,9m+NAP bij Dordrecht. Dit komt op dit moment gemiddeld eens per 10 jaar voor.

Het open laten staan van de Hartelkering bij stormsituaties verlaagt de waterstanden in het Hartelkanaal fors (ca. 1-1,5 meter). Naast de positieve impact op de stormvloedwaterstand kan deze maatregel ook positieve invloed hebben op de seiches in het Hartelkanaal. Het effect van deze maatregel is dat Botlek 1 en 2 beschermd zijn tegen een overstroming met een frequentie van 1/10.000 per jaar of hoger (zichtjaar 2050). De maatregel heeft geen effect op de Brittanniëhaven en de Vondelingenplaat. De waterstandsval op het Hartelkanaal heeft ook een positief effect op de veiligheid van de primaire keringen aan de zuidzijde van het Hartelkanaal.

Met een open Hartelkering neemt achter de Hartelkering de waterstand op de Oude Maas toe. Eerste berekeningen van RWS laten zien dat de toename maximaal 10 centimeter bedraagt. Vanwege dit effect zijn er in het achterliggende gebied mogelijk aanvullende maatregelen nodig. Dat hangt af van veel factoren, waaronder de beschikbare overhoogte van waterkeringen in het achterliggende gebied, de omvang van het gebied waarin de waterstanden toenemen en de complexiteit van eventuele

dijkverhogingen. Daarnaast zijn er maatregelen nodig voor de bodembescherming nabij de Hartelkering vanwege een toename van stroomsnelheden. Figuur 23 geeft de locatie en het effect van de Hartelkering weer.

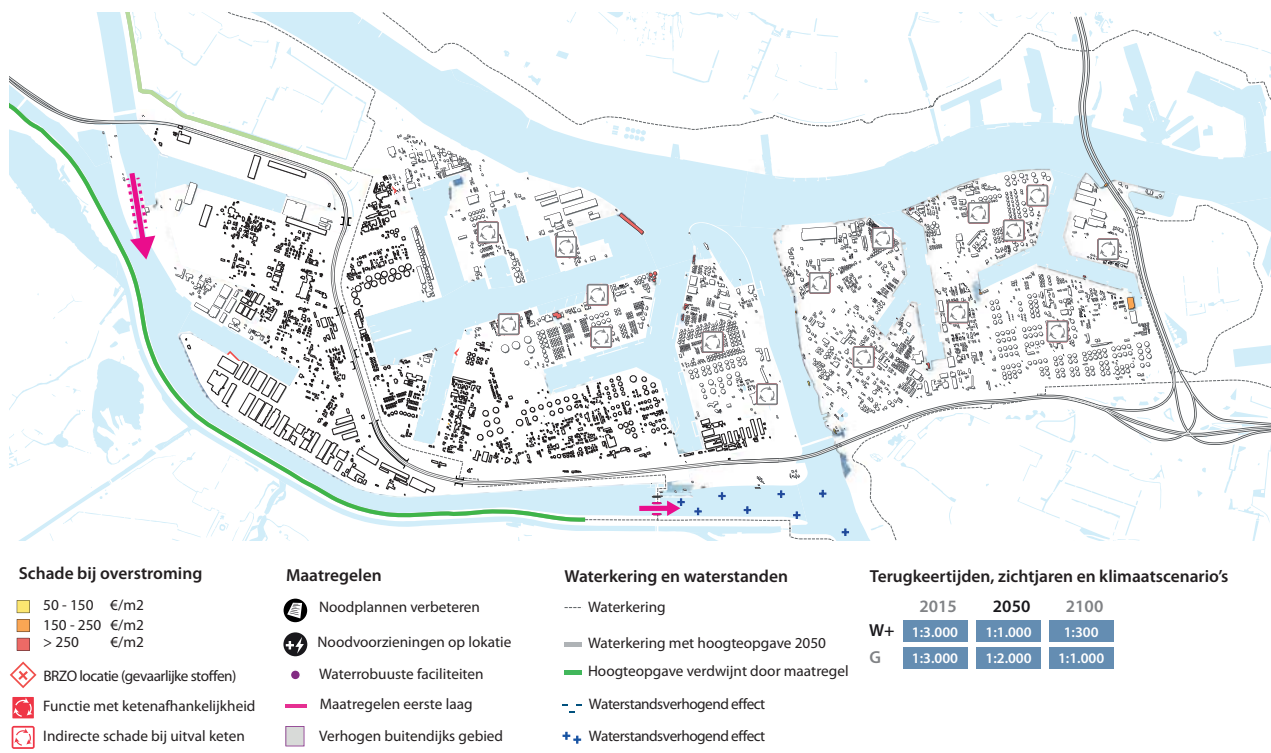


Figuur 23. Plattegrond met locatie van de Hartelkering en het effect van de maatregel

### Maatregel 1.7 Rozenburgse Sluis weghalen

De Rozenburgse Sluis is aangelegd om het zoute Calandkanaal te scheiden van het toenmalige zoete Hartelkanaal. Ook diende de Rozenburgse Sluis als waterkering voor stormsituaties en was het een verkeerontsluitingsweg vanuit de Botlek naar de Europoort. Vanwege het doorsteken van de Beerdam, de aanleg van de Europoortkering en de Calandbrug/-tunnel is de waterkerende functie van deze sluis grotendeels overbodig geworden (zie o.a. Konter, 2013). Uit onderzoek blijkt dat de kosten voor het verwijderen van de sluis/aanleg van een nieuw kanaal ongeveer gelijk zijn aan de kosten van het behoud van de huidige sluis (o.a. onderhoud, personeelskosten etc.) voor de periode tot 2020 (Van Rooijen, 2002).

In combinatie met een open Hartelkering kan het verwijderen van de sluis een positief effect hebben op de stormvloedwaterstanden in het Calandkanaal. Ook kan het verwijderen van de sluis een gunstige invloed hebben op het seiche-effect op de plek van de sluis. Op het Hartelkanaal kan het seiche-effect mogelijk wat toenemen. Onderzoek zal moeten uitwijzen wat het netto seiche-effect is. In combinatie met een open Hartelkering kan de maximale waterstand dalen met ongeveer 1 meter. Het effect hiervan is dat de Brittanniëhaven beschermd is tegen overstromingen met een frequentie van 1/1.000 per jaar en hoger (zichtjaar 2050). Figuur 24 geeft de locatie en het effect van de Rozenburgse Sluis weer in combinatie met een open Hartelkering.



Figuur 24. Plattegrond met locatie van de Rozenburgse Sluis (pijl links) en het effect van de maatregel in combinatie met een open Hartelkering (pijl midden onder)

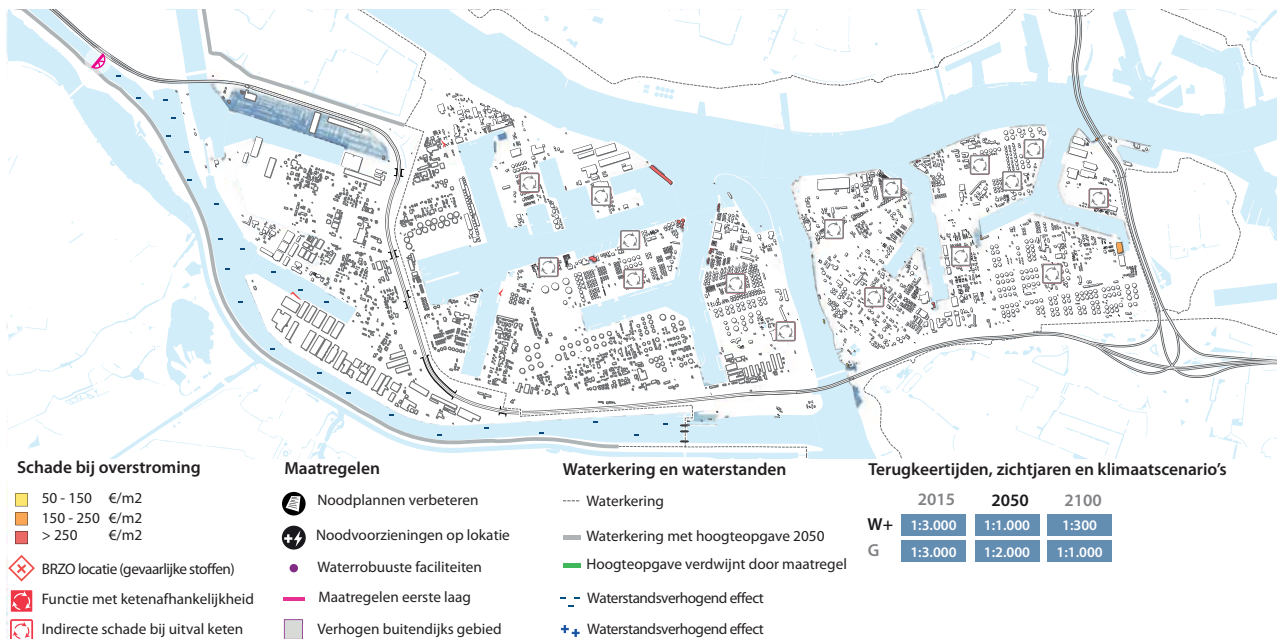
### Maatregel 1.8 Nieuwe stormvloedkering in Hartelkanaal

Een nieuwe stormvloedkering in het Hartel- (of Caland<sup>18</sup>)kanaal nabij het Botlekgebied reduceert de waterstanden. Een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal, zonder een afsluiting van het Calandkanaal reduceert alleen het risico in Botlek 1 en 2. Voor het Hartelkanaal zijn diverse locaties mogelijk, bijvoorbeeld bij de Orcakade bij de Europoort. Hoe verder westwaarts hoe meer het Europoortgebied ook profiteert van deze maatregel. Echter, het Europoortgebied ligt relatief hoog. Om die reden is de risicoreductie (en daarmee de additionele baten) in het Europoortgebied naar verwachting gering.

Uitgaande van een sluitingscriterium vergelijkbaar met de Maeslant-/ Hartelkering zal deze maatregel de maatgevende waterstand voor het Europoort-Botlekgebied verlagen tot 3,0 – 3,5 m+NAP voor 1/1.000 – 1/10.000 jaar condities. Dit is een verlaging van 1,5 – 2,5 meter ten opzichte van de huidige situatie. Het effect hiervan is dat de overstromingskans van Botlek 1+2 in de range van 1/10.000 per jaar komt te liggen (zichtjaar 2050). De maatregel heeft geen effect op de waterstand in de Brittanniëhaven en Vondelingenplaat. Bij het nemen van deze maatregel moet opnieuw gekeken worden naar het traject van de Europoortkering tussen de Maeslantkering, de eventuele nieuwe stormvloedkering en de dijkkring van Voorne. Figuur 25 geeft een mogelijke locatie en het effect van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal weer.

<sup>18</sup> Een nieuwe stormvloedkering in het Calandkanaal zonder afsluiting van het Hartelkanaal reduceert alleen het risico in de Brittanniëhaven. Een goede locatie voor een stormvloedkering in het Calandkanaal is bovendien niet evident. Een eventuele mogelijke locatie ligt ter hoogte van de Calandbrug. Qua effectiviteit lijkt een stormvloedkering in het Hartelkanaal het meest opportuun. Deze is daarom voor de effectbepaling gebruikt.





Figuur 25. Plattegrond met de mogelijke locatie van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal en het effect van de maatregel

### 3.3 Ruimtelijke adaptatie

In deze pilot vallen fysieke maatregelen die een permanent karakter hebben op siteniveau of kleiner onder ruimtelijke adaptatie. Om tot bescherming te komen voor het hele Botlekgebied met alleen ruimtelijke maatregelen, is het noodzakelijk dat deze maatregelen genomen worden op alle potentieel door overstromingen bedreigde sites en openbare ruimte. Figuur 26 geeft de individuele faciliteiten weer die waterrobuust gemaakt moeten worden wanneer het gewenste beschermingsniveau op 1/1.000 per jaar zou liggen (uitgaande van de optredende waterdiepten tot 2050).



Figuur 26. Overzicht van faciliteiten met een waterrobuustheidopgave in het geval een bescherming tot 1/1.000 in 2050 gewenst is



Maatregelen die op siteniveau genomen kunnen worden zijn: (i) het beschermen van individuele terreinen; en (2) het waterrobuust maken van individuele assets (bijvoorbeeld gebouwen en installaties). De onderstaande paragrafen vatten de mogelijke maatregelen per categorie samen.

### **3.3.1 Maatregelen voor het waterrobuust maken van terreinen**

Op siteniveau zijn er twee mogelijkheden, namelijk (i) landniveau ophogen en (ii) lokale bescherming rondom de site.

#### **Maatregel 2.1 Landniveau ophogen**

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 havengebied van Rotterdam door de jaren heen altijd toegepast om de risico's van een overstroming te beperken. Zo ligt het Botlekgebied op een hoogte van ongeveer 3,5 - 4,5 m+NAP.

Ophogen is alleen realistisch voor grote open haventerreinen en/of voor specifieke kleine percelen waar installaties nieuw gebouwd worden. Voor bestaande terreinen met complexe en kapitaalintensieve installaties, is integraal ophogen niet realistisch vanwege de kapitaalvernietiging en/of kosten voor het opnieuw aanleggen van dergelijke installaties. Voor nieuwe activiteiten (of veranderingen van activiteiten op bestaande terreinen) heeft de gemeente Rotterdam een uitgiftepeilenbeleid ontwikkeld. Dit is nog niet definitief vastgesteld. Via de uitgiftepeilen wil de gemeente schade aan de economie en het milieu beheersen.

#### **Maatregel 2.2 Aanleggen lokale keringen**

Lokale dijken/keermuren rondom een site kunnen de gevolgen van een overstroming ook reduceren. Voorbeelden zijn bekend uit de Verenigde Staten en Thailand. Naast een kering zijn er vloeddeuren nodig om toegangen tot het terrein (bijvoorbeeld wegen of spoorlijnen) bij een dreigende overstroming te kunnen afsluiten.

Deze maatregel kan voor iedere individuele site genomen worden, met of zonder rekening te houden met overlap tussen aangrenzende sites. Als iedere individuele site in het pilotgebied apart beschouwd zou worden, is er ongeveer 90 kilometer aan keringen nodig. Voor Britanniëhaven en de Vondelingenplaat zou individuele bescherming van een site oplossing kunnen zijn. Voor Botlek 1 en 2 ligt een waterkering die om het merendeel van de sites omsluit meer voor de hand, vanwege de kostenbesparing. Een dergelijke aanpak wordt in het buitenland ook toegepast. In Thailand is bijvoorbeeld na de overstroming van 2011 voor een verzameling van industriële sites een dijkkring gebouwd.

### **3.3.2 Maatregelen voor het waterrobuust maken van assets**

In de Verenigde Staten en Groot-Brittannië is het waterrobuust maken van assets een beproefde methode om schade door overstromingen en/of zeer hevige neerslag te verminderen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen dry en wet proofing. Beide type maatregelen kunnen in het hele Botlekgebied toegepast worden. Het vereist wel een zeer gedetailleerde analyse om ervoor te zorgen dat er zo min mogelijk schade optreedt.

### Maatregel 2.3 Dry proofing

Bij dry proofing wordt een asset (gebouw, installatie, etc.) aan de buitenzijde volledig waterdicht gemaakt om ervoor te zorgen dat er geen water in de asset komt. Bovendien wordt de buitenzijde versterkt om de waterdruk te kunnen weerstaan. Gebouwen krijgen bijvoorbeeld speciale waterdichte ramen en deuren tot een bepaald niveau. De muren worden verstevigd. Bij dry proofing is het ook noodzakelijk om leidingen (bijvoorbeeld riolsystemen, 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. De maximale schadereductie (alleen bij beperkte waterdiepte) is 100%.



Foto. Voorbeelden van 'Dry proofing' met panelen om het gebouw waterdicht te maken (links) en waterdichte deuren die gesloten kunnen worden (rechts).

### Maatregel 2.4 Wet proofing

Wet proofing 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.

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 een grote schoonmaakactie nodig zijn om de asset weer in gebruik te nemen.

## 3.4 Crisisbeheersing

De derde laag van MLV gaat over de (organisatorische) voorbereiding op een overstroming. Dit omvat alle handelingen die vlak voor of tijdens een overstroming worden genomen. De pilot maakt onderscheid tussen drie typen maatregelen: (i) noodplannen; (ii) noodkeringen; en (iii) noodvoorzieningen.

### Maatregel 3.1 Noodplannen - gebiedsnoodplan

Noodplannen betreffen het opstellen en oefenen van plannen waardoor gevolgschade beperkt blijft en/of er sneller opgestart kan worden. Brzo-bedrijven zijn verplicht om op siteniveau een noodplan te hebben voor calamiteiten. Hieronder valt ook de calamiteit 'overstroming'. Ook niet-Brzo bedrijven zouden hun plannen kunnen verbeteren door overstromingsrisico's als scenario mee te nemen. 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).

Naast noodplannen voor individuele bedrijven, kan een noodplan voor het gehele gebied in relatie tot overstromingsrisico's bijdragen aan schadereductie. Vanwege de onderlinge samenhang is het van cruciaal belang om individuele noodplannen van de verschillende bedrijven in hun samenhang te beschouwen en daarin ook de nutsbedrijven en andere leveranciers van utiliteiten te betrekken. Door vooraf na te denken over bijvoorbeeld de volgorde van afschakelen van bedrijven, kunnen nadelige effecten worden beperkt.

### Maatregel 3.2 Noodkeringen

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 worden 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 verhogen. Tegenwoordig bestaan er ook verschillende mobiele keringen van ander materiaalsoorten waarmee snel een tijdelijke waterkering gemaakt kan worden (zie Figuur 27 voor voorbeelden).



Figuur 27. Voorbeelden van noodkeringen: Box Barrier (links), systeem gevuld met lucht (midden) en vrijstaand keermiddel (rechts).

Noodkeringen zijn er in allerlei soorten en maten. Sommige 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.

### Maatregel 3.3 Noodvoorzieningen

Onder noodvoorzieningen vallen maatregelen op de site die ervoor zorgen dat bedrijven de schade kunnen beperken tijdens een overstroming en/of sneller kunnen opstarten na de overstroming. Deze maatregelen hangen nauw samen met de noodplannen van de betreffende bedrijven.

Het aantal mogelijke noodvoorzieningen in het Botlekgebied is relatief beperkt vanwege de aard en omvang van de activiteiten. Noodvoorzieningen die bij een aantal individuele sites getroffen kunnen worden zijn:

- Aanschaf van stikstofflessen om te kunnen voorzien in stikstofdekens voor opslagtanks.
- Noodstroomvoorziening om het wegvallen van elektriciteit op te kunnen vangen en tot een gecontroleerde shutdown over te kunnen gaan.
- Het in veiligheid brengen van de meest kritische (en/of gevaarlijke) stoffen/ producten
- Borgen van voldoende pompcapaciteit om lege tanks te vullen voorafgaand aan een dreigende overstroming om te voorkomen dat tanks kunnen gaan 'opdrijven'.

## 4 Mogelijke adaptatiestrategieën voor een waterveilige Botlek

Uit de mogelijke maatregelen zijn de meest kosteneffectieve maatregelen geselecteerd (§4.1) Met deze geselecteerde maatregelen zijn combinaties gemaakt waarmee overstromingsrisico's in het Botlekgebied beheerst kunnen worden uitgaande van een continuering van de huidige bedrijfsactiviteiten. De combinaties hebben geleid tot vier mogelijke adaptatiestrategieën. Elk van deze strategieën focust op maatregelen uit een bepaalde laag uit het concept van MLV: preventie (§4.2 en §4.3), ruimtelijke adaptatie (§4.4) en crisisbeheersing (§4.5).

Bij de diverse adaptatiestrategieën is het tijdsaspect van belang. Op basis van de afweging met het 'afwegingskader pilot Botlek' in hoofdstuk 2 is ingeschat dat voor de Brittanniëhaven en Botlek 1 en 2 maatregelen voor 2050 gewenst om de risico's te beheersen, terwijl voor Vondelingenplaat maatregelen pas ver na 2050 nodig zijn. Daarom zijn bij de strategieën mogelijke maatregelen voor de verschillende deelgebieden in de tijd geplaatst. Autonome ontwikkelingen (bijvoorbeeld verlaging faalkans van de Maeslantkering, of op termijn vervanging van de Maeslantkering) zijn meegenomen in het formuleren van deze strategieën, omdat dergelijke ontwikkelingen invloed hebben op het risicoprofiel.

### 4.1 Selectie van maatregelen voor mogelijke adaptatiestrategieën

In dialoog met belanghebbenden zijn de maatregelen ingedeeld bij mogelijke adaptatiestrategieën gebaseerd op preventie, ruimtelijke adaptatie of crisisbeheersing. Van deze maatregelen zijn de kosten en baten geschat (zie bijlage 7). De minst kosteneffectieve maatregelen zijn vervolgens afgevallen – de tweede stap in het selectieproces.:

- Maatregel 1.5 Viaducten A15 afsluiten: De kosten worden even hoog geschat als de baten, oftewel de investering levert naar verwachting geen rendement. Dit komt omdat het water vooral over het laaggelegen deel van de A15 stroomt naar Botlek 2 (en niet via de onderdoorgangen van de A15).
- Maatregel 1.8 Nieuwe stormvloedkering: Van deze maatregel worden de kosten het hoogst van alle maatregelen geschat. De baten (binnen het gebied) zijn gelijk aan andere preventieve maatregelen. Met andere woorden: er zijn andere preventieve maatregelen die kosteneffectiever zijn op gebiedsniveau. Op de lange (2070-2100) termijn zou dit eventueel wel een optie zijn ter overweging (bijvoorbeeld bij einde levensduur huidige Maeslant-/ Hartelkering).

### 4.2 Preventie: het verhogen/versterken van waterkeringen

De figuur op de volgende pagina verbeeldt een combinatie van maatregelen per deelgebied waarbij gefocust is op preventie door het verhogen en versterken van keringen. De maatregelen die aanbevolen worden bij deze strategie worden hieronder per deelgebied toegelicht.

- In de Brittanniëhaven blijven noodvoorzieningen aan de noordzijde van de haven naar verwachting nodig om het risico ter plaatse te beperken (verplaatsen van stukgoed naar veilige locatie). Nader onderzoek zal antwoord moeten geven tot welk moment deze huidige noodvoorzieningen adequaat zijn om het risico te beheersen. Op termijn is een mogelijk alternatief voor deze noodvoorzieningen een flexibele kering langs de noordzijde van de Brittanniëhaven en het verder uitbreiden van de Tuimelkade langs de zuidzijde.
- Gelet op de ontwikkeling van het overstromingsrisico in Botlek 1 en 2 lijkt er op basis van de afweging met het 'afwegingskader pilot Botlek' voor 2050 een maatregel nodig om de risico's onder het voor de pilot gehanteerde grensniveau te houden. In deze strategie wordt hiervoor de versterking/verhoging van de Tuimelkade aanbevolen. Afhankelijk van het ontwerp kan deze aanpassing een beschermingsniveau tot 1/10.000 per jaar realiseren. Om deze maatregel goed te kunnen implementeren en de effecten juist te schatten is een gedetailleerde studie naar de ontwerpvarianten



van de Tuimelkade nodig (precieze ruimtelijke inpassing, gevolgen voor waterstanden omliggende gebied, kosten, etc.).

- In de Vondelingenplaat zijn er voor 2050 geen maatregelen nodig afgaande op de afweging van de overstromingsrisico's met het 'afwegingskader pilot Botlek'. Op dit moment loopt een onderzoek naar de mogelijkheid tot verlaging van de faalkans van de Maeslantkering. Het resultaat hiervan zou een dusdanige verlaging van de faalkans kunnen zijn dat de Vondelingenplaat beschermd is tegen 'overstromingsscenario's met een kans van 1:10,000 jaar (bekend in 2028). De vervangingsopgave van de Maeslantkering (op zijn vroegst in 2070) is op de lange termijn (richting 2100 en verder) een belangrijke mijlpaal voor de overstromingsrisico's in de Vondelingenplaat.

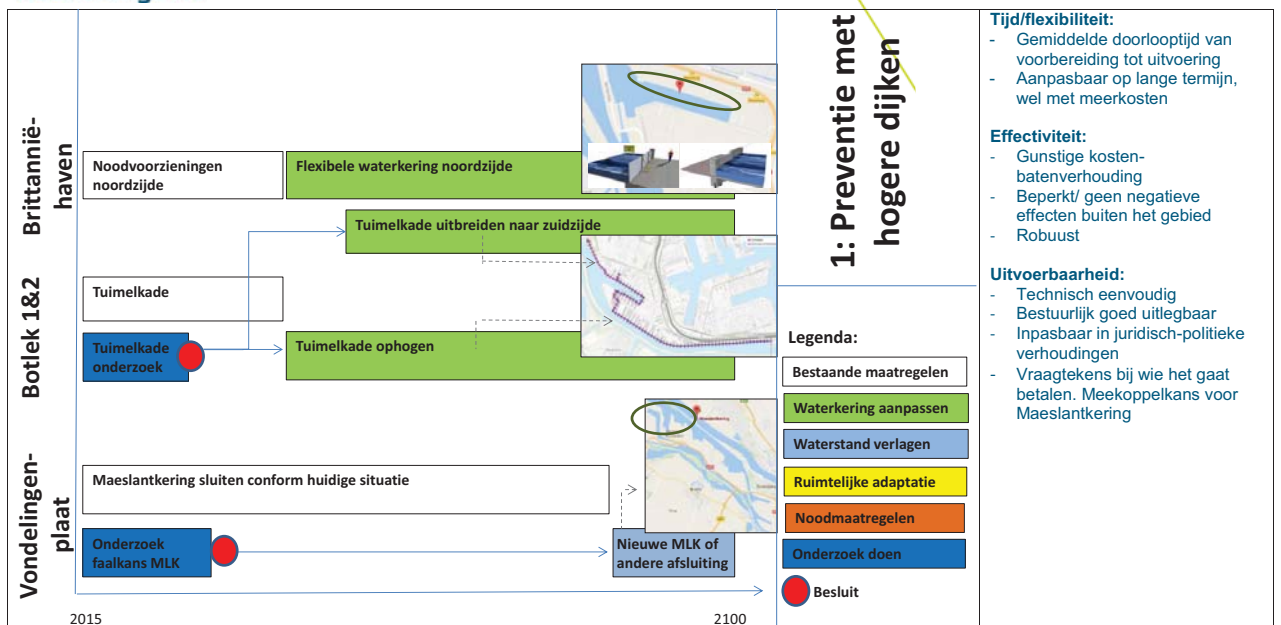
De maatregelen in deze strategie scoren positief op de criteria tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid. De genoemde maatregelen hebben op basis van een eerste inschatting een goede kosten-batenverhouding. Ook kunnen ze naar verwachting uitbreidbaar aangelegd worden.<sup>19</sup> Bij de ophoging van de Tuimelkade is het effect op de maatgevende waterstanden (incl. het effect op seiches) in het Hartelkanaal een belangrijk aandachtspunt vanwege de primaire kering langs de zuidzijde van het Hartelkanaal.

De Tuimelkade en flexibele kering in de Brittanniëhaven zijn relatief eenvoudig aan te passen aan veranderingen in de situatie (bijvoorbeeld klimaatscenario) en kunnen versneld worden gerealiseerd. De relatief kort geschatte doorlooptijd helpt daarbij. De maatregelen zijn technisch gezien relatief eenvoudig uitvoerbaar en borduren deels voort op reeds aanwezige preventieve maatregelen. De vraag is wie de collectieve maatregelen, die een heel deelgebied beschermen, zal financieren/bekostigen. Een financieel arrangement dat gedeeld wordt door alle belanghebbenden bij deze oplossing lijkt wenselijk.

Een uitgebreide beoordeling per maatregel is terug te vinden in bijlage 8.

---

<sup>19</sup> De Tuimelkade moet dan wel aangelegd (kunnen) worden voor extremere scenario's, dit kan direct maar een dergelijke ophoging voor een extremer scenario kan ook op een later tijdstip geëffectueerd worden



Figuur 28. Strategie 1 – preventie door middel van verhoging/ versterking van keringen. Maatregelen en beoordeling

### 4.3 Preventie door waterstandsverlaging

Figuur 29 op de volgende pagina verbeeldt een combinatie van maatregelen per deelgebied op basis van 'preventie' door het verlagen van de waterstanden in het Hartel- en Calandkanaal. De maatregelen die aanbevolen worden bij deze strategie worden hieronder per deelgebied toegelicht.

- Het weghalen van de Rozenburgse Sluis heeft waarschijnlijk een waterstandsverlagend effect. Naar verwachting is dit effect alleen voldoende in combinatie met een open Hartelkering. Deze maatregel wordt daarom in deze strategie aanbevolen in combinatie met de maatregel 'Hartelkering open' om de overstromingsrisico's in de Brittanniëhaven (noord- en zuidzijde) te beheersen. Nader onderzoek moet uitwijzen of deze maatregel inderdaad ook dan effectief (genoeg) is om de benodigde waterstandsverlaging te realiseren. Het onderzoek moet ook verkennen welke andere effecten deze maatregel heeft (bijvoorbeeld meer zoutindringing) en welke compensatiemaatregelen hiervoor nodig zijn.
- Een waterstandsverlagende maatregel met effect op het overstromingsrisico in Botlek 1 en 2 is een open Hartelkering bij storm. Belangrijk aandachtspunt bij deze maatregel is de kwantificering van de mogelijke extra dijkversterkingsopgave in aangrenzende gebieden, omdat een open Hartelkering resulteert in een waterstandsverhoging ten oosten van de Hartelkering. Aan de westzijde kan de waterstandsverlaging juist tot een minder grote dijkversterkingsopgave leiden. Het is nu nog onduidelijk hoe klein of groot deze effecten zijn. Ook de gevolgen voor de stroomsnelheden in het kanaal moeten nog onderzocht worden.
- Voor de Vondelingenplaat zijn er voor 2050 geen maatregelen nodig afgaande op de afweging met het 'afwegingskader pilot Botlek'. Voor dit gebied is de maatregel identiek aan de maatregel bij strategie 1 (faalkans Maeslantkering verlagen en/of aangepaste Maeslantkering bij vervanging op lange termijn).

Bijlage 8 presenteert een meer gedetailleerde beoordeling van de maatregelen op tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid. Samengevat lijken de maatregelen in deze strategie meer tijd te vergen ten opzichte van de strategie "Preventie met hogere dijken" vanwege het benodigde technische onderzoek naar de haalbaarheid van en besluitvorming over een open Hartelkering en het verwijderen van de Rozenburgse Sluis. Ook de extra opgave in het achterliggende gebied kan voor een langere doorlooptijd zorgen. Indien de maatregelen gerealiseerd zijn, is het weghalen van de Rozenburgse Sluis onomkeerbaar zonder nieuwe investeringen te plegen.

De eerste inschatting van de kosten-batenverhouding van de maatregelen in deze strategie is gunstig, mits de extra kosten van benodigde dijkversterking in het achterland ten oosten van de Hartelkering beperkt zijn<sup>20</sup>. De kosten-batenverhouding gaat wel uit van voldoende reductie van de seiches door het weghalen van de Rozenburgse Sluis. Dit effect is nog onzeker en moet nader onderzocht worden. De vraag is welke partijen deze maatregelen gaan financieren/bekostigen. Mogelijk is er een meekoppelkans met lopende programma's op gebied van waterveiligheid in het achterliggende gebied. Een andere optie is financieel arrangement dat gedeeld wordt door alle belanghebbenden bij deze oplossing.

De uitlegbaarheid/bestuurlijke support van publieke overheden (omliggende gemeenten, waterschap, RWS) is bij een open Hartelkering bij stormvloedomstandigheden een wezenlijk aspect. Deze strategie laat namelijk de filosofie los van een "gesloten kustlijn" bij een storm.

<sup>20</sup> De baten aan de westzijde van de Hartelkering zijn niet verdisconteerd in de huidige kosten-batenanalyse.





#### 4.4 Ruimtelijke adaptatie met waterrobuust maken van assets en terreinen

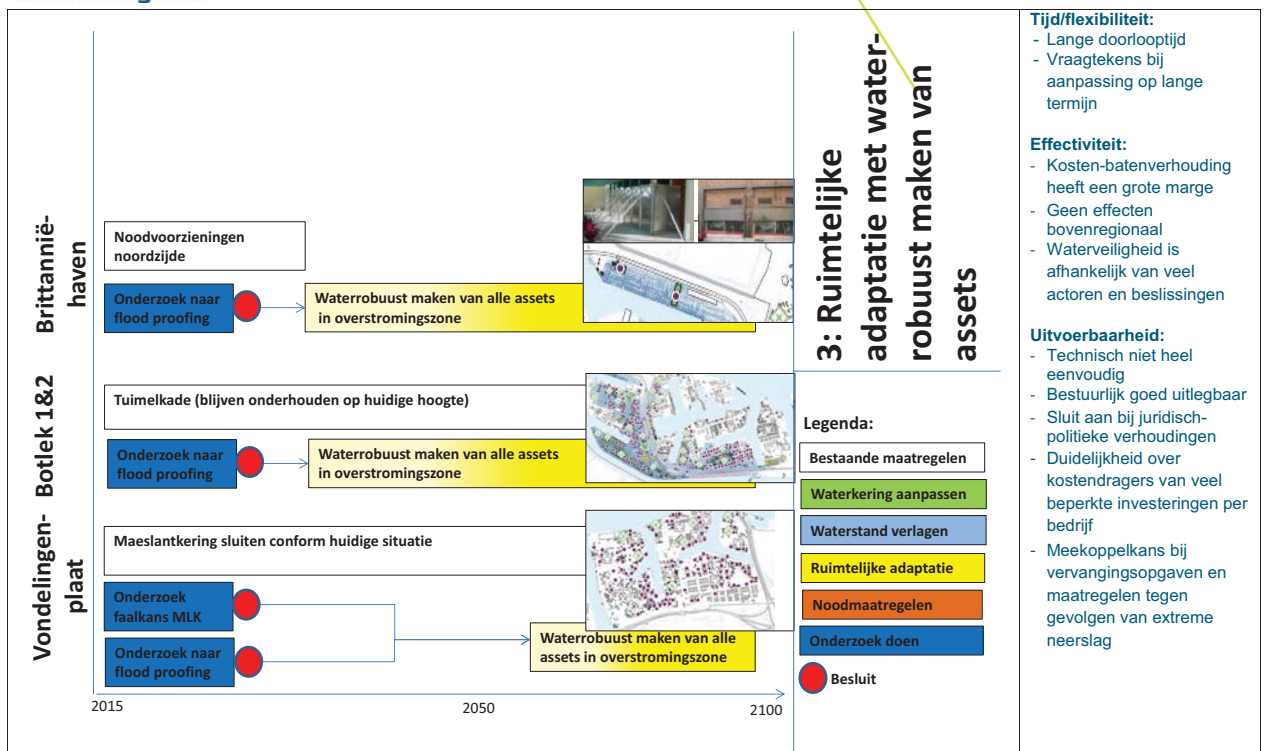
Figuur 30 verbeeldt een combinatie van maatregelen per deelgebied gericht op het waterrobuust maken van assets en terreinen. Dit varieert van bescherming van individuele terreinen met een dijk eromheen tot dry en wet proofing van gebouwen en/of installaties. Voor ieder individueel terrein en/of asset zal het de vraag zijn welke mix van maatregelen precies genomen kan worden en effectief is in termen van kosten en baten. Per deelgebied worden binnen deze strategie verschillende maatregelen aanbevolen. Deze worden hieronder toegelicht.

- Aan de Noordzijde van de Britanniëhaven zijn noodvoorzieningen aanwezig. Zodra deze voorzieningen niet meer toereikend zijn om het overstromingsrisico te beheersen (bijvoorbeeld vanwege toename van het overstromingsrisico door klimaatverandering) wordt in deze strategie aanbevolen om te beginnen met het waterrobuust maken van terreinen en assets.
- Een aanbeveling in deze strategie is dat Botlek 1 en 2 geleidelijk waterrobuust gemaakt wordt in de komende decennia. De maatregel is alleen nodig in het gebied dat ook daadwerkelijk te maken krijgt met water, dus met name Botlek 1 en de Zuid- en Westrand van Botlek 2. De aanwezige bedrijven en utiliteiten zullen voor het implementeren van deze maatregel investeringen moeten doen in het waterrobuust maken van hun eigen terreinen en assets. Na deze periode zullen nog aanvullende maatregelen nodig zijn, omdat het overstromingsgevoelige gebied zich uitbreidt na verloop van tijd als gevolg van klimaatverandering. Aanbevolen wordt om de Tuimelkade te laten staan en te beheren en onderhouden op de huidige hoogte.
- Voor de Vondelingenplaat gaat deze strategie uit van een mogelijke situatie waarin de faalkans van de Maeslantkering niet verlaagd kan worden. Tevens gaat deze strategie ervan uit dat bij de vervangingsopgave van de Maeslantkering gekozen wordt voor een kering met eenzelfde risicoprofiel. De toename van het overstromingsrisico wordt daarmee niet beheerst door de Maeslantkering. Om de toegenomen overstromingsrisico's toch te beheersen wordt aanbevolen dat belanghebbenden in het gebied het waterrobuust maken van hun terreinen en assets meekoppelen met vervangingsopgaven van huidige assets.

Deze strategie bestaat uit veel kleine maatregelen die in de tijd gefaseerd uitgevoerd kunnen worden. Dit creëert flexibiliteit qua uitvoeringsvolgorde en geeft ook de mogelijkheid om deels mee te liften met vervangingsinvesteringen van bedrijven. De geschatte kosten-batenverhouding van het waterrobuust maken van terreinen en assets is veel minder gunstig dan die van de preventieve maatregelcombinaties. Bovendien zijn er nog onzekerheden. Zo is er nog veel onzekerheid over de daadwerkelijk benodigde investeringen (afhankelijk van welke assets op welke manier waterrobuust gemaakt wordt). Hierdoor is de geschatte bandbreedte van de kosten nog erg groot.

Het effect op de overstromingsrisico's is onzeker. De maatregelen zijn alleen maar effectief als alle bedrijven in de keten hun overstromingsrisico's beheersen. Indien dat niet het geval is, kan een bedrijf dat deze maatregel genomen heeft toch nog schade ondervinden vanwege keteneffecten (bijvoorbeeld als de stikstofleverancier geen maatregelen heeft genomen om overstromingsrisico's te beheersen en geen stikstof meer kan leveren aan andere bedrijven). De individuele aanpak maakt de uitvoering wel weer eenvoudiger: individuele partijen kunnen hun eigen maatregelen nemen en daarmee hun eigen investeringsagenda maken. Investeringsagenda's kunnen bovendien gespreid plaatsvinden en wellicht onderdeel uit gaan maken van programma's van eisen bij nieuwe of vervangingsinvesteringen. Technisch kan het vrij complex zijn, omdat elke asset bekeken moet worden en er per site maatwerk vereist is. Ten slotte sluit deze aanpak aan bij het beleid dat gebruikers zelf verantwoordelijk zijn voor gevolgbeperkende maatregelen.

Bijlage 8 geeft meer informatie over de beoordeling.



Figuur 30. Strategie 3 – ruimtelijke adaptatie door waterrobuust maken van assets. Maatregelen en beoordeling

## 4.5 Crisisbeheersing met noodmaatregelen

Figuur 31 op de volgende pagina verbeeldt een combinatie van maatregelen per deelgebied op basis van 'crisisbeheersing'. De maatregelen zijn gericht op noodkeringen en –voorzieningen. Deze worden opgenomen in een noodplan. Het noodplan voorziet in het tijdig afschakelen waarbij milieuschade wordt voorkomen en het treffen van voorzieningen om sneller te herstellen na de overstroming.

De specifieke maatregelen die in deze strategie per deelgebied worden aanbevolen, worden hieronder toegelicht.

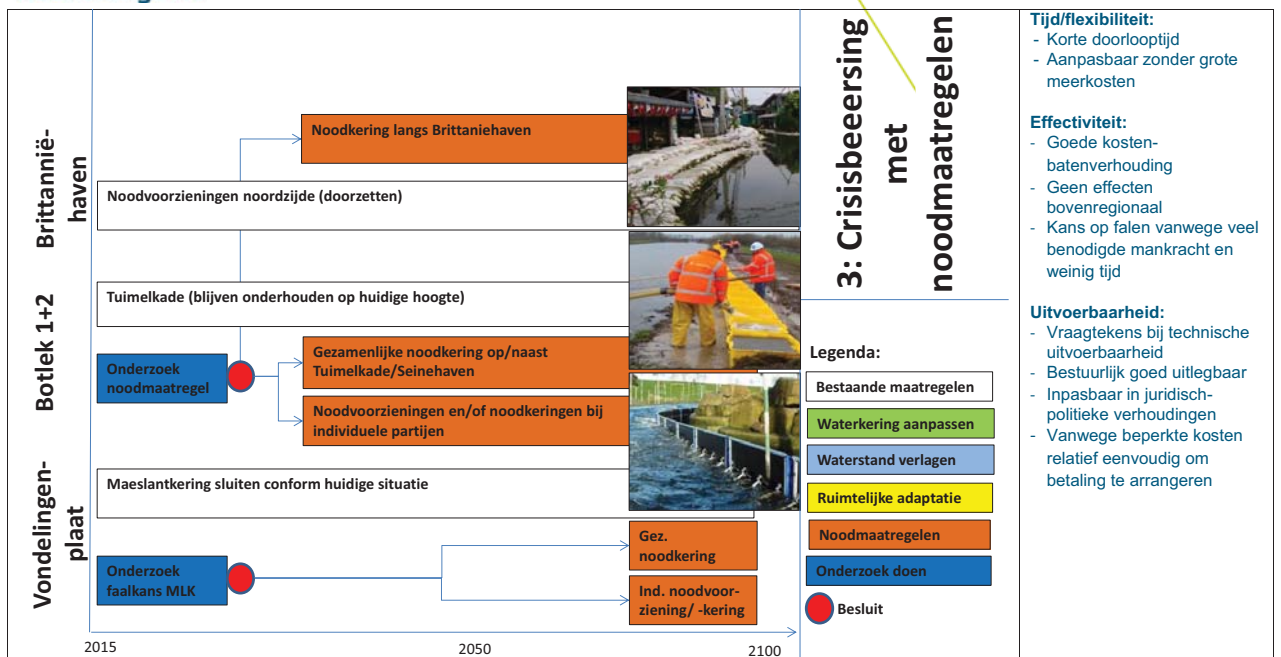
- Voor de Brittanniëhaven wordt aanbevolen om een noodkering aan te schaffen zodra de noodvoorzieningen in de Brittanniëhaven niet meer afdoende zijn. Deze noodkering wordt langs de Brittanniëhaven geplaatst bij een stormscenario.
- Eenzelfde aanbeveling geldt voor Botlek 1 en 2: noodkeringen aanschaffen zodra de Tuimelkade de overstromingsrisico's niet meer voldoende beheerst. Deze noodkeringen worden geplaatst bij een stormscenario. Vooralsnog lijkt een noodkering langs de Tuimelkade/Seinehaven het meest voor de hand liggend. Als alternatief zouden ook individuele bedrijven afzonderlijke noodkeringen kunnen neerzetten. Daarnaast worden noodvoorzieningen aanbevolen om ervoor zorgen dat bedrijven de schade kunnen beperken tijdens een overstroming en/of sneller kunnen opstarten na de overstroming. Denk bijvoorbeeld aan het (verticaal) evacueren van de meest waardevolle of kritische producten en het regelen van noodstroomvoorziening.
- Voor de Vondelingenplaat gaat deze strategie uit van een situatie waarin de faalkans van de Maeslantkering niet verlaagd kan worden. Ook is het uitgangspunt dat bij de vervangingsopgave van de Maeslantkering gekozen wordt voor een kering met hetzelfde sluitregime en faalkans als de huidige kering. De toename van het overstromingsrisico wordt daarmee niet beheerst door de Maeslantkering. Om de risico's toch te beheersen wordt aanbevolen om noodkeringen aan te schaffen, zodra duidelijk is dat de Maeslantkering geen soelaas biedt voor de toegenomen overstromingsrisico's.

De maatregelen in deze strategie hebben naar verwachting een korte doorlooptijd en zijn flexibel, omdat deze relatief eenvoudig aangepast kunnen worden aan het verloop van klimaatverandering en/of veranderende activiteiten in het Botlekgebied. Tevens ontstaat er geen situatie waarbij andere maatregelen of ontwikkelingen niet meer mogelijk zijn.

Als het gaat om effectiviteit dan geven noodkeringen een groter risico op falen dan preventieve maatregelen. Bijvoorbeeld omdat een kering niet op tijd geplaatst of niet correct opgezet is. De kans dat deze maatregel faalt bij een stormscenario lijkt substantieel. Voor noodvoorzieningen geldt dat het water nog steeds schade aan de assets kan veroorzaken. Ondanks deze kanttekening is de kosten-batenverhouding van deze strategie gunstig.

Bij de uitvoerbaarheid van deze maatregelen speelt het aspect van opslag en inzet van mankracht bij de keringen een belangrijke rol. Voor noodkeringen over een grote lengte (kilometers) is naar verwachting veel mankracht nodig voorafgaand en tijdens een stormscenario. De vraag is wie deze mankracht gaat leveren en hoe de verantwoordelijkheid georganiseerd wordt tussen de bedrijven en/of andere partijen. Mogelijk kan deze taak uitbesteed worden aan derden. Op andere aspecten van uitvoerbaarheid scoren de maatregelen gunstig – het lijkt bestuurlijk goed uitlegbaar en sluit aan bij het beleid waarin bedrijven in buitendijks gebied zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van gevolgbeperkende maatregelen. Voor gedeelde noodkeringen is het nog wel noodzakelijk om te komen tot een (gezamenlijk) financieel arrangement.

In bijlage 8 wordt de beoordeling nader toegelicht.



Figuur 31. Strategie 4 – crisisbeheersing met noodmaatregelen. Maatregelen en beoordeling



## 5 Een aanbeveling voor een adaptatiestrategie voor de Botlek

Dit hoofdstuk presenteert een aanbeveling voor een adaptatiestrategie voor het beheersen van de overstromingsrisico's in de toekomst in het Botlekgebied. Deze is tot stand gekomen in dialoog met belanghebbenden over de vier gepresenteerde mogelijke adaptatiestrategieën (zie hoofdstuk 4) en de beoordeling van elk van de maatregelen in deze strategieën op tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid. Uit deze discussie zijn de meest kansrijke maatregelen gedestilleerd (§5.1). Deze zijn vervolgens gecombineerd tot een aanbevolen strategie (§5.2). Vervolgens geeft dit hoofdstuk een aantal aanbevelingen voor vervolgstappen in dit pilotgebied (§5.3).

### 5.1 Selectie van kansrijke maatregelen

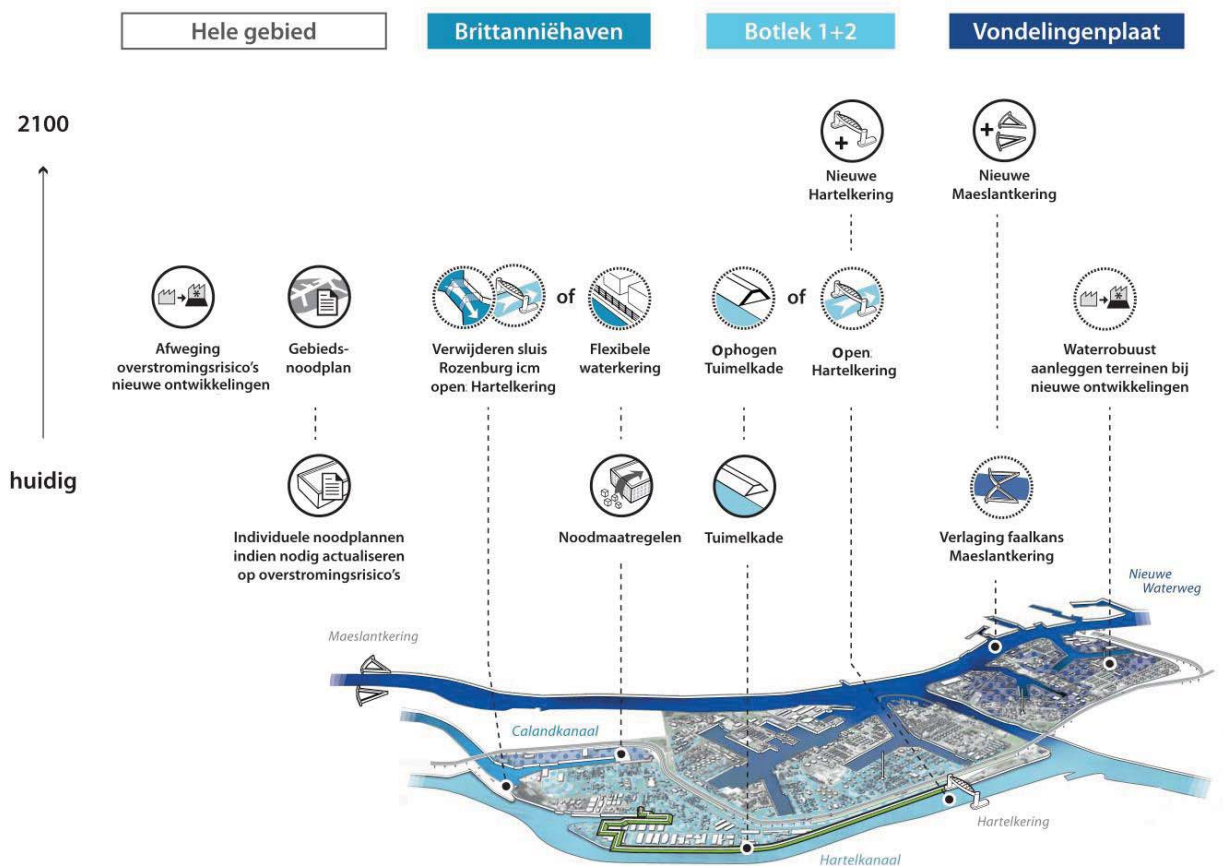
De maatregelen uit de mogelijke strategieën zijn kwalitatief beoordeeld op tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid. Deze analyse is gedeeld met de belanghebbenden. Op basis van de beoordeling en het gesprek hierover met de belanghebbenden zijn de meest kansrijke maatregelen aanbevolen om op te nemen in de adaptatiestrategie. Maatregelen die in deze fase (deels) zijn afgefallen zijn:

- Landophoging en aanleggen lokale keringen: Deze maatregel maakt terreinen waterrobuust en lijkt vanwege de kosten alleen interessant indien keringen aangelegd worden voor een combinatie van sites. Aangezien een gecombineerde kering in Botlek 1 en 2 sterk lijkt op een Tuimelkade en in de Britanniëhaven op de flexibele kering, is deze maatregel voor dit gebied niet in de aanbevolen strategie opgenomen. Ook in de Vondelingenplaat komt deze maatregel niet terug, omdat dit gebied voorlopig voldoende beschermd is tegen overstromen en dit mogelijk nog verder verbeterd als de faalkans van de Maeslantkering op termijn verlaagd wordt.
- Wet & dry proofing van assets: Bij deze maatregel worden assets water robuust gemaakt. De maatregel is vanwege de kosteneffectiviteit niet interessant om op gebiedsniveau integraal toe te passen op alle bestaande assets in het Botlekgebied. Per asset en gekozen wijze van waterrobuust maken kan dit echter verschillen. 'Waterrobuust maken van bestaande assets en terreinen' is afgefallen, omdat de kosten-batenverhouding van het waterrobuust maken van een heel gebied veel minder gunstig is dan die van preventieve maatregelcombinaties, ook wanneer dit gefaseerd uitgevoerd zou worden of alleen voor de meest kritische onderdelen. Bovendien is een strategie gebaseerd op het waterrobuust maken van terreinen en assets kwetsbaar vanwege de ketenafhankelijkheden in het gebied. De maatregel komt nog wel terug in de aanbevolen adaptatiestrategie voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen (zie volgende paragraaf).
- Noodkeringen: Deze maatregel is afgefallen vanwege de grote faalkans, zeker bij overstromingsscenario's met een lagere frequentie (zoals een overstroming met een frequentie van 1/10.000 per jaar in 2050). Bovendien vraagt deze maatregel veel tijd, capaciteit en opslagruimte.

### 5.2 Een veelbelovende adaptatiestrategie voor het Botlekgebied

Een veelbelovende adaptatiestrategie voor het Botlekgebied bestaat uit (combinaties van) de meest kansrijke maatregelen voor de verschillende deelgebieden uitgezet in de tijd. Het in hoofdstuk 3 gepresenteerde 'afwegingskader Pilot Botlek' geeft een beeld van de urgentie per deelgebied in het pilotgebied vanuit een publieke bril. De timing van de maatregelen is op deze urgentie gebaseerd. Diverse bedrijven geven echter aan dat er een verschil in urgentie wordt ervaren op basis van eigen private afwegingskaders. Dit verschilt per bedrijfstype, geografische ligging, etc. Dit maakt dat bedrijven eigen keuzes zouden kunnen maken die zich meer richten op bescherming van het bedrijf in plaats van het gebied.

De basis van de strategie is preventie. Daarnaast worden er maatregelen uit de lagen ruimtelijke adaptatie (waterrobuust maken van assets en terreinen bij nieuwe ontwikkelingen) en crisisbeheersing (individuele noodplannen en een gebiedsnoodplan) aanbevolen. Figuur 32 visualiseert de veelbelovende strategie voor het beheersen van overstromingsrisico's in het Botlekgebied. Hieronder volgt een toelichting van de maatregelen per laag: preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.



Figuur 32. Een veelbelovende strategie met een schatting van de timing van de maatregelen op basis van het W+ scenario en het 'afwegingskader Pilot Botlek'

### Preventie

Uniek voor het Botlekgebied is dat er (deels) al preventieve maatregelen aanwezig zijn; de Tuimelkade waar Botlek 1 en 2 baat bij hebben en de Maeslantkering waar de Vondelingenplaat van profiteert. De preventieve maatregelen in deze strategie hebben dan ook de meest gunstige kosten-batenverhouding op basis van een eerste inschatting. Deels om die reden wordt aanbevolen om preventie als basis te nemen voor de adaptatiestrategie in het Botlekgebied.

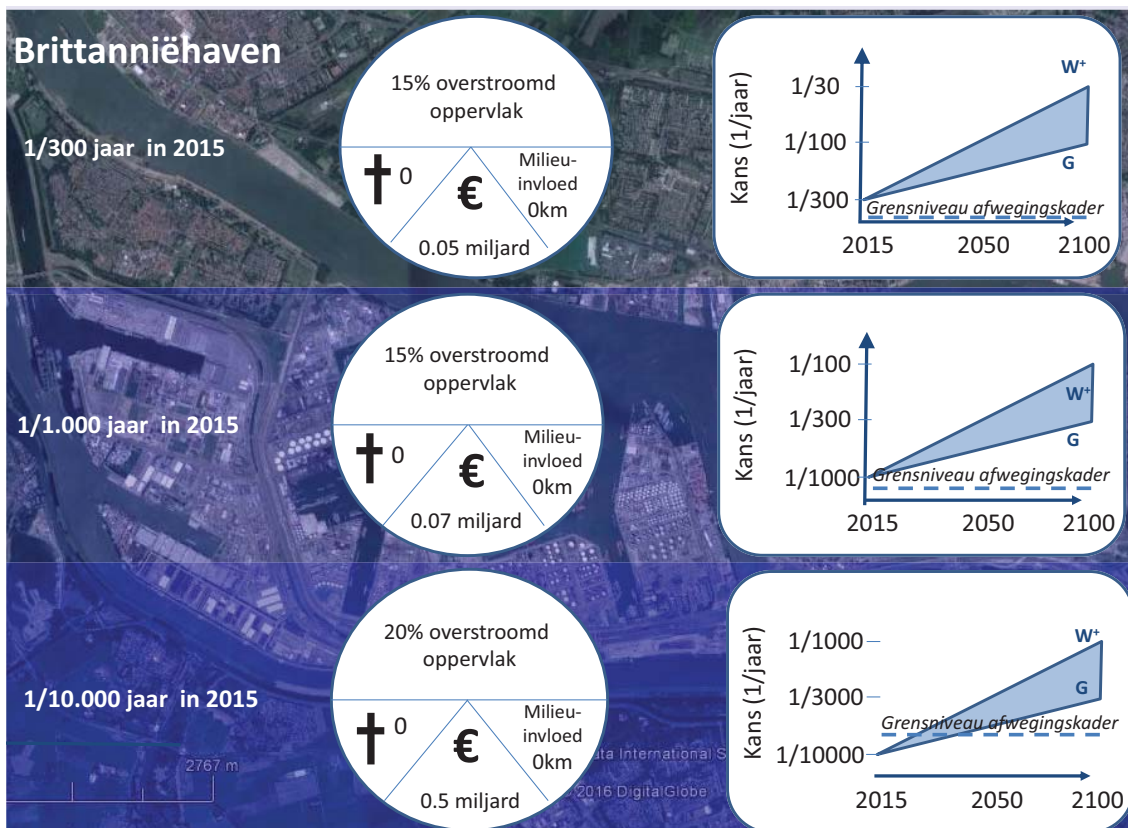
De veelbelovende strategie combineert strategie 1 (verhogen/versterken van waterkeringen) en strategie 2 (realiseren van waterstandsverlaging) uit het vorige hoofdstuk. Een keuze voor de meest kansrijke strategie (1 of 2) zal gemaakt moeten worden op basis van nader onderzoek.

De preventieve maatregelen binnen de veelbelovende adaptatiestrategie worden ingezet om, zodra dit noodzakelijk is (afhankelijk van het klimaatscenario), het overstromingsrisico in het Botlekgebied op een acceptabel niveau te houden. Op basis van de afweging van het overstromingsrisico met het 'afwegingskader Pilot Botlek' is het aan te bevelen om risicoverlagende maatregelen in Botlek 1 en 2 voor

2050 te nemen en op de Vondelingenplaat pas na 2050. Hieronder volgt een toelichting op de specifieke preventieve maatregelen per deelgebied.

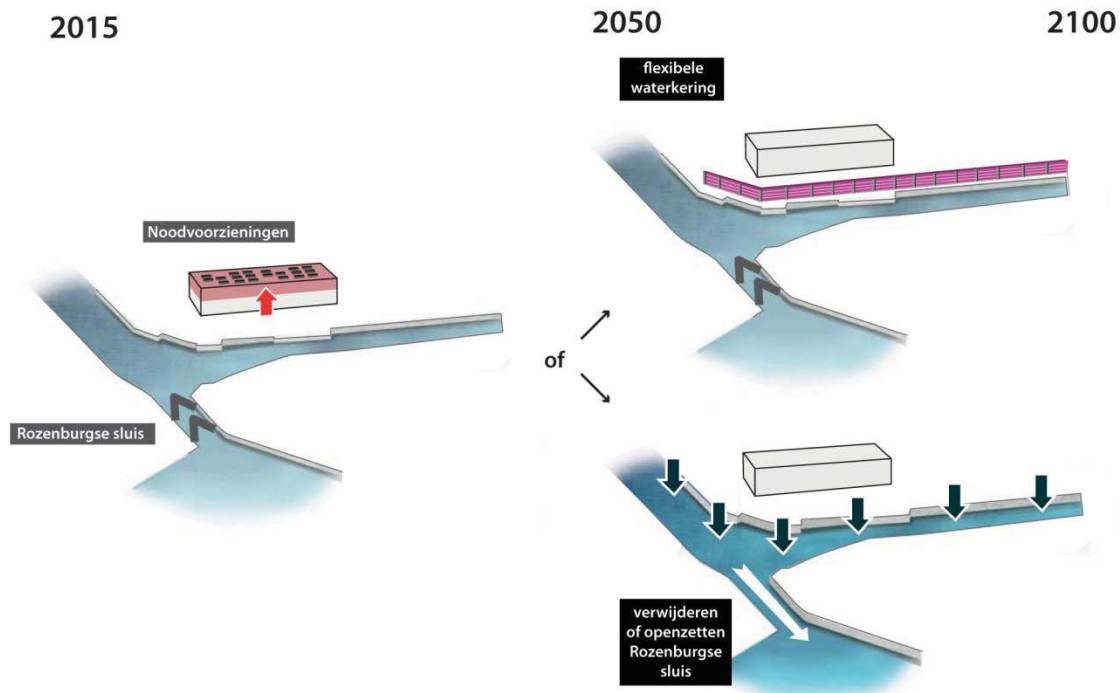
*Brittanniëhaven*

In Figuur 33 is te zien dat, volgens het ‘afwegingskader pilot Botlek’ het risico in de Brittanniëhaven in de huidige situatie al boven het in deze studie gehanteerde acceptabele risiconiveau komt. Echter er zijn momenteel al noodvoorzieningen aanwezig. Die zijn niet in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ meegenomen.



Figuur 33. Afweging overstromingsrisico's in de Brittanniëhaven met het afwegingskader voor drie scenario's met zichtjaar 2015

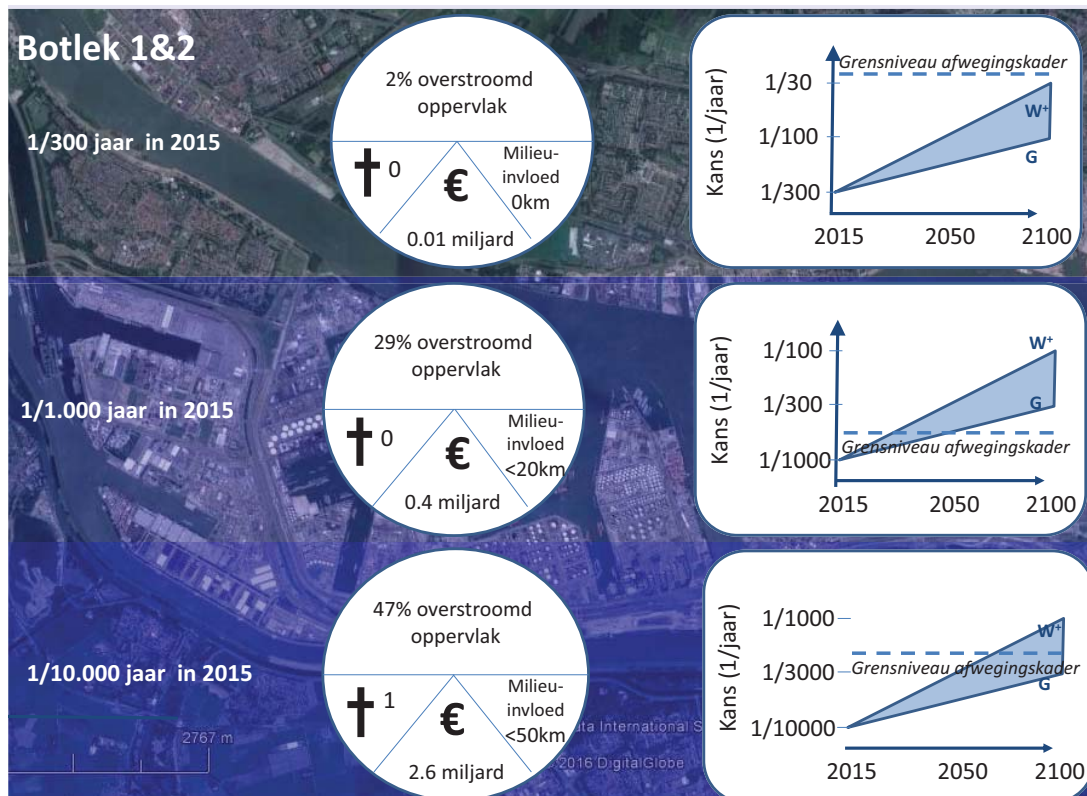
Met noodvoorzieningen kan het overstromingsrisico aan de noordzijde van de haven naar verwachting beheerst worden. Nader onderzoek zal antwoord moeten geven tot welk moment deze noodvoorzieningen adequaat zijn om het risico te beheersen. Op termijn kan een flexibele kering langs de noordzijde en een uitbreiding van de Tuimelkade langs de zuidzijde van de Brittanniëhaven de overstromingsrisico's in de Brittanniëhaven beheersen. Figuur 34 verbeeldt de kansrijke maatregelen voor de Brittanniëhaven.



Figuur 34. Verbeelding veelbelovende maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in de Britanniehaven

### Botlek 1 en 2

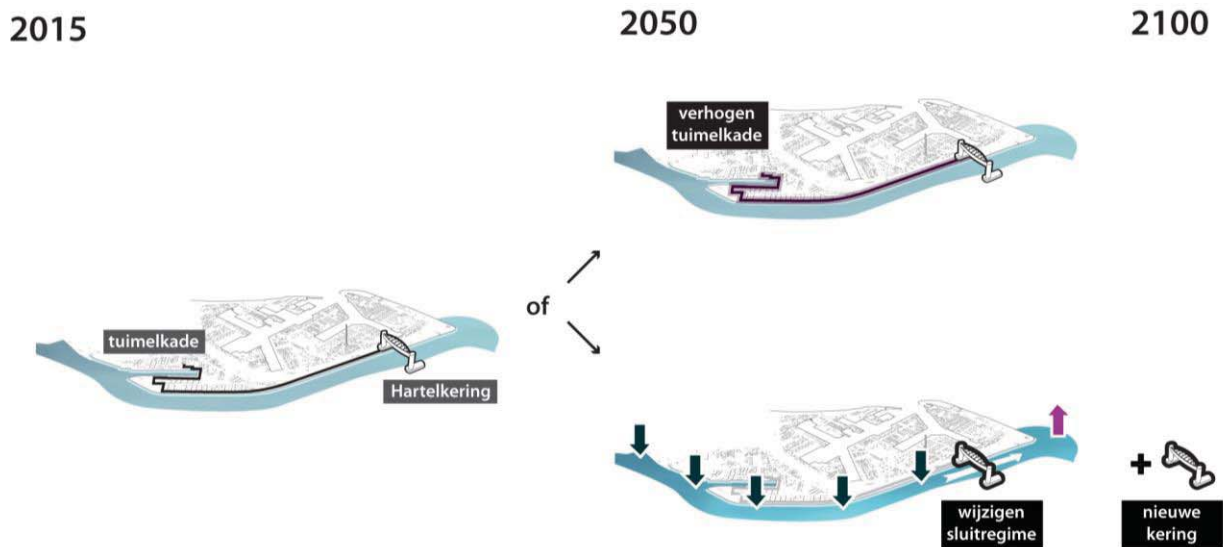
In onderstaande figuur is te zien dat, afhankelijk van de snelheid van klimaatverandering, de acceptabele grenzen van het 'afwegingskader pilot Botlek' vanaf ca. 2030 (W+) tot ca. 2050 (G) worden overschreden.



Figuur 35. Afweging overstromingsrisico's in Botlek 1 en 2 met het afwegingskader voor drie scenario's met zichtjaar 2015



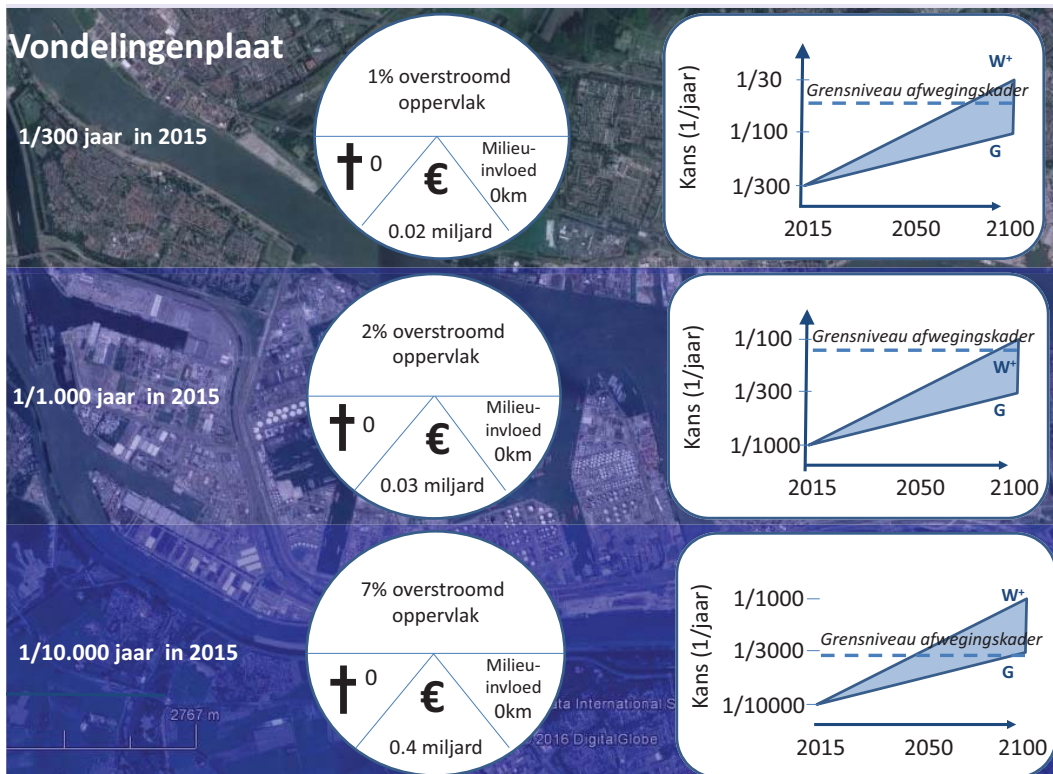
In dit gebied wordt het overstromingsrisico gedomineerd door het hoogwater op het Hartelkanaal. Het ophogen van de Tuimelkade kan het overstromingsrisico in dit gebied beheersen, evenals het verlagen van de waterstand met een open Hartelkering bij stormsituaties. Aanbevolen wordt om in de komende jaren te onderzoeken welke van deze twee maatregelen het meest kansrijk is en wat de effecten zijn in omliggende gebieden van beide maatregelen. Ook is een gedetailleerde studie naar de ontwerpvarianten van de Tuimelkade raadzaam (ruimtelijke inpassing, optimale hoogte/versterking in relatie tot kosten, geotechnisch onderzoek ondergrond, etc.). Figuur 36 verbeeldt de kansrijke maatregelen voor de Botlek 1 en 2. Hoewel hier niet gevisualiseerd, zal het overstromingsrisico voor Botlek 1 en 2 ook positief beïnvloed worden door de mogelijke verlaging van de faalkans van de Maeslantkering op termijn.



Figuur 36. Verbeelding veelbelovende maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in Botlek 1 en 2

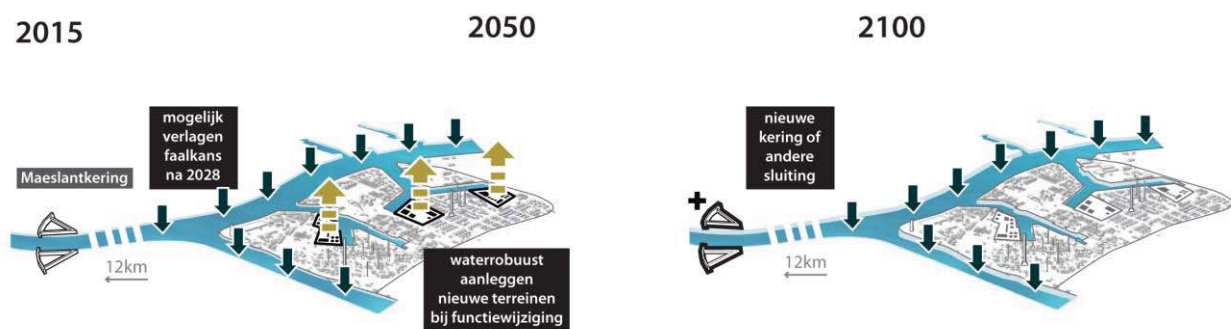
#### Vondelingenplaat

In onderstaande figuur is te zien dat, afhankelijk van de snelheid van klimaatverandering, de grens van het acceptabele risiconiveau van het 'afwegingskader pilot Botlek' pas na 2050 worden overschreden.



Figuur 37. Afweging overstromingsrisico's in de Vondelingenplaat met het afwegingskader voor drie scenario's met zichtjaar 2015

Voor 2050 worden nog geen maatregelen aanbevolen in dit gebied gelet op de beperkte risico's. Op dit moment wordt de mogelijkheid tot verlaging van de faalkans van de Maeslantkering onderzocht. Een verlaging van de faalkans heeft een gunstige invloed op het risicoprofiel in dit gebied en kan daarmee het tijdstip van overschrijding van de acceptabele grenzen doen opschuiven in de tijd. Figuur 38 verbeeldt de kansrijke maatregelen voor de Vondelingenplaat.



Figuur 38. Verbeelding veelbelovende maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in de Vondelingenplaat

#### Implementatie van de preventieve maatregelen

Met uitzondering van een open Hartelkering, een maatregel die qua besluitvorming complex lijkt, lijken de genoemde maatregelen relatief eenvoudig uitvoerbaar. Er is tijd nodig om de preventieve maatregelen te implementeren (orde 5 jaar). De Tuimelkade en flexibele kering zijn aanpasbaar op de lange(re) termijn zonder grote meerkosten. Er zijn mogelijk wel negatieve effecten buiten het Botlekgebied. Onderzoek moet uitwijzen hoe groot deze effecten zijn en hoe ze te beheersen.

### Ruimtelijke adaptatie

Wanneer nieuwe ontwikkelingen gepland worden, geldt dat een afweging van het overstromingsrisico gemaakt dient te worden. Eventueel kan daarbij verwezen worden naar de preventieve maatregelen als dit formeel is vastgelegd. Echter, ook het nemen van maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie (zoals het waterrobuust maken van assets bij nieuwe of vervangingsinvesteringen) spelen een rol bij deze afweging. Het is belangrijk dat initiatiefnemers voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in het gebied over overstromingsrisico's (nu en in de toekomst) en de mogelijke beheersmaatregelen worden geïnformeerd. De transitie naar biobased industrie kan hiervoor benut worden. Hetzelfde geldt voor maatregelen die noodzakelijk zijn in het kader van extreme neerslag.

Op de Vondelingenplaat lijkt ruimtelijke adaptatie het meest opportuun. De bescherming in dit gebied tot 2100 hangt in de aanbevolen adaptatiestrategie af van een besluit over de verlaging van de faalkans van de Maeslantkering. Er kan besloten worden dat de faalkans niet verlaagd wordt, waardoor het grensniveau op termijn alsnog bereikt wordt. Gezien het belang van de vitale en kwetsbare functies in het gebied is een afweging voor meer waterrobuustheid van deze functies in Botlek 1 en 2 wellicht ook nog relevant, omdat er ook met preventieve maatregelen altijd nog een risico blijft bestaan.

### Crisisbeheersing

Crisisbeheermaatregelen zijn maatregelen om het restrisico te ondervangen en zo goed als mogelijk gesteld te staan wanneer het gebied onverhoopt toch overstroomt. Waar nodig dient de omgang met overstromingsrisico's in individuele noodplannen te worden geïmplementeerd. Het noodplan voorziet in het tijdig afschakelen waarbij milieuschade wordt voorkomen en het treffen van voorzieningen om sneller te herstellen na de overstroming.

Een aanbeveling is om een gebiedsnoodplan op te stellen, in aanvulling op de individuele noodplannen. Een gebiedsnoodplan dient ertoe om de individuele noodplannen van belanghebbende bedrijven en beheerders op elkaar af te stemmen. Denk hierbij aan het op orde brengen van ketenafhankelijkheden (wie is waarvan afhankelijk en wie is daar verantwoordelijk voor), afspraken te maken over wie, wat, wanneer doet in geval van een (dreigende) overstroming en dit regelmatig te oefenen.

## 5.3 Aanbevelingen voor het vervolg

De pilot Waterveiligheid Botlek heeft veel inzicht opgeleverd over de overstromingsrisico's in het Botlek gebied. Ook geeft het kansrijke maatregelen, die de bouwstenen vormen voor een veelbelovende adaptatiestrategie, opgeleverd. Uit de dialogen met de belanghebbenden en de inhoudelijke resultaten komen de volgende aanbevelingen naar voren.

### Benodigd vervolgonderzoek inzetten

Om een goede keuze te kunnen maken over de maatregelen binnen de veelbelovende strategie voor het pilotgebied wordt aanbevolen op een aantal onderwerpen nader onderzoek uit te voeren. Het is aan te bevelen om onderzoek uit te voeren naar de preventieve maatregelen "Tuimelkade ophogen" versus "Hartelkering open" voor Botlek 1 en 2. Ook de houdbaarheid van de noodvoorzieningen voor Britanniëhaven is een onderwerp van nader onderzoek.

### Momentum om vervolgstappen te zetten gebruiken

Diverse belanghebbenden hebben aangegeven geen reden te zien om voor het Botlekgebied een besluit over de aanbevolen adaptatiestrategie uit te stellen. In de laatste werksessie kwam naar voren dat er in grote lijnen overeenstemming is over de effectiviteit van een aantal van de maatregelen in de veelbelovende adaptatiestrategie op de overstromingsrisico's. Het is raadzaam om het momentum, het netwerk, het partnerschap en de ontwikkelde kennis vast te houden door vervolg te geven aan de pilot.

Een aanbeveling is om op korte termijn te starten met het opstellen van een gebiedsnoodplan. Het gebiedsnoodplan is een no-regret maatregel die wordt gedragen door de belanghebbenden die deel hebben genomen aan de pilot. Het initiatief hiervoor kan zowel van de kant van de belanghebbende bedrijven als de beheerders en overheden in het gebied komen. Ten aanzien van nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen wordt aanbevolen afspraken te maken over de wijze waarop waterveiligheid meegenomen kan worden. De gemeente Rotterdam ontwikkelt in dat kader bijvoorbeeld een nieuw uitgiftepeilenbeleid.

Een vervolgstap die ook aanbevolen wordt is om de relatie te leggen met de voorkeursstrategie van Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden en de Strategische Adaptatie Agenda Buitendijks door de resultaten van deze pilot naast die van de overige pilots te leggen. De pilot levert bovendien veel informatie op met betrekking tot de kwetsbaarheid en ketenafhankelijkheid van de vitale en kwetsbare infrastructuur, zoals stroomvoorziening en de A15 (de laatste ook in relatie tot crisisbeheersing). Dit zou binnen het deelprogramma "Vitaal en Kwetsbaar" van het Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie opgepakt kunnen worden.

#### **Commitment organiseren en afspraken maken**

Gezamenlijk commitment over de te volgen strategie is nodig voor het nemen van vervolgstappen. Ook heldere afspraken over de rollen, verantwoordelijkheden en bekostiging van de maatregelen is van belang voor het vervolg. Sommige maatregelen uit de veelbelovende strategie zouden snel opgepakt kunnen worden, bijvoorbeeld het samen uitwerken van een gebiedsnoodplan voor een overstromingsscenario. Om fysieke maatregelen te implementeren, zoals het ophogen van de Tuimelkade, zal meer tijd nodig zijn in termen van voorbereiding.



## 6 Reflectie op de pilot en aanbevelingen voor vervolg

Dit laatste hoofdstuk gaat in op wat de resultaten nu eigenlijk zeggen en hoe hier een vervolg aan gegeven kan worden. In dat kader wordt er gereflecteerd op de resultaten (§6.1) en het proces dat met stakeholders is doorlopen (§6.2).

### 6.1 Reflectie op de resultaten: enkele kanttekeningen voor het vervolg

De terreinen in het Botlekgebied zijn relatief hoog boven zeeniveau aangelegd en worden (deels) beschermd door de stormvloedkering en de tuimelkade. Dit zorgt ervoor dat de overstromingskans in een groot deel van het Botlek gebied van vergelijkbare orde van grootte is als die van binnendijkse gebieden. Uit de pilot komt naar voren dat er overstromingsrisico's in het Botlekgebied zijn die toenemen in de tijd vanwege klimaatverandering. De Brittanniëhaven en Botlek 1 zijn het meest kwetsbaar voor overstromingen. Daar is de huidige kans op een overstroming ongeveer 1/300 – 1/1.000 per jaar. De huidige kans dat er in de Vondelingenplaat een overstroming plaats vindt is het laagst; 1/10.000 per jaar. De meest kansrijke maatregelen in dit gebied om de overstromingsrisico's te beheersen bouwen voort op de reeds aanwezige preventieve maatregelen waar het gebied nu al van profiteert.

Om een invulling te kunnen geven aan het bovenstaande inzicht voor het vervolg, plaatst deze paragraaf enkele kanttekeningen. Deze zijn bedoeld om de resultaten van de pilot te kunnen plaatsen in het perspectief van de onzekerheden die er nog zijn, verschillen in risicoafweging en de rol van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.

#### Aannames en onzekerheden

Aannames en onzekerheden in de pilotstudie kunnen leiden tot ander beeld van de overstromingsrisico's en de afweging ervan. In het afwegingskader 'Pilot Botlek' zijn grensniveaus vastgesteld voor economische schade, slachtoffers en milieuschade op basis van publieke kaders. Deze grensniveaus zijn geen harde getallen maar zijn vastgesteld op basis van diverse aannames en uitgangspunten om voor de pilot tot een keuze voor acceptabele risiconiveaus te kunnen komen. Hierdoor hebben deze getallen een bandbreedte. Vanwege deze aannames en onzekerheden heeft het grensniveau een bandbreedte, en daarmee ook de timing van de maatregelen. Wel is het belangrijk om te constateren dat de bandbreedte en de onzekerheden specifiek gelden voor de *timing* van maatregelen. Het 'afwegingskader pilot Botlek' geeft namelijk een robuuste indicatie van de onderlinge prioriteiten tussen de drie deelgebieden. Bovendien is de aanbevolen adaptatiestrategie ook robuust voor de genoemde aannames en onzekerheden.

Een andere kanttekening betreft het uitgangspunt dat de pilot hanteert met betrekking tot economische ontwikkeling. In deze pilot uitgegaan van een continuering van de huidige activiteiten. In werkelijkheid ontwikkelt het gebied zich. Hierdoor kunnen overstromingsrisico's veranderen. Ook houdt bijvoorbeeld de directe schadebepaling beperkt rekening met de mate waarin de sectoren afhankelijk zijn van (afval)water, gas, elektriciteit, de weg (A15) en het spoor. De mogelijke ketenafhankelijkheden tussen de verschillende sectoren zijn slechts op globale, kwalitatieve wijze in beeld gebracht in het Botlekgebied.

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. Ook de snelheid van klimaatverandering, de economische ontwikkeling van het gebied, de haven en de economie van Nederland zijn onzeker. Het is vooral zaak weldoordachte (no-regret) maatregelen te nemen en zoveel als mogelijk een flexibele strategie te volgen die rekening houdt met de onzekerheden op de korte en lange termijn.

### **Verschillen in risicoafweging**

Het opgestelde 'afwegingskader pilot Botlek' is gestoeld op gangbare (beleids)uitgangspunten uit het domein van overstromingsrisico's in het binnendijkse gebied en externe veiligheid (Brzo). Het is belangrijk om te benadrukken dat daarmee door een 'publieke' bril naar de overstromingsrisico's is gekeken. Vanuit andere beleidsvelden of partijen kan een andere afweging worden gemaakt. Zo hanteren private (maar ook publieke) partijen in het Botlekgebied eigen risicomatrices (bedrijven) en beleidsafwegingen (wegbeheerders). Een andere afweging betekent ook een andere gewenste timing voor een maatregel (hoe langer de situatie nog acceptabel is, hoe later de maatregel genomen kan worden).

'Acceptatie' is bovendien subjectief. Zaken als risicoaversie, ervaring met overstromingen, maar ook de hoogte van de kosten voor te nemen maatregelen spelen hierin een grote rol. Tevens zijn de ligging van een bedrijf en afhankelijkheid van een bepaalde activiteit voor een groot deel bepalend of een overstromingsrisico in het gebied wel of niet acceptabel wordt gevonden.

Aangezien de belanghebbende bedrijven en beheerders in het gebied zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van gevolgbeperkende maatregelen, staan zij ook aan de lat om de overstromingsrisico's af te wegen om de timing van eventuele maatregelen vast te stellen. De gezamenlijke afweging van de overstromingsrisico's met het 'afwegingskader pilot Botlek' heeft de belanghebbenden veel inzicht gegeven in de ontwikkeling van de risico's in de deelgebieden. Ook is het besef ontstaan dat er een gezamenlijk belang is voor het beheersen van de overstromingsrisico's in het Botlekgebied.

### **Rol van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing**

Het wordt aanbevolen om de adaptatiestrategie voornamelijk te baseren op preventieve maatregelen. Een belangrijke reden hiervoor is dat er in het Botlekgebied al keringen aanwezig zijn. Hier kunnen de voorgestelde preventieve maatregelen naar verwachting eenvoudig en kosteneffectief op voortbouwen. In andere buitendijkse (haven)gebieden spelen ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing mogelijk een grotere rol. Maar ook in het Botlekgebied kunnen maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing het risicoprofiel op korte en lange termijn significant beïnvloeden. De rol van deze maatregelen moet dus niet miskend worden.

Via ruimtelijk adaptatie (zoals het waterrobuust maken van terreinen en assets bij nieuwe of vervangingsinvesteringen) wordt er in de tijd gewerkt aan een waterveilige omgeving. Het is aan te bevelen om initiatiefnemers voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in de haven te informeren over overstromingsrisico's (nu en in de toekomst) en de mogelijke beheersmaatregelen, zodat er een afweging gemaakt kan worden om dergelijke meekoppelkansen te benutten. Dit is zeker wenselijk indien veel meerwaarde kan worden bereikt met beperkte investeringen.

Hoewel crisisbeheermaatregelen niet effectief zijn als hoofdstrategie, zijn het wel maatregelen om het restrisico te ondervangen en zo goed als mogelijk gesteld te staan wanneer het gebied onverhoopt toch overstroomt. Het opstellen van een gebiedsnoodplan kan bijvoorbeeld ordening brengen in de ketenafhankelijkheden en afstemming verzorgen in de acties bij een (dreigende) overstroming waardoor het risico verder daalt. 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<sup>21</sup>. Het uitwerken van storm-/overstromingssituaties in noodplannen van en noodmaatregelen door bedrijven is daarom een aanbevolen ontwikkeling.

---

<sup>21</sup>Kanttekening hierbij is dat er plannen in voorbereiding zijn om de dijkringen te versterken (in het kader van de nieuwe normering), waardoor de kans op dreigende dijkdoorbraken nog verder verlaagd wordt

## 6.2 Reflectie op het proces: waarde in de pilot en voor andere gebieden

In deze paragraaf worden verschillende kenmerkende elementen van het proces dat gevolgd is in de pilot belicht en aangegeven wat de waarde ervan is geweest voor de pilot. Hieruit worden lessen getrokken over wat wel of niet bruikbaar is voor waterveiligheidsopgaven in andere buitendijkse (haven)gebieden.

### Betrekken van stakeholders

Door Joint Fact Finding met belanghebbende bedrijven en overheden en door experts in verschillende fasen te betrekken is in deze pilot tot een gedeeld beeld van de overstromingsrisico's in de Botlek gekomen en is de theoretische kennis over overstromingsrisico's verrijkt. Ook het 'afwegingskader pilot Botlek' is verrijkt en verfijnd met kennis, ervaringen en perspectieven van experts en belanghebbenden. Gezamenlijk zijn de maatregelen beoordeeld op basis van selectiecriteria die samen met de betrokken belanghebbenden tot stand zijn gekomen. Dit heeft geleid tot een aanbeveling voor een adaptatiestrategie die herkenbaar is voor de belanghebbenden en waarvoor draagvlak lijkt te zijn.

In alle fasen hebben dus consultaties plaats gevonden met vertegenwoordigers van bedrijven, kennisinstellingen en overheden. Dit heeft geleid tot een grotere bewustwording van overstromingsrisico's bij de betrokken belanghebbenden in het gebied en aandacht voor het beheersen van deze risico's.

### Kennisontwikkeling, vragen en -uitwisseling

Het combineren van inzichten van experts en theoretische concepten met de praktijkkennis heeft geleid tot meer inzicht in de gebiedsspecifieke overstromingsrisico's. Kennis die voor de pilot nog niet beschikbaar was. De pilot heeft bovendien een dynamische kennisagenda ontwikkeld waarin kennisvragen zijn geïdentificeerd (zie bijlage 10). In de kennisagenda is ook geïnterpreteerd met welke programma's, onderzoeken en projecten kennis kan worden uitgewisseld om de kennisbasis voor adaptatiestrategieën te versterken. Dit betreft bijvoorbeeld het Deelprogramma Ruimtelijke Adaptatie (onder andere het onderdeel "Vitaal en kwetsbaar") van het Deltaprogramma en de casestudy voor een algemene verbetering van de crisisbeheersing in geval van overstromingen in het kader van het Deltaprogramma. De kennisuitwisseling kan daarmee na het afronden van de pilot gecontinueerd worden.

### Toepasbaarheid op andere buitendijkse (haven)gebieden

Meerdere elementen uit het proces kunnen toegepast worden in andere buitendijkse (haven)gebieden, bijvoorbeeld bij het formuleren van een adaptatiestrategie voor de Waal-Eemhaven. Ook in andere gebieden lijkt het nuttig om belanghebbenden te betrekken in een proces van Joint Fact Finding naar overstromingsrisico's, risicoafweging, en het inventarisatie en selectie van maatregelen.

De werkwijze waarbij gezamenlijk met experts en belanghebbenden een gebiedsspecifiek afwegingskader is ontwikkeld kan ook bij andere buitendijkse opgaven worden toegepast om tot een gezamenlijke taal voor de afweging van risico's te komen. Inzichten in ketenafhankelijkheden en kwetsbaarheid van verschillende sectoren, kunnen ook in andere deelgebieden worden toegepast. Daarnaast kunnen in de pilot ontwikkelde instrumenten als het 'afwegingskader pilot Botlek' en de geïnterpreteerde maatregelen in andere buitendijkse gebieden worden toegepast. Het is wel aan te bevelen om goed te kijken naar de specifieke gebiedskenmerken en de instrumenten hierop aan te passen. Bovendien zal toepassing van hetzelfde instrumentarium in andere gebieden tot andere resultaten leiden, bijvoorbeeld een andere timing en combinatie van maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen.

## Literatuurlijst

- Bonger, H. en Konter, J. (2011). *Verkenning Deltascenario's voor het havengebied Rijnmond-Drechtsteden. Mogelijke toekomst voor het Havenindustriële Cluster Rotterdam*. Werkbijeenkomst Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden: 'Klimaatverandering en de toekomst van het Havenindustriële cluster', 9 juni 2011
- Bruggeman, W. en Dammer, E. (2013). *Deltascenario's voor 2050 en 2100 Nadere uitwerking 2012-2013*. Nederland: KNMI, PBL, CPB, LEI en Deltares.
- De Nooijer, J., Eisma, M., Dekarz, M. (2015). *Projectplan Pilot Botlek, Buitendijkse Waterveiligheid in de haven van Rotterdam*. Rotterdam, Nederland: Havenbedrijf Rotterdam, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Gemeente Rotterdam
- Deltaprogramma | Rijnmond-Drechtsteden. (2011). *Verkenning Deltascenario's voor het havengebied Rijnmond-Drechtsteden*.
- Deltaprogramma | Rijnmond-Drechtsteden. (2014). *Synthesedocument Rijnmond-Drechtsteden*. Programmteam Rijnmond-Drechtsteden
- Deltaprogramma | Ruimtelijke Adaptatie. (2016). *Aanpak nationale Vitale en Kwetsbare Functies*. Directeurenoverleg Vitaal en Kwetsbaar
- Hallegatte, S. (2008). *An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the economic cost of Katrina*. Risk Anal., 28(3), 779–799, doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01046.x.
- Hallegatte, S. (2014). *Modeling the role of inventories and heterogeneity in the assessment of the economic costs of natural disasters*. Risk Anal., 34(1), 152–167.
- Jonkman, S.N. (2007). *Loss of life estimation in flood risk assessment. Theory and applications*. Delft, Nederland: PhD thesis
- Kernteam Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk. (2016). *Samen werken aan een cluster in transitie. Actieplan Versterking Industriecluster Rotterdam/Moerdijk*. Nederland.
- Klein Tank, A., Beersma, J., Bessembinder, J., Van den Hurk, B. en Lenderink, G. (2015). *KNMI'14-klimaatsscenario's voor Nederland; Leidraad voor professionals in klimaatadaptatie*. De Bilt, Nederland: KNMI
- Kok, M, Huizinga, H.J., Vrouwenvelder, A.C.W.M. en Van den Braak, W.E.W. (2005). *Standaardmethode 2005 Schade en Slachtoffers als gevolg van overstromingen*. HKV Lijn in Water en TNO Bouw. PR999.10. Lelystad
- Konter, J. (2013). *Waterveiligheid Botlekgebied, geplaatst in het kader van de kansrijke strategieën*. Notitie Havenbedrijf Rotterdam.
- Leede, R. de en Veen, P. (2014). *Is het Botlekgebied klaar voor hoogwater? Een studie naar de overstromingsrisico's in het Botlekgebied*. Nederland: Rotterdam. Hogeschool van Rotterdam. In opdracht van Rijkswaterstaat WZN.



Lendering, K.T., Jonkman, S.N. en Kok, M. (2014). *Effectiveness and reliability of emergency measures for flood prevention*. TU Delft, Stowa

Miller, R. E. en Blair, P. D. (2009). *Input-output analysis: foundations and extensions*. Cambridge University Press.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). *PlanMER Calandbrug. Publiekssamenvatting*. Geraadpleegd van [http://www.platformparticipatie.nl/Images/03.%20Publiekssamenvatting-PlanMER\\_Calandbrug\\_web\\_tcm318-362469.pdf](http://www.platformparticipatie.nl/Images/03.%20Publiekssamenvatting-PlanMER_Calandbrug_web_tcm318-362469.pdf)

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). *Impactcriteria vitale infrastructuur, Voortgangsbrief over de Strategie Nationale Veiligheid*, Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 9 april 2015.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu en Ministerie van Economische Zaken. (2015). *Nationaal Waterplan 2016-2021*.

Ministerie van Infrastructuur en Milieu (2015). *Voortgangsbrief nationale veiligheid*. 15 april 2015

Nationaal Coördinator Terrorismebestrijding en Veiligheid. (2014). *Resultaten herijking vitale infrastructuur*. Ministerie van Veiligheid en Justitie

Nicolai, R. Van Vuren, S., Pleijter, G., Huizinga, J., Koks, E. en De Moel, H. (2016a). *Pilot Waterveiligheid Botlek. Toelichting op de waterdiepte kaarten*. HKV memorandum. Nederland: HKV en VU.

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

Rijkswaterstaat, 2012. *Waterstands- en MHW effect bij Tuimelkade van een open Hartelkering*. RWS/DZH/ARA2013.18

Rooijen, L.A.W., 2002. *Wenselijkheid en Haalbaarheid van verwijdering van de Rozenburgse Sluis. Deel 1, Nut en Noodzaak*. Afstudeeronderzoek TU Delft

Slootjes, N. & Wagenaar, D. (2015.) *Potentiële Inundatie Botlek bij hoog water in het Hartelkanaal*. Nederland: Deltares

Snuverink, M.A.M., Berg, K. van den, Sluils, L. en E. van Proosdij, 1998. *Schade bij inundatie van buitendijkse industrie*. Tebodin, Den Haag.

Tretjakova, D. (2012). *Eindrapport Overstromingsrisico's in de haven*. Rotterdam, Nederland: Gemeente Rotterdam

Van Barneveld, N. (2014). *Nieuwe Normspecificaties voor de primaire waterkeringen. Herijking van de waterveiligheid in Rijnmond-Drechtsteden*. Rotterdam, Nederland: Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden

Van den Berg, K., Sluils, L., Snuverink, M., Wiertz, A. (1998). *Schadecurves industrie ten gevolge van overstroming*. Nederland: Tebodin, opdrachtgever Rijkswaterstaat DWW

Van den Bosch, F.A.J., Hollen, R., Volberda, H.W. & Baaij, M.G. (2011). *De strategische waarde van het Haven- en Industrie-complex Rotterdam voor het internationale concurrentievermogen van Nederland: een*

*eerste verkenning. Onderzoeksrapport in opdracht van het Havenbedrijf Rotterdam. Nederland: Rotterdam School of Management (RSM), Erasmus Universiteit Rotterdam, INSCOPE: Research for innovation*

Van Gelder, P.H.A.J.M. et al. (1997). *Kansen in de Civiele Techniek, Deel 1: Probabilistisch ontwerpen in theorie*. CUR190. Gouda, Nederland: CUR, Ministerie van Verkeer en Waterstaat.

Walraven, pers.comm

<https://www.bhic.nl/ontdekken/verhalen/de-watersnood-van-1995>

<https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/ontwikkelingen-in-de-komende-jaren>

[http://www.deltalinqs.nl/sites/www.deltalinqs.nl/files/dl\\_facsh\\_e\\_waterweg\\_250615.pdf](http://www.deltalinqs.nl/sites/www.deltalinqs.nl/files/dl_facsh_e_waterweg_250615.pdf)

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Piping>

<http://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>

Rijkswaterstaat, 2016. I-storm website: <https://www.i-storm.org/nl/stormvloedkeringen/hartelkering.html>