



BIJLAGENRAPPORT

Botlek Waterveiligheid

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

Klant: Havenbedrijf Rotterdam, Rijkswaterstaat WNZ,
Gemeente Rotterdam

Referentie: T&PBE1769R004F01

Versie: 01/Finale versie

Datum: 23 december 2016

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&PBE1769R004F01
Versie: 01/Finale versie
Datum: 23 december 2016
Projectnaam: Pilot Botlek Waterveiligheid
Projectnummer: BE1769
Auteur(s): Mathijs van Ledden, Jarit van de Visch

Opgesteld door: Mathijs van Ledden, Simone van Dijk,
Rob Bonte, Marit Zethof, Jarit van de
Visch

In samenwerking met: 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

1	Betrokken organisaties en experts	9
2	Toelichting bij overstromingskansen	13
3	Gevolgen van een overstroming	15
3.1	Methodiek bepaling gevolgen	15
3.1.1	Economische schade	16
3.1.2	Dodelijke slachtoffers	18
3.1.3	Milieuschade	20
3.2	Gevolgen van een overstroming in het Botlekgebied	22
3.2.1	Gebeurtenis 1	22
3.2.2	Gebeurtenis 2	25
3.2.3	Gebeurtenis 3	28
4	Toelichting afwegingskader	31
4.1	Kansen en risico's in het 'afwegingskader Pilot Botlek'	31
4.1.1	Toelichting op de faalkans	31
4.1.2	Toelichting op acceptabele faalkans	33
4.2	Afwegen van overstromingsrisico's met het 'afwegingskader Pilot Botlek'	40
5	Gebiedsgerichte afweging van overstromingsrisico's	43
5.1	Gebeurtenis 1	43
5.2	Gebeurtenis 2	45
5.3	Gebeurtenis 3	47
6	Sectorgerichte afweging van overstromingsrisico's	50
6.1	Overstroming tankopslag	50
6.1.1	Stap 1: Definiëren grenstoestand	50
6.1.2	Stap 2a: Bepalen van de faalkans	51
6.1.3	Stap 2b: Bepalen van de acceptabele kans	52
6.1.4	Stap 3: Vergelijking faalkans met acceptabele faalkans	53
6.1.5	Conclusie en reflectie	54
6.2	Overstroming A15	54
6.2.1	Stap 1: Definiëren grenstoestanden	55
6.2.2	Stap 2a: Bepalen van de faalkans	55
6.2.3	Stap 2b: Bepalen van de acceptabele kans	56
6.2.4	Stap 3: Vergelijking faalkans met acceptabele faalkans	57
6.2.5	Conclusie en reflectie	58
6.3	Andere bedrijfscategorieën	59
6.3.1	Olieraffinaderijen	59
6.3.2	Chemie	61

6.3.3	Bulkterminals	63
6.3.4	Containeroverslag	64
6.3.5	Stukgoedterminals	66
6.3.6	Distributiebedrijven	67
6.3.7	Nutsvoorzieningen en andere utiliteiten	68
6.3.8	Transport: Scheepvaart en het Spoor	72
6.3.9	Samenvatting	73
6.4	Bovenregionale effecten	74
7	Kosten-batenanalyse van maatregelen	78
7.1	Aanpak kosten-batenanalyse	78
7.2	Kosten en baten van de maatregelen	82
7.2.1	Tuimelkade ophogen	83
7.2.2	Flexibele kering noordzijde Britanniëhaven	89
7.2.3	Kering zuidzijde Britanniëhaven	91
7.2.4	Faalkans Maeslantkering verlagen	92
7.2.5	Viaducten A15 afsluiten	93
7.2.6	Hartelkering open	95
7.2.7	Rozenburgse Sluis weghalen	98
7.2.8	Nieuwe Stormvloedkering in Hartelkanaal	101
7.2.9	Waterrobuust maken van sites en assets	103
7.2.10	Noodkeringen	109
7.2.11	Gebiedsnoodplan	113
7.2.12	Noodvoorzieningen	114
7.3	Gevoeligheidsanalyse effectbepaling	115
7.3.1	Gevoeligheidsanalyse voor een ander economisch scenario	116
7.3.2	Gevoeligheidsanalyse voor een ander klimaatscenario	117
8	Beoordeling maatregelen	119
8.1	Selectiecriteria	119
8.2	Van mogelijke maatregelen naar een veelbelovende strategie	120
9	Socio-economische scenario's	134
10	Kennisagenda	136
11	Begrippenlijst	139

Figuren

Figuur 1. Gevolgcategorieën bij een overstroming met in het in lichtblauw omrande gebied de gevolgcategorieën die in de kwantitatieve risicoanalyse van HKV/VU (2016) zijn meegenomen en in het donkerblauw omrande gebied de gevolgcategorieën die in de kwalitatieve risicoanalyse zijn meegenomen.

15

Figuur 2. Schematische weergave methode bepaling directe schade (Bron: Nicolai et al, 2016)	16
Figuur 3: De verschillende herstelcurves die worden gebruikt in de berekening voor indirecte schade (bron: Nicolai et al, 2016)	18
Figuur 4. Voorbeeld van een FN-curve voor groepsrisico	20
Figuur 5. Fragiliteitscurve (paarse lijn) gebruikt in de pilot Botlek in gepast in de fragiliteitscurve van Kasmeshwar en Padget (2015) voor ongeankerde tanks.	22
Figuur 6. Overstromingsbeelden incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans 1/300 jaar in 2015, 1/100 jaar in 2050 en 1/30 per jaar in 2100 voor het Botlekgebied op basis van het W+ scenario	23
Figuur 7. Overstromingsbeeld incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans van 1/1.000 jaar voor het Botlekgebied.	25
Figuur 8. Overstromingsbeeld incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans van 1/10.000 jaar voor het Botlekgebied.	28
Figuur 9. Overstroming van een industriecomplex nabij Bangkok in Thailand in 2011. Een geval van het overschrijden van de grenstoestand “bezwijken”, omdat allerlei apparatuur in fabrieken zoals deze op de foto verloren is gegaan en de productie maanden stil heeft gelegen als gevolg van het opruimen en aanschaf/installatie van nieuwe apparatuur.	32
Figuur 10. Voorbeeld van bepaling faalkansen voor een puntlocatie (bijvoorbeeld opslagtank) voor zowel bruikbaarheid (SLS) als bezwijken (ULS) op basis van de waterdieptekaarten. De getallen zijn fictief.	33
Figuur 11. Totale schade in 2011 relatie tot de maximaal toelaatbare overstromingskans voor alle normtrajecten. De stippellijn geeft de relatie tussen de maximaal toelaatbare kans en de totale schade bij een restrisico van 1 miljoen Euro/jaar zoals hier in deze pilot is gehanteerd.	36
Figuur 12. Stappen in de systematiek van het ‘afwegingskader Pilot Botlek’	40
Figuur 13. Faalkans en acceptabele faalkans met links situatie 1 waarbij de acceptabele faalkans wordt overschreden gedurende de levensduur (rond 2030) en rechts situatie 2 waarbij de acceptabele faalkans niet wordt overschreden gedurende de levensduur	42
Figuur 14: Afweging van het overstromingsrisico met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85 cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100	44
Figuur 15: Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/300 per jaar in 2015 met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor de drie deelgebieden voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100	45
Figuur 16: Afweging van het overstromingsrisico met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85 cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100	46

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 twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100 47

Figuur 18: Afweging van het overstromingsrisico met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85 cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100 48

Figuur 19: Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/10.000 per jaar in 2015 met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor de drie deelgebieden voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100 49

Figuur 20. Afweging overstromingsrisico tankopslag aan de hand van SLS (boven) en de ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de acceptabele faalkans op basis van de voorgestelde grensniveaus in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ waarbij de bandbreedte wordt bepaald door de onzekerheid in indirecte schade. 54

Figuur 21. Afweging overstromingsrisico A15 aan de hand van SLS (boven) en de SLS+ (onder) van de A15. De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; de rode lijn geeft de acceptabele faalkans op basis van het huidige ‘afwegingskader Pilot Botlek’. 58

Figuur 22. Afweging overstromingsrisico olieraffinaderijen aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige ‘afwegingskader Pilot Botlek’. 61

Figuur 23. Afweging overstromingsrisico chemie aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte in de acceptabele faalkans op basis van het huidige ‘afwegingskader Pilot Botlek’ 62

Figuur 24. Afweging overstromingsrisico bulkterminals aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige ‘afwegingskader Pilot Botlek’ 64

Figuur 25. Afweging overstromingsrisico containeroverslag aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G

klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'	65
Figuur 26. Afweging overstromingsrisico stukgoedterminals aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'	67
Figuur 27. Afweging overstromingsrisico distriparken aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; de rode lijn geeft de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'.	68
Figuur 28. Afweging overstromingsrisico nutsbedrijven aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'.	71
Figuur 29. Gevolgen voor heel Europa bij een overstroming met kans van 1/1.000 per jaar van de olie- en chemiesector in de Botlek	75
Figuur 30. Het Pilotgebied en de deelgebieden. De pijlen en kleuren geven aan uit welke richting de overstromingsdreiging hoofdzakelijk komt voor de deelgebieden.	80
Figuur 31: Effect van maatregel–Tuimelkade ophogen	83
Figuur 32: Typische dwarsdoorsnede van de huidige Tuimelkade in m+NAP langs het Hartelkanaal. Deze dwarsdoorsnede is op ongeveer 1 kilometer ten westen van de Hartelkering langs het Hartelkanaal	84
Figuur 33: Hoogteligging van de huidige Tuimelkade met de locatie langs de Tuimelkade in meters (boven) en de bijbehorende hoogteligging in m+NAP (onder)	85
Figuur 34: Westelijke punt van Botlek 1 nabij Seinehaven/Hartelkanaal. De paarse lijn is het huidige traject van de Tuimelkade, de groene lijn is een traject dat is meegenomen in deze kostenbepaling om ook dit deel van het haventerrein te beschermen tegen overstromen	86
Figuur 35: Effect maatregel– Flexibele kering Britanniëhaven	89
Figuur 36: Voorbeelden van flexibele waterkeringen met schotbalken (links) en een horizontaal beweegbare deur (rechts) (bron: STOWA, 2008).	90
Figuur 37: Weergave van de hoogte van de zuidzijde van de Britanniëhaven uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (bron: http://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/)	91
Figuur 38: Effect maatregel– verlagen faalkans Maeslantkering met een verlagend waterstandseffect van ongeveer 30 centimeter	92
Figuur 39: Effect maatregel -Viaducten A15 afsluiten	94
Figuur 40: Effect maatregel– Hartelkering open	97
Figuur 41: Effect van–Rozenburgse Sluis weghalen i.c.m. een open Hartelkering	100
Figuur 42: Effect van maatregel– Nieuwe stormvloedkering in Hartelkanaal	102

Figuur 43: Overzicht van faciliteiten met een waterrobuustheidopgave in het geval een bescherming tot 1/1.000 in 2050 gewenst is	104
Figuur 44: Benodigde waterkeringen rondom individuele sites	107
Figuur 45: Benodigde waterkeringen rondom (combinaties van) sites (beeld van 1/1.000 per jaar in 2050) op basis van materiaal van HKV (2016)	108
Figuur 46: Verbeelding onderdoorgang A15-welplaatweg (rode cirkel)	111
Figuur 47: Trechters in het proces de pilot: van mogelijke maatregelen naar een veelbelovende strategie	119

Tabellen

Tabel 1. Informatiebronnen voor de kansen en gevolgen bij een overstroming	15
Tabel 2. Indicatie van de absolute overstromingsschade bij gebeurtenis 1 in het Botlekgebied – prijspeil 2015 (Nicolai et al., 2016)	24
Tabel 3. Indicatie van de absolute overstromingsschade bij gebeurtenis 2 in het Botlekgebied – prijspeil 2015 (Nicolai et al., 2016b)	27
Tabel 4. Indicatie van de absolute overstromingsschade bij gebeurtenis 3 in het Botlekgebied – prijspeil 2015 (: Nicolai et al., 2016b).	30
Tabel 5. Gebruikte referenties voor opstellen ‘afwegingskader Pilot Botlek’	35
Tabel 6. Voorstel voor acceptabele kansen totale economische schade (prijspeil 2015) voor Pilot Botlek.	37
Tabel 7. Indicatie van de acceptabele kans voor aantallen directe dodelijke slachtoffers, incl. aansluiting bij groepsrisico	37
Tabel 8. Indicatie van de acceptabele kans voor aantallen indirect dodelijke slachtoffers, incl. aansluiting bij groepsrisico	38
Tabel 9. Voorstel van de acceptabele kans voor aantallen dodelijke slachtoffers (direct en indirect)	38
Tabel 10. Voorstel voor de beoordeling van de milieurisico’s	38
Tabel 11. Voorstel voor acceptabele kansen milieuschade	39
Tabel 12. Voorstel voor grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van de schade per gevolgcategorie voor het gehele pilotgebied.	41
Tabel 13. Schatting van de consequenties (in rood) van een overstroming met een frequentie van 1/300 jaar in 2015. Alleen economische schade is ingevuld omdat slachtoffers en milieuschade verwaarloosbaar geacht worden in dit scenario.	44
Tabel 14. Schatting van de consequenties (in rood) van een overstroming met een frequentie van 1/1.000 jaar in 2015	46
Tabel 15. Schatting van de consequenties (in rood) van een overstroming met een frequentie van 1/10.000 jaar in 2015	48
Tabel 16. Oppervlakte per bedrijfscategorie in het Botlekgebied	59
Tabel 17: Samenvatting eerste verkenning overschrijding acceptabele kans in 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).	73

Tabel 18: Absolute directe en indirecte schade per deelgebied in 2050 bij verschillende events (prijspeil 2015)	81
Tabel 19: Effect op de schade – percentages waarmee de schade wordt gereduceerd	82
Tabel 20: Schatting van de CW van de kosten en baten van de maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in het Botlekgebied	82
Tabel 21: Opbouw van de batenberekening van het ophogen van de Tuimelkade met een doelbereik van 1/1.000 per jaar	88
Tabel 22: Geschatte baten (in mln Euro) van het ophogen van de Tuimelkade	89
Tabel 23: Geschatte baten (in mln Euro) van een flexibele kering aan de noordzijde van de Britanniëhaven	90
Tabel 24: Geschatte baten (in mln Euro) van een kering aan de zuidzijde van de Britanniëhaven	92
Tabel 25: Geschatte baten (in mln Euro) van het afsluiten van de viaducten in de A15	95
Tabel 26: Geschatte baten (in mln Euro) van het openzetten van de Hartelkering	98
Tabel 27: Geschatte baten (in mln Euro) van het weghalen van de Rozenburgse Sluis	101
Tabel 28: Geschatte baten (in mln Euro) van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal	103
Tabel 29: Geschatte baten (in mln Euro) van waterrobuust maken van sites en/of assets	109
Tabel 30: Karakteristieken van noodkeringen (bron: STOWA, 2008)	110
Tabel 31: Geschatte baten (in mln Euro) van noodkeringen	113
Tabel 32: Geschatte baten (in mln Euro) van een gebiedsnoodplan	114
Tabel 33: Geschatte baten van noodvoorzieningen	115
Tabel 34: Baten van diverse maatregelen in het scenario met gematigde economische groei.	117
Tabel 35: Toename overstromingsdiepte voor verschillende overstromingsfrequenties en toename directe schade voor W+ en G scenario bij gelijke frequentie	118
Tabel 36: Beoordeling maatregelen in mogelijke adaptatiestrategieën in het licht van de selectiecriteria	121
Tabel 37: Verschillen tussen de scenario's RC en GE (uit de Deltascenario's van het deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden)	134
Tabel 38: Verschillen tussen de scenario's krimp en groei (uit de Deltascenario's van het deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden)	134
Tabel 39. Groslijst van onderwerpen waarvan een nadere uitwerking of verdieping zinvol zou kunnen zijn voor het ontwikkelen van een adaptatiestrategie	136
Tabel 40. Programma's, onderzoeken, studies en/of projecten waar de pilot kennis uit kan halen of kennis naar toe kan brengen	137

1 Betrokken organisaties en experts

De pilot Botlek Waterveiligheid is getrokken door de projectgroep. Ten tijde van de pilot is regelmatig met de klankbordgroep overlegd over de resultaten. Bovendien heeft de klankbordgroep de eindrapporten (hoofd- en bijlagerapport) becommentarieerd.

In verschillende werksessies met experts en belanghebbenden, alsook in één-op-één gesprekken zijn de gevolgen van een overstroming onderzocht, is de kansrijkheid van maatregelen geëvalueerd en is een veelbelovende adaptatiestrategie geformuleerd.

In deze bijlage staan de leden van de projectgroep en klankbordgroep genoemd, alsook de deelnemende partijen aan de sessies en gesprekken.

Projectgroepleden:

- Joost de Nooijer – Havenbedrijf Rotterdam
- Marc Eisma – Havenbedrijf Rotterdam
- Tina van Leeuwen – Havenbedrijf Rotterdam
- Marlene Dekarz – Havenbedrijf Rotterdam
- Nick van Barneveld – Gemeente Rotterdam
- Bart Kornman – Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid
- Evrim Akar – Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid
- Bernadette Verstege – Ministerie van Infrastructuur & Milieu
- Jarit van de Visch – Royal HaskoningDHV
- Mathijs van Ledden – Royal HaskoningDHV
- Simone van Dijk – Royal HaskoningDHV
- Teun Terpstra – HKV Lijn in Water
- Marit Zethof – HKV Lijn in Water
- Anne Loes Nillesen - DeFacto

Klankbordgroepleden

- Robert Tieman – Deltalinqs
- Evert van der Meide – Provincie Zuid-Holland
- Annemarieke Grinwis – Ministerie van Infrastructuur & Milieu
- Betty Zaaijer – Vopak
- Arnold Meijer – Shell
- Piet van Driesten – ExxonMobil
- Paul Crooijmans – DCMR
- Patrick de Visser – Rijkswaterstaat West-Nederland Zuid
- Hans Waals – Waterschap Hollandse Delta
- Edwin de Roij – VNCI
- Freddy Koetse – Air Products
- Erwin Talens – Rijkswaterstaat
- Mark Schipper – Veiligheidsregio Rijnmond

Eén-op-één gesprekken

- 6 augustus 2015: Veiligheidsregio Rijnmond – Bas Buitendijk & Mark Schipper
- September 2015: Provincie Zuid-Holland – Evert van der Meijde
- September 2015: Waterschap Hollandse Delta – Hans Waals

- 17 september 2015: Evides – Lydia Barm
- 18 september 2015: Stedin – Lion van der Heijden & Melvin Agten
- Oktober 2015: DCMR – Robert Mout
- 13 november 2015: Divisie Havenmeester (DHMR) – Wim Hoebee & Pieter Nordbeck
- 15 december 2015: Distripark Botlek – ledenvergadering, vertegenwoordigers aanwezig van DB Schenker, Pacorini Metals, Waalhaven Group, Hollandsveem, De Zakenpartner, Rotterdam Freight Station
- 16 december 2015: ProRail – Onno Hazelaar
- 22 december 2015: ExxonMobil – Piet van Driesten & diverse collega's
- 7 januari 2016: Air Products – Freddy Koetse
- 15 januari 2016: Havenbedrijf Rotterdam – Sjaak Verburg
- 22 januari 2016: ExxonMobil – Piet van Driesten
- 29 maart 2016: RRP – Bas van Leer, Gerard de Man, Melody Michielsen
- Mei 2016: RIVM – Leo Posthuma
- Mei 2016: Rijkswaterstaat – Durk Riedstra
- 29 september 2016: Rijkswaterstaat – Pieter Beeldman, Pim Neefjes, Arie Broekhuizen, Sacha de Goederen
- 27 oktober 2016: C.RO – Sjors Bosvelt, Max van der Struijk
- 28 oktober 2016: Waterschap Hollandse Delta – Hans Waals

Werksessies

Analyse gevolgen overstroming voor tankopslag – 22 oktober 2015

- Air Products – Freddy Koetse
- Akzo Nobel – Barry Karabatak
- ExxonMobil – Piet van Driesten
- Havenbedrijf Rotterdam – Joris Hurenkamp
- Huntsman – Frank de Graaff
- Lyondell chemie NL – Harm-Jan van Rein & John Bosma
- Rubis Tank Terminal - Roald Hutten
- Shell – Arnold Meijer
- Tronox Pigments – Paul Brons
- VNCI – Edwin de Roij
- VU – Hans de Moel
- Afstudeergroep MESH – Miels Even

Analyse gevolgen overstroming voor de A15 – 9 november 2015

- Deltalinqs – Jasper Nagtegaal
- Distripark Botlek – Peter Hoozemans
- Havenbedrijf Rotterdam – Bob Dodemont
- Provincie Zuid-Holland – Cees IJsselstein
- Rijkswaterstaat Risiconiveaus Wegennetwerk – Kees van Muiswinkel
- Rijkswaterstaat Wegbeheerder – André van der Laars
- TLN – Leander Hepp
- VNCI – Edwin de Roij
- VU – Elco Koks

Analyse gevolgen overstroming voor utiliteiten – 10 december 2015

- DeltaLinqs – Hans van 't Noordende
- ExxonMobil – Piet van Driesten
- Evides – Joost Eijkman
- Gasunie – Giorgio Achterbosch
- Havenbedrijf Rotterdam – Sjaak Verburg
- Stedin – Martin van der Leun
- Tennet – Chantal ter Braak

Analyse gevolgen overstroming voor verschillende bedrijfsactiviteiten – 17 december 2015

- BP – Wilma van Gils
- DB Schenker – Marcel Hoofdman
- Deltalinqs – Robert Tieman
- Huntsman – Frank de Graaff
- Lyondell chemie NL – Harm-Jan van Rein & John Bosma
- Rubis Tank Terminal – Roald Hutten
- Steinweg – Peter Stoffer
- Tronox Pigments – Paul Brons
- VNCI – Edwin de Roij
- Vopak – Betty Zaaijer
- VU – Elco Koks

Inventarisatie maatregelen en formulering mogelijke adaptatiestrategieën – 28 juni 2016

- Akzo Nobel – Barry Karabatak
- DB Schenker – Marcel Hoofdman
- DCMR – Paul Crooijmans
- Deltalinqs – Robert Tieman
- Distripark – Peter Hoozemans
- ExxonMobil – Piet van Driesten
- Havenbedrijf Rotterdam – Saskia Wiegman, Anne Geurts, Joris Hurenkamp, Rob van Bekkum & Colinda Land
- Huntsman – Frank de Graaff
- Lyondell chemie NL – John Bosma
- Provincie Zuid-Holland – Evert van der Meide & Yde Hamstra
- Rijkswaterstaat – Erwin Talens
- Shell – Arnold Meijer
- Stedin – Paul van der Zwet
- Steinweg – Peter Stoffer
- Veiligheidsregio Rijnmond – Mark Schipper
- VNCI – Edwin de Roij
- Vopak – Betty Zaaijer

Formulering kansrijke adaptatiestrategieën – 11 oktober 2016

- Botlek Tank Terminal – Frank de Leng
- DB Schenker – Marcel Hoofdman
- DCMR – Paul Crooijmans
- Deltalinqs – Robert Tieman
- ExxonMobil – Piet van Driesten

- Havenbedrijf Rotterdam – Marc Wormmeester, Colinda Land & Peter Mollema
- Huntsman – Frank de Graaff
- Lyondell chemie NL – John Bosma
- Prorail – Onno Hazelaar
- Provincie Zuid-Holland – Evert van der Meide en Y.S. Hamstra
- Rubis Terminals – Roald Hutten
- Rijkswaterstaat – Robert Vos & Durk Riedstra
- Stedin – Paul van der Zwet
- Steinweg – Peter Stoffer
- Tennet – Chantal ter Braak
- Veiligheidsregio Rijnmond – Mark Schipper
- Vopak – Betty Zaaijer

Expertsessies

Expertsessie Aanscherpen afwegingskader – 15 oktober 2015

- Pieter van Gelder (TBM/ TU Delft)
- Gijsbert Kant (Havenbedrijf Rotterdam)
- Paul Crooijmans (DCMR)
- Durk Riedstra (Rijkswaterstaat)

Expertsessie Afwegingskader, gevolgbeplanning en kennisagenda – 26 november 2015

- Paul Crooijmans (DCMR)
- Durk Riedstra (Rijkswaterstaat)
- Ron Veenstra (Rijkswaterstaat)
- Robert Vos (Rijkswaterstaat)
- Dennis Wagenaar (Deltares)
- Nadine Slootjes (Deltares)
- Tom Maclennan (Vopak)
- Gerard File (Royal HaskoningDHV)
- Marc Hulst (Royal HaskoningDHV)
- Miels Even (afstudeergroep MESH)
- Sander van der Hulst (afstudeergroep MESH)

Expertsessie Milieurisico's overstromingen – 19 mei 2016

- Genserik Reniers (TU Delft)
- Paul Crooijmans (DCMR)
- John Bosma (Lyondell Chemie NL)
- Piet van Driesten (ExxonMobil)
- Alan Dirks (Havenbedrijf Rotterdam)
- Anneke Raap (Ministerie van Infrastructuur en Milieu)

2 Toelichting bij overstromingskansen

Bescherming tegen overstromingen in het 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. 3,4m-3,6m¹+NAP komt. Hierbij dient wel aangetekend te worden dat de Maeslantkering een faalkans heeft van 1/100. Dit betekent dat bij 100 sluitingen de kering statistisch gezien gemiddeld één keer niet zal sluiten, bijvoorbeeld vanwege een technisch mankement.

Aan de zuidwestkant van het Botlekgebied is er sprake van een open verbinding met de Noordzee via het Calandkanaal tot de Rozenburgse sluis en via het Hartelkanaal tot 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 5,5m+NAP². Hierbij is het effect van seiches (kortdurende schommelingen van enkele decimeters) en (wind-)golven meegerekend. In een dergelijke situatie stroomt het gedeelte ten westen van de Europoortkering onder water (Britanniëhaven en Botlek 1). De Europoortkering (zie kader) remt het water af waardoor Botlek 2 en de Vondelingenplaat minder snel overstromen.

Europoortkering: De Europoortkering is een zogenaamde verbindende waterkering (net als bijvoorbeeld de Afsluitdijk) en is overstroombaar aangelegd, zie ook Konter (2013). Met een “verbindende” waterkering wordt bedoeld dat deze waterkering niet direct water keert om een achterliggende polder met mensen te beschermen. De Europoortkering vormt de verbinding tussen de Hartelkering en de Maeslantkering. Hiertussen ligt nog de dijkkring Rozenburg. Het gedeelte ten westen van Rozenburg wordt Europoortkering I genoemd en het gedeelte ten oosten van Rozenburg Europoortkering II. De Europoortkering is aangelegd bij de aanleg van de Maeslantkering en de Hartelkering rond 1995-1996. Deze kering is erop gericht om het hoogwater vanuit het Calandkanaal en Hartelkanaal sterk te reduceren voor Rotterdam en omgeving. De kering is zodanig ontworpen dat er geen ontoelaatbare effecten zijn op de achterliggende maatgevende waterstanden in de Nieuwe Waterweg.

Ook de Tuimelkade beschermt het Botlekgebied. De Tuimelkade loopt vanaf de Hartelkering tot bij de Seinehaven en heeft een hoogte van ongeveer 5,25 m+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.

Waterdieptes

Voor het Botlekgebied heeft HKV waterdieptekaarten gemaakt op basis van informatie en de berekeningsresultaten van Deltares (Nicolai et al., 2016). Deze kaarten zijn gemaakt voor verschillende herhalingstijden (onder andere 1/100 jaar, 1/300 jaar, 1/1.000 jaar en 1/10.000 jaar) en verschillende zichtjaren (2015, 2050, 2100).

De waterdieptekaarten geven een indruk van welke gebieden gevoelig zijn voor een overstroming in het Botlekgebied en hoe dit zich richting de toekomst kan ontwikkelen als gevolg van klimaatverandering. Als basis zijn hiervoor de KNMI'06-scenario's gebruikt. Voor de toekomst is uitgegaan van een zeespiegelstijging van +0.35m in 2050 en +0.85m in 2100. Het scenario 'stoom' gaat uit van een graduele zeespiegelstijging met +35 cm in 2050 t.o.v. 1990 (op basis van het W+ scenario). Het langzamere

¹ Bij Rotterdam in de Nieuwe Maas MHW 3.60m+NAP 1/10.000, bij Maassluis in de Nieuwe Waterweg 3.40m+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)

² Dit is inclusief het effect van seiches (kortdurende schommelingen van enkele decimeters) en (wind-)golven.

klimaatveranderingsscenario van het KNMI, G, veronderstelt een (absolute) zeespiegelstijging van 0,35 m voor het jaar 2100. Daarmee vallen het scenario G voor het zichtjaar 2100 en het scenario W+ voor het zichtjaar 2050 samen met betrekking tot de zeespiegelstijging. Deze scenario's zijn ook gebruikt in het Deltaprogramma.

Het uitgangspunt voor de waterdiepte kaarten is de extreme hoogwaterstanden in zowel de Nieuwe Waterweg als het Hartelkanaal, rekening houdend met de bestaande waterkeringen in het gebied zoals de Maeslant-, Hartel en Europoortkering. Voor het westelijke deel van het Botlekgebied (ten westen van de Oude Maas) is rekening gehouden met het effect van verschillende soorten golven die in het havengebied optreden tijdens een stormsituatie. Het gaat daarbij om allereerst om golven die door de wind worden opgewekt op het Hartelkanaal en de Nieuwe Waterweg. Daarnaast kunnen ook (resonantie)golven optreden in de haven die het gevolg zijn van golven op de Noordzee door luchtdrukconvectiecellen ('seiches'). Naast de hoge waterstanden kunnen deze golven voor extra water in het Botlekgebied zorgen.

De informatie over waterstanden en golven is vertaald naar het mogelijke overstromingspatroon in het Botlekgebied. Bij deze vertaling is rekening gehouden met de variërende hoogteligging in het gebied en obstakels (bijvoorbeeld de A15). Voor elk punt in het gebied is de maximale waterdiepte bepaald gedurende een overstroming. De inschatting is dat het water in het Botlekgebied vrij snel weer weg zal stromen bij het zakken van de waterstanden na de storm (orde 1-2 dagen), omdat het gebied boven (gemiddeld) zeeniveau ligt.

Het is van belang om te realiseren dat de waterdiepte kaarten een inschatting geven van de overstromingssituatie. Het is geen perfecte voorspelling. Bij het maken van de kaarten moeten allerlei keuzes gemaakt worden en ook aannames gedaan worden over bijvoorbeeld het precieze stormverloop en het wel of niet bezwijken van bepaalde objecten (denk aan de Tuimelkade³ of de A15). Ook zijn er onzekerheden in allerlei factoren zoals extreme waterstanden en golven. Het gaat om extreme omstandigheden die niet voorgekomen zijn in het recente verleden. De inschatting is dat minimale nauwkeurigheid van de berekende waterdiepte een 0,5 meter is, d.w.z. onder- of overschatting van de werkelijke waterdiepte met een maximaal een 0,5 meter (Nicolai et al., 2016).

Overige informatie voor overstromingskansen (en –gevolgen)

Naast de waterdiepte is er ook informatie over de stroomsnelheden en stijgsnelheden. Deze informatie wordt – naast de waterdiepte - gebruikt om schattingen te maken over kans op slachtoffers als gevolg van verdrinking. Ook geeft het een beeld over mogelijke extra schade aan bijvoorbeeld infrastructuur. De stroomsnelheden zijn relatief laag. In een groot deel van het overstroomde 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). Door de hoogteligging van het gebied is ook de snelheid waarmee het water stijgt beperkt. Alleen langs de zuidrand van het Botlek 1 gebied kan de stijgsnelheid groter worden dan 1 m/uur onder zeer extreme overstromingsscenario's.

De overstromingssituaties met herhalingstijden van 1.000 jaar en hoger gaan gepaard met extreme weersomstandigheden⁴. In deze situaties zal de windkracht tijdens de piek van de storm zeer zwaar zijn (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.

³ Er is uitgegaan van een situatie waarin de Tuimelkade niet faalt. Het is niet goed mogelijk om op voorhand te zeggen of dit een optimistische of realistische aanname is.

⁴ 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.

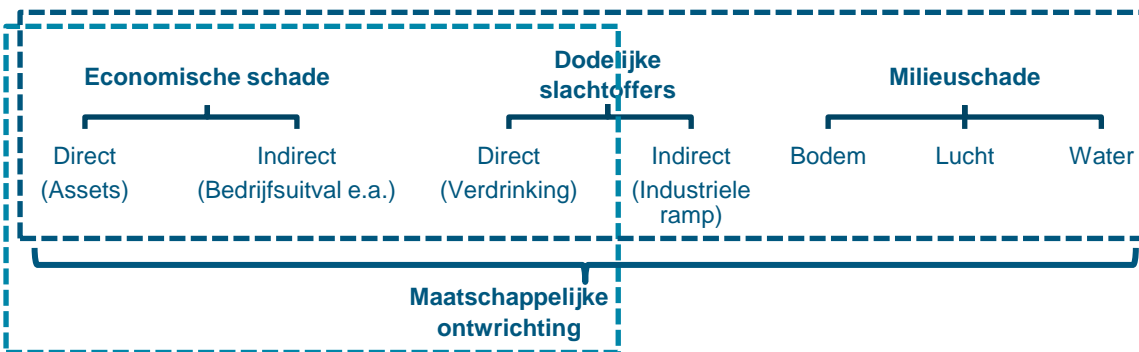
3 Gevolgen van een overstroming

Om meer inzicht te krijgen in de gevolgen van overstroming, heeft HKV/VU (Nicolai et al., 2016) een kwantitatieve risicoanalyse uitgevoerd. In werksessies met de belanghebbenden heeft parallel hieraan een kwalitatieve risicoanalyse plaatsgevonden en zijn de uitkomsten uit de kwantitatieve analyse getoetst.

3.1 Methodiek bepaling gevolgen

In de kwantitatieve analyse zijn directe dodelijke slachtoffers, economische schade en maatschappelijke ontwrichting beschouwd. In de kwalitatieve analyse is ook milieuschade en daaraan gerelateerde indirecte slachtoffers beschouwd. Maatschappelijke ontwrichting is feitelijk de verzameling van verschillende gevolgcategorieën. Om de gevolgbeoordeling simpel en overzichtelijk te houden, is 'maatschappelijke ontwrichting' voorlopig alleen als resultaat van de gehele analyse meegenomen (bijvoorbeeld als de economische schade heel groot is, of als er veel slachtoffers vallen of een combinatie daarvan) in plaats van als apart aspect.

De gevolgcategorieën zijn schematisch weergegeven in Figuur 1.



Figuur 1. Gevolgcategorieën bij een overstroming met in het in lichtblauw omrande gebied de gevolgcategorieën die in de kwantitatieve risicoanalyse van HKV/VU (2016) zijn meegenomen en in het donkerblauw omrande gebied de gevolgcategorieën die in de kwalitatieve risicoanalyse zijn meegenomen.

Voor de verschillende gevolgen is gebruik gemaakt van verschillende informatiebronnen. Deze zijn in Tabel 1 weergegeven. In de onderstaande paragrafen wordt de methodiek voor de gevolgbeoordeling per type gevolg toegelicht.

Tabel 1. Informatiebronnen voor de kansen en gevolgen bij een overstroming

Aspect	Methode
Directe economische schade	Toepassing van schadecurves (zie Nicolai et al., 2016b) met wat aanpassingen) als functie van waterdiepte voor verschillende categorieën.
Indirecte economische schade	Input-outputmodel van VU Amsterdam (zie Nicolai et al., 2016b)) voor Regio Rijnmond met als input de directe economische schade
Directe dodelijke slachtoffers	Mortaliteitsfractie en Lokaal Individueel Risico op basis van waterdiepte en stroomsnelheden en slachtofferfuncties voor binnendijkse gebieden (zie Nicolai et al., 2016b)
Indirecte dodelijke slachtoffers	Kwalitatieve analyse op basis van inschatting mogelijke keteneffecten en aanwezigheid van personen in het invloedsgebied.
Milieu (Bodem, water lucht)	Kwalitatieve analyse op basis van het externe veiligheidsdomein

3.1.1 Economische schade

De economische dimensie speelt een belangrijke rol voor industriegebieden zoals de Botlek. Een gebeurtenis die grote schade met zich meebrengt (het overstromen van een zeer kostbare fabriek, of uitval van cruciale onderdelen van een fabriek door een kleine hoeveelheid water) worden minder geaccepteerd dan een gebeurtenis met kleine schade (bijvoorbeeld het overstromen van een opslagloods). In de praktijk zal er veel meer geld geïnvesteerd worden om de eerste gebeurtenis te voorkomen dan bij de tweede situatie.

Bij de economische dimensie is er een onderscheid tussen directe en indirecte economische schade.

- Directe schade is schade die optreedt aan objecten, kapitaalgoederen en roerende goederen vanwege het directe contact met water.
- Indirecte schade is het verlies aan toegevoegde waarde binnen en buiten het overstroomde gebied. Het volgende onderscheid wordt gemaakt:
 1. Schade als gevolg van bedrijfsuitval (verliezen door productiestilstand);
 2. Schade die andere bedrijven (buiten het overstroomde gebied) lijden doordat ze niet meer worden bevoorrad (verliezen door wegvallen van omzet);
 3. Schade als gevolg van de doorsnijding of uitval van infrastructuur (wegen, telecommunicatie, nutsvoorzieningen, etc.).

Methodiek voor het bepalen van directe schade

Een schatting van de directe schade van een bepaalde gebeurtenis volgt uit de overstromingskarakteristieken en een schadecurve als functie van de overstromingsdiepte. In de kwantitatieve analyse van HKV/VU (2016) zijn er generieke schadefuncties opgesteld voor verschillende activiteiten en/of objecten (bijvoorbeeld infrastructuur).

Nicolaï et al. (2016) beschrijven een schadefunctie als weergave van de verwachte schade als gevolg van een overstroming voor een bepaalde schadecategorie ofwel landgebruiksklasse. In de meeste gevallen is de verwachte schade in de schadefunctie weergegeven als functie van de waterdiepte en uitgedrukt als percentage van de maximaal optredende schade (het maximale schadebedrag) voor de betreffende schadecategorie. Als de waterdiepte en het landgebruik van een locatie bekend zijn, dan kan de schade fractie worden bepaald en is de schade gelijk aan het product van de schade fractie en het maximale schadebedrag (voor het betreffende landgebruik). De totale schade is de som van de berekende schades voor alle locaties in het overstroomde gebied.



Figuur 2. Schematische weergave methode bepaling directe schade (Bron: Nicolaï et al, 2016)

De volgende stappen worden doorlopen om de verwachte directe economische schade te bepalen:

1. Bepaling van het overstromingspatroon en bijbehorende waterdieptes.
2. Bepaling van het landgebruik.
3. Bepaling van het verwachte schadepercentage op basis van landgebruik en waterdiepte.

4. Bepaling van locatiespecifieke verwachte schade als product van schadefractie en maximale schade⁵.
5. Totale schade tijdens overstroming door verwachte schade te sommeren over het overstromde gebied.

Tebodin (1998) heeft schadefuncties gedefinieerd voor het bepalen van schade voor industriële schadecategorieën (schadeverloop en schadebedragen). Voor de categorieën wegen, spoorwegen en stedelijk gebied zijn schadefuncties en -bedragen beschikbaar uit de schademodule van HIS-SSM v2.5 (Kok et al., 2005). De meest relevante schadefuncties (bijvoorbeeld die voor wegen, tankopslag en chemische industrie) zijn specifiek gemaakt voor de situatie in het Botlekgebied, vanuit de inzichten uit de werksessies (Joint Fact Finding). Zo is een betere inschatting ontstaan van de directe overstromingsschade (totale schade en ruimtelijke verdeling van de schade) in het Botlekgebied.

Het verloop van de schadefunctie en de maximaal mogelijke schade zijn generiek per schadecategorie afgeleid, zodat deze representatief zijn voor de schadecategorieën in het algemeen. Dit betekent dat de schadeverwachting voor individuele objecten kan afwijken van de gemiddelde schadeverwachting. Door de schade te sommeren over het gehele overstromde gebied wordt de onzekerheid van de schadeverwachting van individuele objecten teruggebracht. De schadeverwachting voor een gebied als geheel is daarom significant nauwkeuriger dan de schadeverwachting voor individuele objecten.

Methodiek voor het bepalen van indirecte schade

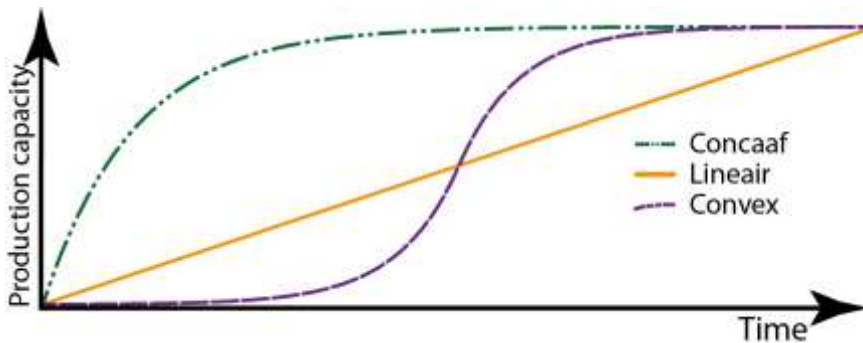
De indirecte schade in de pilot heeft de bedrijfsverliezen op sectorniveau weer voor alle sectoren die aanwezig zijn in de regio Groot-Rijnmond. Dit zijn zowel bedrijfsverliezen voor de sectoren die geraakt zijn (omdat een deel van de sector aanwezig is in het Botlekgebied) als voor sectoren die niet direct geraakt worden door de overstroming in het Botlekgebied (Nicolai et al, 2016).

Het input-outputmodel (IO-model) van de VU Amsterdam (Nicolai et al, 2016) is gebruikt om de indirecte schade te modelleren. Een IO-model geeft een overzicht van transacties tussen sectoren en andere economische actoren (zoals huishoudens en overheidsinstanties) voor een bepaalde regio en tijdsperiode (Miller en Blair, 2009). Om de indirecte gevolgen te berekenen die zullen ontstaan doordat bedrijven gedurende de herstelperiode niet kunnen produceren, heeft HKV/VU (2016) hierbij gebruik gemaakt van het ARIO (Adaptive regional Input-Output) model (Hallegatte, 2008, 2014). Het ARIO model, gebaseerd op IO-modelleren, is een vaak toegepast model om de economische gevolgen te berekenen ten gevolge van een natuurramp.

Om de herstelperiode te modelleren heeft HKV/VU (2016) gebruik gemaakt van drie verschillende herstelcurves: concaaf, lineair en convex (Figuur 3). De curves geven aan het geleidelijke herstel van de productie totdat de oorspronkelijke economische situatie bereikt is. Een terugkeer naar de oorspronkelijke situatie is niet de meest waarschijnlijke. Echter, omdat hier weinig over gedocumenteerd is, is in deze pilot hier toch vanuit gegaan.

Een concave curve representeert een snel herstel van het gebied, waarbij er direct na de overstroming wordt begonnen met herbouwen. De convexe curve is hier het tegenovergestelde van, waar het gebied eerst nog een tijd 'plat' ligt. Het herstel begint hier pas later. Er zullen dus hogere schades zijn, omdat er voor langere tijd geen productie in het gebied plaatsvindt. De lineaire curve is de middenweg tussen de twee uitersten. De indirecte schade in de pilot is gebaseerd op een convex herstel na de overstroming.

⁵ In sommige studies gaat men uit van schade als fractie van de economische waarde. Het maximale schadebedrag is over het algemeen lager dan de maximale schade. De schadefracties zijn dan voor alle waterdieptes kleiner dan 1.



Figuur 3: De verschillende herstelcurves die worden gebruikt in de berekening voor indirecte schade (bron: Nicolai et al, 2016)

De modellen die gebruikt zijn om de indirecte schade te berekenen zijn erg gevoelig voor de waarde van bepaalde parameters, zoals het type herstelcurve en de duur van herstel. Zaken als voldoende capaciteit om reparaties uit te voeren zijn van belang voor de herstelperiode en daarmee op de indirecte schade. Ook de vraag of de economie zich na een extreme overstroming überhaupt kan herstellen (mogelijk nemen andere gebieden de rol van Botlek over) heeft invloed op de totale indirecte schade. Ten slotte telt voor de bedrijven ook imagoschade mee. Bijvoorbeeld als de levering van producten te lang weg valt, leidt het imago en de concurrentiepositie van de getroffen bedrijven hieronder. Dit is niet meegenomen in de berekeningen. De resultaten gelden dan vooral als eerste indicatie van de mogelijke indirecte economische schade (Nicolai et al., 2016).

3.1.2 Dodelijke slachtoffers

Dodelijke slachtoffers (niet: getroffen) zijn te onderscheiden in directe en indirecte slachtoffers. Directe slachtoffers worden veroorzaakt door verdrinking tijdens de overstroming. Indirecte slachtoffers zijn het gevolg van eventuele calamiteiten die zich voordoen als gevolg van de overstroming. Daarbij valt te denken aan grote explosies en/of brand op de industrieterreinen.

Methodiek voor het bepalen van directe slachtoffers

Bij een overstroming hangt de kans op overlijden af van veel verschillende factoren. Fysieke factoren zoals waterdiepte en stroomsnelheid worden vaak gebruikt om een schatting te maken van het aantal directe slachtoffers (Jonkman, 2007). Ook wordt rekening gehouden met evacuatiemogelijkheden. Wel wordt opgemerkt dat deze vergelijkingen veelal zijn gebaseerd/ gekalibreerd op informatie uit grootschalige overstromingen in woongebieden (denk aan Zeeland 1953, New Orleans in 2005) en niet voor industriegebieden. Het is de vraag of deze ook geldig zijn voor industriegebieden.

De directe slachtoffers in deze pilot zijn ingeschat op basis van de overstromingsinformatie. De overstromingskarakteristieken (waterdiepte, stijgsnelheid, stroomsnelheid) zijn vertaald naar het lokaal individueel risico (LIR) per gridcel. Het LIR is input voor de schatting van het aantal dodelijke slachtoffers (met diverse aannamen) voor een bepaalde puntlocatie (bijvoorbeeld een opslagtank), maar ook voor een lijnelement (bijvoorbeeld de A15).

Een generieke vuistregel is dat circa 1% van de aanwezige mensen in het overstroomde gebied overlijden bij grootschalige overstromingen langs de kust (Jonkman, 2007). In de situatie van het Botlekgebied zal de kans op overlijden gegeven een overstroming waarschijnlijk (veel) lager liggen dan 1% van het aantal getroffen. Bijvoorbeeld: de mensen die (nog) in het gebied aanwezig zullen zijn, zijn waarschijnlijk zelfredzaam (geen zieken, ouderen). Ook zullen de aanwezige mensen niet overvallen worden door de

storm. Vanwege deze overwegingen wordt hier als (conservatieve) aanname een kans van 0.1% (factor 10 lager) gehanteerd voor de kans op overlijden gegeven een overstroming in het Botlekgebied.

Methodiek voor het bepalen van indirecte slachtoffers

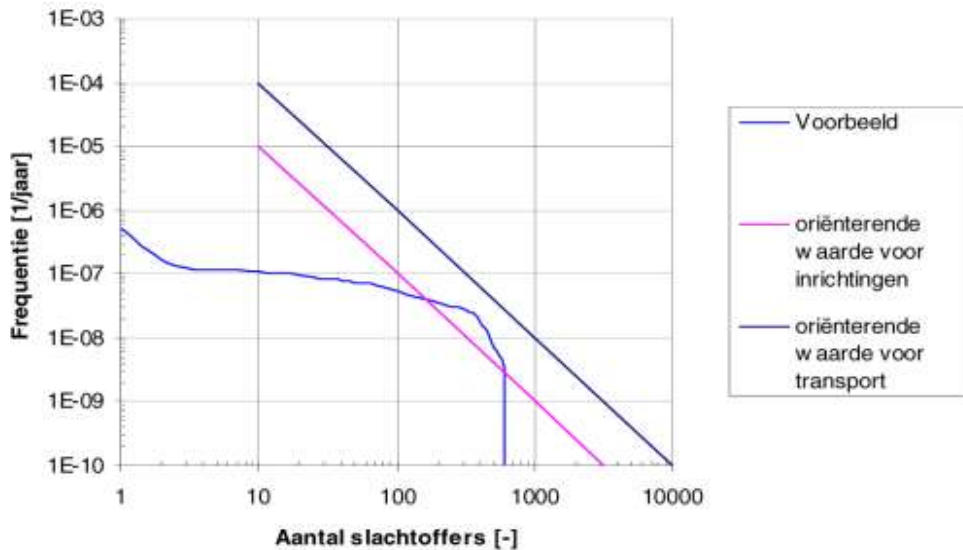
Indirecte slachtoffers vallen als gevolg van een domino-effect van de overstroming die een calamiteit bij een bedrijf met gevaarlijke stoffen tot gevolg heeft. Het betreft in dat geval indirecte slachtoffers als gevolg van een extern veiligheidsrisico. Voor externe veiligheid wordt onderscheid gemaakt tussen drie soorten hoofdsenario's: brand, explosie en een giftige wolk. In het kader van de Seveso-regelgeving binnen het Besluit risico's zware ongevallen (Brzo) zijn bedrijven verplicht om hun risico's in beeld te brengen.

Er kan van uit gegaan worden dat alle Brzo-bedrijven in het Botlekgebied de verplichtingen uit de Brzo zullen opvolgen. De Brzo maakt gebruik van het plaatsgebonden risico en het groepsrisico. Het plaatsgebonden risico is de berekende kans per jaar, dat een persoon overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongeval bij een risicobron (inrichting of transportroute), aangenomen dat hij op die plaats permanent en onbeschermd verblijft. In het plaatsgebonden risico zijn in het kort twee verschillende kansen verwerkt: (i) de kans dat een ramp, zoals het ontsnappen van een gevaarlijke stof, plaatsvindt; en (ii) de kans dat een persoon daadwerkelijk overlijdt als gevolg daarvan.

De kans dat een persoon daadwerkelijk overlijdt als gevolg van het ontsnappen van een gevaarlijke stof mag conform de Nederlandse wetgeving maximaal 1 op een miljoen (10^{-6}) per jaar zijn. De norm van 10^{-6} /jaar geldt ten aanzien van kwetsbare objecten als grenswaarde, die niet mag worden overschreden, en ten aanzien van beperkt kwetsbare objecten als richtwaarde. Rondom een inrichting of transportroute bestaat op sommige plaatsen hetzelfde risico. Deze plaatsen kunnen als een lijn (een risicocontour) op een kaart gezet worden.

Het groepsrisico is de cumulatieve kans per jaar dat ten minste 10, 100 of 1.000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof of gevaarlijke afvalstof betrokken is. Anders gezegd geeft het groepsrisico weer wat de kans is op het overlijden van een groep personen ten gevolge van een ongeval bij een bedrijf. Voor het groepsrisico is geen grenswaarde vastgesteld. Wel is er de zogeheten oriëntatiewaarde, deze dient door het bevoegde gezag (de vergunningverlener, zijnde de provincie of de gemeente) te worden gehanteerd bij de overwegingen over het groepsrisico. Deze oriëntatiewaarde is de kans op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-5} per jaar (voor vervoer: 10^{-4}), met de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-7} per jaar (voor vervoer: 10^{-6}) en met de kans op een ongeval met 1.000 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-9} per jaar (voor vervoer: 10^{-8}).

Het groepsrisico wordt weergegeven in een zogenaamde FN-curve. In deze curve is het aantal mogelijke slachtoffers uitgezet tegen de kans van optreden. De curve wordt opgebouwd uit een aantal scenario's, zoals catastrofaal falen van een opslagtank en een kleine lekkage. De verschillende scenario's die kunnen optreden zijn onderdeel van de zogenaamde kwantitatieve risicoanalyse die de basis vormt voor de FN-curve. In onderstaande figuur is een voorbeeld gegeven van een FN-curve.



Figuur 4. Voorbeeld van een FN-curve voor groepsrisico

Uit de kwantitatieve risicoanalyse kan het aantal indirecte slachtoffers in relatie tot de verschillende scenario's worden afgeleid. Uitgangspunt daarbij is dat bij een overstroming één of meer scenario's optreden die normaal gesproken worden meegenomen in een kwantitatieve risicoanalyse. Er is dus geen rekening gehouden met eventuele andere scenario's. Hiermee sluit het afwegingskader aan bij het externe veiligheidsbeleid en wordt voorkomen dat de analyses onnodig complex zijn.

3.1.3 Milieuschade

Bij milieuschade wordt onderscheid gemaakt tussen schade aan drie compartimenten: lucht, water en bodem.

Water & bodem

Water en bodem zijn aan elkaar gekoppeld. In eerste instantie verspreidt het water de stoffen, maar dit slaat op den duur neer op de bodem. Dit zorgt ervoor dat stoffen over een relatief groot gebied kunnen worden verspreid. Hoewel het reinigen van de bodem inspanning kost, wordt het lastiger naarmate het uitgesteld wordt. Zodoende zal het directe effect groot zijn in het aquatisch milieu, voor de bodem zullen de effecten op een lange(re) termijn spelen.

De uitstroming van brandbare, toxische of zuurstof-verdrijvende vloeistoffen zal het meest relevant zijn. Voor water wordt hierbij nog onderscheid gemaakt tussen schade aan het oppervlaktewater (drijfvlagvorming) en schade aan de rioolwaterzuiveringsinstallatie (toxische stoffen). Dit sluit aan bij het gedachtengoed van de milierisicoanalyse zoals deze in het kader van veiligheidsrapportages wordt uitgevoerd met behulp van het programma Proteus III.

Lucht

Lucht is een belangrijke factor als de stroom uitvalt. De opslagtanks hebben een afgassysteem. Wanneer de stroom uitvalt, worden de gassen afgeblazen met als mogelijke resultaat dat er brandbare en/of toxische stoffen in de lucht komen. Deze stoffen worden tijdens de storm verdund en verspreid en zullen naar verwachting niet tot slachtoffers leiden. De milieuschade voor het compartiment lucht zal dan ook beperkt zijn. De impact via de lucht kan schade opleveren voor de compartimenten bodem en water door depositie. De impact van depositie zal echter relatief beperkt zijn in vergelijking tot de impact door vloeibare stoffen die in de bodem of in het water komen.

Methodiek voor het bepalen van milieuschade

Uit het bovenstaande kan geconcludeerd worden dat milieuschade met name bepaald wordt door verspreiding via het water. Het falen van een opslagtank en/of een breuk aan leidingen op het eigen terrein is door de experts beschouwd als maatgevend voor bepalen van de impact van milieuschade.

Maatgevende objecten voor milieuschade

Het buitenbedrijf stellen van installaties kan snel gebeuren. Of dit veilig en tijdig kan, is mede-afhankelijk van het aantal mensen dat nog op locatie is en de handelingstijd. Als er op tijd gewaarschuwd wordt, kunnen alle installaties tijdig worden gestopt en is eventuele stroomuitval tijdens de ramp naar verwachting geen probleem. Water nabij installaties vormt geen groot risico, wanneer deze zijn uitgeschakeld. De vraag is of tijdig wordt besloten tot het veilig afschakelen gezien de economische schade die het met zich meebrengt. Compleet falen van installaties is onwaarschijnlijk.

De impact op opslagtanks kan veel groter zijn. De meeste opslagtanks staan los op de bodem. Het omvallen van de meeste opslagtanks zal niet aan de orde zijn, omdat de breedte van de tank (veel) groter is dan de hoogte. De opslagtanks zullen mogelijk scheuren door ronddrijvend rommel of gaan drijven. Drijven zal niet gebeuren zolang er vloeistof in de tank zit. De verwachting van de aanwezige bedrijven is dat opslagtanks in de praktijk veelal voldoende gevuld zullen zijn om niet te gaan drijven. Het niveau in de opslagtanks kan gemakkelijk ter discussie staan omdat het door menselijke handelingen gevuld moet worden/blijven.

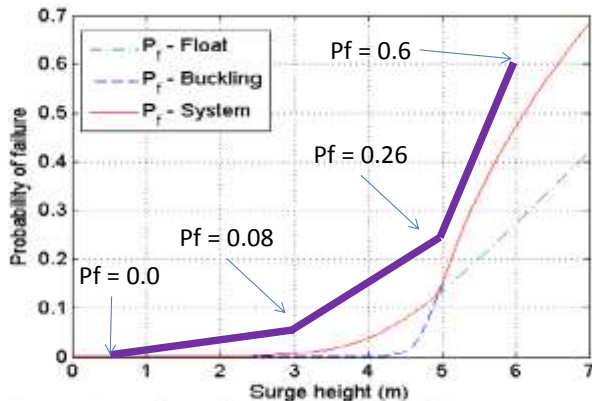
Opslagtanks staan meestal in een tankput. Deze put heeft vaak een betonnen wand, die naar buiten toe veel druk aankan, maar mogelijk zou kunnen omvallen richting de tank door de hoeveelheid water. LPG bollen staan los van de grond op een ondersteuning, die waarschijnlijk met een vaste verbinding zijn gekoppeld. Indien de opslagtanks op een terp staan, kan de ophoging bezwijken door de overstroming. Daarnaast moet rekening gehouden worden met puin dat kan ronddrijven, dit kan een tank mogelijk doorboren.

Het 'opdrukken' van ondergrondse leidingen kan een risico vormen, doordat deze (voornamelijk de leidingen die gas bevatten) gaan drijven op het water. In combinatie met stroming kunnen de leidingen barsten door torsiekrachten.

De kans op falen van een opslagtank en de impact daarvan op het milieu zijn bedrijfs- en situatiespecifiek. De mate waarin een opslagtank gevuld is (een lege tank bezwijkt eerder) en het ontwerp (bijvoorbeeld aanwezigheid van een containerdijk) zijn van invloed op de faalkans. Om tot een onderbouwing van het aantal falende tanks te komen, is informatie over de fragiliteitscurves van opslagtanks (Kasmeshwar & Padget, 2015) gebruikt in combinatie met de locatie en de grootte van opslagtanks in het gebied.

Kasmeshwar en Padget (2015) presenteren fragiliteitscurves voor opslagtanks voor twee typen tanks: ongeankerde en geankerde opslagtanks. In de pilot zijn deze twee curves gecombineerd onder de aanname dat 80% van de tanks geankerd is en 20% niet, zie de paarse lijn in Figuur 5 beneden. Door per overstromingsevent in te schatten hoeveel tanks overstromen met een bepaalde waterdiepte kan een uitspraak gedaan worden over het aantal opslagtanks dat faalt bij een bepaald event.

Het type stof en de hoeveelheid die vrijkomt, een zogenaamde Loss of Containment (LoC), bepalen of en in welke mate er milieuschade optreedt. Een LoC van slecht oplosbare milieubezwaarlijke vloeistoffen, zoals olie(producten), heeft waarschijnlijk een milieu-impact met de grootste ruimtelijke schaal. Om inzicht te krijgen in de extreme kant van het milieurisico, is daarom olie(producten) als uitgangspunt genomen. Experts schatten in dat de omvang van de milieuschade circa 20 kilometer bedraagt bij het falen van één opslagtank met olie(producten).



Figuur 5. Fragiliteitscurve (paarse lijn) gebruikt in de pilot Botlek in gepast in de fragiliteitscurve van Kasmeshwar en Padget (2015) voor ongeankerde tanks.

3.2 Gevolgen van een overstroming in het Botlekgebied

Deze paragraaf beschrijft in drie gebeurtenissen met toenemende ernst de geschatte gevolgen van een overstroming in het Botlekgebied. Per gebeurtenis wordt weergegeven hoe de overstroming zich zou kunnen voltrekken met welke waterdiepte en gevolgen. Bij de uitwerking is gebruik gemaakt van de inzichten die opgedaan zijn tijdens de verschillende werksessies met belanghebbenden.

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. In de beschrijving van de gebeurtenissen is daarom kwalitatief, in de vorm van een gevoeligheidsanalyse, aandacht besteed aan de situatie waarin een ongecontroleerde shutdown plaatsvindt.

Verder is bij de beschrijving van de overstromingsgebeurtenissen ervan uitgegaan dat de Tuimelkade standzeker is en niet zal bezwijken als gevolg van het water dat over deze kade komt door golven en/of seiches (of andere mogelijke faalmechanismen). Dit is een uitgangspunt geweest in de onderliggende overstromingsberekeningen (zie Deltares, 2015). Zeker bij de meer extreme gebeurtenissen (bijv. 1:10,000 jaar) is dit waarschijnlijk een optimistisch uitgangspunt.

3.2.1 Gebeurtenis 1

De eerste gebeurtenis betreft de volgende situaties:

- Jaar 2015 met een terugkeertijd van 1/300 jaar;
- Jaar 2050 met een terugkeertijd van 1/100 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario);
- Jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/30 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario).

Bij langzame klimaatverandering heeft deze gebeurtenis betrekking op het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/100 jaar.



Figuur 6. Overstromingsbeelden incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans 1/300 jaar in 2015, 1/100 jaar in 2050 en 1/30 per jaar in 2100 voor het Botlekgebied op basis van het W+ scenario

Enkele dagen is er al gewaarschuwd voor een zeer zware storm vergelijkbaar met 1953. Een zware noordwesterstorm stuwt op die winterse dag het water hoog op bij Rotterdam. De Maeslant- en Hartelkering zijn tijdig gesloten. Het scheepvaartverkeer is stilgelegd. Tijdens de piek van de storm bereikt de wind snelheden van meer dan 100 km/uur met uitschieters rond 135 km/uur. De waterstand bij Hoek van Holland tijdens de piek van de storm komt ongeveer even hoog als in 1953.

In het Caland- en Hartelkanaal is de waterstand flink verhoogd door de stormvloed op de Noordzee, omdat deze in open verbinding staan met de Noordzee. Daarnaast zullen waarschijnlijk seiches optreden. Deze seiches zorgen voor extra (tijdelijke) verhoging van de waterstand op bepaalde momenten in de storm. Bij de Brittanniëhaven zorgt de combinatie van verhoogde waterstand en seiches voor wat wateroverlast langs de kade. Aan de zuidkant bij het Hartelkanaal komt het water bij de Tuimelkade (en de daarachter liggende Europoortkering) zeer hoog, maar het gaat er net niet overheen. De waterstand in de Nieuwe Waterweg blijft onder de kadeniveaus vanwege de sluiting van de Maeslantkering. In totaal overstroomt ca. 1.7% van het totale pilotgebied.

Alle utiliteiten blijven in bedrijf. Er vindt geen uitval plaats van elektriciteit. Door de harde wind is er wat schade aan gebouwen en installaties. Ook zijn er bomen omgewaaid in het Botlekgebied. De omliggende polders blijven allemaal droog vanwege de dijken. Door het water is er wat schade in Botlek 1 aan gebouwen, installaties en lokale infrastructuur (wegen, spoor) bij de Brittanniëhaven. Botlek 2 en de Vondelingenplaat hebben geen noemenswaardige schade. Alle bedrijven functioneren gedurende de storm, zij het met een zeer beperkte staf op de site. Na enkele dagen is het gehele Botlekgebied weer volledig operationeel.

Economische schade

Op basis van de overstromingskaarten voor gebeurtenis 1 zijn schattingen gemaakt van de totale directe en indirecte schade in het Botlekgebied ten gevolge van de overstroming (Nicolai et al., 2016b). Schade als gevolg van wind is hierin niet meegenomen. In Tabel 2 is een overzicht gegeven van de directe en indirecte schade voor de verschillende categorieën. De totale schade in Botlekgebied voor gebeurtenis 1 wordt geschat op circa 67 miljoen Euro (66 miljoen direct / 0.8 miljoen indirect). Dit zit vooral in directe schade bij de categorie Stukgoedoverslag waar de overstroming in de Brittanniëhaven daadwerkelijk

plaatsvindt⁶. De indirecte schade in dit geval is – zoals ook te verwachten was – verwaarloosbaar omdat het gebied verder nauwelijks getroffen wordt door water.

De getallen in Tabel 2 geven een indicatie van de directe economische schade en de indirecte economische schade bij een overstroming voor gebeurtenis 1. Dit zijn de absolute schadegetallen voor prijspeil 2015. Voor het berekenen van de risico's moeten deze schadegetallen met de kans op gebeurtenis 1 worden vermenigvuldigd. De kans op gebeurtenis 1 staat aan het begin van paragraaf 1 vermeld.

Tabel 2. Indicatie van de absolute overstromingsschade bij gebeurtenis 1 in het Botlekgebied – prijspeil 2015 (Nicolai et al., 2016)

Categorie	Directe economische schade (in mln. Euro)	Indirecte economische schade (in mln. Euro)
Aardolie/raffinaderijen	10,1	0,4
Chemie	0,2	0,0
Transportmiddelen	0,0	0,0
Overige industrie	0,3	0,0
Nutsvoorzieningen	0,1	0,0
Tankopslag	1,7	0,2
Stukgoedoverslag	45,8	0,0
Containerterminals	0,2	0,0
Bulkterminals	1,2	0,0
Distriparken	0,0	0,0
Rest (o.a. infra)	6,4	NA
Regio	NA	0,1
Totaal Botlekgebied	66,0	0,7

Slachtoffers

Vanwege de zeer beperkte overstroming, die beperkt blijft tot de Britanniëhaven en Botlek 1, is de kans op directe dodelijke slachtoffers als gevolg van verdrinking vrijwel nihil. Het totale overstroomde gebied is ca. 1,7% van het totale pilotgebied. De gemiddelde mortaliteitskans is verwaarloosbaar klein in het overstroomde deel van het pilotgebied (schatting 0,4%). Uitgaande van ongeveer 250 mensen in het gehele Botlekgebied (enkele procenten van het totaal aantal werknemers als minimumbezetting) is het geschatte aantal directe slachtoffers als gevolg van verdrinking in het totale pilotgebied dus verwaarloosbaar in dit scenario (250 mensen x 1,7% overstroomd oppervlak x 0,4% = < 1). De zeer beperkte overstroming zal ook zeer beperkt invloed hebben op de bedrijven in het gebied. Aangenomen mag worden dat er daarom geen LoC zal plaatsvinden. Zodoende worden er ook geen indirecte slachtoffers verwacht.

Milieuschade

De kans op beperkte milieuschade op eigen terrein als gevolg van een overstroming, bijvoorbeeld vanwege een breuk in een kleine leiding, is geschat op 1 (100%). De impact op het milieu zal verwaarloosbaar zijn, omdat er geen LoC verwacht wordt.

⁶ De modellering van directe economische schade is Botlekspecifiek gemaakt op basis van gesprekken met bedrijven, industrie en experts. De betrokkenen hebben aangegeven dat de orde grootte van de berekende schades overeenkomt met hun verwachting. De schatting voor stukgoederenoverslagbedrijven is misschien te hoog, want de bedrijven op de noordoever van de Britanniëhaven zullen aanwezige producten bij een dreigende storm en overstroming verplaatsen.

3.2.2 Gebeurtenis 2

Gebeurtenis 2 betreft de volgende situaties:

- Jaar 2015 met een terugkeertijd van 1/1.000;
- Jaar 2050 met een terugkeertijd van 1/300 jaar in het snelle klimaatscenario;
- Jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/100 jaar in het snelle klimaatscenario.

Bij langzame klimaatverandering heeft deze gebeurtenis betrekking op het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/300 jaar.



Figuur 7. Overstromingsbeeld incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans van 1/1.000 jaar voor het Botlekgebied.

Enkele dagen is er al gewaarschuwd voor een zeer zware storm die de storm van 1953 waarschijnlijk zal overtreffen. Een zware noordwesterstorm stuwt het water hoog op bij Rotterdam. De Maeslant- en Hartelkering zijn tijdig gesloten. Het scheepvaartverkeer is stilgelegd. Tijdens de piek van de storm bereikt de wind snelheden van meer dan 120 km/uur met uitschieters rond 150 km/uur. De waterstand bij Hoek van Holland tijdens de piek van de storm komt 30 centimeter hoger dan in 1953.

In het Caland- en Hartelkanaal is de waterstand flink verhoogd door de stormvloed op de Noordzee, omdat deze in open verbinding staan met de Noordzee. Hierdoor wordt het water in deze beide kanalen hoog opgestuwd (en staat het water veel hoger dan in de Nieuwe Waterweg bij/door een gesloten Maeslantkering). Daarnaast treden seiches op en flinke golven vanwege de hoge windsnelheid. Hierdoor overstromt in het Calandkanaal de noordoever van de Britanniëhaven in Botlek 1. Ook vanuit het Hartelkanaal slaat er een grote hoeveelheid water over de Tuimelkade Botlek 1 in als gevolg van de seiches en de golven en dit volume water zet meer dan 50% van dit deelgebied in een paar uur onder water tot maximaal 1 meter. Hetzelfde gebeurt meer oostelijk vanuit het Hartelkanaal. Het water over de kade stroomt over de A15 en de spoorlijn het zuidelijke deel van Botlek 2 in. De waterdiepte blijft daar beperkt tot maximaal 0,5 meter.

De waterstand in de Nieuwe Waterweg blijft onder de kadeniveaus vanwege de sluiting van de Maeslantkering. Op zeer beperkte schaal is er sprake van wat water langs de kaden in Botlek 2 en de Vondelingelaan als gevolg van golfoverslag uit de Nieuwe Waterweg. In totaal krijgt ongeveer 20% van de terreinoppervlakte van het pilotgebied te maken met water vanuit zee.

Verwacht wordt dat de elektriciteitsvoorziening in Botlek 1 deels zal uitvallen en/of actief afgeschakeld wordt vanwege de overstroming in dit deelgebied. Mogelijk dat ook demiwaterlevering hiervan hinder ondervindt. De verwachting is dat voor Botlek 2 en de Vondelingenplaat in deze gebeurtenis de elektriciteitsvoorziening gecontinueerd kan worden. Stikstoflevering valt weg vanwege het onderlopen van het terrein van de stikstofleverancier in het Botlek 1 gebied. Een dag later zakt het water ook weer snel. Alleen op diepere plekken op terreinen zal het water blijven staan. Dat moet worden weggepompt. Naar verwachting blijven de omliggende polders allemaal droog vanwege de dijken. De geschatte directe schade in Botlek 1 - in de blauwe delen - aan gebouwen, installaties en lokale infra (wegen, spoor) is aanzienlijk, Botlek 2 heeft beperkte schade en de Vondelingenplaat heeft nauwelijks schade.

De elektriciteitsvoorziening in Botlek 1 kan naar verwachting relatief snel hersteld worden. Demiwaterlevering komt ook weer snel op gang. Stikstoflevering duurt langer vanwege herstelwerkzaamheden bij de stikstofleverancier. Aangenomen wordt dat de A15 en de spoorlijn na een schoonmaakbeurt en controle op de elektrische systemen binnen een week weer in gebruik genomen kunnen worden. De activiteiten in de Vondelingenplaat en het noordelijke deel van Botlek 2, die nauw verbonden zijn met de activiteiten in Botlek 1, kunnen snel weer worden hervat. Het duurt enkele weken voordat het overstroomde deel van Botlek 2 weer normaal functioneert. Botlek 1 heeft vanwege de aanzienlijke overstroming (50%, veel schade aan assets) een herstelperiode van circa 3-9 maanden.

Economische schade

Op basis van de overstromingskaarten zijn schattingen gemaakt van de schade in het Botlekgebied voor gebeurtenis 2 (Nicolai et al., 2016). Tabel 3 geeft een overzicht van de directe en indirecte schade voor de verschillende categorieën. De directe schade wordt geschat op ca. 400 miljoen Euro. De meeste directe schade bij de bedrijven treedt op bij de distriparken, stukgoedoverslag en bij chemie. De indirecte schade ligt op ca. 91 miljoen Euro en zit vooral bij chemie. Dat laatste lijkt realistisch gelet op de aanwezigheid van Chemie in Botlek 1 en de relatief lange hersteltijd van de desbetreffende industrie. Naast de indirecte schade van de sectoren in de Botlek, is er ook indirecte schade in de regio als gevolg van onderlinge afhankelijkheden. De totale schade komt hiermee op (afgerond) 0,5 miljard Euro (400 miljoen + 91 miljoen). De verwachting is dat de economische schade in het geval van een ongecontroleerde shutdown hoger zal liggen, omdat in dat geval meer (proces)installaties schade kunnen ondervinden.

Tabel 3. Indicatie van de absolute overstromingsschade bij gebeurtenis 2 in het Botlekgebied – prijspeil 2015 (Nicolai et al., 2016b)

Categorie	Directe economische schade (in mln. Euro)	Indirecte economische schade (in mln. Euro)
Aardolie/raffinaderijen	23,0	8,8
Chemie	64,6	56,0
Transportmiddelen	9,1	0,6
Overige industrie	10,6	0,4
Nutsvoorzieningen	7,8	2,6
Tankopslag	20,2	3,8
Stukgoedoverslag	85,1	0,8
Containerterminals	4,8	0,3
Bulkterminals	2,4	0,6
Distriparken	112,8	0,4
Rest (o.a. infra)	57,8	-
Regio buiten pilotgebied	NA	17
Totaal	398,0	91

Slachtoffers

In deze gebeurtenis is de kans op directe slachtoffers als gevolg van verdrinking zeer laag vanwege de beperkte waterdiepte in Botlek 1. De gemiddelde mortaliteitskans in het overstroomde gebied is ongeveer 0,2% op basis van de resultaten van Nicolai et al. (2016). De gemiddelde kans ligt iets lager dan in gebeurtenis 1. Dit komt omdat het overstroomde gebied met een relatief geringe waterdiepte veel groter is dan bij gebeurtenis 1 (circa 15 keer), waardoor het gemiddelde daalt. De gemiddelde kans op verdrinking daalt echter niet met dezelfde factor als dat het gebied groeit. Dit betekent dat er bij gebeurtenis 2 meer slachtoffers verwacht worden dan bij gebeurtenis 1, al is dit aantal ook bij deze gebeurtenis zeer klein⁷: Uitgaande van ongeveer 250 mensen in het gebied (enkele procenten van het totaal aantal werknemers als minimumbezetting) is het geschatte aantal directe slachtoffers als gevolg van verdrinking in het gebied $250 \times 20\% \text{ overstroomd gebied} \times 0,2\% = < 1$.

Door de overstroming in deze gebeurtenis (blauwe gebieden) vallen naar verwachting verschillende processen en procesonderdelen stil - al dan niet via een gecontroleerde shutdown. Een dergelijke shutdown kan (maar hoeft niet te) leiden tot een LoC. Het is mogelijk dat een toxische, explosieve of brandbare wolk ontsnapt uit bijvoorbeeld opslagtanks door het wegvallen van stikstofdekens of koeling. Een dergelijke wolk kan vervolgens (maar hoeft niet te) resulteren in slachtoffers in de directe omgeving van het gebied. Er mag echter verwacht worden dat het aantal indirecte slachtoffers beperkt blijft, omdat 95% van de mensen het Botlekgebied zal hebben verlaten vanwege de dreigende overstromingen.

Daarnaast treedt er als gevolg van de harde wind direct bij de bron dusdanig veel verdunning op, dat de verspreidingsafstand beperkt zal blijven. De verwachting is dat de impact bij een ongecontroleerde shutdown wat betreft het aantal mogelijke slachtoffers vergelijkbaar zal zijn met de impact bij een gecontroleerde shutdown als gevolg van het beperkt aantal personen dat nog aanwezig is.

⁷ Vanwege de afronding op 0 decimalen valt dit verschil in de genoemde uitkomsten niet terug te zien. Echter, bij gebeurtenis 1 vallen naar verwachting 0,017 slachtoffers verwacht en bij gebeurtenis 2 vallen naar verwachting 0,1 slachtoffers.

Milieuschade

Het is denkbaar dat in deze gebeurtenis milieuschade optreedt. Op basis van de fragiliteitscurve is geschat dat gezien het aantal overstroomde tanks er maximaal één opslagtank kan falen (uit de fragiliteitscurve komt een geschat aantal van 0,1). Experts schatten de kans dat één opslagtank met olie(achtige) producten faalt waarbij de volledige inhoud in het milieu terecht komt op 10%. Als aangenomen wordt dat een opslagtank geheel leegstroomt, wordt verwacht dat het voornaamste gebied waarin oevercontaminatie optreedt enkele tot 20 kilometer bedraagt. De schade blijft dan beperkt tot het Botlekgebied.

3.2.3 Gebeurtenis 3

Gebeurtenis 3 betreft de volgende situaties:

- Jaar 2015 met een terugkeertijd van 1/10.000 jaar;
- Jaar 2050 met een terugkeertijd van 1/3.000 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario);

De gebeurtenis betreft alleen voor de Britanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 de situatie in het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario). In dit zichtjaar is bij een terugkeertijd van 1/1.000 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario) ook de Vondelingenplaat deels overstromd en zijn de totale geschatte gevolgen heviger dan in onderstaande figuur 8 en deze paragraaf staat beschreven. Bij een langzame klimaatverandering (G) heeft deze gebeurtenis betrekking op het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/3.000 jaar.



Figuur 8. Overstromingsbeeld incl. golven en seiches voor de huidige situatie bij een kans van 1/10.000 jaar voor het Botlekgebied.

Vier dagen is er al gewaarschuwd voor een zeer gevaarlijke storm die de storm van 1953 zwaar zal overtreffen. Een zeer zware noordwesterstorm stuwt het water extreem hoog op bij Rotterdam. De Maeslant- en de Hartelkering zijn tijdig gesloten. Het scheepvaartverkeer is helemaal stilgelegd. Zes uur later, tijdens de piek van de storm, bereikt de wind snelheden rond 150 km/uur met uitschieters tot 175 km/uur. De waterstand bij Hoek van Holland tijdens de piek van de storm komt 1 meter hoger dan in 1953.

In het Caland- en Hartelkanaal is de waterstand flink verhoogd, omdat deze in open verbinding staan met de Noordzee. De Britanniëhaven en Botlek 1 stromen vrijwel geheel onder water met op sommige

plaatsen bijna 2 meter water. Ook stroomt water met geweld onder de A15 door Botlek 2 in. Verder stroomt er water vanuit het Hartelkanaal over de A15 en de spoorlijn het zuidelijke deel van Botlek 2 in. De waterdiepte bereikt op sommige plaatsen een hoogte van meer dan 1 meter. De Vondelingenplaat krijgt bij deze gebeurtenis ook te maken met wat wateroverlast vanuit de Nieuwe Waterweg (onder een ander stormscenario, zie hoofdstuk 2). In totaal krijgt ongeveer 34% van het pilotgebied te maken met water vanuit zee op het terrein bij deze terugkeertijd.

De elektriciteit in het Botlekgebied valt uit vanwege de wateroverlast bij het station Botlek. Hierdoor kan er geen gas en demiwater geleverd worden. Stikstoflevering valt weg vanwege de zware overstroming van de stikstofleverancier. Een dag na de piek van de storm zakt het water weer en valt het gebied weer grotendeels droog. Op sommige plekken blijft het water echter staan. Dat moet worden weggepompt. Ook zijn sommige omliggende polders overstroomd met enorme schade en dodelijke slachtoffers.

Het duurt een aantal weken voordat de elektriciteitsvoorziening weer volledig is hersteld, deels ook omdat ook andere gebieden in de omgeving getroffen zijn. Demiwaterlevering komt daarna weer op gang. Het opstarten van de stikstoflevering duurt langer vanwege herstelwerkzaamheden bij de stikstofleverancier. Hierdoor zal ook gaslevering vertraagd op gang komen. De A15 en de spoorlijn moeten op sommige plaatsen gerepareerd worden. Dit neemt meer dan een maand in beslag. De overstroomde industrieën in de Britanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 hebben een herstelperiode van zeker 1 jaar. De industrie in de Vondelingenplaat kan met kunstgrepen na één maand weer redelijk functioneren. Dit komt deels doordat het tijd kost om noodvoorzieningen te treffen voor bepaalde utiliteiten (stikstofleverantie, demiwaterlevering) en ook door de impact van de storm op de regio als geheel.

Economische schade

Op basis van de overstromingskaarten zijn schattingen gemaakt van de totale directe schade in het Botlekgebied voor gebeurtenis 3 (Nicolai et al., 2016b). De directe schade in de Britanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 aan gebouwen, installaties en lokale infra (wegen, spoor) is zeer groot. De Vondelingenplaat heeft beperkte directe schade. In Tabel 4 is een overzicht gegeven van de directe en indirecte schade voor de verschillende categorieën. De totale directe schade in het Botlekgebied wordt geschat op bijna 900 miljoen Euro. De meeste directe schade bij de bedrijven treedt op bij de aardolieraffinaderijen, chemie en stukgoedoverslag. Als gevolg van bedrijfsverliezen binnen het gebied is de indirecte schade van deze bedrijfspategorieën samen ongeveer 840 miljoen Euro. Daarnaast vindt er ook indirect verlies plaats in de regio (1,8 miljard Euro extra). In totaal is dus sprake van ca. 3,5 miljard Euro aan economische schade in het gebied zelf (0,9 miljard direct + 0,8 miljard indirect in het gebied + 1,8 miljard indirect in de regio). De verwachting is dat de economische schade in het geval van een ongecontroleerde shutdown wat hoger zal liggen, omdat in dat geval meer (proces)installaties schade kunnen ondervinden.

Tabel 4. Indicatie van de absolute overstromingsschade bij gebeurtenis 3 in het Botlekgebied – prijspeil 2015 (: Nicolai et al., 2016b).

Categorie	Directe economische schade (in mln. Euro)	Indirecte economische schade (in mln. Euro)
Aardolie/raffinaderijen	148,6	217,4
Chemie	140,1	296,7
Transportmiddelen	12,4	31,1
Overige industrie	22,3	22,8
Nutsvoorzieningen	22,6	52,6
Tankopslag	42,9	95,2
Stukgoedoverslag	176,2	46,6
Containerterminals	14,1	17,3
Bulkterminals	4,5	36,3
Distriparken	194,9	21,3
Rest (o.a. infra)	117,4	NA
Regio buiten pilotgebied	NA	1839
Totaal	896,0	2676

Slachtoffers

De kans op directe slachtoffers in het pilotgebied als gevolg van verdrinking is laag vanwege de beperkte waterdiepte tijdens de overstroming in Botlek 1 en 2. De geschatte gemiddelde mortaliteitskans in het overstromde gebied is ongeveer 0,2% (vergelijkbaar met scenario 2). Uitgaande van ongeveer 250 mensen in het gebied (enkele procenten van het totaal aantal werknemers als minimumbezetting) is het geschatte aantal directe slachtoffers als gevolg van verdrinking in het pilotgebied klein (250 x 34% overstromd gebied x 0,2% kans op overlijden = < 1 slachtoffer).

Door de overstroming in deze gebeurtenis vallen verschillende processen en procesonderdelen stil (al dan niet via een gecontroleerde shutdown). Het is mogelijk dat een toxische, explosieve of brandbare wolk ontsnapt uit bijvoorbeeld opslagtanks door het wegvallen van stikstofdekens of koeling, of het uitvallen van de elektriciteit. Het is niet uitgesloten dat een dergelijk effect slachtoffers maakt in de directe omgeving van het gebied. Er mag echter verwacht worden dat het aantal indirecte slachtoffers beperkt blijft tot geen of hooguit enkele personen, omdat het overgrote deel van de mensen het Botlekgebied en zal hebben verlaten vanwege de dreigende overstromingen en de personen die achtergebleven zijn in het gebied deskundigen zijn met een goede zelfredzaamheid. Daarnaast treedt er als gevolg van de harde wind direct bij de bron dusdanig veel verdunning op, dat de verspreidingsafstand beperkt zal blijven.

De verwachting is dat de impact bij een ongecontroleerde shutdown wat betreft het aantal mogelijke slachtoffers vergelijkbaar zal zijn met de impact bij een gecontroleerde shutdown als gevolg van het beperkt aantal personen dat nog aanwezig is.

Milieuschade

Gelijk aan de vorige gebeurtenis is het ook in deze gebeurtenis denkbaar dat milieuschade optreedt als gevolg van keteneffecten. Op basis van de fragiliteitscurve is geschat dat gezien het aantal overstromde tanks er twee opslagtanks kunnen falen. De kans op falen van een opslagtank met olie(achtig)product faalt waarbij de tank volledig leegstroomt wordt door experts op 10% geschat. Het falen van twee opslagtanks met olie(producten) kan ook verder in het havengebied impact op het milieu hebben op basis van het uitgangspunt van twee tanks maal 20 kilometer milieu-impact per opslagtank.

4 Toelichting afwegingskader

Voor de pilot is een afwegingskader ontwikkeld: het 'afwegingskader Pilot Botlek'. Dit is een systematiek om voor objecten of sectoren een beeld te kunnen vormen hoe een bepaald overstromingsrisico zich ontwikkelt in de toekomst en of dit nog past binnen in Nederland gangbare maatschappelijke kaders. Het doel van het 'afwegingskader Pilot Botlek' is het ontwikkelen van een gezamenlijke taal bij het in het perspectief plaatsen (of beoordelen) van overstromingsrisico's waarbij meerdere partijen (zowel publiek als privaat) bij betrokken zijn, die allemaal eigen afwegingscriteria hebben.

Het 'afwegingskader Pilot Botlek' 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. Voor Brzo-bedrijven zal deze afweging veelal gemaakt worden aan de hand van hun eigen risicomatrix.

4.1 Kansen en risico's in het 'afwegingskader Pilot Botlek'

Het 'afwegingskader Pilot Botlek' is gebaseerd op een risicobenadering. Hiervoor is gekozen, omdat in Nederland de overstromingsrisicobenadering wordt gebruikt voor het waterveiligheidsbeleid van binnendijks gebied en de risicobenadering ook de basis vormt voor het beleid voor externe veiligheid.

Risico wordt veelal gedefinieerd als de "kans x gevolg" van een bepaalde gebeurtenis. Zowel de kans als de gevolgen van een bepaalde gebeurtenis worden in rekening gebracht in het 'afwegingskader Pilot Botlek'. In het 'afwegingskader Pilot Botlek' is bewust gekozen om de kans en niet het risico als basis te nemen voor het "eindbeeld". Daar zijn twee redenen voor. Ten eerste is de kans voor belanghebbenden waarschijnlijk nog relatief gemakkelijk te interpreteren (bijvoorbeeld er kan een vergelijking gemaakt worden met dobbelstenen gooien of het optreden van andere herkenbare gebeurtenissen). Ten tweede speelt bij risico naast de kans ook een diversiteit aan gevolgen een rol (economische schade, milieu en slachtoffers). Het onder één noemer brengen van deze gevolgen in een inzichtelijk en eenvoudig eindbeeld is niet goed mogelijk. Vandaar dat deze voor iedere gevolgcategorie afzonderlijk beoordeeld worden.

In het 'afwegingskader Pilot Botlek' zijn de volgende belangrijke keuzen gemaakt:

- Het 'afwegingskader Pilot Botlek' is gebaseerd op een faalkans en een acceptabele faalkans. De gevolgen van een overstroming worden in beeld gebracht, zodat een gezamenlijke basis ontstaat voor het gesprek over de acceptabele kans dat deze gevolgen optreden;
- De acceptabele faalkans wordt bepaald door gevolgen op het gebied van slachtoffers, economische schade en milieuschade; en
- De zwaarste gevolgen bepalen de acceptabele faalkans.

4.1.1 Toelichting op de faalkans

De faalkans is gedefinieerd als de kans dat een object faalt gedurende een zekere periode. Falen kan betekenen dat bijvoorbeeld een opslagtank beschadigd wordt, maar ook dat een opslagtank tijdelijk niet gebruikt kan worden, zonder dat deze daadwerkelijk faalt. In beide gevallen wordt in deze pilot gesproken van een 'faalkans'. De toestand waarbij nog net niet falen optreedt, wordt de grenstoestand genoemd. Deze definities laten nog wel ruimte voor discussie waar nu de grens ligt voor wel of niet falen.

In de praktijk wordt vaak onderscheid gemaakt tussen twee grenstoestanden (Van Gelder et al., 1997):

- Service Limit State (SLS): dit is een grenstoestand waarbij nog juist de functie vervuld kan worden (ook wel bruikbaarheidsgrenzen genoemd). Een voorbeeld daarvan is het tijdelijk niet functioneren van de haven als gevolg van tijdelijk hoge golven en/of teveel wind. Het 'afwegingskader Pilot Botlek' gaat uit van het moment vanaf wanneer dit zou kunnen gaan optreden om de SLS te bepalen.
- Ultimate Limit State (ULS): dit is de uiterste grenstoestand. Zodra deze grenstoestand overschreden wordt zal een object bezwijken en dus blijvend niet meer kunnen functioneren. Voorbeeld hiervan is het bezwijken van een golfbreker (en ook de achterliggende kademuuren) van een haven tijdens extreme stormcondities. Het moment waarop een object eventueel zou kunnen gaan bezwijken is gedefinieerd als ULS in het 'afwegingskader Pilot Botlek'.

Dit onderscheid tussen "bruikbaarheid" (SLS) en "bezwijken" (ULS) is in het 'afwegingskader Pilot Botlek' aangehouden. De definitie van deze toestanden voor verschillende objecten en sectoren zijn getoetst bij de deelnemers van de werksessies en gesprekken. Figuur 9 geeft een voorbeeld uit de praktijk. Bijlage 6 gaat in op deze toepassing en ook de toetsing bij de deelnemers in de werksessies en gesprekken.



Figuur 9. Overstroming van een industriecomplex nabij Bangkok in Thailand in 2011. Een geval van het overschrijden van de grenstoestand "bezwijken", omdat allerlei apparatuur in fabrieken zoals deze op de foto verloren is gegaan en de productie maanden stil heeft gelegen als gevolg van het opruimen en aanschaf/installatie van nieuwe apparatuur.

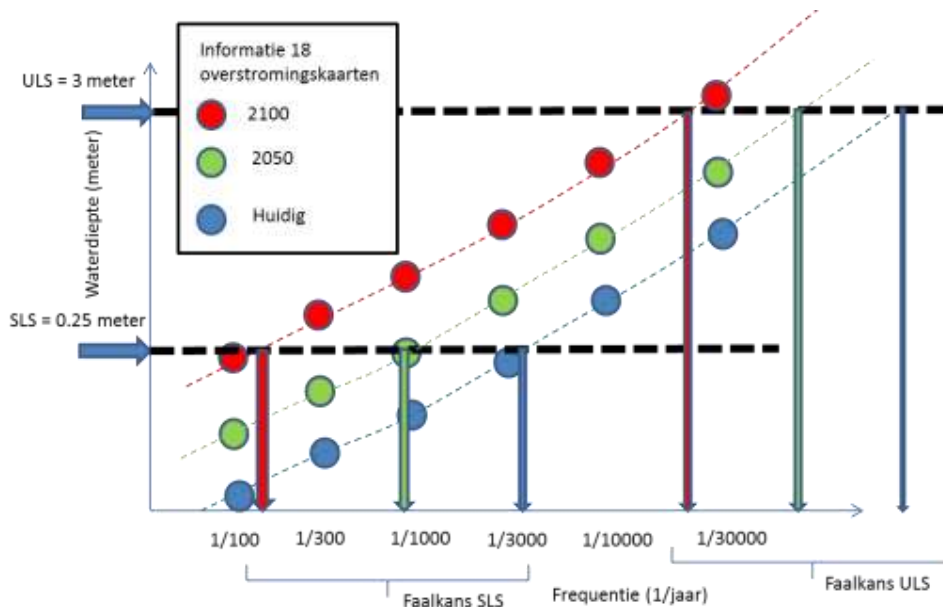
Voor het bepalen van de faalkans is inzicht in de kans van overstroming (en de bijbehorende waterdiepte) van belang. Hiervoor zijn waterdieptekaarten voor dit gebied gebruikt. Deze kaarten geven voor iedere locatie (x,y) informatie over de waterdiepte als functie van de frequentie bij verschillende zeespiegelstijgingsscenario's. In het geval van een snelle klimaatverandering (W+ scenario) zijn de zeespiegelstijgingsscenario's +0.35 m en +0.85m toepasbaar voor 2050 en 2100. In het geval van langzame klimaatverandering is het zeespiegelstijgingsscenario +0.35m toepasbaar voor 2100.

Om de faalkans te bepalen voor een puntlocatie (bijv. een opslagtank) is de basisrekenregel als volgt:

- bepaal voor het object op locatie (x,y) een waterdiepte waarbij een grenstoestand optreedt (bijvoorbeeld bruikbaarheid – SLS) voor de huidige situatie (2015);
- reken voor de locatie (x,y) de bijbehorende faalkans uit door interpolatie van de frequentiecurve van de waterdieptes;

- herhaal bovenstaande twee stappen voor 2050 en 2100.

Op deze manier worden drie faalkansen bepaald van een puntlocatie voor een grenstoestand. Dit kan herhaald worden voor andere grenstoestanden (bijvoorbeeld bezwijken – ULS). Figuur 10 geeft deze bepaling grafisch weer. Indien nodig is er geëxtrapoleerd om de faalkansen te bepalen.



Figuur 10. Voorbeeld van bepaling faalkansen voor een puntlocatie (bijvoorbeeld opslagtank) voor zowel bruikbaarheid (SLS) als bezwijken (ULS) op basis van de waterdiepte kaarten. De getallen zijn fictief.

Aan deze basisrekenregel moeten bij de analyse van specifieke gebeurtenissen nog de specifieke omstandigheden van die gebeurtenis toegevoegd worden. De faalkans is namelijk niet in alle gevallen één op één gerelateerd aan de waterstand. Kijkend naar de overstroming van een opslagtank bepaalt bijvoorbeeld de hoeveelheid product in een tank voor een groot deel of de tank zal bezwijken. De omvang van de milieuschade hangt daarnaast nog af van het type product dat in de tank opgeslagen zit. Hiervoor zal een schatting gemaakt moeten worden. Dit komt aan de orde bij de toepassing van het 'afwegingskader Pilot Botlek' (zie hoofdstuk 5 en verder).

In het geval van een lijnelement (bijv. A15) komt er een element bij de bepaling van de faalkans, namelijk de lengte van het traject dat faalt. Bijvoorbeeld: voor SLS kan de grenstoestand zijn dat er op het gehele traject net geen water aanwezig mag zijn. Voor ULS kan de grenstoestand zijn dat er zoveel water over de weg en onder de onderdoorgangen stroomt dat er daadwerkelijk forse schade ontstaat aan de snelweg (taluds, onderdoorgangen, etc.). Uit de waterdiepte kaarten kan vervolgens deze informatie gehaald worden langs het lijnelement. Op basis van een rekenalgoritme kan vervolgens de faalkans bepaald worden voor de verschillende bruikbaarheids grenzen en voor de verschillende tijdhorizon situaties.

4.1.2 Toelichting op acceptabele faalkans

Bij het definiëren van een acceptabele faalkans spelen de gevolgen een belangrijke rol. Het 'afwegingskader Pilot Botlek' neemt drie typen gevolgen in ogenschouw: economische schade, dodelijke slachtoffers en milieuschade. Voor het bepalen van de acceptabele faalkans zijn de kaders voor overstromingsrisico's binnendijs en externe veiligheid gebruikt. Zie kader beneden.

Risicobenadering in de normering voor waterveiligheid van binnendijkse gebieden: Sinds 1953 zijn de normen voor bescherming tegen overstromen gebaseerd op een risicobenadering. Zo heeft het westen van Nederland met veel inwoners en ook economische waarde wettelijk een hoger beschermingsniveau dan andere delen van Nederland. In het recente Deltaprogramma zijn deze normen opnieuw bekeken. Ook is de overstap gemaakt van een overschrijdingsfrequentie per dijkkring (waarin impliciet het risico verdisconteerd zat) naar een overstromingskans-benadering per dijktraject. De basis voor de nieuwe (dijk)normering van de binnendijkse gebieden wordt gevormd door een basisveiligheid voor elke burger binnen een dijkkring (d.w.z. kans op overlijden als gevolg van overstromen 10^{-5} per jaar).

Naast deze (minimum)eis is ook nog gekeken naar twee andere aspecten, nl. het groepsrisico en de economische schade in de dijkkring. Het groepsrisico is bekeken om te verdisconteren dat de maatschappij een aversie heeft tegen een groot aantal slachtoffers gedurende een ramp. De economische schade is bekeken in het licht van de economische optimalisatie van benodigde dijkversterkingen. Deze optimalisatie houdt grofweg in dat de optimale dijkhoogte wordt gevormd door de situatie waarbij het nog net loont om te investeren in dijkverhoging in het licht van de reductie van het overstromingsrisico die met deze dijkverhoging wordt gerealiseerd.

Risicobenadering in de normering voor externe veiligheid

Externe veiligheid maakt gebruik van twee risicobegrippen: plaatsgebonden risico en groepsrisico. Het *plaatsgebonden risico* is de berekende kans per jaar, dat een persoon overlijdt als rechtstreeks gevolg van een ongeval bij een risicobron (inrichting of transportroute), aangenomen dat hij op die plaats permanent en onbeschermd verblijft. De kans dat een persoon overlijdt als gevolg van het ontsnappen van een gevaarlijke stof mag conform de Nederlandse wetgeving maximaal 1 op een miljoen (10-6) per jaar zijn⁸. De norm van 10-6/jaar geldt ten aanzien van kwetsbare objecten als grenswaarde, die niet mag worden overschreden, en ten aanzien van beperkt kwetsbare objecten als richtwaarde. Rondom een inrichting of transportroute bestaat op sommige plaatsen hetzelfde risico. Deze plaatsen kunnen als een lijn (een risicocontour) op een kaart gezet worden.

Het *groepsrisico* is de cumulatieve kans per jaar dat ten minste 10, 100 of 1.000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een inrichting en een ongewoon voorval binnen die inrichting waarbij een gevaarlijke stof of gevaarlijke afvalstof betrokken is. Anders gezegd geeft het groepsrisico weer wat de kans is op het overlijden van een groep personen ten gevolge van een ongeval bij een bedrijf. Voor het groepsrisico is geen grenswaarde vastgesteld. Wel is er de zogeheten oriëntatiewaarde, deze dient door het bevoegde gezag (de vergunningverlener, zijnde de provincie of de gemeente) te worden gehanteerd bij de overwegingen over het groepsrisico. Deze oriëntatiewaarde is de kans op een ongeval met 10 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-5} per jaar (voor vervoer: 10^{-4}), met de kans op een ongeval met 100 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-7} per jaar (voor vervoer: 10^{-6}) en met de kans op een ongeval met 1.000 of meer dodelijke slachtoffers van ten hoogste 10^{-9} per jaar (voor vervoer: 10^{-8}).

In Tabel 5 zijn de referenties weergegeven die voor de drie gevolgcategorieën slachtoffers, economische schade en milieuschade zijn gebruikt. Voor ieder van deze gevolgcategorieën zijn gevolgen ingeschat met bijbehorende acceptabele (overschrijdings-)kansen (dus bijv. 1/100 per jaar, 1/1000 per jaar, 1/10000 per jaar, etc.). Er is bewust gekozen om dit voor verschillende overschrijdingskansen te doen omdat de risicomatrices van private partijen ook vaak zo zijn opgebouwd. Hier is aansluiting bij gezocht omdat veel belanghebbenden in dit gebied hier bekend mee zijn. Bewust is dus afgeweken van het gebruik van een

⁸ De wijze waarop externe veiligheid is genormeerd in Nederland is niet representatief voor de rest van de wereld. In Nederland wordt voor de normering van externe veiligheid gebruik gemaakt van een zogenaamde risicobenadering. Daarin wordt naast het effect ook de kans op een effect meegewogen. Engeland kent een vergelijkbare benadering net als enkele andere landen. De risicomatrix die gebruikt wordt voor de normering verschilt per land. In Nederland is de norm 1 op een miljoen per jaar. In landen als Duitsland en Frankrijk wordt echter gebruik gemaakt van een effectbenadering. In een dergelijke effectbenadering wordt een (veelal grote) afstand aangehouden tussen een risicobron en bijvoorbeeld woonbebouwing (risico-ontvanger). In het algemeen is het zo dat landen gebruik maken van een effectbenadering, tenzij er weinig ruimte beschikbaar is. In dat geval kiezen landen meestal voor een risicobenadering. Door rekening te houden met de kans op een effect worden kleinere afstanden tussen risicobron en risico-ontvanger verantwoord.

jaarlijks risico waarin de verschillende kansniveaus en de gevolgen zijn geïntegreerd zoals bij binnendijkse gebieden vaak wordt gehanteerd voor schade en slachtoffers.

Tabel 5. Gebruikte referenties voor opstellen 'afwegingskader Pilot Botlek'

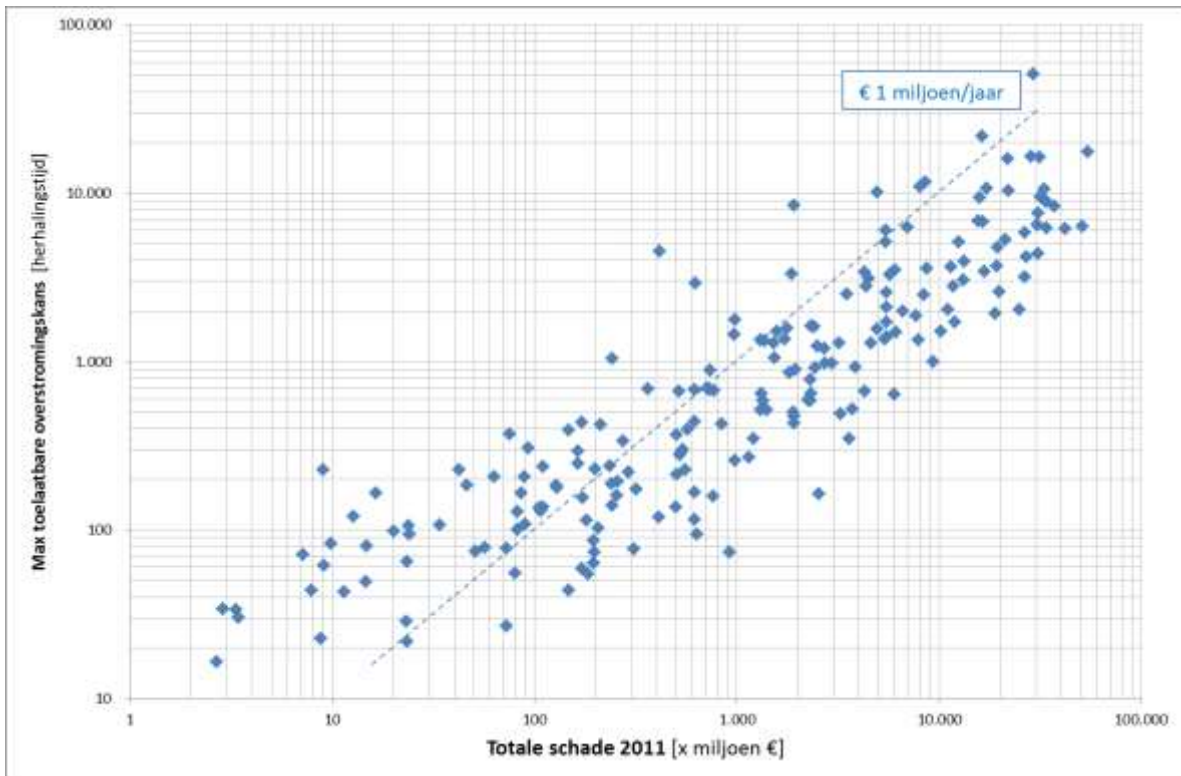
Categorie	Referentie
Slachtoffers	Afweging gemaakt tussen waterveiligheidsnormen en externe veiligheidsnormen. Gekozen voor slachtofferrisico 10^{-5} per jaar
Economische schade	Geaccepteerd restrisico voor binnendijkse overstroming, volgend uit Maatschappelijke Kosten-Batenanalyses van omliggende dijkringen
Milieu	Gebaseerd op scenario 'uitstroming van brandbare, toxische of zuurstof-verdrijvende vloeistoffen' van de milieurisicoanalyse als onderdeel van bedrijfsveiligheidsrapportages.

Economische schade

Binnen het (binnendijkse) waterveiligheidsdomein is een maatschappelijke kosten-batenanalyse (MKBA) een van de perspectieven voor het bepalen van acceptabele overstromingskansen van dijktrajecten. Dit is ook recentelijk weer toegepast voor het Deltaprogramma om de nieuwe normering te onderbouwen. In deze MKBA is rekening gehouden met de totale schade die bestaat uit economische schade (direct en indirect) en (gemonetariseerde) schade als gevolg van (dodelijke) slachtoffers en getroffen. Ook is rekening gehouden met economische groei in deze MKBA.

Om een indruk te krijgen van de 'acceptabele schade' voor het binnendijkse gebied is een beeld gegeven van de totale schade in 2011⁹ en de voorgestelde maximale toelaatbare kansen voor alle normtrajecten in Nederland (zie onderstaande figuur). Uit de figuur valt af te leiden dat een lagere schade ook een lagere herhalingsstijd (dus hogere kans) toelaatbaar wordt geacht. Uit deze figuur kan worden afgeleid dat qua orde van grootte bij een herhalingsstijd van 100 jaar een schade van 100 miljoen Euro toelaatbaar is, en bij 1000 jaar een schade van 1000 miljoen Euro, etc. per normtraject. Grofweg komt deze verhouding dus neer op een acceptabel restrisico van ongeveer 1 miljoen Euro/jaar (met wel een forse bandbreedte). Het hier genoemde acceptabele restrisico is aangeduid met de stippellijn in de figuur.

⁹ Hier is bewust gekozen om de schade in 2011 (en niet in 2050) te presenteren. De totale schade 2011 is bepaald door uit de bekende totale schade in 2050 terug te rekenen met een discontovoet van 2.9%. Dit is gedaan omdat in de navolgende hoofdstukken de economische schade gepresenteerd wordt voor 2015, 2050 en 2100 waarin alleen het effect van klimaatverandering is verdisconteerd (dus op basis van prijspeil 2015 zonder economische groei).



Figuur 11. Totale schade in 2011 relatie tot de maximaal toelaatbare overstromingskans voor alle normtrajecten. De stippellijn geeft de relatie tussen de maximaal toelaatbare kans en de totale schade bij een restrisico van 1 miljoen Euro/jaar zoals hier in deze pilot is gehanteerd.

Merk op dat de resultaten van de MKBA voor binnendijkse gebieden in Nederland niet zomaar toepasbaar zijn voor het Botlekgebied en in deze pilot. Hieronder volgen de belangrijkste:

- In de MKBA voor binnendijkse gebieden zitten de kosten om preventieve maatregelen te treffen (bijvoorbeeld dijken verhogen) verdisconteerd. Dit hangt erg af van de karakteristieken van het individuele traject (bijv. precieze lengte maar ook allerlei andere aspecten) waardoor een forse bandbreedte ontstaat (zie ook figuur 10). Afgezien van de onderlinge verschillen tussen normtrajecten voor het binnendijkse gebied, is het Botlekgebied qua karakter anders. Het is relatief hoog gelegen en dus kunnen de kosten voor preventieve maatregelen heel anders uitpakken.
- Binnendijkse gebieden zijn qua activiteiten heel anders dan buitendijkse gebieden. Indirecte schade zal mogelijk veel groter zijn bij buitendijkse gebieden, zeker als de herstelduur lang is van bepaalde sectoren. Ook de gevolgen bij verschillende herhalingstijden zijn anders. Bij (laaggelegen en relatief kleine) binnendijkse gebieden treden direct relatief grote waterdiepten op zodra er sprake is van een dijkdoorbraak. Dus zal de schade voor gebeurtenissen met verschillende herhalingstijden niet zo sterk verschillen. Bij hooggelegen buitendijkse gebieden zal de overstromingsdiepte toenemen bij gebeurtenissen met hogere herhalingstijden (en dus ook de impact groter zijn).
- Verder zullen private partijen economische schade in een ander (bedrijfs)perspectief bezien. Aspecten die daarbij spelen zijn bijvoorbeeld: belang van de fabriek voor de gehele productieketen, verzekeringen, etc. Dergelijke zaken kunnen tot geheel andere overwegingen leiden voor wat betreft de acceptabele kansen.

Tenslotte wordt opgemerkt dat in deze pilot bewust gekeken wordt naar gebeurtenissen met verschillende overschrijdingskansen vanwege de aansluiting met de toepassing van private risicobenadering. Dat is niet 1-op-1 vergelijkbaar met het restrisico uit de MKBA aanpak van het binnendijkse gebied dat het gehele spectrum aan gebeurtenissen bevat.

Ondanks al deze beperkingen is in deze pilot ervoor gekozen om 1 miljoen Euro per jaar hier als maat te hanteren voor het gehele pilotgebied. Dit getal is vervolgens toegepast om bij een bepaald schadeniveau (prijspeil 2015) een acceptabele kans vast te stellen voor het pilotgebied, zie Tabel 6. Deze tabel is een indicatieve schatting gelet op de bovengenoemde beperkingen, en pretendeert geen nieuwe norm te zijn voor buitendijkse gebieden. Deze getallen moeten als richtgetal gezien worden om de optredende schade bij verschillende kansen in perspectief te zetten. Een andere keuze voor het restrisico van 1 miljoen Euro/jaar heeft invloed op de resultaten binnen deze pilot.

Tabel 6. Voorstel voor acceptabele kansen totale economische schade (prijspeil 2015) voor Pilot Botlek.

Totale economische schade (in miljard Euro)	Acceptabele kans (per jaar)
0,01	1/10
0,1	1/100
1	1/1.000
10	1/10.000
100	1/100.000

Dodelijke slachtoffers

Bij dodelijke slachtoffers wordt onderscheid gemaakt tussen directe slachtoffers (als gevolg van de overstroming) en indirecte slachtoffers (als gevolg van calamiteit door de overstroming).

Directe slachtoffers

In de nieuwe normering voor waterveiligheid geldt als uitgangspunt een basisveiligheid voor iedereen. De maximaal toelaatbare kans om als individu te overlijden tijdens een overstroming is vastgesteld op 10^{-5} per jaar, het zogenaamde Lokaal Individueel Risico (LIR). De gehanteerde kans (0.1%) op overlijden gegeven een overstroming in het Botlekgebied samen met de basisveiligheid (10^{-5} per jaar) geeft een indicatie van de acceptabele kans op een overstroming bij diverse aantallen directe dodelijke slachtoffers (kolom 2 in Tabel 7). De acceptabele kans op overstrooming mag dus 1/100 per jaar zijn want de bijbehorende individuele kans op overlijden in het gebied is dan 10^{-2} per jaar \times 0.1% = 10^{-5} per jaar. Bij een hoger aantal slachtoffers gaat de acceptabele kans evenredig naar beneden.

Naast de acceptabele kans op basis van LIR, is een indicatie gegeven van de acceptabele kans als het groepsrisico (kolom 3 in Tabel 7) in rekening wordt gebracht (risico-avers). Hier neemt de acceptabele kans met een factor 100 af bij 10 zoveel dodelijke slachtoffers.

Tabel 7. Indicatie van de acceptabele kans voor aantallen directe dodelijke slachtoffers, incl. aansluiting bij groepsrisico

Directe dodelijke slachtoffers	Acceptabele kans (per jaar)	Acceptabele kans (per jaar), aansluiting bij groepsrisico
1	1/100	1/100
10	1/1.000	1/10.000
100	1/10.000	1/1.000.000
1.000	1/100.000	1/100.000.000

Indirecte slachtoffers

Het 'afwegingskader Pilot Botlek' hanteert in verband met consistentie dezelfde systematiek voor de beoordeling van de indirecte slachtoffers als voor directe slachtoffers. Dit betekent dat: 10^{-3} per jaar x 0.1% = een individuele kans op overlijden van 10^{-6} per jaar. Dit resulteert in onderstaande tabel (kolom 2). Ook hier speelt het argument van groepsrisico. In dat geval geldt kolom 3 waarin de oriëntatiewaarde voor het zogenaamde groepsrisico is weergegeven. Net als bij directe slachtoffers is sprake van de zogenaamde risico-aversie.

Tabel 8. Indicatie van de acceptabele kans voor aantallen indirect dodelijke slachtoffers, incl. aansluiting bij groepsrisico

Indirecte dodelijke slachtoffers	Acceptabele kans (per jaar)	Acceptabele kans (per jaar), aansluiting bij GR
1	1/1.000	1/1.000
10	1/10.000	1/100.000
100	1/100.000	1/10.000.000
1.000	1/1.000.000	1/1.000.000.000

Voorstel acceptabele kans op dodelijke slachtoffers

Bovenstaande benaderingen zijn onderling vergeleken. De acceptabele kansen voor de indirecte slachtoffers liggen een factor 10 lager dan bij de directe dodelijke slachtoffers. Als uitgangspunt zijn de acceptabele kansen vanuit het waterveiligheidsdomein genomen. De overweging om daarvan uit te gaan is dat de veroorzakende gebeurtenis een storm betreft. De indirecte dodelijke slachtoffers zijn het gevolg van een domino-effect in de keten en worden dus wel meegewogen in de bepaling van de acceptabele kans (mits dat aantal dominant is in het totaal van dodelijke slachtoffers).

Tabel 9. Voorstel van de acceptabele kans voor aantallen dodelijke slachtoffers (direct en indirect)

Aantal dodelijke slachtoffers	Acceptabele kans (per jaar)
1	1/100
10	1/1.000
100	1/10.000
1.000	1/100.000

Milieuschade

De ruimtelijke schaal waarop een impact zich voordoet bepalend is voor de omvang van de milieuschade en daarmee de acceptabele kans. Vervolgens wordt bepaald wat het grootste schaalniveau van de milieuschade is. Het grootste schaalniveau is gekoppeld aan een acceptabele kans. Tabel 10 geeft een voorstel voor de beoordeling van milieuschade.

Tabel 10. Voorstel voor de beoordeling van de milieurisico's

Impact	Toelichting	Voorbeeld impact
Beperkt	Lokale impact	Slechts een beperkte hoeveelheid gevaarlijke stoffen komt vrij (bijv. via een breuk in de leidingen). De verontreiniging blijft beperkt tot het eigen terrein en kan met beperkte middelen worden gesaneerd.

Impact	Toelichting	Voorbeeld impact
Substantieel	Impact op het Botlekgebied	De hoeveelheid stoffen die vrij komt (bijv. vanwege één falende opslagtank) leidt tot verontreiniging van oppervlaktewater en/of bodem van eigen en naburige terreinen. Het kan ook impact hebben op het functioneren van de RWZI ¹⁰ .
Groot	Impact op het havengebied	De hoeveelheid stoffen die vrij komt (bijv. vanwege twee falende opslagtanks) leidt tot verontreiniging van een substantieel deel van het oppervlaktewater / bedrijventerrein. Het kan ook leiden tot uitval van de RWZI met verontreinigde emissies als gevolg.
Zeer groot	Impact op het buitengebied (pluimgebied ¹¹)	De hoeveelheid stoffen die vrij komt (bijv. vanwege twee falende opslagtanks) leidt tot verontreiniging van grote delen van het oppervlaktewater met grootschalige sterfte van organismen en/of bodem in een gebied vanwege depositie van toxische stof(fen) via grote emissie van deze stoffen door de lucht veroorzaakt door ongunstige meteorologische omstandigheden. Uitval van de RWZI.

Het aspect externe veiligheid kent (vanuit de milieurisicoanalyse) geen normen of vertaling naar acceptabele kansen voor de (maatschappelijk) geaccepteerde schaal. Op basis van expert judgement is daarom een vertaalslag gemaakt naar acceptabele kansen (per jaar) voor het optreden van een bepaalde impact. Hierbij is het falen van een opslagtank met een verspreiding van gevaarlijke stoffen over een afstand van maximaal 20 kilometer als basis gebruikt. Het voorstel voor acceptabele kansen voor milieuschade wordt in Tabel 11 gepresenteerd.

Tabel 11. Voorstel voor acceptabele kansen milieuschade

Impact	Maximale ruimtelijke schaal milieuverontreiniging	Acceptabele kans (per jaar)
Beperkt	Lokaal - Op terrein (< 1km). Bijv. breuk in kleine leiding.	1/100
Substantieel	Botlekgebied: < 20 km impactgebied. Eén falende opslagtank	1/1.000
Groot	Havengebied: < 50 km impactgebied. Twee falende opslagtanks	1/10.000
Zeer groot	Buitengebied (pluimgebied): >= 50 km impactgebied. Twee falende opslagtanks	1/100.000

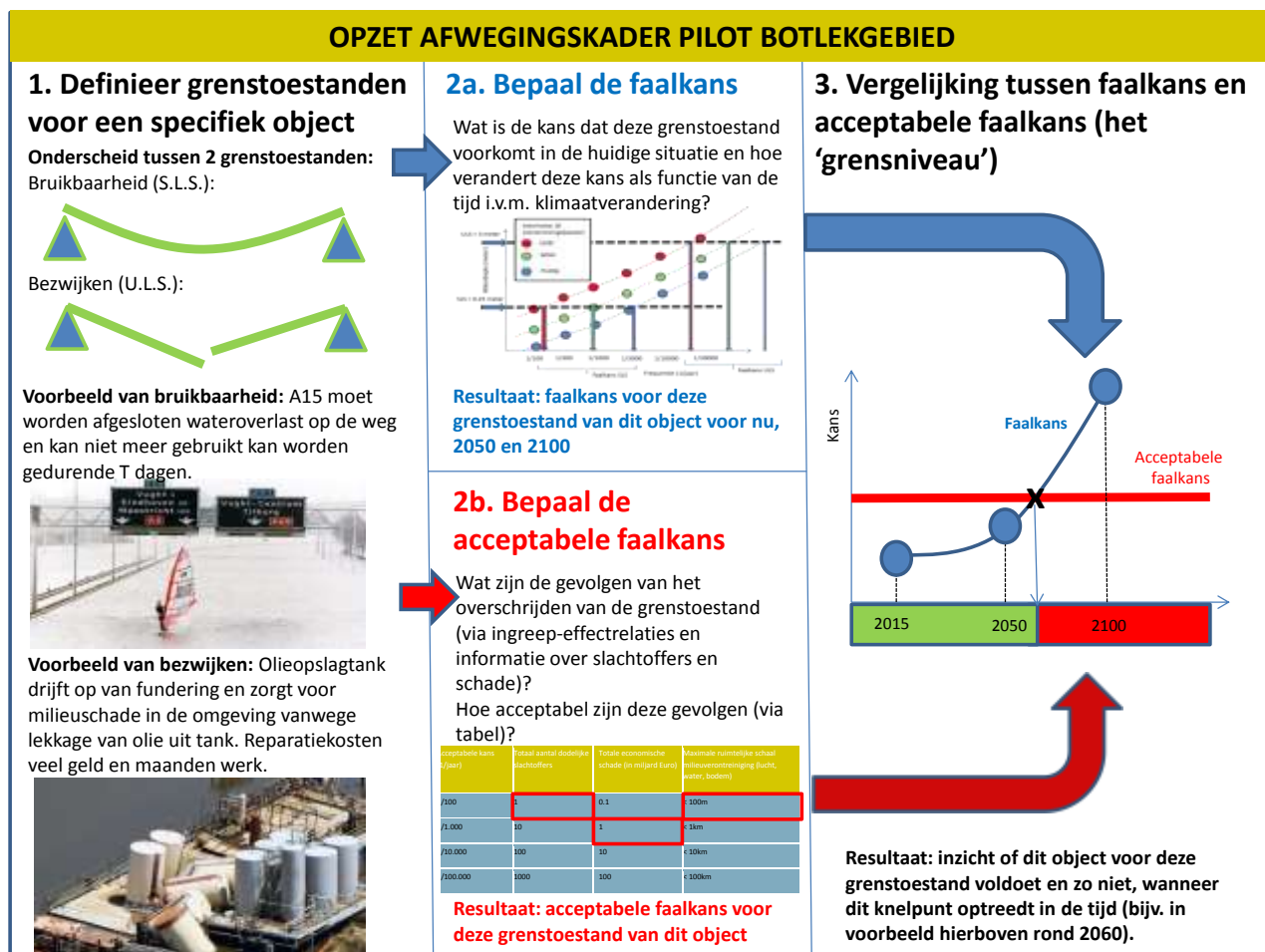
Deze acceptabele kansen moeten in het licht gezien worden van de faalkans van een opslagtank bij een overstroming. Deze is geschat op 10% bij overstromingen met een frequentie van 1/1.000 per jaar of lager (zichtjaar 2015).

¹⁰ Riolwaterzuiveringsinstallatie

¹¹ Een effect zal zich meestal niet zal voordoen als een 'cirkel'. Meestal zal er sprake zijn van verspreiding via een pluim.

4.2 Afwegen van overstromingsrisico's met het 'afwegingskader Pilot Botlek'

Het afwegen van overstromingsrisico met het 'afwegingskader Pilot Botlek' gebeurt in drie stappen (zie Figuur 12). Voor concrete toepassing wordt verwezen naar hoofdstuk 6 waar aan de hand van diverse voorbeelden dit kader wordt toegepast.



Figuur 12. Stappen in de systematiek van het 'afwegingskader Pilot Botlek'

Stap 1. Definiëren van de grenstoestand voor een specifiek object

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 bezwijken van een object.

Stap 2. Definiëren van de faalkans en acceptabele faalkans

Het 'afwegingskader Pilot Botlek' verkent in stap 2 het risico (kans x gevolg) van de gebeurtenissen zoals gedefinieerd in stap 1.

Stap 2a. Definiëren van de faalkans van een object.

Aan de "kansen"-kant is de centrale vraag: wat is de faalkans van een bepaald object? Dit is een vraag die het best beantwoord kan worden door de beheerders en eigenaren van objecten. Deze stap bepaalt bij de waterdiepten voor SLS en ULS wat de faalkans is voor verschillende jaren (2015, 2050 en 2100). De overstromingskansen zijn gevisualiseerd om bij de belanghebbenden in beeld te brengen wat een overstroming van de door hen beheerde objecten zou kunnen betekenen.

Stap 2b. Bepaling van de acceptabele faalkans.

Aan de “gevolgen”-kant zijn er verschillende gevolgen denkbaar in het geval van een overstroming. De gevolgen (in termen van economische schade, slachtoffers, en milieu-impact) zijn bepalend voor het vaststellen van de acceptabele faalkans in deze stap van het ‘afwegingskader Pilot Botlek’.

De keuze voor de indeling van de grensniveaus is bepalend voor de resultaten die het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ levert en daarmee een belangrijke factor is in de beoordeling van de overstromingsrisico’s voor het Botlekgebied. Tabel 12 presenteert een voorstel voor grensniveaus voor het inschatten van acceptabele faalkansen. De tabel is gebaseerd op de voorstellen uit hoofdstuk 4.1.2. Dit voorstel biedt een aanknopingspunt over welke gevolgen bij welke kansen op dit moment maatschappelijk gezien acceptabel geacht worden voor het binnendijkse gebied bij overstromingen (economische schade/ slachtoffers) en voor Brzo-bedrijven voor calamiteiten (dodelijke slachtoffers/ milieuschade).

Benadrukt wordt dat het pilotgebied buitendijks ligt waarvoor geen uitgewerkte norm voor acceptabele faalkansen is. Tabel 12 moet dus niet gelezen worden als een vigerende norm voor buitendijkse gebieden. Wel biedt het inzicht in de uitkomsten van hoe de overstromingsrisico’s in de Botlek zich verhouden tot overstromingsrisico’s voor binnendijkse gebieden en externe veiligheidsrisico’s van Brzo-bedrijven.

Tabel 12. Voorstel voor grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van de schade per gevolgcategorie voor het gehele pilotgebied.¹²

Totaal aantal dodelijke slachtoffers	Totale 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

Het dominante gevolg is gebruikt als uitgangspunt voor het bepalen van de acceptabele faalkans in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ is. Het onderstaande kader geeft hier een voorbeeld van.

Voorbeeld bepalen acceptabele faalkans met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’

Als voorbeeld wordt hier een gebeurtenis genomen met de volgende gevolgen:

- Er vallen geen dodelijke slachtoffers;
- Er is 1 miljard Euro schade is; en
- Er treedt alleen op eigen terrein milieuschade op.

De gevolgen zijn gescoord en weergegeven in de tabel hieronder. Dit zijn de rood omrande vakken. De gevolgcategorie “economische schade” is dominant en bepaalt daarmee de acceptabele faalkans van 1/1.000 per jaar.

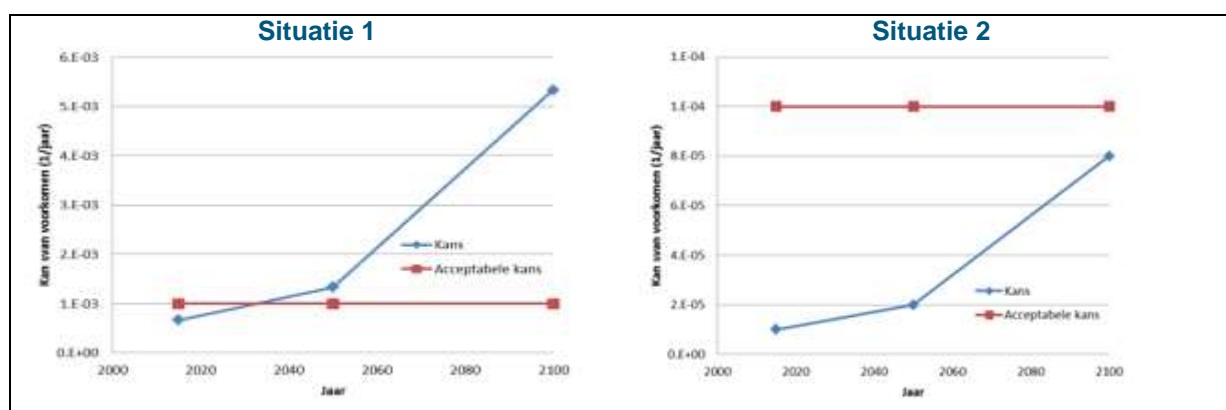
¹² Merk op dat deze tabel geldig is voor het gehele pilotgebied. Zodra een deelobject wordt beschouwd (bijvoorbeeld A15) moet dat verdisconteerd worden in de niveaus van de gevolgen (bijvoorbeeld naar rato van het oppervlak).

Totaal aantal dodelijke slachtoffers	Totale 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: Vergelijking tussen faalkans en acceptabele faalkans (het ‘grensniveau’).

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 Pilot Botlek’ voorgesteld 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.

Figuur 13 geeft een voorbeeld van het eindbeeld. Hierin is de faalkans weergegeven voor de periode tot 2100. Deze faalkans neemt toe onder invloed van klimaatverandering (bijvoorbeeld door zeespiegelstijging). De grenswaarde van de acceptabele faalkans is hier horizontaal weergegeven (ervan uitgaande dat deze niet zal veranderen in de toekomst). Dit is de acceptabele faalkans in het perspectief van andere maatschappelijke afwegingskaders (overstromingsrisico's binnendijks en externe veiligheid). Wanneer de faalkans het grensniveau overschrijdt, is sprake van een situatie waarin mogelijk maatregelen genomen zouden moeten worden om onder de grenswaarde te komen (situatie 1 in Figuur 13). Zolang de faalkans onder de grenswaarde blijft (situatie 2 in Figuur 13), lijken maatregelen niet nodig.



Figuur 13. Faalkans en acceptabele faalkans met links situatie 1 waarbij de acceptabele faalkans wordt overschreden gedurende de levensduur (rond 2030) en rechts situatie 2 waarbij de acceptabele faalkans niet wordt overschreden gedurende de levensduur

5 Gebiedsgerichte afweging van overstromingsrisico's

De gebeurtenissen uit hoofdstuk 3.2 zijn afgewogen in het 'afwegingskader Pilot Botlek'. Op basis van de gevolgen is de acceptabele kans in het perspectief van maatschappelijke kaders op gebied van overstromingsrisico's binnendijks en externe veiligheid geïnventariseerd. Vervolgens is geanalyseerd of dit acceptabele grensniveau bij de specifieke gebeurtenis wordt overschreden.

Met nadruk wordt opgemerkt dat het moment waarop het acceptabele grensniveau wordt overschreden gevoelig is voor de onderliggende uitgangspunten die in deze pilot zijn gekozen (zie Bijlage 4). De grenzen zijn vastgesteld voor economische en milieugevolgen alsook slachtoffers op basis van publieke kaders. Deze grenzen zijn geen harde getallen maar zijn vastgesteld op basis van diverse aannamen en uitgangspunten. Hierdoor hebben deze getallen een forse bandbreedte. De timing waarop het grensniveau wordt overschreden is gevoelig voor deze bandbreedte. Andere keuzes in het onderliggende acceptabele risico zal dus ook tot andere timing leiden (en dus ook een ander "tijdbeeld" voor het gebied). Bij de interpretatie van de resultaten in deze bijlage en ook in Bijlage 6 moet hiermee rekening gehouden worden.

5.1 Gebeurtenis 1

De eerste gebeurtenis betreft de volgende situaties:

- Jaar 2015 met een terugkeertijd van 1/300 jaar;
- Jaar 2050 met een terugkeertijd van 1/100 jaar bij het W+ scenario;
- Jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/30 jaar bij het W+ scenario.

Bij langzame klimaatverandering heeft deze gebeurtenis betrekking op het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/100 jaar (dus ongeveer 50 jaar later).

De geschatte gevolgen van deze gebeurtenis in het jaar 2015 zijn: (i) absolute economisch schade: circa 67 miljoen Euro (prijsspeil 2015); (ii) Aantal dodelijke slachtoffers: <1; en (iii) Impact milieuschade: lokaal.

In fase 1 is geen economische groei tussen 2015 en 2050 en 2100 verondersteld. Dit betekent dat de absolute schadegetallen voor 2050 en 2100 zijn gebaseerd op het prijspeil 2015. Als er rekening gehouden wordt met een economische groei van 2,6% per jaar, dan neemt de schade door de waardeontwikkeling van het gebied toe met een factor 2,5 (-) tussen 2015 en 2050 en met een factor 8,9 (-) tussen 2015 en 2100. De absolute schade zal bij deze uitgangspunten 165 miljoen Euro in 2050 bedragen en 595 miljoen Euro in 2100.

In Tabel 13 is in de rode vlakken een indicatie gegeven van de consequenties op het gebied van economische schade, slachtoffers en milieu vanwege een overstroming conform gebeurtenis 1. Telkens zijn de vakken gekleurd waar de genoemde gevolgen het dichtst bij in de buurt liggen. Dus de totale schade van 67 miljoen Euro geeft een kleuring aan het vak 0,1 miljard Euro, etc. Voor slachtoffers en milieuschade is niets ingevuld omdat deze gevolgen verwaarloosbaar lijken te zijn.

Tabel 13. Schatting van de consequenties (in rood) van een overstroming met een frequentie van 1/300 jaar in 2015. Alleen economische schade is ingevuld omdat slachtoffers en milieuschade verwaarloosbaar geacht worden in dit scenario.

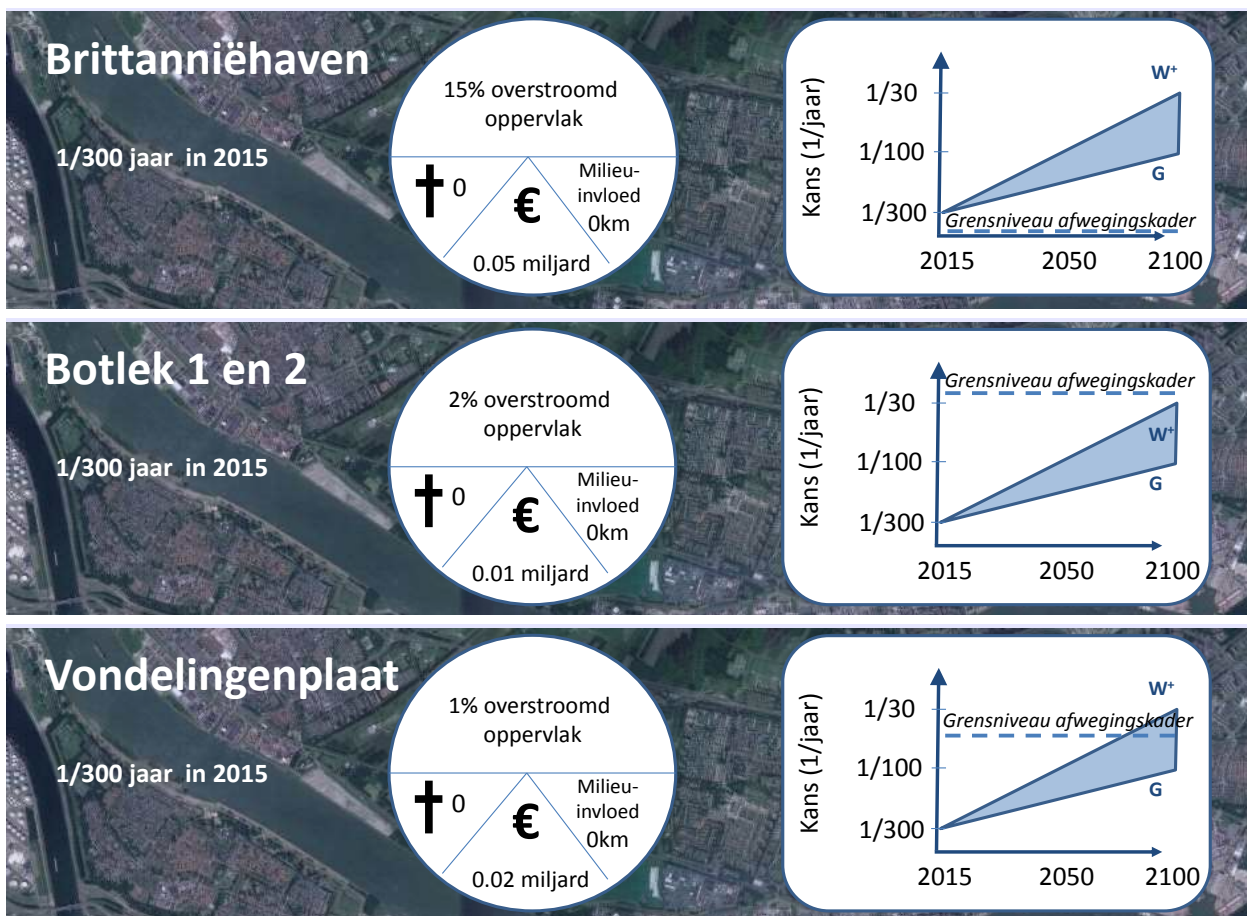
Totaal aantal dodelijke slachtoffers	Totale economische schade (in miljard Euro)	Maximale ruimtelijke schaal (afstand tot milieuverontreiniging (lucht, water, bodem))	Acceptabele kans (1/jaar)
1	0,1 miljard Euro	Eigen/buurtbedrijven (< 1km)	1/100
10	1 miljard Euro	Botlekgebied (< 20km)	1/1.000
100	10 miljard Euro	Havengebied (< 50km)	1/10.000
1.000	100 miljard Euro	Buitengebied (>=50km)	1/100.000

Op basis van de gevolgen is de laatste kolom "Acceptabele kans" ingevuld. In dit geval is dat de laagste categorie. Extrapolatie levert een acceptabele kans op in dit geval van 1/70 per jaar (afgerond). De "acceptabele kans" moet gelezen worden als een kans die verwacht zou mogen worden in perspectief van overstromingsrisico's voor binnendijkse gebieden en externe veiligheid. De kans van voorkomen van deze gebeurtenis (1/300 per jaar) is lager dan de "acceptabele kans" voor de huidige situatie (2015). De huidige situatie in het pilotgebied ligt voor deze gebeurtenis daarmee dus onder het grensniveau. Kijkend naar de ontwikkeling van de kans op deze gebeurtenis in de tijd zal er in de toekomst een omslagpunt plaatsvinden. Afhankelijk van het zeespiegelstijgingsscenario ligt dat omslagpunt naar verwachting op een termijn van 50 (snelle klimaatverandering) tot 100 jaar (langzame klimaatverandering) voor deze specifieke gebeurtenis. Zie Figuur 14.



Figuur 14: Afweging van het overstromingsrisico met het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor twee klimaatscenario's (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85 cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100)

Per deelgebied verschilt het omslagpunt. De afweging van de overstromingsrisico's per deelgebied (zie Figuur 15) laat zien dat de kans in de Britanniëhaven bij een overstroming met een frequentie van 1/300 per jaar al boven het grensniveau in het 'afwegingskader Pilot Botlek' ligt. In Botlek 1 en 2 blijft de kans tot 2100 nog onder het grensniveau van het 'afwegingskader Pilot Botlek'. De kans in de Vondelingenplaat komt alleen bij het W+ scenario boven de grens in het 'afwegingskader Pilot Botlek' tussen 2050 en 2100.



Figuur 15: Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/300 per jaar in 2015 met het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor de drie deelgebieden voor twee klimaatscenario's (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100)

5.2 Gebeurtenis 2

De tweede gebeurtenis betreft de volgende situaties:

- Jaar 2015 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar;
- Jaar 2050 met een terugkeertijd van 1/300 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario);
- Jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/100 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario).

Bij langzame klimaatverandering heeft deze gebeurtenis betrekking op het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/300 jaar.

De geschatte gevolgen van deze gebeurtenis in het jaar 2015 zijn: (i) absolute economisch schade: circa 500 miljoen Euro (prijspeil 2015); (ii) aantal dodelijke slachtoffers: <1; en (iii) impact milieuschade: Botlekgebied met een kans van 10%. De kans dat deze milieuschade inderdaad optreedt is in dit geval: $1/1.000 \times 0,1 = 1/10.000$.

De absolute schade zal bij een economische groei van 2,6% per jaar zal bij deze uitgangspunten 1,2 miljard Euro in 2050 bedragen en 4,4 miljard Euro in 2100.

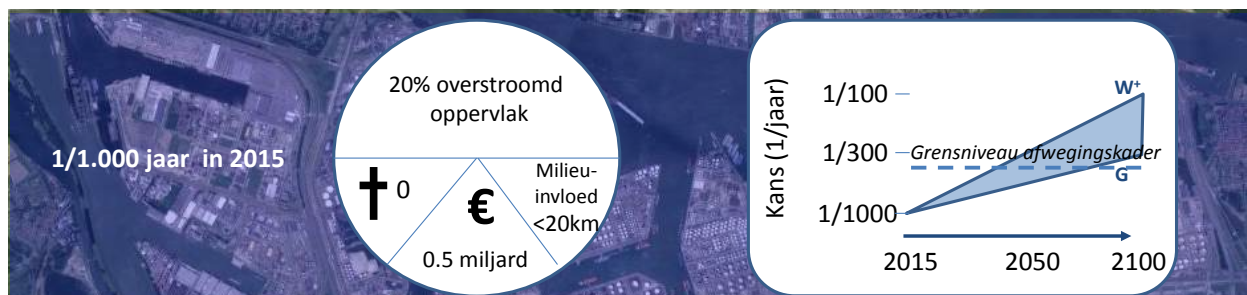
Tabel 14 geeft een indicatie van de consequenties van een overstroming conform gebeurtenis 2 weer in de rode kaders. Telkens zijn kaders gekleurd waar de genoemde gevolgen het dichtst bij in de buurt ligt. Op basis van de gevolgen is ook de laatste kolom "Acceptabele kans" ingevuld.

Tabel 14. Schatting van de consequenties (in rood) van een overstroming met een frequentie van 1/1.000 jaar in 2015

Totaal aantal dodelijke slachtoffers	Totale economische schade (in miljard Euro)	Max. ruimtelijke schaal (afstand tot) milieuverontreiniging	Acceptabele kans (1/jaar)
1	0,1 miljard Euro	Eigen/buurtbedrijven (< 1km)	1/100
10	1 miljard Euro	Botlekgebied (< 20km)	1/1.000
100	10 miljard Euro	Havengebied (< 50km)	1/10.000
1.000	100 miljard Euro	Buitengebied (>=50km)	1/100.000

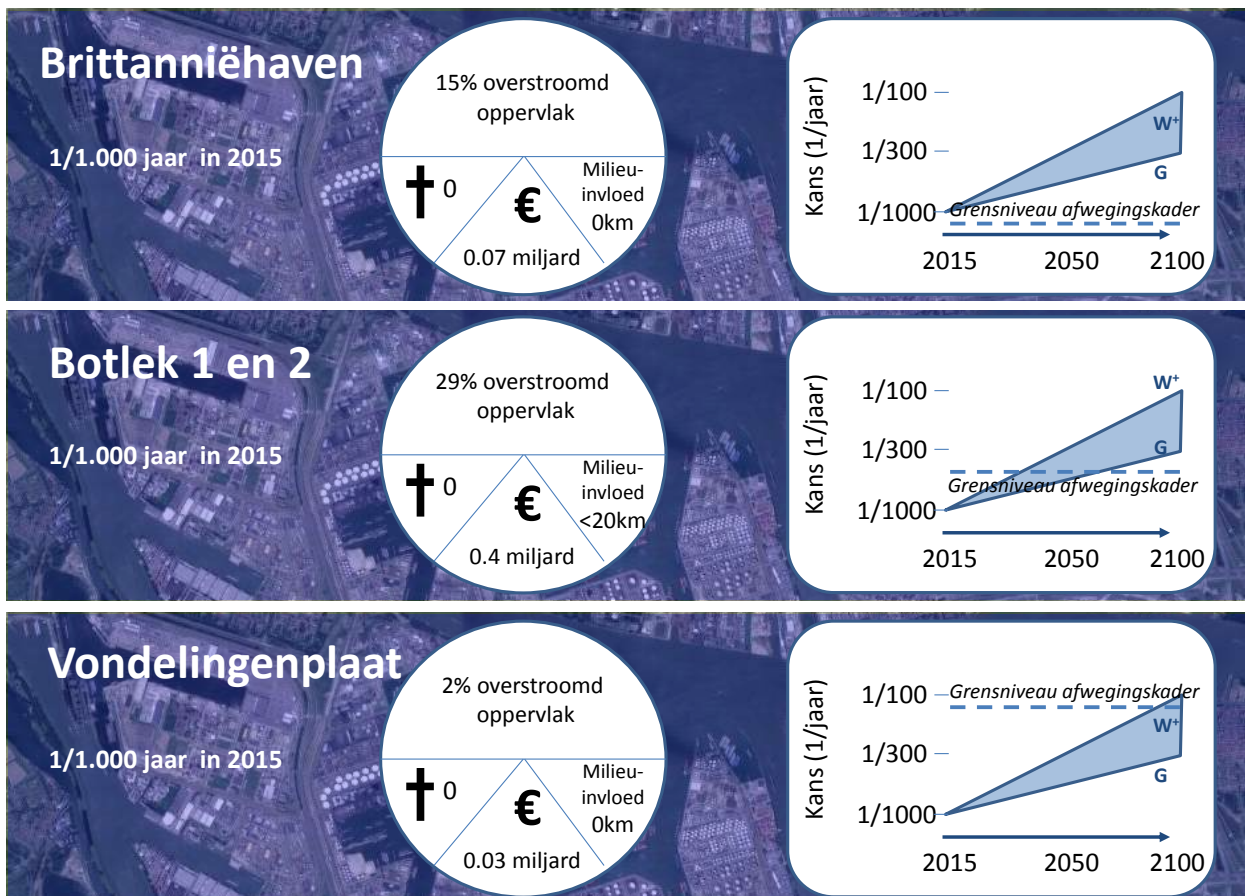
Aangezien milieuschade 10% kans van voorkomen heeft, is de economische schade ook in deze gebeurtenis dominant. Op basis van de economische schade (ca. 0,5 miljard) is de bijbehorende acceptabele kans 1/500 per jaar (door interpolatie). Voor slachtoffers is niets ingevuld in Tabel 14, omdat deze geschat zijn op < 1.

Deze “acceptabele kans” moet gelezen worden als een kans van voorkomen die – gegeven de gevolgen – maatschappelijk gezien gebruikt wordt voor overstromingsrisico’s binnendijs en/of externe veiligheid. De kans van voorkomen van deze gebeurtenis (1/1.000 per jaar) is vergelijkbaar met deze “acceptabele kans”. Milieuschade verschilt in kans van voorkomen, namelijk 1/10.000. Dit is nog onder het grensniveau. Afhankelijk van het zeespiegelstijgingsscenario zal de kans van voorkomen snel of minder snel toenemen. Dat betekent dat op termijn deze situatie het grensniveau bereikt in het perspectief van bestaande kaders voor overstromingsrisico’s binnendijs en externe veiligheid. Zie Figuur 16.



Figuur 16: Afweging van het overstromingsrisico met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85 cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100)

Per deelgebied verschilt het omslagpunt. De afweging van de overstromingsrisico’s per deelgebied (zie Figuur 15) laat zien dat de kans in de Brittanniëhaven bij een overstroming met een frequentie van 1/1.000 per jaar al boven het grensniveau in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ ligt. In Botlek 1 en 2 komt de kans tussen 2015 en 2050 boven het grensniveau van het ‘afwegingskader Pilot Botlek’. De kans in de Vondelingenplaat komt alleen bij het W+ scenario boven de grens in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ tegen 2100.



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 twee klimaatscenario's (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100)

5.3 Gebeurtenis 3

De derde gebeurtenis betreft de volgende situaties:

- Jaar 2015 met een terugkeertijd van 1/10.000 jaar;
- Jaar 2050 met een terugkeertijd van 1/3.000 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario);
- Jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/1.000 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario) voor Botlek 1 en 2. In dit zichtjaar is bij een terugkeertijd van 1/1.000 jaar bij snelle klimaatverandering (W+ scenario) ook de Vondelingenplaat naar verwachting overstroomd en zijn de totale gevolgen heviger dan in onderstaande paragraaf beschreven.

Bij langzame klimaatverandering heeft deze gebeurtenis betrekking op het jaar 2100 met een terugkeertijd van 1/3.000 jaar.

De geschatte gevolgen van deze gebeurtenis in het jaar 2015 zijn: (i) absolute economisch schade: circa 3,5 miljard Euro (prijspeil 2015); (ii) aantal dodelijke slachtoffers: 1; en (iii) Impact milieuschade: havengebied met een kans van 10% op basis van twee falende opslagtanks x 20 kilometer milieu-impact per opslagtank. De kans dat deze milieu-impact zich voordoet is in dit geval: $1/10.000 \times 0,1 = 1/100.000$.

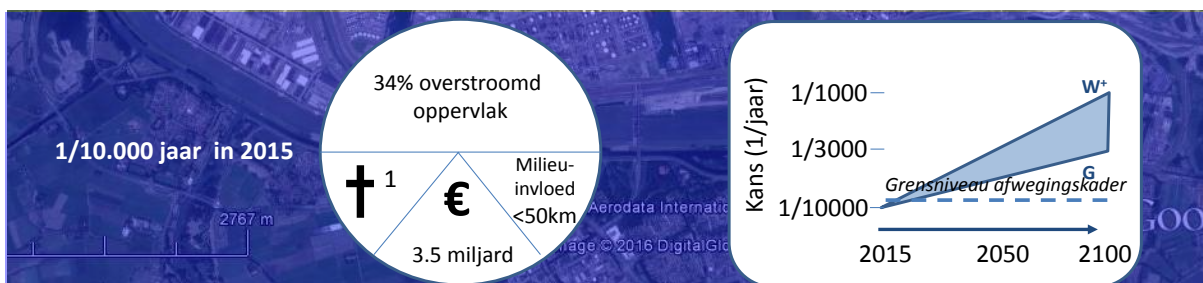
De absolute schade zal bij een economische groei van 2,6% per jaar zal bij deze uitgangspunten 8,6 miljard Euro in 2050 bedragen en 31 miljard Euro in 2100.

Tabel 15 geeft een indicatie van de consequenties van een overstroming conform gebeurtenis 3 weer in de rode vlakken. Telkens zijn de vakken gekleurd waar de genoemde gevolgen het dichtst bij in de buurt ligt. Voor deze gebeurtenis is ook de laatste kolom “Acceptabele kans” ingevuld. Deze acceptabele kans wordt bepaald door de economische schade. Aangezien milieuschade een kans van voorkomen van 10% heeft, is het ook in deze gebeurtenis niet dominant. Merk op dat op basis van interpolatie de totale economische schade een acceptabele kans geeft van 1/3.500 per jaar.

Tabel 15. Schatting van de consequenties (in rood) van een overstroming met een frequentie van 1/10.000 jaar in 2015

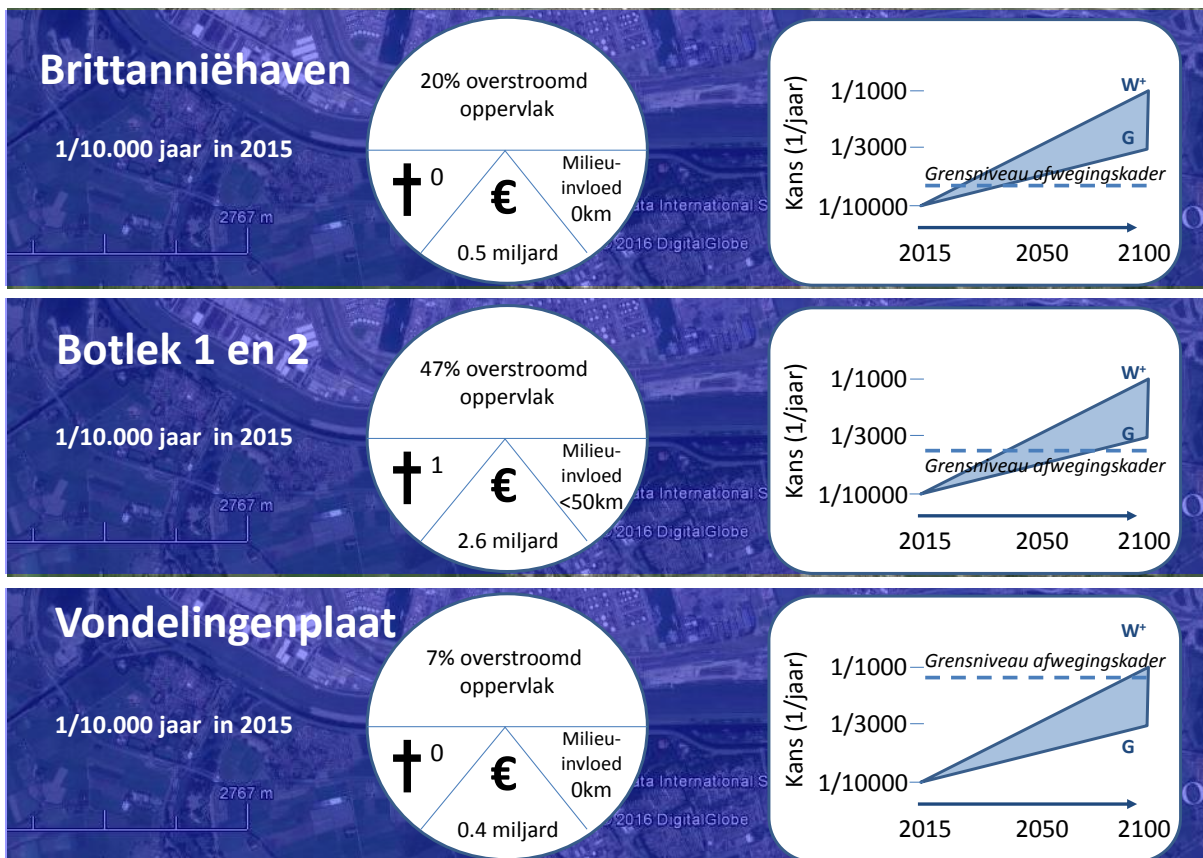
Totaal aantal dodelijke slachtoffers	Totale economische schade	Max. ruimtelijke schaal (afstand tot) milieuverontreiniging	Acceptabele kans (1/jaar)
1	0,1 miljard Euro	Eigen/buurtbedrijven (< 1km)	1/100
10	1 miljard Euro	Botlekgebied (< 20km)	1/1.000
100	10 miljard Euro	Havengebied (< 50km)	1/10.000
1.000	100 miljard Euro	Buitengebied (>=50km)	1/100.000

De hier genoemde “Acceptabele kans” moet gelezen worden als een kans van voorkomen die – gegeven de gevolgen – maatschappelijk gezien gebruikt wordt voor overstromingsrisico’s binnendijs en/of externe veiligheid. De kans van voorkomen van deze gebeurtenis (1/10.000 per jaar) ligt in dezelfde orde van grootte. Dat betekent dat deze situatie nu vergelijkbaar is qua risiconiveau met de maatschappelijk aanvaardbaar geachte risico’s voor binnendijkse gebieden. Afhankelijk van het zeespiegelstijgingsscenario wordt deze situatie sneller of minder snel ongunstiger. Zie Figuur 18.



Figuur 18: Afweging van het overstromingsrisico met het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ voor twee klimaatscenario’s (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85 cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100)

Per deelgebied verschilt het omslagpunt. De afweging van de overstromingsrisico’s per deelgebied (zie Figuur 19) laat zien dat de kans in de Brittaniëhaven bij een overstroming met een frequentie van 1/1.000 per jaar tussen 2015 en 2050 boven het grensniveau in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ komt. In Botlek 1 en 2 komt de kans tussen 2050 en 2100 boven het grensniveau van het ‘afwegingskader Pilot Botlek’. De kans in de Vondelingenplaat komt alleen bij het W+ scenario boven de grens in het ‘afwegingskader Pilot Botlek’ tegen 2100.



Figuur 19: Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/10.000 per jaar in 2015 met het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor de drie deelgebieden voor twee klimaatscenario's (het klimaatscenario W+ van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.85cm in 2100 en het klimaatscenario G van het KNMI, met een zeespiegelstijging van +0.35 cm in 2100)

6 Sectorgerichte afweging van overstromingsrisico's

Het 'afwegingskader Pilot Botlek' is toegepast op verschillende sectoren en objecten in het Botlekgebied. Dit is een verdiepingsslag op de uitgewerkte gebeurtenissen. Daarbij is een onderscheid gemaakt naar de verschillende soorten activiteiten in het Botlekgebied zoals tankopslag, chemie, bulkopslag, etc. Naast deze activiteiten is de A15 als apart element geanalyseerd, omdat deze snelweg een belangrijke functie vervult voor de ontsluiting van het gebied. Voor elk van de sectoren zijn de faalkansen geschat en met het 'afwegingskader Pilot Botlek' de acceptabele faalkansen geschat.

In de volgende paragrafen is voor de tankopslag en de snelweg A15 de toepassing van het 'afwegingskader Pilot Botlek' in meer detail beschreven om inzicht te geven in de gedachtelijn en onderliggende uitgangspunten. Vervolgens zijn de resultaten van de toepassing van het 'afwegingskader Pilot Botlek' op de andere activiteiten in het Botlekgebied beschreven. Bij de uitwerking in dit gehele hoofdstuk is gebruik gemaakt van de inzichten die opgedaan zijn tijdens de verschillende werksessies met belanghebbenden. Tevens is gebruik gemaakt van de informatie van voor waterdiepten, directe en indirecte schade en slachtoffers als gevolg van verdrinking voor verschillende herhalingstijden (Nicolai et al., 2016b).

Net als in hoofdstuk 5 wordt hier vermeld dat de hier gepresenteerde resultaten gevoelig zijn voor de onderliggende uitgangspunten/keuzes die zijn gemaakt in Hoofdstuk 4. Voor meer informatie wordt verwezen naar de voorgaande hoofdstukken.

Concaaf, convex en lineair herstel

Een belangrijk aspect van de indirecte schadeberekeningen die zijn uitgevoerd door (Nicolai et al., 2016b) betreft de wijze van herstel na een overstroming (zie ook hoofdstuk 3.1). Bedrijven hebben in de werksessies aangegeven dat de convexe curve het meest realistisch lijkt voor olieraffinaderijen en de chemische industrie. Voor bedrijven in de sector stukgoederenoverslag en distriparken wordt een concave herstelcurve realistischer geacht. In dit hoofdstuk is het grensniveau in het 'afwegingskader Pilot Botlek' als bandbreedte weergegeven tussen een convex en concaaf herstel.

Grenzen van SLS en ULS

De gekozen grenzen van SLS en ULS (de waterdiepte wanneer er sprake is van SLS of ULS) zijn subjectief. Andere keuzes zijn ook mogelijk. In het 'afwegingskader Pilot Botlek' wordt bij deze gekozen grenzen de bijbehorende economische schade bepaald. Hierin is de daadwerkelijke waterdiepte verdisconteerd. Als er voor SLS of ULS een grotere waterdiepte wordt gekozen (bijv. 1 of 2 meter) neemt de kans op SLS of ULS sterk af, maar nemen de gevolgen toe. Omdat het in het 'afwegingskader Pilot Botlek' draait om het risico (kans x gevolg) kan dit betekenen dat het eindresultaat niet sterk beïnvloed wordt door de precieze keuze van de waterdiepte.

6.1 Overstroming tankopslag

Aan de hand van het 'afwegingskader Pilot Botlek' is samen met de belanghebbenden geïnventariseerd wat er gebeurt als een tankopslag overstroomt: wanneer is er sprake van falen en wat zijn mogelijke directe en indirecte gevolgen van dit falen.

6.1.1 Stap 1: Definiëren grenstoestand



Het definiëren van de grenstoestand, oftewel het identificeren van het mogelijke falen van de tank als gevolg van een overstroming, is stap 1 in het 'afwegingskader Pilot Botlek'. Er is met belanghebbenden besproken bij welke waterdiepte de tankopslag niet meer bruikbaar is. Hierbij is onderscheid gemaakt tussen functioneel falen (SLS) en

technisch falen (ULS).

- **Bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS)**

Uit de werksessies kwam naar voren dat een beperkt waterniveau op het terrein van de tankopslag kan leiden tot functioneel falen (bijvoorbeeld 10 centimeter¹³). Ook als een bedrijf zelf geen wateroverlast ondervindt, kan het bedrijf de gevolgen van de uitval van de utiliteiten ondervinden doordat toeleverende bedrijven (van bijvoorbeeld stoom, warmte, elektriciteit en stikstof) uitvallen. Dit betreft echter geen SLS als gevolg van een overstroming van de tankopslag, maar indirecte schade als gevolg van de SLS (of ULS) van toeleverende bedrijven.

Functioneel falen ontstaat door uitval van utiliteiten (met name elektriciteit, maar ook stoom, stikstof en afvalwaterzuivering zijn genoemd), uitval van communicatiemiddelen door wateroverlast op de site en/of het op voorhand afschakelen (vanwege de harde wind vanaf windkracht 10). Elektriciteit, leidingtracés, controlekamers en noodstroom bevinden zich vaak op of onder de begane grond. Ook de pompen rond de tanks en afvalwaterzuiveringssystemen lijken kwetsbaar. Dit laat zien dat deze essentiële bedrijfsonderdelen voor tankopslag gevoelig zijn voor eventuele overstromingen.

De omstandigheden die een overstroming kunnen veroorzaken (vaak voorafgaand aan de overstroming) hebben al invloed op de bedrijfsvoering. Bij een zware storm kunnen de omstandigheden voorafgaand aan de overstroming al aanleiding zijn om de bedrijfsvoering stil te leggen. De weeromstandigheden kunnen ook risico- of effectreducerende maatregelen bemoeilijken in geval van een overstroming. Bijvoorbeeld: mocht een calamiteit zich voordoen bij een tankopslag in een zware stormsituatie, dan lijkt het niet realistisch dat hulpdiensten de plek kunnen bereiken binnen de normale termijn. Afhankelijk van de situatie zal dit (veel) meer tijd kosten.

- **Bezwijkgrenstoestand (ULS)**

Wat betreft technisch falen van de tanks achten de belanghebbenden het mogelijk dat een tank kan losscheuren en/of opdrijven. Dit is afhankelijk van de hoogteligging, hoeveelheid en type product dat in de tanks aanwezig is in combinatie met de waterdiepte, het type fundering, breedte en hoogte van de tank, etc. Volle tanks bezwijken minder snel vanwege het eigen gewicht. (Bijna) lege tanks hebben een veel grotere kans op ULS. Bij beperkte waterdiepte kunnen deze tanks al opdrijven (bijv. 0,5 meter).

Rondom de tanks bevinden zich vaak containmentdijken. De containmentdijken zijn in principe niet ontworpen om water van buiten tegen te houden. Ze zijn bedoeld om ervoor te zorgen dat er geen product uit de tanks naar buiten spoelt. PGS29, de richtlijn die bedoeld is voor grotere tankopslag, bepaalt bijvoorbeeld dat er omdijking moet zijn waarbij 100% van de spill opgevangen kan worden. In bepaalde situaties zullen containmentdijken het water van een overstroming tegen kunnen houden. In andere gevallen zal het water wellicht over of onder de dijkes door stromen. In de toepassing van dit 'afwegingskader Pilot Botlek' is ervan uitgegaan dat de containmentdijken het water niet kunnen keren.

6.1.2 Stap 2a: Bepalen van de faalkans

2a. Bepaal de faalkans



In stap 2a van het 'afwegingskader Pilot Botlek' wordt de faalkans bepaald op basis van de kans dat de Botlek overstroomt en de daaraan gekoppelde waterdiepte. Functioneel falen van de tank ontstaat wanneer er beperkt water op de site staat (bijvoorbeeld 10 cm water). Met een aanzienlijk hogere waterstand is er wellicht kans op technisch falen van de tank (bijvoorbeeld 0,5 meter of meer afhankelijk van vullingsgraad, funderingstype, mogelijkheden tot vullen voorafgaand aan storm, etc.).

¹³ Mogelijk is het al eerder, bijv. als alleen al het feit dat er water op het terrein staat resulteert in het stilleggen van alle brandbare processen, omdat de blusopvangvoorzieningen niet meer bruikbaar zijn.

De opslagtanks staan verspreid over het gehele pilotgebied. Een deel van deze opslagtanks staat op de terreinen van de petrochemische industrie. Andere tanks staan op terreinen van tankopslagbedrijven. Omdat er sprake is van sterke differentiatie in overstromingskansen in het gebied is ervoor gekozen om het 'afwegingskader Pilot Botlek' in deze paragraaf specifiek toe te passen voor de bedrijfscategorie "Tankopslag". Deze bedrijfscategorie beslaat ongeveer 14% van het totale oppervlak van het pilotgebied Botlek.

Voor de categorie "Tankopslag" zijn de waterdieptekaarten geanalyseerd op het overschrijden van SLS en ULS. Voor de grenstoestanden is aangehouden:

- SLS: 10 centimeter gemiddeld op het overstroomde deel van het terrein van de bedrijfscategorie "Tankopslag" (ca. 10%).
- ULS: 50 centimeter gemiddeld op het overstroomde deel van het terrein van de bedrijfscategorie "Tankopslag" (ca. 50%). Dit betekent niet dat alle tanks daadwerkelijk falen bij 50 centimeter overstroming, maar dat de kans op bezwijken van tanks groter wordt dan 0 bij deze waterdiepte.

Deze faalkansen zijn bepaald voor de verschillende tijdhorizonnen (2015, 2050, 2100) op basis van de waterdieptekaarten. Hieruit volgt dat de kans op SLS ca. 1/2.500 per jaar is in 2015 en met ongeveer een factor 10 toeneemt in 2100 (in het geval van snelle klimaatverandering). Voor ULS is de kans vele malen kleiner ($< 10^{-6}$ in 2015).

SLS wordt bepaald door water op het terrein van de categorie "Tankopslag". Deze kans wordt logischerwijs anders wanneer bijvoorbeeld het falen van de elektriciteit als uitgangspunt was genomen. De kans daarop is mogelijk groter (ca. 1/500 - 1/1.000 per jaar in 2015) dan de hierboven gedefinieerde SLS voor het Tankopslagterrein zelf. Dit komt verder aan de orde in paragraaf over nutsvoorzieningen.

6.1.3 Stap 2b: Bepalen van de acceptabele kans



In stap 2b van het 'afwegingskader Pilot Botlek' worden de acceptabele faalkansen bepaald voor drie typen gevolgen: economische schade, dodelijke slachtoffers en milieuschade. Aangezien economische schade het dominante gevolg is, worden de acceptabele kansen voor deze gebeurtenissen afgewogen aan de hand van economische schade veroorzaakt door SLS en ULS.

Economische schade

Belanghebbenden geven aan dat elektriciteit, leidingtracés, controlekamers en noodstroom zich meestal op de begane grond of daaronder (in kelders e.d.) bevinden. Door zout water ontstaat direct economische schade verwachten de belanghebbenden: utiliteiten moeten bijna volledig vervangen worden. Indien dit gebeurt, is de tankopslag naar schatting 6-8 maanden buiten bedrijf.

Het uitvallen van de aanvoer van bijvoorbeeld specifieke gassen zoals stikstof, gas en elektriciteit kan volgens belanghebbenden als gevolg hebben dat de productie (of delen daarvan) stil komt te liggen, omdat er geen aansturing van de processen bij de opslagtanks meer mogelijk is. Mogelijk ontstaat er dan schade aan de tanks, omdat bepaalde vloeibare producten niet meer verwarmd of gekoeld kunnen worden indien de stroom uitvalt. Dit kan leiden tot stolling van het product. Indien het gestolde product niet meer vloeibaar gemaakt kan worden, raakt de tank onherstelbaar beschadigd. Mocht dit gebeuren dan is de verwachting van de belanghebbenden dat de tankopslag minimaal een jaar uit bedrijf is.

De directe economische schade bij SLS en ULS voor de categorie "Tankopslag" zijn vastgesteld op basis van schadeberekeningen van HKV/VU (Nicolai et al., 2016b). In deze berekeningen is de ruimtelijk

variërende waterdiepte op het terrein van de tankopslag verdisconteerd in de directe schadeberekeningen. Voor de indirecte schade is gebruik gemaakt van berekeningen van bedrijfsverliezen. Daarbij zijn de getallen gebruikt voor convex / concaaf herstel om de bandbreedte van de resultaten goed tot uiting te laten komen. Uit deze resultaten volgt:

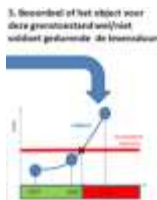
- Directe schade van ca. 30 miljoen Euro bij de herhalingstijd voor SLS en 155 miljoen Euro bij de herhalingstijd voor ULS.
- Indirecte schade voor deze situaties is 3 - 45 miljoen Euro (SLS) en 50 - 520 miljoen Euro (ULS).
- Totale schade voor SLS en ULS komt daarmee op $a) + b) = 30 - 75$ miljoen Euro en $205 - 675$ miljoen Euro respectievelijk. Deze getallen gelden voor de huidige situatie (2015).

Acceptabele kans

De hierboven beschreven gevolgen zijn gebruikt om inzicht te krijgen in de acceptabele kans aan de hand van de voorgestelde grensniveaus voor het gehele pilotgebied uit het 'afwegingskader Pilot Botlek'. De berekening is als volgt:

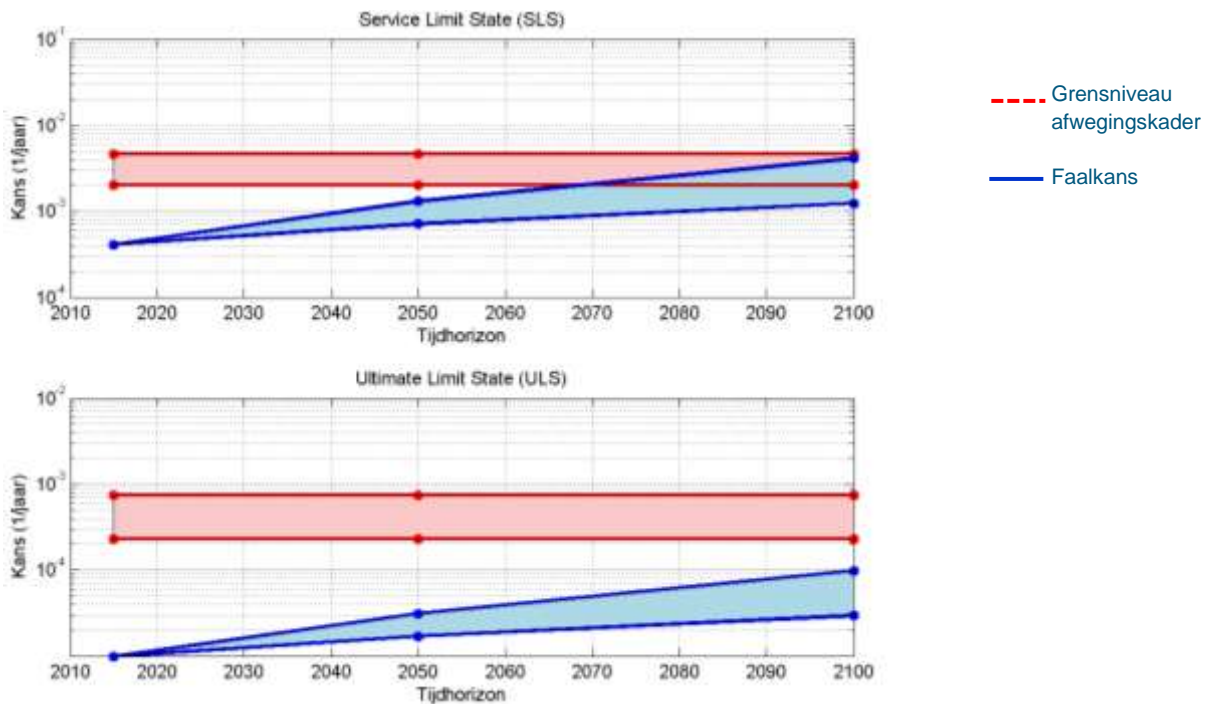
- De bedrijfscategorie "Tankopslag" neemt ongeveer 14% van het totale pilotgebied in beslag;
- Het grensniveau voor een inschatting van de acceptabele totale economische schade voor het hele gebied behorend bij klasse 1/1.000 jaar is 1 miljard Euro;
- Het grensniveau voor een inschatting van de acceptabele totale economische schade voor "Tankopslag" behorend bij klasse 1/1.000 jaar is $a) \times b) = 140$ miljoen Euro;
- De totale schade (bovengrens) is 75 miljoen Euro voor SLS en 675 miljoen voor ULS (zie voor uitleg de tekst hierboven). Op basis van interpolatie van de (aangepaste) tabelwaarden zou in het perspectief van andere maatschappelijke afwegingskaders voor waterveiligheid en externe veiligheid de acceptabele kans voor SLS daarmee uitkomen op ongeveer 1/500 per jaar en voor ULS 1/4.000 per jaar.

6.1.4 Stap 3: Vergelijking faalkans met acceptabele faalkans



In stap 3 van het 'afwegingskader Pilot Botlek' worden de acceptabele faalkansen en de faalkansen tegen elkaar afgezet in de tijd. Hieruit volgt een beeld hoe SLS en ULS zich ontwikkelen. Richting de toekomst is aangenomen dat de overstromingskans met ongeveer een factor 10 toeneemt in 2100 in het W+ scenario. In het G scenario is dat met ongeveer een factor 3.

Uit de vergelijking van de gegevens uit de stappen 2a en 2b blijkt dat de kans op een SLS in de komende eeuw rond of boven de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde acceptabele faalkans komt te liggen. Afhankelijk van het klimaatscenario treedt dit op in de periode na 2070. Voor ULS ligt dit anders. Deze faalkans is tot 2100 meer dan een orde van grootte kleiner dan de acceptabele faalkans uit het 'afwegingskader Pilot Botlek'.



Figuur 20. Afweging overstroomingsrisico tankopslag aan de hand van SLS (boven) en de ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de acceptabele faalkans op basis van de voorgestelde grensniveaus in het 'afwegingskader Pilot Botlek' waarbij de bandbreedte wordt bepaald door de onzekerheid in indirecte schade.

6.1.5 Conclusie en reflectie

In de voorgaande paragrafen is het 'afwegingskader Pilot Botlek' toegepast voor de bedrijfscategorie "Tankopslag". Merk op dat veel opslagtanks ook op andere bedrijfsterreinen staan zoals bij de olieraffinaderijen en de chemie. Deze komen aan de orde bij deze bedrijfscategorieën.

De impact van een kleine hoeveelheid water op het terrein van tankopslagbedrijven kan al een grote impact hebben doordat essentiële beveiligingen en onderdelen van het productieproces uit kunnen vallen. Een specifiek aandachtspunt bij tankopslag is dat de onderlinge afhankelijkheden (denk aan stroom, stikstof en ICT) tot domino-effecten kunnen leiden.

De vergelijking van de faalkans met de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' voorgestelde grenswaarde laat zien dat deze voor de bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS) in de komende eeuw overschreden wordt. Afhankelijk van het klimaatscenario treedt dit pas op ergens na 2070. Overschrijding van de hier gedefinieerde bezwijkgrenstoestand (ULS) is niet aan de orde tot 2100.

6.2 Overstroming A15

Een tweede situatie die samen met belanghebbenden geanalyseerd is op faalkansen en gevolgen is de overstroming van de A15 in het pilotgebied. De A15 ligt deels op het maaiveld en is deels verhoogd aangelegd. Het meest kwetsbare deel van de A15 voor overstroming vormt het stuk weggedeelte op maaiveld ten westen van de Hartelkering.

6.2.1 Stap 1: Definiëren grenstoestanden



- **Bruikbaarheidsgrenstoestand (SLS)**

De bruikbaarheidsgrens van de weg is bereikt zodra de weg afgesloten wordt voor verkeer. Volgens de wegbeheerder RWS is harde wind in principe geen reden voor het afsluiten van de weg. Het verkeerscentrum zal in dat geval adviseren of voorschrijven om langzamer te rijden. Hoge windkracht heeft wel een effect op transport van goederen. Bij hoge windkracht willen de bedrijven in het gebied hun materieel van de kades en/of bedrijventerreinen af kunnen rijden en transporteren. Hiervoor hebben de bedrijven de A15 nodig. Indien bij een dreigende zware storm voorrang gegeven wordt aan het evacueren van personen via de weg, is de capaciteit van de A15 onvoldoende om zowel alle vracht- als alle personenverkeer te faciliteren. Dit is echter niet in een protocol vastgelegd.

Een ander aspect dat de bruikbaarheid van de weg beïnvloedt, is het uitvallen van de wegsignalering door elektriciteitsproblemen. Belanghebbenden geven aan dat de elektriciteitsvoorziening kan uitvallen zodra water dicht bij de weg komt, omdat de elektriciteitsvoorzieningen langs de weg liggen. Indien de elektriciteit uitvalt, werken de matrixborden niet meer. Dat betekent niet direct dat de weg niet meer gebruikt kan worden. De aansturing van de tunnels faalt ook niet naar de verwachting van de belanghebbenden, omdat de bediengebouwen bovenin zitten.

Zodra er water op de weg komt zal RWS de rijbanen waar water op ligt sluiten¹⁴. Indien alle rijbanen ondergelopen zijn, zal de hele weg afgesloten worden, mocht hier niet anders over besloten worden door de Veiligheidsregio Rotterdam (VRR) vanwege evacuatie doeleinden. RWS heeft hier een protocol voor. Water op de weg wordt hier als maatgevend beschouwd voor de bruikbaarheidsgrens.

- **Bezwijkgrenstoestand (ULS)**

Indien er een zware overstroming plaatsvindt, kan er met name op het lage deel van de A15 ten westen van de Hartelkering veel water over de weg het Botlekgebied in stromen. De kans op een dergelijk scenario is relatief klein (ca. 1/10.000 jaar in 2015). De verwachting is dat de weg zelfs in dit extreme scenario niet zal bezwijken en dat de weg na het weglopen van het water weer gewoon kan functioneren. Onderdoorgangen en pijlers kunnen mogelijk bezwijken, bijvoorbeeld vanwege erosie/ schade door rondrijvend puin, containers die zijn gaan opdrijven, etc., indien zij daar niet op ontworpen zijn.

Naast de weg zelf is ook de Botlektunnel van belang. Uit de berekeningen blijkt dat de kans dat er als gevolg van een overstroming water de tunnel instroomt heel klein is (< 1/30.000 jaar in 2015). Indien het water niet meer uit de Botlektunnel gepompt kan worden vanwege uitval elektriciteit (incl. noodaggregaat) en de kelder (die onder de tunnel zit om water op te vangen) vol is, zal RWS de tunnel sluiten. Bij een tunnelafsluiting faalt de A15 hierdoor alleen functioneel; de tunnel zal waarschijnlijk geen ernstige schade oplopen. Aangezien water op de weg maatgevend is voor de bruikbaarheidsgrens en de tunnel geen ULS kent, wordt niet nader ingegaan op het moment en de duur van een eventuele tunnelafsluiting.

6.2.2 Stap 2a: Bepalen van de faalkans



In de toepassing van het 'afwegingskader Pilot Botlek' is water op de weg als maat genomen voor SLS en ULS. Deze situaties geven aanleiding om de weg af te sluiten en/of mogelijke schade aan de weg (met name onderdoorgangen). Voor toepassing van het 'afwegingskader Pilot Botlek' zijn hier als voorbeeld voor de A15 twee verschillende

¹⁴ In een later stadium is naar voren gekomen dat de weg mogelijk ook al afgesloten wordt als er water tegen het wegtalud komt te staan. Vanwege de mogelijke rol van de A15 in crisisbeheersing is het aan te bevelen dit nader te onderzoeken (zie de kennisagenda in bijlage 10).

SLS-situaties aangenomen van verschillende ernst: SLS en SLS+. De reden voor het analyseren van twee SLS-situaties is dat ULS hier niet verwacht wordt volgens de belanghebbenden. Het is daarom zinvol om ook de gevolgen van een ernstiger SLS, SLS+, te analyseren.

De volgende scenario's zijn toegepast:

- SLS: 10 centimeter gemiddeld op het overstroomde deel van de A15 (ca. 10%)
- SLS+: 50 centimeter gemiddeld op het overstroomde deel van de A15 (ca. 30%)

Bij SLS zal het laagste deel van de A15 ten westen van de Botlektunnel onder water staan, terwijl de rest van de A15 watervrij is. Berekeningen op basis van de overstromingskaarten schatten in dat de kans op SLS zoals gedefinieerd hierboven (dus 10 centimeter water op 10% van de A15) ca. 1/400 jaar is in 2015. Deze kans neemt toe in de komende decennia richting 2100 afhankelijk van snelle (ca. factor 10) of langzame (ca. factor 3) zeespiegelstijging.

Bij het hier gekozen zwaardere SLS+ (ca. 1/2.500 jaar in 2015) staat een veel groter deel van de A15 onder water. Verder stroomt er in dit scenario ook water vanuit Botlek 1 onder de A15 door naar Botlek 2. In SLS+ komt het water niet bij de Botlektunnel.

6.2.3 Stap 2b: Bepalen van de acceptabele kans



In stap 2b van het 'afwegingskader Pilot Botlek' wordt de acceptabele faalkans aan de hand van het dominante gevolg: economische schade.

Economische schade

Het is de verwachting van de belanghebbenden dat de directe schade aan de weg meevalt en dat de weg na het weglopen van het water weer gewoon kan functioneren. Er wordt wel schade verwacht aan alles wat eromheen ontstaat. Vooral het zoute water heeft hier een negatief effect op, denk bijvoorbeeld aan corrosie van de elektrakasten. De hersteltijd hiervan wordt geschat op maximaal 3-6 maanden. Gedurende deze tijd is de weg mogelijk minder functioneel in de zin van langzamer rijden en/of minder banen die beschikbaar zijn. Ook onderdoorgangen zijn kwetsbaar bij een zware overstroming.

De berekeningen voor directe schade van HKV/VU (Nicolai et al., 2016b) geven een schatting van de schade aan de categorie "Hoofdwegen" in het Botlekgebied voor zowel SLS als SLS+. Deze categorie bevat naast de A15 ook de hoofdwegen in het Botlekgebied zelf (totale oppervlakte 166 ha). De oppervlakte van de A15 (inclusief op- en afritten, en directe parallelwegen etc.) is circa 50 meter breed en 10 kilometer lang. De schade kan dan als volgt berekend worden:

- a) De directe economische schade in de kwantitatieve analyse is ca. 5 miljoen Euro (SLS) en ca. 31 miljoen Euro (SLS+);
- b) Oppervlakte van de A15 is ongeveer 1/3^e van gebied in de kwantitatieve analyse;
- c) De directe schade voor de A15 alleen komt hiermee op a) x b) = circa 1,5 miljoen Euro (SLS) en 10 miljoen Euro (SLS+).

Een overstroming van de A15 zal naar verwachting vooral resulteren in indirecte economische schade. Hiervoor zijn door HKV/VU (Nicolai et al., 2016b) geen schattingen gemaakt. Op basis van kentallen is hier toch een schatting gemaakt. De kentallen worden beschreven in de onderstaande kaders.

Kosten van vertraging

Indien (delen) van de A15 afgesloten worden en/of langzamer gereden moet worden vanwege windsnelheden of uitvallen van matrixborden, duurt het langer om de producten van A naar B te brengen. De kosten voor transporteurs bedragen € 43,34 per uur per vrachtwagen op basis van informatie van Transport Logistiek Nederland (TLN). Er is ook indirecte schade doordat productieprocessen vertraagd worden. Deze is groter, maar moeilijker in te schatten. Aangezien de A15 de slagader van het Botlekgebied is, kan dit als gevolg hebben dat het hele Botlekgebied hiervan forse hinder ondervindt.

Kosten van omrijden

Indien de weg (op delen) wordt afgesloten is het voor transporteurs van belang om dit van tevoren te weten, zodat het transport eventueel over alternatieve routes vervoerd kan worden. De schade blijft dan beperkt tot de extra kilometers die gereden worden (à € 1,- per km) volgens TLN. Het is echter wel de vraag of er in het geval van een overstrooming een alternatief is voor transporteurs, bijvoorbeeld in het geval van transport van gevaarlijke stoffen, omdat het onderliggende wegennet door dorpskernen loopt. Eventueel kan (een deel van) het transport over het spoor of via de binnenvaart zolang de weg afgesloten is en die alternatieven wel bruikbaar zijn. Voor containers lijkt dit een mogelijk alternatief. De Blankenberg tunnel, die in de toekomst aangelegd wordt, zal de flexibiliteit kunnen vergroten.

Op basis van kentallen is berekend dat voor de A15 ten westen van Spijkenisse de indirecte schade ongeveer 1 miljoen Euro per dag is als de A15 niet gebruikt kan worden. In deze berekening zijn de verkeersintensiteit en de bijdrage van de verschillende vervoersstromen (personenauto's, vrachtauto's) meegenomen. Het betreft puur de indirecte schade als gevolg van de onbruikbaarheid van de weg. Indirecte schade als gevolg van het uitvallen van de A15 is hierin niet inbegrepen. Voor SLS is aangenomen dat na schoonmaakwerk de A15 na een aantal dagen (aannee is 4 dagen) weer volledig gebruikt kan worden. Voor het zwaardere SLS+ scenario is 3 weken aangenomen, omdat in dit scenario er waarschijnlijk wat noodreparaties uitgevoerd zullen moeten worden. Ook het schoonmaakwerk zal langer duren voordat de weg weer volledig opengesteld kan worden.

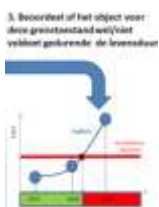
De totale schade voor SLS en SLS+ van de A15 komt daarmee op circa 5,5 miljoen Euro (1,5 miljoen direct + 4 miljoen indirect) en circa 31 miljoen (10 miljoen direct + 21 miljoen indirect) Euro respectievelijk.

Acceptabele kans

De hierboven beschreven gevolgen zijn gebruikt om aan de hand van het 'afwegingskader Pilot Botlek' inzicht te krijgen in de acceptabele kans in het perspectief van andere maatschappelijke afwegingskaders voor overstromingsrisico's binnendijks en externe veiligheid. De berekening is als volgt:

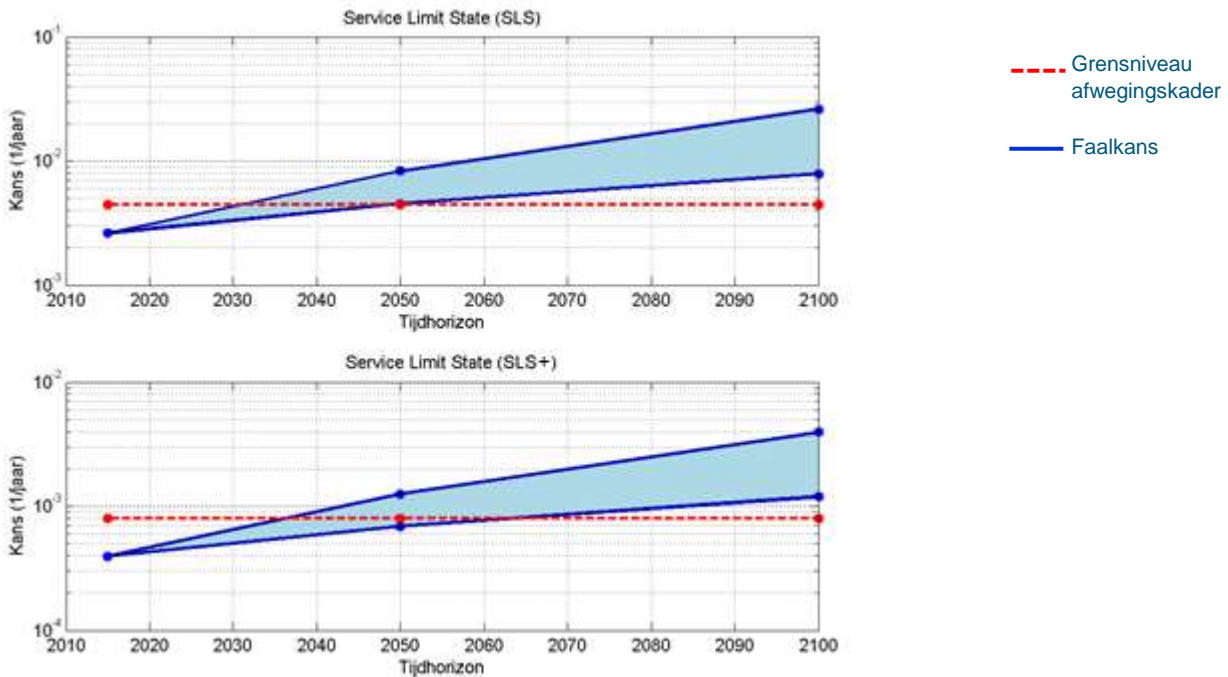
- De A15 neemt ongeveer 2% van het totale pilotgebied in beslag;
- Het grensniveau voor een inschatting van de acceptabele totale economische schade voor het hele gebied behorend bij klasse 1/1.000 jaar is 1 miljard Euro;
- Het grensniveau voor een inschatting van de acceptabele totale economische schade voor de A15 behorend bij klasse 1/1.000 jaar is a) x b) = 20 miljoen Euro
- De totale schade is 5,5 miljoen Euro voor SLS en 31 miljoen voor SLS+. Op basis van interpolatie van de (aangepaste) tabelwaarden zou in het perspectief van andere maatschappelijke afwegingskaders voor waterveiligheid en externe veiligheid de acceptabele kans voor SLS daarmee uitkomen op ongeveer 1/250 per jaar en voor SLS+ 1/1.250 per jaar.

6.2.4 Stap 3: Vergelijking faalkans met acceptabele faalkans



In stap 3 van het 'afwegingskader Pilot Botlek' worden de acceptabele faalkansen en de faalkansen tegen elkaar afgezet in de tijd. Aan de hand van de gegevens uit de stappen 2a en 2b wordt deze beoordeling gemaakt (zie Figuur 21). Uit deze vergelijking blijkt dat de faalkansen van SLS en SLS+ in de nabije toekomst nog onder de acceptabele kans ligt. De acceptabele faalkans zou over enkele decennia voor zowel SLS als SLS+ worden

overschreden in het perspectief van andere maatschappelijke afwegingskaders voor waterveiligheid en externe veiligheid. Het moment waarop dat gebeurt, is afhankelijk van de snelheid van de zeespiegelstijging.



Figuur 21. Afweging overstromingsrisico A15 aan de hand van SLS (boven) en de SLS+ (onder) van de A15. De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; de rode lijn geeft de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'.

6.2.5 Conclusie en reflectie

Belanghebbenden geven aan dat water op de A15 vooral leidt tot indirecte economische schade. Het feit dat de A15 een belangrijke transportverbinding is, betekent dat de economische gevolgen voor een groot deel bepaald worden door vertraging in het productieproces van bedrijven in en buiten het gebied vanwege functioneel falen van de weg, en veel minder door schade aan de weg zelf. Dit komt ook tot uiting in de schadeberekeningen die zijn gemaakt voor de A15 voor deze rapportage. De indirecte schade wordt een factor 3-5 hoger geschat dan de directe schade aan de snelweg.

Vanuit de hoek van de bedrijven en TLN komt het geluid dat langdurige uitval van de weg, vanwege de economische schade die dan lijkt te ontstaan, niet acceptabel zou zijn. Dit correspondeert met de afweging in het 'afwegingskader Pilot Botlek', waaruit naar voren komt dat over enkele decennia de faalkans groter is dan de in 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde grenswaarde. RWS geeft aan dat acceptatie van deze faalkans afhangt van een aantal voorwaarden, waarvan de uitkomst nu nog niet helder is:

- Crisisbeheer moet functioneren (garantie geen slachtoffers);
- Eventuele grote calamiteiten op bedrijventerreinen moeten niet optreden vanwege of te beheersen zijn zonder bereikbaarheid van de A15; en
- Uitval moet van korte duur zijn (maximaal enkele dagen).

De A15 zou een belangrijke rol kunnen spelen op het gebied van crisisbeheer. Crisisbeheer is hier echter nog niet op ingericht. In korte tijd alles over de weg evacueren lijkt onmogelijk en levert files op met

mogelijke risicovolle situaties van dien (slachtoffers en/of beperkte milieuschade door tankauto's als de overstroming plaatsvindt). Het is nu nog onduidelijk wat het gevolg is van een overstroming van (delen van) de A15 in relatie tot crisisbeheersing. Aanbevolen wordt om dit in het kader van crisisbeheersing verder uit te werken met de verantwoordelijke partijen en de belanghebbenden.

6.3 Andere bedrijfscategorieën

Op vergelijkbare wijze als in de vorige twee paragrafen is het 'afwegingskader Pilot Botlek' toegepast voor de andere bedrijfscategorieën die aan bod zijn gekomen in de werksessies met belanghebbenden.

Achtereenvolgens worden behandeld:

- Olieraffinaderijen (zie §6.3.1);
- chemie (zie §6.3.2);
- bulkterminals (zie §6.3.3);
- containeroverslag (zie §6.3.4);
- stukgoedterminals (zie §6.3.5);
- distriparken (zie §6.3.6);
- nutsvoorzieningen en andere utiliteiten (zie §6.3.7);
- spoor en scheepvaart (zie §6.3.8).

De laatste paragraaf (6.3.9) geeft een samenvatting van de resultaten. Samen met de A15 en Tankopslag vormen deze activiteiten ongeveer 80% van het totale ruimtebeslag van het pilotgebied, zie Tabel 16 hieronder.

Tabel 16. Oppervlakte per bedrijfscategorie in het Botlekgebied

Categorie	Oppervlakte (ha)
Tankopslag	337
Hoofdwegen inclusief A15	166
Olieraffinaderijen	618
Chemie	385
Nutsvoorzieningen en utiliteiten	38
Distributiebedrijven	64
Bulkterminals	108
Containeropslag	52
Stukgoedterminals	139
Spoor	56
Totaal	1.963 (van ca. 2.300 ha)

6.3.1 Olieraffinaderijen

De olieraffinaderijen vormen ongeveer 25% van het totale oppervlak in het pilotgebied. Met name in Botlek 2 en de Vondelingenplaat bevinden zich grote olieraffinaderijen. Voor SLS en ULS zijn de volgende situaties aangenomen:

SLS en ULS

Uit terreinbezoek bij deze bedrijfscategorie blijkt dat sommige essentiële onderdelen (bijvoorbeeld elektra) last kunnen ondervinden van water op het terrein, omdat deze op of zelfs onder maaiveld liggen. Hierdoor kunnen bepaalde processen stil komen te liggen, al dan niet via een gecontroleerde shutdown. Voor SLS is daarom een vrij beperkte waterdiepte van 10 centimeter gekozen¹⁵. Uit analyse van de waterdieptekaarten volgt dat SLS optreedt bij een herhalingstijd van ongeveer 1/600 jaar vanwege de overstroming aan de zuidzijde van de olieraffinaderij in het Botlek 2 gebied.

Bij een waterdiepte van een 0,5 meter op een deel van het terrein van een olieraffinaderij zal veel van de aansturing falen. Oorzaken zijn het falen (bezwijken) van elektriciteitsvoorziening en andere randapparatuur zoals pompvoorzieningen, etc. Het is niet de verwachting dat bij een dergelijke waterdiepte de grote installaties, zoals hydrocrackers, flexicokers, etc. zullen bezwijken. ULS moet dan ook gezien worden als het begin van bezwijken en niet als een complete verwoesting van de olieraffinaderij. Aangezien de waterdiepten in het Botlekgebied vrij beperkt zullen zijn (ook voor extreme hoge herhalingstijden) is een grens van 0,5 meter voor ULS gekozen. De geschatte herhalingstijd van ULS is ongeveer 1/12.500 jaar. In dat geval staat meer dan 40% van de olieraffinaderijen onder water met een gemiddelde waterdiepte van 0,5 meter (met name in Botlek 2).

Economische schade

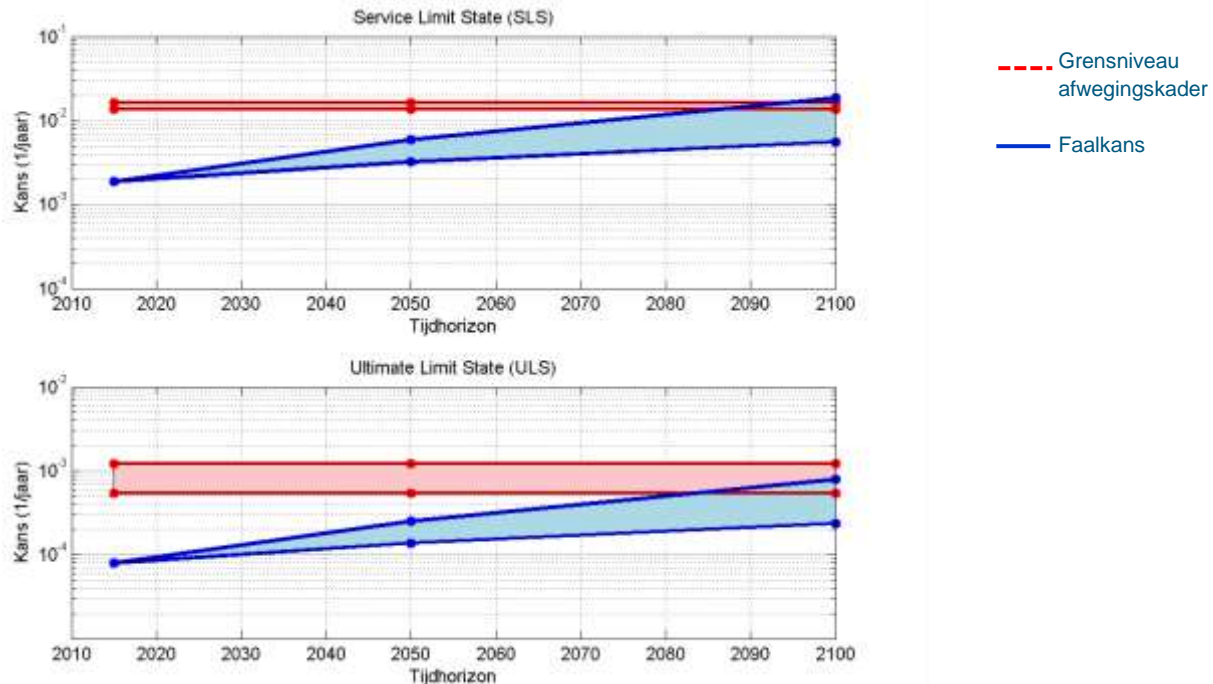
In de kwantitatieve analyse van HKV/VU (Nicolai et al., 2016b) zijn voor deze categorie schadegetallen afgeleid voor zowel directe als indirecte schade in het geval van een overstroming. Voor de bovengenoemde grenzen van SLS en ULS is de totale schade geschat op ca. 20 miljoen Euro en 230 - 510 miljoen Euro (2015) respectievelijk. Bij ULS is het merendeel indirecte schade/ bedrijfsverliezen (60-75%).

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

Op basis van de bovenstaande gevolgen is het 'afwegingskader Pilot Botlek' toegepast om te komen tot een inschatting van de acceptabele kansen in het perspectief van maatschappelijke afwegingskaders voor overstromingsrisico's binnendijks en externe veiligheid. De totale schade is 20 miljoen Euro voor SLS en 230 - 510 miljoen voor ULS. Het in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde grensniveau voor een inschatting van de acceptabele totale economische schade behorend bij klasse 1/1.000 jaar is 250 miljoen Euro.

Het resultaat van de vergelijking tussen de faalkansen uit SLS en ULS en de acceptabele faalkans uit het 'afwegingskader Pilot Botlek' is weergegeven in Figuur 22. Daarbij is aangehouden dat de kans op SLS/ULS toeneemt in 2100 in geval van snelle klimaatverandering met factor 10 en in geval van langzame klimaatverandering met een factor 3.

¹⁵ Mogelijk is het al eerder, bijv. als alleen al het feit dat er water op het terrein staat resulteert in het stilleggen van alle brandbare processen, omdat de blusopvangvoorzieningen niet meer bruikbaar zijn.



Figuur 22. Afweging overstromingsrisico olieraffinaderijen aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'.

Deze vergelijking laat zien dat in de huidige situatie (2015) de kans op ULS en SLS onder de grenswaarde ligt van het 'afwegingskader Pilot Botlek'. In het snelle klimaatscenario (bovengrens) komt op de lange termijn de grenswaarde in zicht. Twee belangrijke kanttekeningen bij de bovengenoemde resultaten zijn:

1. Een individueel bedrijf kan op basis van eigen overwegingen een heel ander perspectief op de acceptabele kans hebben. Uit gesprekken met belanghebbenden lijkt een kans van 1/1.000 per jaar voor een SLS een grens te zijn op basis van eigen risicoafwegingen. Deze grens ligt niet ver van de hier beschouwde grens voor dit scenario.
2. De kans op overstroming in het gebied met olieraffinaderijen verschilt sterk. In het Botlek 2 gebied is de kans hoger dan in de Vondelingenplaat vanwege de ligging. Toepassing voor alleen de olieraffinaderij activiteit in Botlek 2 laat zien dat de faalkans voor SLS in de huidige situatie rond het grensniveau in het 'afwegingskader Pilot Botlek' ligt. Voor ULS wordt deze grens binnen enkele decennia bereikt.

6.3.2 Chemie

Het Chemiecluster in de Botlek heeft een ruimtebeslag van ongeveer 15%. De chemische industrie zit erg verspreid door het Botlekgebied; zowel in Botlek 1 en 2 als de Vondelingenplaat zijn delen van dit cluster aanwezig.

SLS en ULS

Net als bij de olieraffinaderijen is hier gekozen voor een SLS met 10 centimeter water op het overstroomde deel van het terrein en 50 centimeter water voor ULS, omdat bij 50 centimeter water de aansturing zal falen naar verwachting van de belanghebbenden. Oorzaken zijn het falen (bezwijken) van elektriciteitsvoorziening en andere randapparatuur zoals pompvoorzieningen, etc. Het is evenals bij de

olieraffinaderijen niet de verwachting dat bij een dergelijke waterdiepte de grote chemische procesinstallaties zullen bezwijken. ULS betekent dus niet dat de hele plant verwoest is. Uit analyse van de waterdieptekaarten volgt dat de hierboven gedefinieerde SLS optreedt bij een herhalingstijd van ongeveer 1/500 jaar vanwege de overstroming chemische industrie in het Botlek 1 gebied. De geschatte herhalingstijd van ULS is ongeveer 1/8.000 jaar. In dat geval staat meer dan 50% van de chemische industrie onder water, voornamelijk in Botlek 1 en 2.

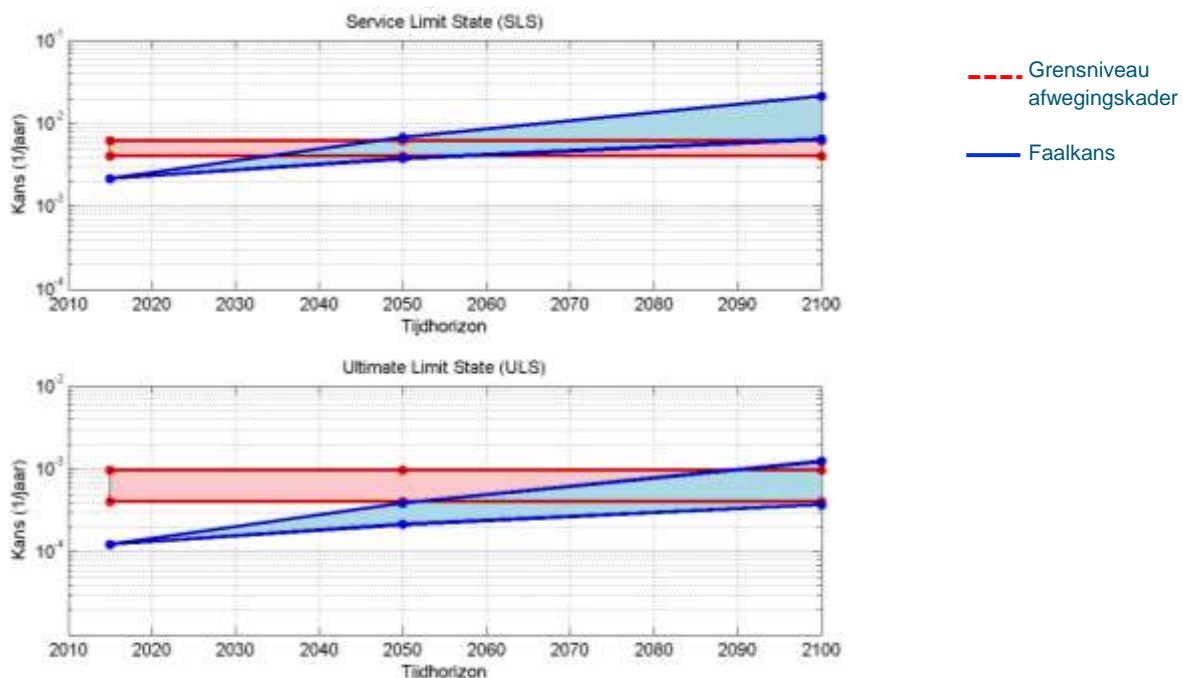
Economische schade

Bij SLS en ULS is volgens de kwantitatieve analyse van HKV/VU (Nicolai et al., 2016) de totale schade ca. 30 - 45 miljoen Euro en 180 - 430 miljoen Euro (2015) respectievelijk. Daarvan is een belangrijk deel indirecte schade/ bedrijfsverliezen. Zeker in ULS lijkt dat realistisch aangezien de belanghebbenden verwachten dat er in die situatie veel tijd overheen zal gaan voordat de bedrijfsactiviteiten weer geheel zijn opgestart. Deze schade is van een vergelijkbare orde van grootte als bij de olieraffinaderijen.

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

De bovengenoemde gevolgen voor Chemie zijn gebruikt om een schatting te maken van de acceptabele kansen voor SLS en ULS in het perspectief van andere maatschappelijke afwegingskaders voor overstromingsrisico's binnendijks en externe veiligheid. De totale schade is 30 - 45 miljoen Euro voor SLS en 180 - 430 miljoen voor ULS. Het in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde grensniveau voor een inschatting van de acceptabele totale economische schade behorend bij klasse 1/1.000 jaar is 150 miljoen Euro (15% van 1 miljard Euro).

Het resultaat voor SLS en ULS vanwege een overstroming van chemische bedrijven in de Botlek is weergegeven in Figuur 23.



Figuur 23. Afweging overstromingsrisico chemie aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte in de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'

Het resultaat laat zien dat de situatie voor de categorie Chemie nabij het in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde grensniveau ligt. Richting de toekomst wordt deze acceptabele kans overschreden voor zowel SLS als ULS in zowel het langzame (ondergrens Figuur 23) als het snelle klimaatscenario (bovengrens Figuur 23). Het beeld lijkt op dat van de olieraffinaderijen (zie vorige paragraaf). Bij "Chemie" worden SLS en ULS echter eerder overschreden. Dit komt omdat de activiteit "Chemie" voornamelijk geconcentreerd is in Botlek 1 en 2. Deze gebieden zijn relatief kwetsbaar in relatie tot overstromingen in vergelijking met de Vondelingenplaat.

Ook hier geldt dat een individueel bedrijf op basis van eigen overwegingen een heel ander perspectief op deze acceptabele kans kan hebben. Verder moet de acceptabele kans ook bezien worden in het licht van eventuele kosten die reductie van het risico met zich meebrengen.

6.3.3 Bulkterminals

De categorie bulkterminals vormt een klein aandeel in het totale oppervlak van het pilotgebied (108 ha, ca. 5% van het totale oppervlak). Het grootste deel ligt in Botlek 2 en de Vondelingenplaat.

SLS en ULS

Bulkgoed zijn goederen die los worden getransporteerd en bijvoorbeeld als hopen op een terminalterrein worden neergelegd. In principe is daarom bij inundatie er direct schade. Ook kunnen er nog andere activa aanwezig zijn, zoals vorkheftrucks. Door belanghebbenden wordt geschat dat al bij een waterdiepte van 15 centimeter hier veel schade aan kan ontstaan. Loodsen en magazijnen falen naar verwachting niet, omdat de stroomsnelheden niet hoog genoeg zijn. Een zware storm zou vanwege de wind wel enige schade kunnen veroorzaken.

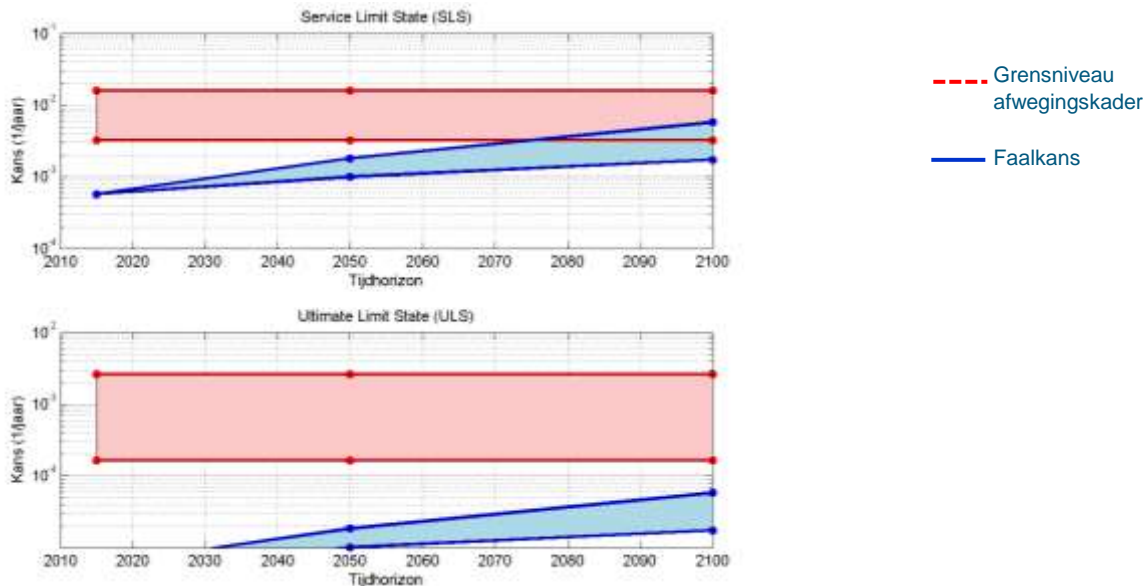
Voor SLS en ULS is consistent met veel andere categorieën 10 en 50 centimeter in het overstroomde gebied aangehouden. ULS betekent in dit geval niet dat constructies, loodsen, etc. zodanig falen dat volledig herstel nodig is. Op basis van de waterdieptekaarten volgt hieruit een kans op SLS van 1/1700 jaar en een kans op ULS van < 1/170.000 per jaar (2015). Die laatste kans is verwaarloosbaar klein.

Economische schade

Bij de bulkterminals is de indirecte schade mogelijk een belangrijke factor. Dat hangt sterk af van de aanname hoe de sector herstelt (concaaf versus convex) na de overstroming. Bij de hierboven gedefinieerde SLS en ULS is de totale schade op basis van de berekeningen als volgt: 2-15 miljoen voor SLS en 18 - 280 miljoen Euro voor ULS respectievelijk.

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

Analoog aan de eerdere categorieën is ook hier de acceptabele kans afgeleid op basis van de bovengenoemde gevolgen. Omdat deze bedrijfs categorie maar een klein oppervlak beslaat (5%) is de acceptabele kans behorend bij een bepaalde schade vrij laag: 1/1.000 jaar heeft bijvoorbeeld een bijbehorende schade van 40 miljoen Euro (4% van 1 miljard Euro). Het resultaat van het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor SLS en ULS vanwege een overstroming van bulkterminals in de Botlek is weergegeven in Figuur 24.



Figuur 24. Afweging overstromingsrisico bulkterminals aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'

Het beeld uit Figuur 24 laat zien dat voor SLS de faalkans onder de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde acceptabele faalkans ligt. Richting de toekomst komt deze faalkans rondom de acceptabele kans te liggen. Bij ULS is juist sprake van een faalkans die continu onder de acceptabele faalkans ligt (zelfs voor het snelle klimaatscenario).

Toepassing van het bovenstaande 'afwegingskader Pilot Botlek' op een individuele terminal in bijvoorbeeld de Vondelingenplaat zal een ander beeld laten zien, omdat dit resultaat gebaseerd is op het totaal aan bulkterminal die verspreid over het gebied liggen. Het is te verwachten dat in dat geval SLS onder de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde acceptabele faalkans komt te liggen. Voor toepassing van een terminal uit Botlek 1 zal het omgekeerde gelden. Daar zal de kans op een ULS juist toenemen.

6.3.4 Containeroverslag

Containeroverslag vormt net als bulkterminals een kleine bedrijfscategorie in de Botlek (ca. 2% ruimtebeslag). Het zit ongeveer gelijk verdeeld over Botlek 1 en Botlek 2 qua oppervlakte.

SLS en ULS

Belanghebbenden geven aan dat producten in containers schade op kunnen lopen bij een overstroming, omdat containers niet waterdicht zijn. Bovendien staan ze gelijkvloers tot maximaal drie hoog gestapeld volgens belanghebbenden. Uit de gesprekken blijkt dat 75% van de producten waarschijnlijk niet verzekerd is tegen schade vanwege overstromingen, omdat verzekeren te duur is. Als loodsen/magazijnen op het terrein aanwezig zijn, falen deze bij een overstroming naar verwachting niet vanwege de relatief lage stroomsnelheden. Wel zou er wat windschade kunnen ontstaan bij een zeer zware storm. Installaties zijn niet of nauwelijks aanwezig met uitzondering van zaken als vorkheftrucks. Belanghebbenden verwachten bij een waterstand van 10-20 centimeter op het terrein dat er een week nodig is om dit op te ruimen. Als ook containers en producten kapot zijn kan dit oplopen tot enkele maanden.

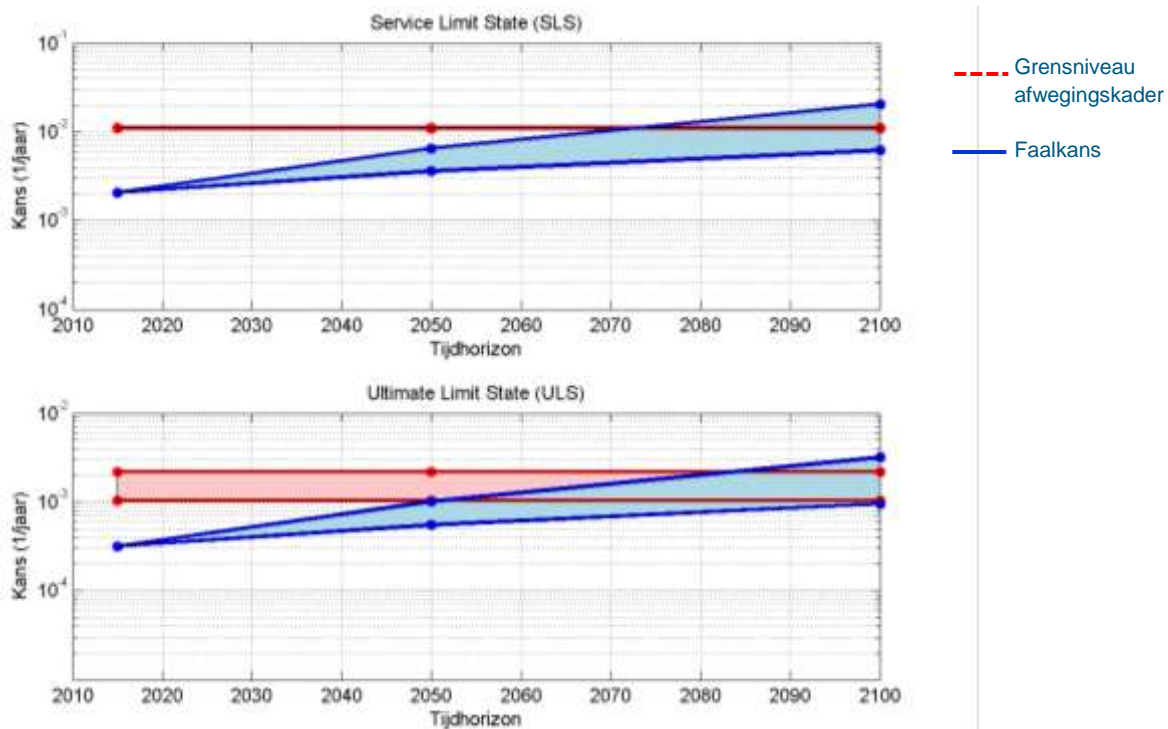
Net als bij de andere categorieën is hier een onderscheid gemaakt tussen een SLS (gemiddeld 10 centimeter water op het overstroomde deel van het terrein) en ULS (gemiddeld 50 centimeter water op het overstroomde deel van het terrein). De bijbehorende faalkansen blijken 1/500 jaar respectievelijk 1/3.000 jaar te zijn voor SLS en ULS volgens de waterdieptekaarten.

Economische schade

De totale schade voor SLS en ULS is 2 resp. 10 - 20 miljoen Euro (2015 situatie). De economische schade bij containeroverslag wordt gedomineerd door directe schade bij SLS. Indirecte schade speelt ook een rol bij ULS.

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

Ook voor deze bedrijfscategorie geldt dat vanwege het kleine oppervlak (2%) de acceptabele kans behorend bij een bepaalde schade vrij laag is: 1/1.000 jaar heeft bijvoorbeeld een bijbehorende schade van 20 miljoen Euro (2% van 1 miljard Euro). Het resultaat voor SLS en ULS vanwege een overstrooming van containeroverslag in de Botlek is weergegeven in Figuur 25.



Figuur 25. Afweging overstromingsrisico containeroverslag aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'

Het beeld dat hier naar voren komt is dat de kans op zowel SLS als ULS op dit moment onder de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde grenswaarde ligt. Op termijn wordt de kans op deze situatie wel in de buurt van de grenswaarden. Merk ook hier weer op dat vanwege de verspreide ligging van containeropslag in het Botlekgebied dit beeld anders zal zijn indien dit wordt toegepast voor bijvoorbeeld alleen de containeropslag in Botlek 2.

6.3.5 Stukgoedterminals

De categorie stukgoedterminals vormt een klein aandeel in het totale oppervlak van het pilotgebied (139 ha, ca. 6% van het totale oppervlak).

SLS en ULS

In het projectgebied bestaat stukgoed met name uit voertuigen (o.a. car terminal Britanniëhaven). Bij deze goederen treedt naar verwachting van belanghebbenden significante schade op bij de waterdiepten boven 50 cm. Uit de werksessies kwam echter ook naar voren dat vanaf een waterstand van 15 centimeter er al schade op kan treden aan meer vaste zaken die op het terrein aanwezig kunnen zijn, zoals bepaalde infrastructuur of vorkheftrucks. Loodsen en magazijnen kunnen naar verwachting van belanghebbenden alleen schade oplopen vanwege de wind bij een zware storm.

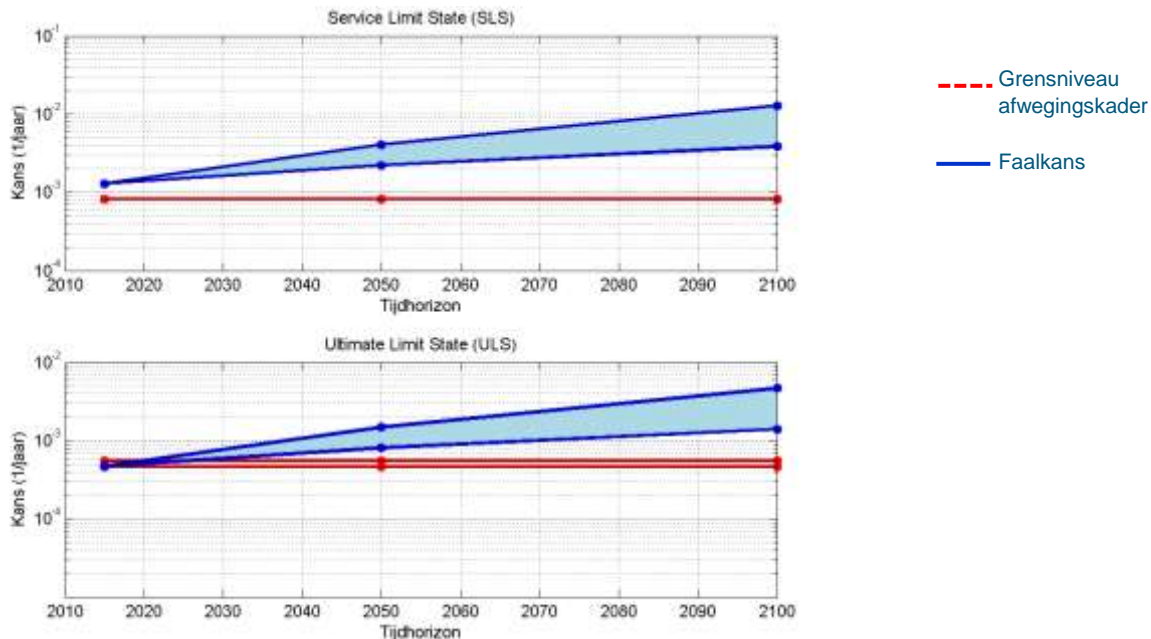
De faalkansen bij stukgoedterminals zijn min of meer gelijk aan die van bulkterminals. Om deze redenen zijn voor SLS en ULS dezelfde grenzen als bij bulkterminals aangehouden (10 cm en 50 centimeter in het overstromde gebied). Met een SLS van 10 centimeter en een ULS van 50 centimeter, volgt op basis van de waterdieptekaarten een kans op SLS van ongeveer 1/800 jaar en een kans op ULS van ongeveer 1/2.000 per jaar (2015). Deze kansen zijn relatief hoog omdat een belangrijk deel van de stukgoedoverslag in de Britanniëhaven ligt. Dat gebied is relatief kwetsbaar vanuit het oogpunt van waterveiligheid.

Economische schade

De economische schade bij stukgoedterminals wordt gedomineerd door directe schade. De schade is aanzienlijk bij de hierboven gedefinieerde SLS en ULS: circa 80 miljoen en circa 110 - 130 miljoen Euro respectievelijk. Dit zijn gelet op het beperkte oppervlak van deze bedrijfscategorie vrij grote schades.

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

Omdat deze bedrijfscategorie maar een klein oppervlak beslaat (6%) is de acceptabele kans behorend bij een bepaalde schade vrij laag: bij een herhalingstijd van 1.000 jaar hoort in dit geval bijvoorbeeld een bijbehorende schade van 60 miljoen Euro (6% van 1 miljard Euro). Het resultaat van het 'afwegingskader Pilot Botlek' voor SLS en ULS vanwege een overstroming van stukgoedoverslag in de Botlek is weergegeven in Figuur 24.



Figuur 26. Afweging overstromingsrisico stukgoedterminals aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de bandbreedte van de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'

Het beeld uit Figuur 24 laat zien dat voor SLS de faalkans net boven de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' gedefinieerde acceptabele faalkans ligt. Richting de toekomst zal deze faalkans verder toenemen. Bij ULS ligt de faalkans in de huidige situatie nog net onder de acceptabele faalkans. In de nabije toekomst zal die faalkans snel boven de gedefinieerde acceptabele kans liggen (voor beide klimaatscenario's). Dit beeld kan verklaard worden door het feit dat stukgoedoverslag in een relatief kwetsbaar gebied ligt (B 1).

6.3.6 Distributiebedrijven

De distributiebedrijven vormen ongeveer 3% van het totale oppervlak van het Botlekgebied. Op deze locaties is er sprake van opslag van producten in loodsen/magazijnen of containers. Het Distripark Botlek levert aan dit percentage de grootste bijdrage en is gelegen op de voor overstroming meest kwetsbare locatie in het gebied.

SLS en ULS

Belanghebbenden geven aan dat veel producten op pallets staan met een hoogte van 10 centimeter. Als het water hoger is kan er schade aan de onderste laag ontstaan. Als het water een halve meter hoog staat, trekt het water mogelijk tot 2 meter op via kartonnen verpakkingen. Uit de gesprekken blijkt dat 75% van de producten waarschijnlijk niet verzekerd is tegen schade vanwege overstromingen, omdat verzekeren te duur is.

De loodsen/magazijnen falen bij een overstroming naar verwachting van belanghebbenden niet vanwege de relatief lage stroomsnelheden. Wel zou er wat windschade kunnen ontstaan bij een zware storm. Installaties zijn niet of nauwelijks aanwezig met uitzondering van zaken als vorkheftrucks. Vanaf 15 cm waterhoogte kan hier schade aan ontstaan. Men verwacht bij waterstand van 10-20 centimeter op het terrein dat men een week nodig heeft om dit op te ruimen. Als ook producten kapot zijn kan dit oplopen tot enkele maanden.

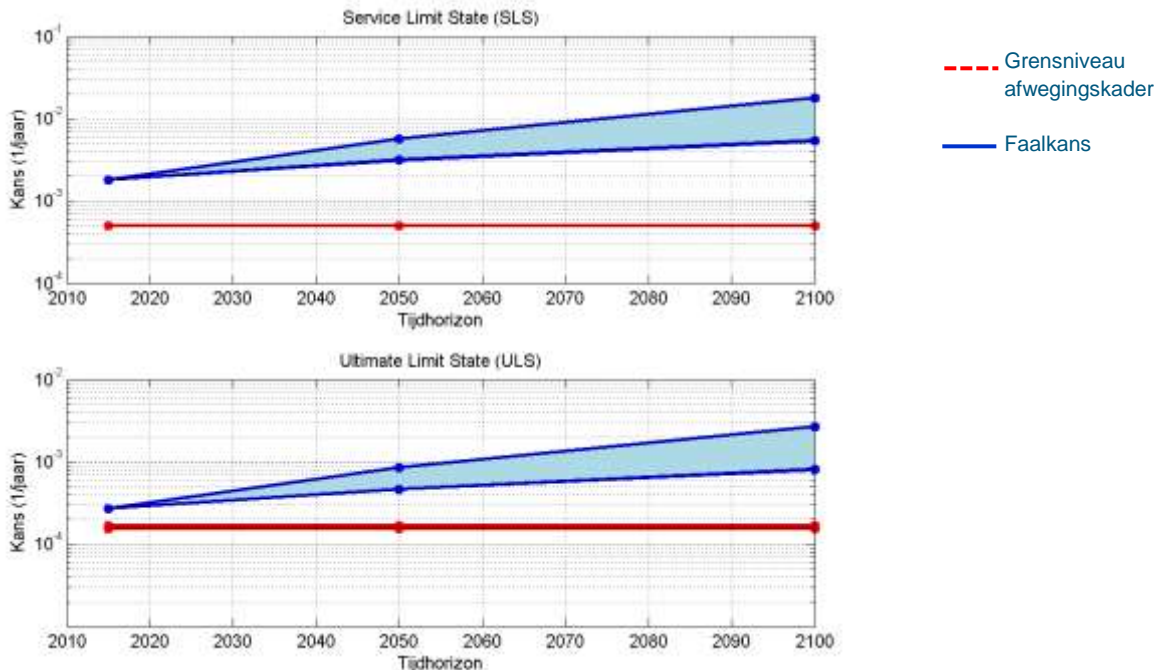
Er is onderscheid gemaakt tussen gemiddeld 30 centimeter water op het overstromde deel van het terrein (SLS) en gemiddeld 100 centimeter water op het overstromde deel van het terrein (ULS). Voor die laatste toestand is de aanname gedaan dat bij deze waterdiepte daadwerkelijk falen start (containers, producten kapot, etc.). De bijbehorende faalkansen blijken 1/500 jaar respectievelijk 1/3.500 jaar te zijn voor SLS en ULS volgens de waterdieptekaarten.

Economische schade

De totale schade voor SLS en ULS is 57 en 170 - 187 miljoen Euro respectievelijk. De economische schade bij de distriparken betreft alleen directe schade voor deze situaties. Dat lijkt aannemelijk gelet op het karakter van de bedrijfsactiviteiten.

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

De acceptabele faalkans bij 1/1.000 jaar heeft een bijbehorende schade van 30 miljoen Euro (3% van 1 miljard Euro). Het resultaat voor SLS en ULS vanwege een overstroming van distriparken in de Botlek is weergegeven in Figuur 31.



Figuur 27. Afweging overstromingsrisico distriparken aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; de rode lijn geeft de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'.

Het beeld dat hier naar voren komt is dat de kans op zowel SLS als ULS vrij hoog is in vergelijking met de acceptabele faalkans zoals gedefinieerd in het 'afwegingskader Pilot Botlek'. Het gaat hier vooral om directe schade. Dit komt vooral vanwege de ligging van het Distripark Botlek in het voor overstroming meest kwetsbare deel van het gebied. Gelet op het karakter van het bedrijf zullen het vooral goederen zijn in loods/en opslag waardoor deze schade ontstaat (en niet zozeer gebouwen/installaties).

6.3.7 Nutsvoorzieningen en andere utiliteiten

Nutsvoorzieningen (telecom, gas, water, elektriciteit, stikstof, warmte, etc.) vormen qua ruimtebeslag een kleine categorie. Echter, de continuïteit van deze voorzieningen zijn cruciaal voor de bedrijfsvoering van

andere grote bedrijfscategorieën zoals olieraffinaderijen en chemie. Per type nutsvoorziening wordt kort de mogelijke impact toegelicht:

- Uitval telecom → mogelijk gevaarlijk voor calamiteitenbeheersing bij bedrijven.
- Uitval gaslevering → stilstand bij die bedrijven die gas gebruiken.
- Uitval elektra → stilstand bij de bedrijven. Bij bedrijven is wel noodstroom aanwezig voor een gecontroleerde shutdown, maar dat is niet voldoende om de bedrijfsvoering zelf te continueren.
- Uitval stikstof → mogelijk gevaarlijk in het kader van explosies en brand, want bedrijven hebben bijvoorbeeld niet langer de beschikking over stikstofdekens. Verder treedt bij sommige bedrijven stankoverlast met mogelijk negatieve impact op gezondheid en milieu op.
- Uitval waterzuivering → stilstand bij de bedrijven die gebruik maken van waterzuivering.
- Uitval watervoorziening (drinkwater, industriewater, demi-water) → stilstand bij bedrijven die water in hun productieprocessen gebruiken (koelwater, industriewater, water voor stoom).
- Uitval riolering → bedrijfsprocessen in chemiecluster komen stil te liggen. Herstel van het riool zal de nodige tijd vergen. Mogelijk leidt uitval van riool eerder tot problemen dan uitval elektra.
- Uitval stoom → bedrijven die stoom gebruiken komen stil te liggen.
- Uitval warmte → producten kunnen stollen, waardoor prematuur affakkelen nodig is.

Uit de gesprekken met belanghebbenden ontstaat een beeld dat de kans op falen van ondergrondse kabels en leidingen als gevolg van een overstroming klein is. De reden hiervoor is dat de stroomsnelheden tijdens een overstroming dusdanig beperkt zijn, dat erosie van de grond met eventueel falen van kabels en leidingen, niet waarschijnlijk is. Daarom zijn in de analyses vooral de bovengrondse assets belicht.

Afhankelijk van het type nutsvoorziening is er sprake van specifieke omstandigheden die naar voren zijn gekomen in de werksessies, de analyses die nutsbedrijven zelf hebben uitgevoerd op basis van de waterdieptekaarten en gesprekken met belanghebbenden. De belangrijkste bevindingen hiervan zijn hieronder in meer detail beschreven.

Beschrijving gevolgen per type utiliteit

- Telecom

Er zijn veel telecomassets in het gebied. Onderscheid kan gemaakt worden in vaste en mobiele aansluitingen. Bij vaste aansluitingen geven belanghebbenden aan dat voor de meeste assets de kritieke waterhoogte voor uitval 30 centimeter is. Voor de mobiele aansluitingen zijn er ook kasten met deze kritieke waterhoogten. Zendmasten en antennes zijn minder kwetsbaar. Uiteraard zijn alle assets afhankelijk van elektriciteit. De meeste assets bezitten eigen accu's waarop 1,5 tot 5 uur kan worden gedraaid indien de elektriciteit uitgevallen is volgens belanghebbenden (en de asset niet faalt als gevolg van een overstroming). Men verwacht dat door de integratie van vast/mobiel/data er veel zal uitvallen (ook noodstroom), omdat stuur- en controlesignalen wegvallen.

- Elektra

In het gebied zijn twee netbeheerders actief, de één op het landelijk / regionaal net, de ander op het lokale net. De kans dat een overstroming tot gevolgen leidt voor het landelijke/ doorgaande net is beperkt volgens de belanghebbenden. In het Botlekgebied zijn drie grotere stations voor het landelijke/ doorgaande net. In het belangrijkste station ligt het landelijke / doorgaande net hoog (hoger dan 1 meter boven maaiveld). Bij uitval geldt bovendien nog de wettelijke eis van n-1. Dat wil zeggen dat er altijd een bypass inzetbaar moet zijn, waardoor levering over het landelijk / doorgaande netwerk zo goed als gegarandeerd blijft mocht er een station uitvallen. Dit n-1 principe wordt door de netbeheerders tot een bepaald niveau in het netwerk doorgezet (bij huisaansluitingen wordt dit bijvoorbeeld niet meer toegepast).

Door belanghebbenden wordt geschat dat er voor het regionale netwerk een kans op falen is bij het belangrijkste station bij een waterstand van ca. 50 centimeter. Het falen van de elektriciteitsvoorziening heeft daarom naar verwachting alleen regionale effecten (in het Botlekgebied). Een aantal grote bedrijven zijn op dit regionale netwerk aangesloten en zullen bij uitval van het netwerk dus gevolgen ondervinden. De gevolgen van uitval (of afschakelen) verschillen. Voordat de levering weer op gang kan worden gebracht, moeten de assets worden getest. Dit kan tijdsintensief zijn. Hersteltijden kunnen ook lang zijn vanwege het niet op voorraad hebben van bepaalde transformatoren. Tegenwoordig zijn er wel mobiele containers in bedrijf die ter plaatse zouden kunnen worden aangesloten voor noodsituaties.

De kans op falen van de lokale elektriciteitsvoorziening in het Botlekgebied is niet eenduidig. Belanghebbenden geven aan dat kleinere en minder belangrijke stations een grotere faalkans hebben (maar kleinere gevolgen) dan grotere stations, zoals het Botlekstation. Mocht het Botlekstation uitvallen, dan heeft dit wel direct consequenties voor veel bedrijven in de Botlek verwachten de belanghebbenden. De kans op uitval van het Botlekstation lijkt niet groot, omdat belanghebbenden aangeven dat een behoorlijke waterdiepte (> 0,5 m) bereikt moet worden voordat dit het geval is. De hersteltijden zijn door de belanghebbenden geschat op maximaal enkele weken indien een groter gebied getroffen wordt met essentiële grote stations en een paar dagen voor het herstel van een (groter) aantal kleinere stations.

- Gas

Er zijn diverse gasstations in het gebied: van afsluiterstations tot mengstations en gasontvangstations. Ook wordt onderscheid gemaakt in het hoofdsysteem en regionale systemen. Voor gas geldt ook het n-1 principe. Om die reden verwachten de belanghebbenden niet dat er als gevolg van een overstroming impact op het hoofdsysteem (landelijk net) is. Uitval van assets in het regionale systeem zijn wel mogelijk.

Er zijn afhankelijkheden met andere nutsvoorzieningen, zoals elektra. Uitval van telecom leidt ertoe dat er geen toezicht meer is op de onbemande stations is. Zolang er geen toezicht is wordt de gaslevering afgeschakeld. Stikstoflevering is van belang voor een mengstation dat in de Botlek het hoog calorisch gas omzet naar Groningergas. Wateroverlast kan leiden tot uitval van PLC bij het mengstation (ULS), waardoor gaslevering naar alle gasontvangstations stopt en enkele maanden uit bedrijf blijft gedurende de hersteltijd. De verwachting van belanghebbenden is dat voor falen minstens 40 cm waterhoogte nodig is, waarschijnlijk meer.

- (Afval)water

Een overstroming heeft naar verwachting van de belanghebbenden geen grote gevolgen voor de drinkwaterleidingen/ -levering. Levering vindt namelijk plaats via pompen buiten het Botlekgebied. De demi-waterplant in Botlek 1 (industriewater), die veel afnemers in het Botlekgebied en in Europoort heeft, en de in Botlek 1 geplande AWZI zullen waarschijnlijk uitvallen als er water op het terrein staat verwacht men. Uit de gesprekken volgt dat bij 10-20 cm water de bediening uitvalt. Hersteltijden zullen naar verwachting van belanghebbenden relatief beperkt zijn (orde enkele weken). Bij de afvalwaterzuivering kan ook milieuschade optreden. De verwachting van belanghebbenden is dat een deel van het afvalwater zal vrijkomen, maar dat de impact van deze verontreiniging gering is vanwege de vermenging.

Naar verwachting van de belanghebbenden is de riolering kwetsbaar voor waterstanden vanaf ca. 0,5 meter. Het gevolg van overstroming is mogelijk langdurige uitval van het rioolsysteem doordat de elektrische voorzieningen van de persleidingen/boosters worden aangetast door het zoute water en vervangen moeten worden. Een ander aandachtspunt dat uit de werksessies naar voren komt, is dat alle hemelwaterriolen naar verwachting vol lopen bij een overstroming en na de overstroming moeten worden leeggepompt en schoongemaakt.

SLS en ULS

Op basis van het bovenstaande en gesprekken met diverse belanghebbenden is voor de nutsvoorzieningen als geheel als scenario aangenomen dat de bruikbaarheid van deze voorzieningen bij 30 centimeter in het geding komt (SLS). Voor ULS is een waterdiepte van 1 meter aangehouden. Zoals hierboven al duidelijk is geworden, varieert deze waterdiepte per nutsvoorziening. Omdat de economische schade verder niet uitgesplitst kan worden naar type nutsvoorziening zijn deze getallen aangehouden als een soort gemiddelde.

Op basis van de waterdieptekaarten volgt voor de nutsvoorzieningen als geheel een kans op SLS van 1/1.200 jaar per jaar en voor ULS 1/55.000 jaar. Merk op dat voor de verschillende nutsvoorzieningen dit sterk kan verschillen afhankelijk van hun ligging in het gebied. Bijvoorbeeld: stikstofvoorziening ligt op een relatief kwetsbare locatie in het Botlek 1 gebied. De kans op SLS op deze locatie ligt rond 1/500 jaar.

Economische schade

Bij de herhalingstijden van SLS en ULS is de schatting van de totale schade 10 - 20 miljoen Euro en 30 - 270 miljoen Euro, respectievelijk. Bij ULS wordt deze schade gedomineerd indirecte schade (> 90% van totaal). De indirecte schade lijkt erg hoog voor deze nutsvoorzieningen. Zeker bij ULS is de indirecte schade heel dominant.

Resultaat 'afwegingskader Pilot Botlek'

De acceptabele faalkans in het 'afwegingskader Pilot Botlek' bij 1/1.000 jaar heeft een bijbehorende schade van 15 miljoen Euro (ca.1.5% van het gebied keer 1 miljard Euro voor het totale gebied). Het resultaat voor SLS en ULS is weergegeven in Figuur 28.



Figuur 28. Afweging overstromingsrisico nutsbedrijven aan de hand van SLS (boven) en ULS (onder). De blauwe vlakken geven de bandbreedte aan als gevolg van het klimaatscenario met als bovengrens het W+ klimaatscenario en als ondergrens het G klimaatscenario; het rode vlak geeft de acceptabele faalkans op basis van het huidige 'afwegingskader Pilot Botlek'.

De kans op SLS bij "Nutsvoorzieningen" in de Botlek is in de huidige situatie relatief hoog ten opzichte van andere activiteiten. Dit komt omdat belangrijke onderdelen van deze activiteit in Botlek 1 en langs de

zuidrand van Botlek 2 zijn gevestigd. Met name het beeld van SLS laat zien dat de kans op deze situatie in de huidige situatie hoog is ten opzichte van de in het 'afwegingskader Pilot Botlek' bepaalde grenswaarde. Daarbij moet wel de kanttekening gemaakt worden dat het bedrijfsverlies als gevolg van uitval van de nutsvoorzieningen heel hoog lijkt, zeker bij ULS.

6.3.8 Transport: Scheepvaart en het Spoor

Naast de A15 zijn de scheepvaart en het spoor belangrijke transportmodaliteiten in het Botlekgebied. Het aandeel spoorvervoer in de haven is echter beperkt, minder dan 10%. Uitval van het spoor kan naar verwachting redelijk opgevangen worden door andere modaliteiten (scheepvaart en de weg) mochten deze wel (weer) in gebruik zijn.

Scheepvaart

In principe geven water en golven geen hinder voor scheepvaart verwachten de belanghebbenden. In het geval van een overstroming hebben het sluiten van keringen en wind invloed op deze sector. Zo is binnenvaart en zeevaart vanaf windkracht 11/12 niet meer mogelijk en ligt zeevaart bij lagere windkrachten ook grotendeels stil. Het meest kwetsbaar hiervoor zijn containerschepen vanwege de hoeveelheid windoppervlak. Ook kan wind met een dergelijke kracht ervoor zorgen dat er schade ontstaat aan steigers en glooiingen vanwege losbreken schepen.

Indien schepen los zouden breken, ontstaan naar verwachting grote schades met lange hersteltijden en lange stremmingsduur voor scheepvaart. Hier worden in vrijwel alle gevallen maatregelen tegen genomen, zoals het innemen van ballastwater of het aanpassen van de afmeerlocatie (aan lager wal of naar binnenland of zee sturen). Er is een gedeelte noodzaak bij schepen, reders, havenmeester, etc., zodat men verwacht dat er van uit gegaan kan worden dat deze situaties worden getackeld. Ook denkt men dat de informatievoorziening voldoende geregeld blijft bij dergelijke omstandigheden. Niettemin blijft er onder extreme omstandigheden een kans op falen met als gevolg economische schade of beperkte milieuschade.

Spoor

Belanghebbenden geven aan dat voor het spoor vooral de hoogteligging en het fundament belangrijk zijn voor het bepalen van de faalkans¹⁶. Als er water op het spoor staat, is er sprake van functioneel falen (SLS). Zodra het water weer weg is, kunnen de treinen weer rijden. Echter, men verwacht niet dat alle voorzieningen nog naar behoren zullen werken. Denk bijvoorbeeld aan beveiligingskasten (die liggen nu op maaiveldniveau en vallen mogelijk uit) en wisselbeheer. Indien de elektra aangetast wordt, loopt de hersteltijd op naar ongeveer een jaar.

Uitval van de elektriciteitsvoorziening zorgt ervoor dat het treinverkeer stopt, omdat de wisselapparaten en beveiligingskasten niet meer werken. Het treinverkeer op het doorgaande spoor stopt ook bij windkracht 12 in verband met de kwetsbare bovenleiding. Dieseltreinen vormen hier een uitzondering op. Zij zouden in een speciaal veiligheidsregime kunnen blijven rijden en geven de belanghebbenden aan.

Als de waterstand aan de ene kant van het grondlichaam ca. 0,25 m hoger is dan aan de andere kant, kan in theorie piping¹⁷ optreden. Dit kan leiden tot technisch falen (ULS). De hersteltijd in een dergelijke situatie wordt door belanghebbenden geschat op 3-4 maanden. Piping lijkt mogelijk voor een deel van het

¹⁶ In een later stadium is naar voren gekomen dat de Botlek spoortunnel wellicht het meest cruciaal is voor het bepalen van de faalkans. Deze loopt mogelijk bij een 1/1.000 per jaar situatie al vol en dan zeer lang uit bedrijf zal zijn. Het is aan te bevelen dit nader te onderzoeken (zie de kennisagenda in bijlage 10).

¹⁷ Piping houdt in dat er water door een kunstwerk stroomt als gevolg van een groot waterstandsverschil. Kwelwater met zand stroomt door drukverschil onder een kunstwerk door met uiteindelijk het ontstaan van tunnelvormige ruimtes die de constructie verzakken. Als piping niet op tijd wordt gestopt zal het leiden tot verzakking (Wikipedia, 2016).

spoor dat langs de A15 in noord-zuid richting loopt op de grens tussen Botlek 1 en Botlek 2. Daar ligt het spoor op een grondlichaam met steile taluds. Indien het waterstandsverschil als Botlek 1 wel onderloopt en Botlek 2 niet groot genoeg is zou een ULS kunnen ontstaan.

6.3.9 Samenvatting

In de vorige paragrafen is het 'afwegingskader Pilot Botlek' 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 Pilot Botlek' (gelijk aan de gebiedsgerichte afweging). Voor de faalkans per sector is uitgegaan van het moment dat objecten niet meer gebruikt kunnen worden (SLS) of bezwijken (ULS).

Tabel 17 geeft de overschrijding van de acceptabele faalkans in SLS en ULS voor de verschillende sectoren weer. In de tabel zijn de volgende kleurcodes gebruikt:

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

Tabel 17: Samenvatting eerste verkenning overschrijding acceptabele kans in 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).

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

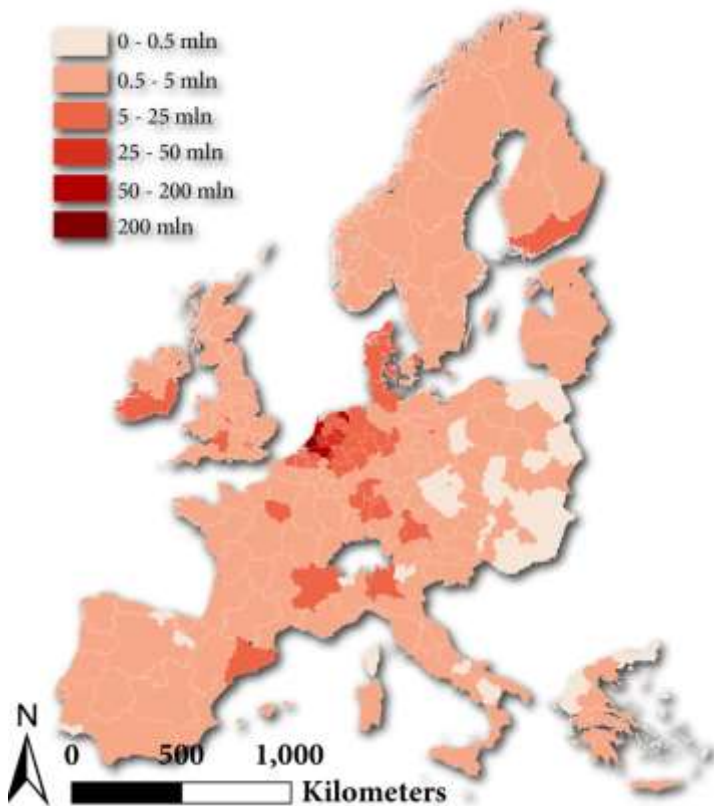
Deze tabel geeft een aantal inzichten. Ten eerste geeft het weer dat in de huidige situatie (2015) de overstromingsrisico's voor het overgrote deel van de activiteiten in het Botlekgebied onder het grensniveau van het 'afwegingskader Pilot Botlek' liggen. Uitzonderingen vormen de sectoren Distriparken en Stukgoedterminals. Deze activiteiten concentreren zich in de Brittanniëhaven 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 risico' is volgens het gebruikte 'afwegingskader Pilot Botlek'. 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 blijkaar 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 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.

6.4 Bovenregionale effecten

Het uitvallen van (proces)onderdelen bij een bedrijf kan leiden tot bovenregionale effecten, tot buiten het Botlekgebied. Via buisleidingen is het Botlekgebied bijvoorbeeld verbonden met de industriegebieden op beide Maasvlaktes en met de industriegebieden in Moerdijk, Antwerpen en Chemelot. Bovenregionale effecten zouden kunnen optreden in andere Rotterdamse havengebieden, op landelijk niveau en ook op Europees niveau.

Tot dusver is vooral gekeken naar de gevolgen van een overstroming in het Botlekgebied zelf. Impliciet zijn gevolgen van overstroming in het Botlekgebied meegewogen in de indirecte schade (bedrijfsverliezen) voor de verschillende bedrijfscategorieën. Dit is voornamelijk beschouwd op de regio Rijnmond. Wel is door Nicolai et al. (2016b) globaal een Europees model beschouwd (zie Figuur 29). Hierin is berekend dat bij uitval van het Botlekgebied de sectoren olie en chemie niet geheel kunnen worden overgenomen (door heel Europa zijn er productieverliezen).



Figuur 29. Gevolgen voor heel Europa bij een overstroming met kans van 1/1.000 per jaar van de olie- en chemiesector in de Botlek

Pijpleidingen

Ca. 55 miljoen ton van de in de Rotterdamse haven omgezette 100 miljoen ton olie en olieproducten gaat over de grens. Hiervan gaat ca. 16 miljoen ton naar het Ruhrgebied en 30-35 miljoen ton naar Antwerpen. Het Central Europe Pipeline System (CEPS) is een netwerk van pijpleidingen van de NAVO voor het transport van brandstoffen. Het netwerk verbindt belangrijke innamepunten zoals havens en raffinaderijen met verbruikspunten zoals vliegbases, luchthavens en kazernes. Het netwerk strekt zich uit van Rotterdam, Le Havre en Marseille tot Hodenhagen, Aschaffenburg en Neuburg. In Nederland wordt bijvoorbeeld Schiphol bevoorrad en is er een depot in Pernis (Botlekgebied). Het netwerk is niet alleen afhankelijk van voorziening vanuit de Botlek. Er is flexibiliteit in het CEPS netwerk. Daarnaast is er ook een olieleiding tussen Amsterdam en Schiphol die voor toelevering van brandstoffen zorgt. Een ander alternatief is een aanvoer per barge (zoals vroeger).

Het innamepunt in de Botlek ligt op een locatie die niet kwetsbaar is voor overstroming. De kans op uitval vanwege een overstroming lijkt dan ook gering. Het wordt naar verwachting alleen veroorzaakt als gevolg van indirecte effecten. Indien de Botlek uit zou vallen is het goed merkbaar en zorgt voor indirecte economische schade. Wel wordt verwacht dat Schiphol of andere Europese luchthavens door kunnen functioneren. Op diverse locaties in het netwerk zijn er buffervoorraden (ook op Schiphol). In geval van een overstroming is er vooraf enkele dagen handelingstijd en kunnen buffervoorraden extra bijgevuld worden.

Vanuit Rotterdam liggen er twee pijpleidingen naar Duitsland (RRP) met een totale lengte van 475 kilometer. Deze leidingen vervoeren jaarlijks gemiddeld 16 miljoen ton ruwe olie en 8,5 miljoen ton olieproducten. Pompstations staan in Europoort en Botlek. Het pompstation in het Botlekgebied staat op

een beperkt kwetsbare locatie. Indien toch uitval optreedt (bijvoorbeeld als gevolg van indirecte effecten), treden vergelijkbare gevolgen op als bij het CEPS.

De totale lengte van de openbare RC2 pijpleiding tussen Rotterdam en Antwerpen bedraagt 117 km en werd aangelegd tussen de Maasvlakte, Europoort en de Botlek. In de Botlek sluit deze leiding aan op een pijpleiding die loopt via Moerdijk naar Antwerpen. Ook PPS heeft het pompstation in de Botlek. Het PPS pompstation ligt op een meer kwetsbare locatie dan RC2. Voor deze leiding geldt dat de levering naar het achterland (Chemelot) qua capaciteit eenvoudig op te vangen lijkt door Antwerpen (wel is er indirecte schade).

De DOW leiding betreft de levering van propyleen van Terneuzen naar Rotterdam (Botlekgebied) en zal niet in bedrijf zijn als de betreffende afnemer niet in bedrijf is (indirecte schade). Dit geldt ook voor AL (stikstofleiding) met beperkte levering en afname qua capaciteit (beperkte indirecte schade).

Van de overige leidingen (olie, olieproducten en ethyleen) liggen de pompstations in Europoort en niet in het Botlekgebied.

Nutsvoorzieningen en utiliteiten

Er zijn veel verbindingen tussen de bedrijven binnen de haven en bovenregionaal. Voor elektriciteitsvoorzieningen is met name één station lijkt cruciaal, al is de kans op falen daarvan vrij beperkt. Het is van belang om de calamiteitenbeheersing hierop in te richten.

Ook bij de gaslevering kunnen allerlei lokale assets uitvallen bij bepaalde typen overstromingen. Waarschijnlijk leidt dit niet tot bovenregionale effecten. Omdat deze bovendien naar verwachting binnen het gasnet op te lossen zijn, zal de duur van deze effecten beperkt zijn.

Uitval van stikstof heeft alleen invloed op regionaal niveau. Andere gebieden zijn gekoppeld aan andere leveranciers en ervaren geen directe impact van uitval van stikstof. Hetzelfde geldt voor de overige utiliteiten (telecom, riolering, etc.) en transportmodaliteiten. Andere gebieden hebben andere leveranciers of er zijn alternatieven.

Overige infrastructuurverbindingen: weg, scheepvaart en spoor

Het uitvallen van de A15 heeft naar verwachting bovenregionale effecten. Zolang de A15 afgesloten is zullen alternatieven gevonden moeten worden (alternatieve routes of andere transportmodaliteiten). Dit heeft indirecte economische schade tot gevolg. Openstellen van de Blankenburgtunnel maakt het wegennetwerk hierin flexibeler.

De impact op de scheepvaart is beperkt (slechts voor de duur van de storm en het hoogwater). Voor wat betreft het spoor geldt dat de Betuweroute relatief kwetsbaar is, maar over het algemeen er tijdelijk gebruik gemaakt kan worden van andere modaliteiten (wel mogelijk indirecte schade).

Conclusie

De belangrijkste conclusies op het gebied van bovenregionale effecten zijn:

- Naar verwachting treden ook indirecte bovenregionale effecten op indien een overstroming optreedt.
- Echter, de schade bevindt zich toch vooral in het gebied zelf en treft afnemers minder. De meeste afnemers hebben de mogelijkheid om producten af te nemen van alternatieve locaties mocht dat niet meer lukken vanuit de Botlek. Voor olie, olieproducten en chemie geldt hierbij dat indien (met name als gevolg van indirecte effecten) schade en uitval in het Botlekgebied optreedt, dit door afnemers binnen Europa gevoeld kan worden.

- Voor enkele activiteiten geldt dat de productie of verwerking in de Botlek uniek is binnen Europa (bijvoorbeeld de verwerking van benzeen). Uitval betekent dat impact voelbaar is in heel Europa.
- Als de levering van producten uit de Botlek te lang weg valt (kantelpunt onbekend) komen naar verwachting wel de concurrentiepositie en het imago van het Rotterdamse havengebied onder druk te staan.

7 Kosten-batenanalyse van maatregelen

Een kosten-batenanalyse is uitgevoerd voor de maatregelen die samen met de belanghebbenden geselecteerd zijn voor de mogelijke adaptatiestrategieën. De onderstaande paragrafen lichten de analyse toe.

7.1 Aanpak kosten-batenanalyse

Het doel van de kosten-batenanalyse is om het effect van de maatregelen te inventariseren. In de effectbepaling wordt de situatie waarin er geen maatregelen genomen worden, “niets doen” of referentiescenario, vergeleken met een situatie waarin er wel een maatregel genomen wordt. Het nemen van een maatregel leidt aan de ene kant tot kosten van het implementeren en uitvoeren van de maatregel. Aan de andere kant leidt het tot baten vanwege de reductie van de schade over een bepaalde periode ten opzichte van de situatie waarin er geen maatregel genomen wordt. De analyse bestaat dan ook uit:

- het schatten van de kosten (investering en beheer & onderhoud) van de maatregelen;
- het schatten van de baten van de maatregelen.

De kosten en baten van de maatregelen zijn bepaald voor het zichtjaar 2050. Er is rekening gehouden met het effect van de maatregelen op verwachte risico's tot 2050. In de analyse is rekening gehouden met het feit dat de risico's jaarlijks toenemen door klimaatverandering (zeespiegelstijging) en ontwikkeling van de economie. Er is hierbij gebruik gemaakt van het scenario 'stoom' uit het Deltaprogramma (2013).

De deltasenario's zijn gebaseerd op de KNMI'06- en WLO¹⁸-scenario's. Als basis voor de hydrologische omstandigheden is in het scenario 'stoom' het KNMI'06-scenario 'W+' gebruikt. Dit scenario gaat uit van een graduele zeespiegelstijging met +35cm¹⁹ in 2050 t.o.v. 1990. In bijlage 2 en in de rapportage van Nicolai et al. (2016) staan de waterdiepte kaarten nader toegelicht.

Als basis voor de sociaal-economische ontwikkelingen gaat het scenario 'stoom' uit van het WLO scenario 'Global Economy' met een economische groei van 2,6% per jaar. Als basis voor de schadegetallen is de studie van Nicolaï et al (2016) gebruikt. In deze studie is de directe en indirecte schade bepaald op basis van het prijspeil 2015 en zijn er geen sociaal-economische ontwikkelingen tussen 2015 en 2100 verondersteld. Dit betekent dat de absolute schadegetallen voor 2050 en 2100 zijn gebaseerd op het prijspeil 2015. Op basis van 'Global Economy' neemt de schade door de waardeontwikkeling van het gebied toe met een factor 2,5 (-) tussen 2015 en 2050 en met een factor 8,9 (-) tussen 2015 en 2100. In paragraaf 7.3 wordt in een gevoeligheidsanalyse de invloed van de uitgangspunten van de gekozen scenario's op de baten onderzocht.

In een kostenbatenanalyse is het gebruikelijk om de kosten en de baten in de toekomst terug te vertalen naar de huidige waarde (nu). De huidige waarde van de kosten en baten in de toekomst is de Contante Waarde (CW). De CW maakt het mogelijk om te bepalen of de investeringskosten van de maatregelen – die nu worden gemaakt om gedurende een zekere periode (tot 2050) bescherming te bieden – opwegen tegen de risicoreductie, de baten, die daarmee gerealiseerd wordt. De gedachte is dat naarmate risico's verder van verwijderd zijn in de tijd, ze sterker afgewaardeerd worden. Deze afwaardering gebeurt met de discontovoet. In deze analyse is een discontovoet van 5,5% gebruikt, conform het Deltaprogramma²⁰. De contante waarde (CW) is bepaald over een oneindige tijdshorizon (bovengrens van de baten).

¹⁸ Studie Welvaart en leefomgeving uit 2006

¹⁹ In het klimaatscenario W+ wordt een zeespiegelstijging van +35 cm t.o.v. het jaar 1990 voorspeld. Recente metingen geven aan dat dat de zeespiegel met 7 cm is gestegen t.o.v. 1990 (periode 25 jaar).

²⁰ De discontovoet is gelijk aan de som van de reële risicovrije discontovoet (2,5%) en een risico-opslag (3% per jaar) o.b.v. de uitgangspunten van MKBA WV21.

Schatten van de kosten

Om de kosten te kunnen schatten zijn de globale dimensies van de maatregelen bepaald. Op basis hiervan zijn aspecten zoals uitvoeringstijd en de kosten geschat. Bij deze globale kostenschatting zijn kentallen gebruikt (denk bijv. aan kosten voor dijken per strekkende meter en per meter ophoging, of kostenschattingen van stormvloedkeringen).

De maatregelen zijn gedimensioneerd op een doelbereik 1/1.000 per jaar en 1/10.000 per jaar. Dit betekent dat deze maatregelen effect hebben op het risico (het risico reduceren) van respectievelijk 1/1.000 per jaar en 1/10.000 per jaar hoogwater of frequenter. Sommige maatregelen (bijvoorbeeld de nieuwe Stormvloedkering in het Hartelkanaal) hebben effect op het risico voor het hele bereik aan hoogwaterstanden (1/100 per jaar t/m 1/30.000 per jaar).

De kostenschatting wordt nader toegelicht per specifieke maatregel verderop in deze bijlage.

Schatten van de baten

De baten van de adaptatiestrategie hangen samen met het effect dat ze hebben op het reduceren van het overstromingsrisico. Het overstromingsrisico is hierbij gedefinieerd als kans x gevolg.

De schadeberekeningen op basis van Botlekspecifieke gegevens zijn per zichtjaar voor de terugkeertijden 100 jaar t/m 30.000 jaar uitgevoerd. In Tabel 18 staan de schattingen van de absolute economische schade (direct en indirect) per deelgebied en voor het gehele Botlekgebied (voor alle schadecategorieën samen). De tabel geeft de resultaten weer voor het zichtjaar 2050 (prijspeil 2015). De onderste twee rijen in Tabel 18 tonen de verwachte jaarlijkse directe economische schade en de verwachte jaarlijkse indirecte economische schade in het jaar 2050. Het kader beneden geeft de berekening weer.

Berekende (verwachte jaarlijkse) directe schade in 2015, 2050 en 2100 (Nicolai et al., 2016a)

De verwachte jaarlijkse directe economische schade is met de volgende formule berekend/ De verwachte jaarlijkse indirecte economische schade is op dezelfde wijze berekend.

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

In deze formule zijn:

- VJS = verwachte jaarlijkse directe economische schade
- T_1, T_2, \dots, T_n = terugkeertijd 1 (kleinste: 100 jaar) tot en met n (grootste: 30.000 jaar)
- $S(T_i)$ = directe economische schade bij terugkeertijd T_i , $i = 1, 2, \dots, n$.

De contante waarde van de verwachte jaarlijkse schade is berekend voor een oneindige tijdshorizon (bovengrens van de baten):

$$CW VJS = VJS \cdot \frac{1}{(r - g)}$$

In deze formule zijn:

- VJS = verwachte jaarlijkse directe economische schade
- r = discontovoet van 5,5% (2,5% reële risicovrije discontovoet + 3% risico-opslag)
- g = reële economische groeivoet (2,6% volgen GE-scenario Deltaprogramma)

Een maatregel leidt tot een reductie van de overstromingskans of tot een reductie van het overstromingsgevolg. Beide leiden tot schadevermindering in het Botlekgebied ten opzichte van de

situatie waarin er geen maatregelen genomen wordt. Om de baten te kunnen definiëren is dus (i) de schade geïnventariseerd van de situatie in 2050 waarin geen maatregelen genomen worden en (ii) ingeschat wat het effect is van een maatregel op deze schade.

(i) *Inventariseren van de schade en het risico in de referentiesituatie*

Bij de effectbepaling van maatregelen is gebruik gemaakt van het voor deze pilot ontwikkelde model voor het berekenen van directe en indirecte schade uit fase 1 (Nicolai et al., 2016). Onderstaande tabel presenteert per situatie de economische schade in 2050 (prijspeil 2015). Hierbij is onderscheid gemaakt tussen directe schade (links) en indirecte schade (rechts). De directe schade wordt bepaald door de omvang van het overstromde gebied en de daarin optredende waterdiepten. De indirecte schade is gerelateerd aan onder meer de inschatting van de hersteltijd, overstromd oppervlak en overstromingsdiepte en de directe schade.

Naast een onderscheid in direct en indirect is er een uitsplitsing gemaakt naar de verschillende deelgebieden: de Brittanniëhaven (overstroming vanuit Calandkanaal), Botlek 1 (overstroming vanuit het Hartelkanaal), Botlek 2 (met name vanuit het Hartelkanaal) en de Vondelingenplaat (vanuit de Nieuwe Waterweg) (zie Figuur 30). De directe schade is per Botlekgebied bepaald op basis van de werkwijze die in bijlage 3 staat beschreven. De uitsplitsing van de indirecte schade per Botlekgebied is gedaan naar rato van het oppervlak van het overstromde deelgebied (bijv. Botlek 2) ten opzichte van het totale overstromde oppervlak in het hele Botlekgebied (Brittanniëhaven, Botlek 1, Botlek 2 en Vondelingenplaat).



Figuur 30. Het Pilotgebied en de deelgebieden. De pijlen en kleuren geven aan uit welke richting de overstromingsdreiging hoofdzakelijk komt voor de deelgebieden.

NB: op de Vondelingenplaat (en ten dele Botlek 2) staan kades onder water bij overstromingen van 1/1.000 per jaar en vaker. Bij deze overstromingen staan de sites nog niet onder water. Aangezien vooral de sites geconfronteerd worden met economische schade is de inschatting dat de directe schade hier wordt overschat.

Tabel 18: Absolute directe en indirecte schade per deelgebied in 2050 bij verschillende events (prijspel 2015)

	Absolute directe schade 2050 (in mln Euro)					Absolute indirecte schade 2050 (in mln Euro)				
	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Voncelingenplaat	Totaal directe schade	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Voncelingenplaat	Totaal indirecte schade
1/100	41	2	0	(16)	59	1	0	0	0	1
1/300	56	231	85	(17)	389	7	62	19	2	91
1/1.000	85	397	215	(18)	715	161	1.112	936	38	2.247
1/4.000	139	434	272	44	888	217	1.151	1.110	197	2.676
1/10.000	162	476	322	358	1.318	472	2.457	2.560	3.617	9.106
1/30.000	194	515	372	443	1.524	588	3.126	3.352	5.169	12.235
Verwachte jaarlijkse schade (VJS)	0,6	1,9	0,9	(0,2)	3,7	0,5	3,0	2,5	0,9	6,9
Contante waarde VJS	20	65	30	10	120	15	100	85	30	230

Het overstromingsrisico voor de referentiesituatie in het jaar 2050 is in fase 1 berekend (Nicolai et al., 2016). In de bovenstaande tabel is een uitsplitsing van het risico per Botlek deelgebied gemaakt. Voor de referentiesituatie is de jaarlijkse verwachtingswaarde van het risico in jaar 2050 berekend. De jaarlijkse verwachtingswaarde van de directe schade bedraagt 3,7 miljoen Euro per jaar en over een oneindige tijdshorizon betekent dit een contante waarde van 120 miljoen Euro. Voor de indirecte schade bedraagt de jaarlijkse verwachtingswaarde 6,9 miljoen Euro per jaar en een contante waarde van 230 miljoen Euro. De totale contante waarde van het risico gesommeerd over het Botlekgebied is $120 + 230 = 350$ miljoen Euro. Ter illustratie: stel dat er adaptieve maatregelen worden genomen waarmee het risico een factor 10 kleiner wordt dan in de referentiesituatie. Het risico na het nemen van maatregelen wordt daarmee 35 miljoen Euro. De baten van de maatregel bedragen $350 - 35 = 315$ miljoen Euro.

(ii) *Inschatten van het effect op de schade*

Bij het inschatten van het effect van een maatregel op de schade is de categorisering van het principe van MLV gehanteerd, te weten laag 1 (preventie), laag 2 (ruimtelijke adaptatie) en laag 3 (crisisbeheersing).

Preventieve maatregelen (laag 1) worden het meest effectief verondersteld, omdat daarmee een gebied als geheel wordt beschermd. Uitgangspunt is dat 100% van de schade wordt voorkomen zolang de waterstand de hoogte van de kering niet overschrijdt.

Het waterrobuust maken van assets is de enige geselecteerde maatregel voor de effectbepaling uit laag 2. Deze maatregel kan eveneens effectief zijn, maar voorkomt geen schade aan de openbare ruimte.

In laag 3 worden in deze pilot noodkeringen, noodvoorzieningen en noodplannen onderscheiden. Noodkeringen zijn feitelijk even effectief als preventiemaatregelen, zolang ze tijdig geplaatst worden en hun standzekerheid na plaatsing gegarandeerd is. Dit vereist organisatie en menselijke handelingen. Er is daarom vanuit gegaan dat in 50% van de gevallen de noodkering alsnog faalt. De effectiviteit wordt daarom op 50% ingeschat. Noodvoorzieningen en een noodplan worden minder effectief verondersteld (10% schadereductie), omdat het gebied en niet verplaatsbare assets alsnog overstromen. Schade kan worden voorkomen door assets en producten te verplaatsen, door een gecontroleerde shutdown uit te

voeren en door bijvoorbeeld tanks en leidingen vol te zetten. In onderstaande tabel is per type maatregel opgenomen in welke mate de maatregel de directe en indirecte schade reduceert.

Tabel 19: Effect op de schade – percentages waarmee de schade wordt gereduceerd

Effect	Preventie	Waterrobuust maken	Noodkering	Gebiedsnoodplan	Noodvoorziening
Effect op directe schade	100%	90% 100% min 10% schade aan openbare ruimte (8 – 15% van totale schade voor som hoofdwegen, hoofdsporen, overig stedelijk gebied)	50% 100% schadereductie met een faalkans van 50%	10% schadereductie vanwege een gebiedsnoodplan door o.a. afstemmen handelingen binnen afzonderlijke noodplannen.	10% Schadereductie aan producten (5-20%). De schade kan in 50% van de gevallen worden voorkomen.
Effect op Indirecte schade	100%	25% Sneller opstarten van productie door reductie van de hersteltijd	25% Sneller opstarten van productie door reductie van de hersteltijd	10%	25% Sneller opstarten van productie door reductie van de hersteltijd

7.2 Kosten en baten van de maatregelen

De onderstaande paragrafen vatten de kosten en baten van de maatregelen samen in een overzichtelijke tabel en lichten elke maatregel vervolgens toe.

Tabel 20: Schatting van de CW van de kosten en baten van de maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in het Botlekgebied

	Dimensionering maatregelen op doelbereik overstroming 1/1.000 per jaar		Dimensionering maatregelen op doelbereik overstroming 1/10.000 per jaar	
	CW Baten (mInEUR)	CW Kosten (mInEUR)	CW Baten (mInEUR)	CW Kosten (mInEUR)
Tuimelkade ophogen	190	10	250	15
Flexibele kering noordzijde Brittanniëhaven	25	2,5 – 3,5	35	> 3,5
Kering zuidzijde Brittanniëhaven	<5	1	15	2
Faalkans Maeslantkering verlagen	0	PM	Max. 25	PM
Viaducten A15 afsluiten	Marginaal	2	marginaal	3
Hartelkering open	260	45	260	45
Rozenburgse Sluis weghalen	30	10	30	10
Nieuwe Stormvloedkering in Hartelkanaal	275	190	275	> 200
Waterrobuust maken van een site	120	145	155	185
Waterrobuust maken van individuele assets	< 120	45-455	< 155	90-900
Noodkeringen	80	2-5 (gebied)	Waarschijnlijk niet uitvoerbaar in Botlek 1 en 2	
		18-45 (site)	10	Vondelingenplaat: 4-10
Gebiedsnoodplan	20	5	30	5
Noodvoorzieningen	35	PM	55	PM

7.2.1 Tuimelkade ophogen

Huidige situatie

De Tuimelkade loopt vanaf de Hartelkering langs het Hartelkanaal. Ter hoogte van Shannonweg maakt deze kade een haakse bocht en volgt de Shannonweg aan de westelijke zijde. De kade loopt vervolgens langs het havenbekken van de Seinehaven en eindigt aan noordzijde van dit havenbekken. De totale lengte van de Tuimelkade is circa 8 kilometer. De kade ligt ongeveer 0,5 meter boven het huidige maaiveld. De ontwerphoogte is 5,25 m+NAP. Uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (AHN) blijkt dat de huidige hoogte van de kade varieert en op sommige plaatsen lager is dan deze ontwerphoogte.

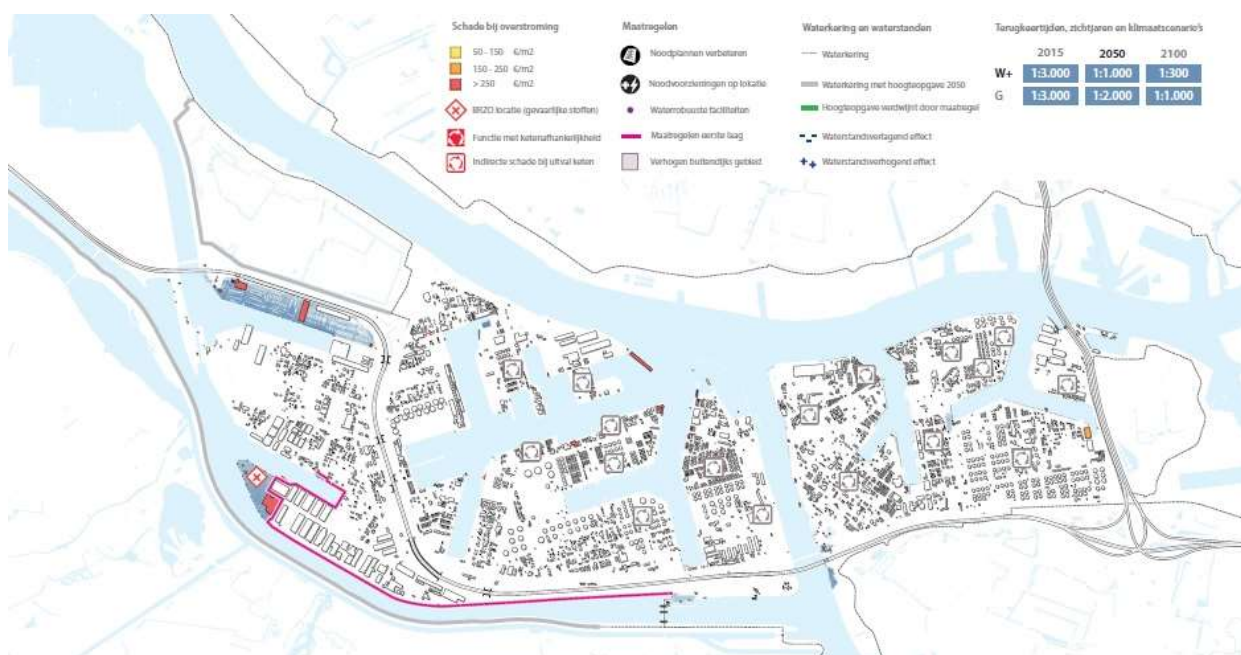
Beschrijving van de maatregel

Een maatregel voor het Botlekgebied is het ophogen/versterken van de Tuimelkade. Afhankelijk van het gewenste veiligheidsniveau is een dijkverhoging nodig van 1 – 1,5 meter ten opzichte van de huidige ontwerphoogte van 5,25m+NAP.

Berekening van de verhoging

Voor een kans van 1/1.000 jaar is de maatgevende waterstand in het Hartelkanaal circa 4,6 m+NAP. De netto seichetoeslag is 0,2 meter. Verder moet het golfoverslagdebiet voldoende klein zijn op het talud van 1:3 zodat aan de binnenzijde volstaan kan worden met een grasbekleding. Om dit te bereiken is voor de golfloop hier als eerste schatting tweemaal een significante golfhoogte van 0,5 meter aangehouden (dus in totaal 1 meter). Verder is voor een zichtperiode van 50 jaar hier rekening gehouden met 30 centimeter zeespiegelstijging (gemiddelde van G en W+ scenario over een periode van 50 jaar). Dit geeft in totaal een benodigde dijkhoogte van $4,6+0,2+1+0,3 = 6,1\text{m+NAP}$. Dat betekent een verhoging van ongeveer 1 m voor de 1/1000 jaar situatie. Voor de 1/10.000 jaar situatie zal hier nog circa 80 centimeter bij komen vanwege de hogere maatgevende waterstand (dus ca. 6,9m+NAP). Daarmee is er dus een verhoging nodig van ongeveer 1 - 1,5 meter ten opzichte van de huidige kruinhoogte. De hoogte van de Tuimelkade boven het maaiveld komt daarmee op ongeveer 1,5 – 2,5 m.

Figuur 31 visualiseert het effect van deze maatregel in het Botlekgebied.



Figuur 31: Effect van maatregel–Tuimelkade ophogen

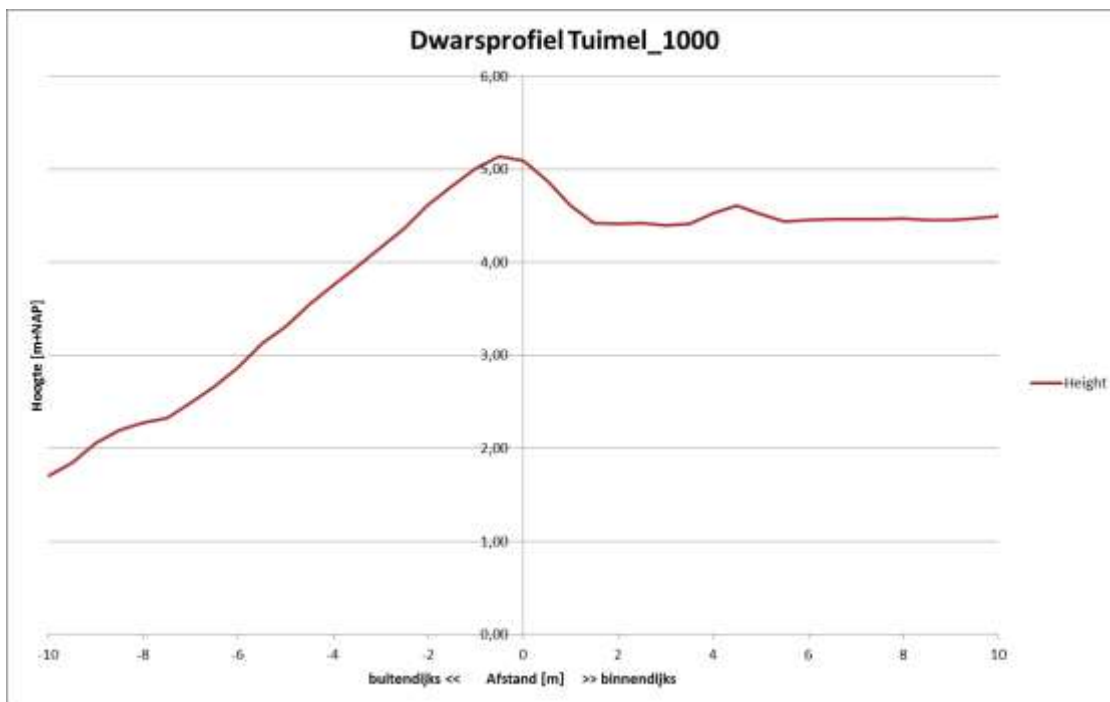
De ophoging (en versterking) van de Tuimelkade langs het Hartelkanaal is relatief eenvoudig. In het Botlekgebied zal inpassing nodig zijn (denk bijv. aan de kruising met Nieuwesluisweg). Afhankelijk van de

precieze verhoging zal de Tuimelkade ook verlengd moeten worden richting de Britanniëhaven om een goede aansluiting te creëren met bestaand (hoger gelegen) terrein. Een eerste inschatting is dat de Tuimelkade (tenminste) doorgetrokken moet worden tot de Rozenburgse Sluis wanneer deze met bijv. 1 meter opgehoogd zou worden. Deze verlenging zal iets minder eenvoudig zijn vanwege de inpassing met het nieuwe traject.

Kosten en baten

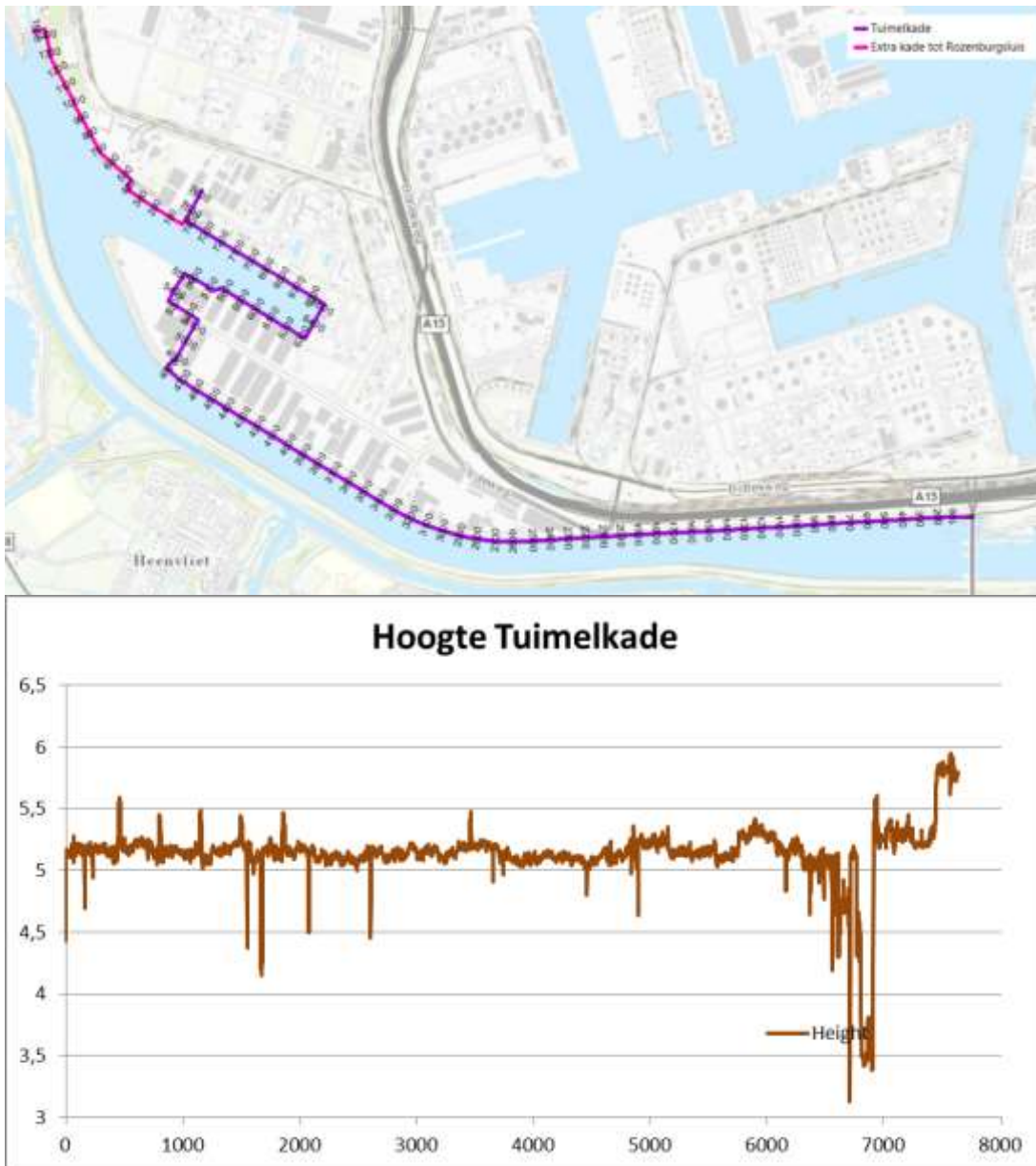
Kosten

De Tuimelkade kan grofweg worden gesplitst in twee delen. Het eerste deel van de Tuimelkade loopt parallel langs het Hartelkanaal tot de kruising Nieuwe Sluisweg/Shannonweg. Het betreft een traject van 4,8 kilometer. Op dit traject ligt de Tuimelkade vlak naast het Hartelkanaal met behoorlijk wat vrij ruimte rondom de kade. De huidige Tuimelkade is hier een grondlichaam met vrij steile taluds en ongeveer een hoogte van 0,5 - 0,75 meter boven maaiveld van 4,5m+NAP. De kruinbreedte is beperkt (max. 1 meter) en het talud aan de zijde van het Hartelkanaal is vrij steil (ca 1:1,5).



Figuur 32: Typische dwarsdoorsnede van de huidige Tuimelkade in m+NAP langs het Hartelkanaal. Deze dwarsdoorsnede is op ongeveer 1 kilometer ten westen van de Hartelkering langs het Hartelkanaal

Het tweede deel van de Tuimelkade loopt door Botlek 1 en is bijna 3 kilometer lang. De kade loopt aan de westkant van de Shannonweg in noordelijke richting. Vervolgens loopt de Tuimelkade tussen de terreinen van DB Schenker en ADFL Rotterdam B.V. door en daarna weer in noordelijke richting naar de Seinehaven. De Tuimelkade loopt vervolgens langs de havenkom van de Seinehaven tot voorbij de Humberweg en maakt dan nog een haakse bocht om het terrein van ENCI B.V. Hier stopt de huidige Tuimelkade omdat dit deel van het Botlekgebied hoger ligt (en de Tuimelkade met de huidige hoogte hierop aansluit). Op dit deel bestaat de Tuimelkade ook uit een grondlichaam.



Figuur 33: Hoogteligging van de huidige Tuimelkade met de locatie langs de Tuimelkade in meters (boven) en de bijbehorende hoogteligging in m+NAP (onder)

Op basis van AHN is de huidige hoogteligging bepaald van de Tuimelkade (zie figuur). Het valt op dat de huidige hoogte op veel plaatsen wat lager is dan de oorspronkelijke ontwerphoogte (5,25m+NAP). Voor een 1/1.000 jaar conditie in 2050 is de benodigde ontwerphoogte ingeschat op ongeveer 6,1m+NAP voor het gedeelte aan het Hartelkanaalzijde (zie hiervoor). Voor 1/10.000 jaar conditie ligt die ontwerphoogte nog circa 80 centimeter hoger.



Figuur 34: Westelijke punt van Botlek 1 nabij Seinehaven/Hartelkanaal. De paarse lijn is het huidige traject van de Tuimelkade, de groene lijn is een traject dat is meegenomen in deze kostenbepaling om ook dit deel van het havenrelein te beschermen tegen overstromen

Bij het opheffen van de Tuimelkade zijn er drie aandachtspunten:

1. De westelijke punt van Botlek 1 ten zuiden van de Seinehaven ligt nu buiten de Tuimelkade, zie figuur hierboven. Dit gebied ligt op ongeveer 4,5 - 5m+NAP. Tijdens een werksessie is geopperd dat dit gebied meegenomen kan worden als de Tuimelkade wordt opgehoogd. Voorlopig is hier het huidige tracé van de Tuimelkade aangehouden maar deze tracé-aanpassing zou overwogen kunnen worden in een volgende stap.
2. Op dit moment eindigt de Tuimelkade aan de noordzijde van de Seinehaven. Bij ophoging tot 6m+NAP of hoger is het nodig om de Tuimelkade verder door te trekken om ervoor te zorgen dat deze goed aansluit tot waar het gebied niet meer kan overstromen. Op basis van AHN blijkt dat het stuk tot aan de Rozenburgse Sluis dan ook iets verhoogd moet worden.
3. Hier is aangenomen dat het land tussen de Seine- en Brittanniëhaven dermate hoog is dat langs de Brittanniëhaven geen ophoging noodzakelijk is om het zuidelijke deel van de Brittanniëhaven te beschermen. Een snelle controle op basis van AHN bevestigt dat dit gebied rond 5,5 m+NAP. Bij verdere uitwerking zal dit nader geverifieerd moeten worden.

Op basis van een ontwerphoogte van 6,1m+NAP (Hartelkanaal) voor de 1/1000 jaar situatie en de huidige hoogteligging is een schatting gemaakt van de kosten. De huidige hoogteligging van maaiveld is ongeveer 4,5m+NAP langs het Hartelkanaal en de Seinehaven. De huidige Tuimelkade is vrij laag (orde 0,5-0,75 meter) en ook beperkt qua breedte (1-2 meter breed), zie figuren. Hier is aangenomen dat het totale dijkprofiel moet worden vervangen vanaf maaiveld om een waterkerende hoogte te maken van 6m+NAP.

De totale kosten voor aanleg van de Tuimelkade komen op 8 miljoen Euro en zijn opgebouwd uit de volgende bedragen:

- **Grondverzet:** voor grondverzet is uitgegaan van taluds van 1:3 en een kruinbreedte van 3 meter. Het benodigde grondverzet in m³ is bepaald waarbij de hoogte van omliggende maaiveld is geschat op basis van AHN, zie tabel. De kosten per m³ bedragen 10-20 Euro /m³. Dit komt dus neer op ca. 1-2 miljoen Euro.

Traject	Lengte	Maaiveldligging	Grondverzet
Hartelkanaal tot Seinehaven	5.600 meter	4,5m+NAP	70.000 m3
Seinehaven tot ENCI terrein (einde huidige Tuimelkade)	1.900 meter	4,5m+NAP	24.000 m3
ENCI terrein - Rozenburgse Sluis	1.500 meter	5,3m+NAP	6.500 m3
Totaal			Ca. 100.000 m3

- **Bekleding:** Langs het Hartelkanaal en ook de Seinehaven zal een (lichte) bekleding nodig zijn aan de buitenzijde zodat er geen erosie van het buitentalud optreedt bij stormsituaties. Deze (extra) bekleding zal nodig zijn rondom de hoogwaterlijn van dijktaalud voor de golfslag bij extreme situaties. Deze kosten bedragen ca. 40-50 Euro/m². Op basis van de tabel is ingeschat dat 40.000 m² bekleding nodig is (dus ca. 2 miljoen Euro). Merk op dat hier ervan wordt uitgegaan dat het talud onder het niveau van 4.5-5.3m+NAP al een voldoende goede bekleding heeft voor stormcondities. Dit zal bij nader onderzoek verder uitgezocht moeten worden.
- **Bijzondere constructies:** Op diverse plekken zal de Tuimelkade ingepast moeten worden en/of zijn er kruisingen met leidingen e.a. Ook zijn aansluitconstructies nodig (bijv. met de flexibele waterkering). Voor al deze aspecten is meer gedetailleerd onderzoek nodig. Voor nu wordt voor deze aspecten een opslag van 100% gehanteerd.
- **Kosten grondverbetering/ruimtebeslag:** Afhankelijk van de ondergrond ter plaatse van de waterkering kan ook grondverbetering nodig zijn. Eventuele kosten hiervoor zijn zonder nadere ondergrondinformatie niet in te schatten, maar deze kosten kunnen wel een belangrijke extra kostenpost zijn. Verder zijn hier geen kosten opgenomen voor ruimte die nodig is voor een grotere waterkering. Dit moet nader bekeken worden in een volgende fase.

Onderhoudskosten van (primaire) waterkeringen liggen tussen de 2000 en 18.000 Euro/km/jaar met een gemiddelde van 8.000 Euro/km/jaar (zie 2014 Eindrapport LCC HWBP rapportage). Het gaat hier om een relatief eenvoudige (en ook lage) waterkering. Naar verwachting is een kostenraming van 8.000 Euro/km/jaar een bovengrens voor de Tuimelkade. De netto contante waarde is dan $8 \text{ km} \times 8.000 \text{ Euro/km/jaar} / (0,055-0,026) = \text{ca. } 2 \text{ miljoen Euro}$. De totale kosten van de Tuimelkade komen hiermee (afgerond naar boven) op ca. 10 miljoen Euro (8 + 2 miljoen Euro).²¹

Bij de 1/10.000 jaar situatie is de aanleghoogte ongeveer 0,8 meter hoger ingeschat dan bij de 1/1.000 jaar situatie. Dit heeft consequenties voor de kosten vanwege meer grondverzet (ongeveer een verdubbeling), extra bekleding maar ook meer ruimtegebruik en dus ook meer kosten aan benodigde inpassingen. Op basis van deze extra kosten is voor de 1/10000 jaar situatie een bedrag van ongeveer 15 miljoen Euro geschat.

Baten

Voor de baten is aangenomen dat het ophogen en versterken van de huidige Tuimelkade beschermt tegen overstromingen (vanuit het Hartelkanaal) van 1/1.000 per jaar of vaker. Met andere woorden stel dat een overstroming van 1/1.000 per jaar optreedt, dan zal de waterkering niet overstromen en treedt er geen schade op in Botlek 1 en Botlek 2. Bij extremere gebeurtenissen zal de schade wel optreden. Het ophogen van de Tuimelkade heeft geen impact op het risico voor de Britanniëhaven en de Vondelingenplaat. Het effect van het ophogen van de Tuimelkade op het risico is als volgt:

Botlek 1:

- Directe schaderisico neemt af van 65 naar 15 miljoen Euro. Dit levert baten van 50 miljoen Euro op.
- Indirecte schaderisico neemt af van 100 naar 35 miljoen Euro. Dit levert baten van 65 miljoen Euro op.

²¹ Kosten zijn exclusief de kosten voor ruimtegebruik. Hoe hoger – hoe meer ruimtegebruik – hoe hoger de kosten. Doorlooptijd ca. 5 jaar

- Totale baten zijn 50+65 = 115 miljoen Euro.

Botlek 2:

- Directe schaderisico neemt af van 30 naar 5 miljoen Euro. Dit levert baten van 25 miljoen Euro op.
- Indirecte schaderisico neemt af van 85 naar 35 miljoen Euro. Dit levert baten van 50 miljoen Euro op.
- Totale baten zijn 25+50 = 75 miljoen Euro.

De totale baten van het opheffen van de Tuimelkade zijn 115+75 miljoen Euro is 190 miljoen Euro.

In de onderstaande tabel staat de getalsmatige onderbouwing opgenomen bij bovenstaande getallen. De rood gearceerde getallen geven aan bij welke gebeurtenis de maatregel impact heeft.

Tabel 21: Opbouw van de batenberekening van het opheffen van de Tuimelkade met een doelbereik van 1/1.000 per jaar

	Absolute directe schade 2050 (mln Euro voor prijspeil 2015)					Absolute indirecte schade 2050 (mln Euro voor prijspeil 2015)				
	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal Directe schade	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal Indirecte schade
1/100	41	0	0	(16)	57	1	0	0	0	1
1/300	56	0	0	(17)	73	7	0	0	2	9
1/1.000	85	0	0	(18)	103	161	0	0	38	199
1/4.000	139	434	272	44	888	217	1.151	1.110	197	2.676
1/10.000	162	476	322	358	1.318	472	2.457	2.560	3617	9.106
1/30.000	194	515	372	443	1.524	588	3.126	3.352	5169	12.235
Verwachte jaarlijkse schade (VJS ref) Referentie	0,6	1,9	0,9	(0,2)	3,7	0,5	3,0	2,5	0,9	6,9
Verwachte jaarlijkse schade (VJS mtr) na maatregel	0,6	0,4	0,2	(0,2)	1,4	0,5	1,1	1,0	0,9	3,5
CW VJS ref basisjaar	20	65	30	10	120	15	100	85	30	230
CW VJS na maatregel	20	15	5	10	45	15	35	35	30	115
CW baten t.o.v. referentie	0	50	25	0	75	0	65	50	0	115

Als de Tuimelkade wordt ontworpen voor een beschermingsniveau van 1/10.000 per jaar, dan nemen de baten toe met 60 miljoen Euro van 190 naar 250 miljoen Euro. De baten (in miljoen Euro) van verhoging van de Tuimelkade staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 22: Geschatte baten (in mln Euro) van het ophogen van de Tuimelkade

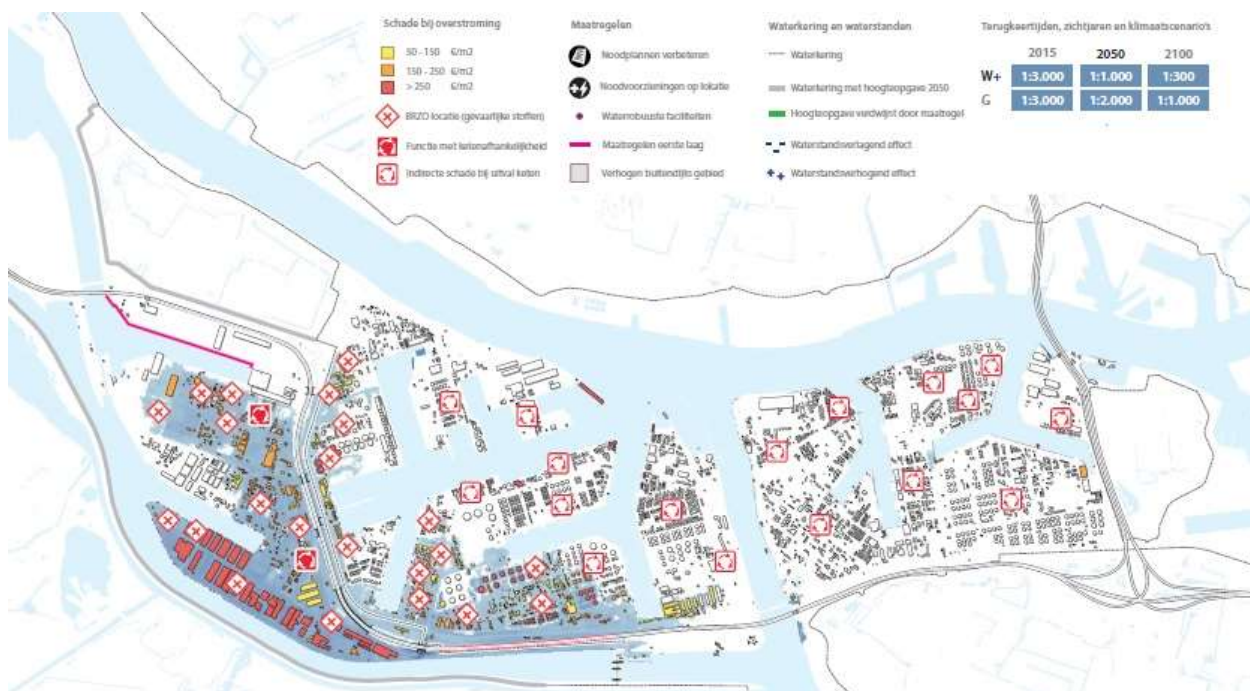
	Dimensionering maatregel op doelbereik	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Tuimelkade ophogen	1/1.000 per jaar (ontwerphoogte 6,1 m+NAP)	0	115 (Baten directe schade Botlek 1: € 50 m. Baten indirecte schade Botlek 1: € 65m)	75 (Baten directe schade Botlek 2: € 25m. Baten indirecte schade Botlek 2: € 50m)	0	190
	1/10.000 per jaar (ontwerphoogte 6,9 m+NAP)	0	145	105	0	250

7.2.2 Flexibele kering noordzijde Britanniëhaven

Beschrijving van de maatregel

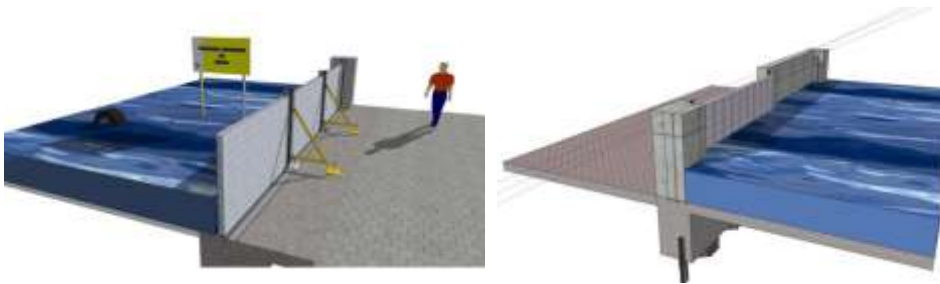
Op de noordzijde van de Britanniëhaven vindt container- en stukgoedoverslag plaats. In de huidige situatie is deze locatie relatief gevoelig voor overstromingen. Een mogelijke maatregel om de overstromingsrisico's in dit deel te beheersen is het plaatsen van een (permanente) flexibele waterkering op de kade langs het water. De typische kerende hoogte van een flexibele waterkering bovenop de kade van de Britanniëhaven zal in de orde van 1-1,5 meter moeten zijn (afhankelijk van de gewenste risicoreductie) over een lengte van 1-2 kilometer. Daarnaast zal ook rekening gehouden moeten worden met wat lokale golfslag.

Figuur 35 visualiseert het effect van deze maatregel.



Figuur 35: Effect maatregel- Flexibele kering Britanniëhaven

Er zijn diverse typen permanente flexibele waterkeringen (zie voor overzicht STOWA, 2008). De meest eenvoudige vorm is een systeemwand die gebruik maakt van staanders (bijv. H-profielen) met daartussen schotbalken. De schotbalken zijn aan de boven- en onderzijde van rubber voorzien om voor een goede aansluiting te zorgen en het systeem waterdicht te maken. Andere typen permanente flexibele waterkeringen zijn opklapbare, opdrijvende of opblaasbare waterkeringen. Veel van deze flexibele waterkeringen zijn ontwikkeld voor rivieren (denk bijvoorbeeld aan de tijdelijke waterkeringen van Nijmegen of Keulen) waarin golfslag een beperkte rol speelt. Veel golfslag (zoals bij stormsituaties) zal daarom een extra aandachtspunt zijn bij toepassing in een situatie zoals de Britanniëhaven.



Figuur 36: Voorbeelden van flexibele waterkeringen met schotbalken (links) en een horizontaal beweegbare deur (rechts) (bron: STOWA, 2008).

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

Een flexibele kering langs de noordrand van de Britanniëhaven kan het risico in dit gedeelte van de Botlek verlagen. De kade van de Britanniëhaven ligt op ongeveer 3,5-4m+NAP. Benodigde kerende hoogte voor 1/1.000 jaar (2050) is tenminste 1,5-2 meter voor deze locatie. Uitgaande van 1,5 kilometer kering (1.000 Euro / m²) betekent dit dus ca. 2 – 3 miljoen Euro voor de aanlegkosten. Voor onderhoud van dergelijke keringen wordt bijv. 0,5% per jaar aangehouden van de initiële investeringskosten. Hiermee komen de totale geschatte kosten van deze kering op 2,5 – 3,5 miljoen Euro.

Baten

Een flexibele kering aan de noordzijde met een 1/1.000 per jaar beschermingsniveau, voorkomt een groot deel van het risico aan de noordzijde (geschatte afname van 35 miljoen Euro naar 10 miljoen Euro; ofwel 25 miljoen Euro baten). Het resterende risico is voor overstromingen bij extremere gebeurtenissen dan 1/1.000 per jaar. Als de flexibele kering wordt ontworpen op een 1/10.000 per jaar gebeurtenis, dan is het resterende risico in de Britanniëhaven naar verwachting miniem.

De baten van een kering staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 23: Geschatte baten (in mln Euro) van een flexibele kering aan de noordzijde van de Britanniëhaven

	Dimensionering maatregel op doelbereik	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Flexibele kering noordzijde Britanniëhaven	Kerende hoogte 1/1.000 pj condities (2,5 -3,5 m)	25	0	0	0	25
	Kerende hoogte 1/10.000 pj condities (>3,5 m)	35	0	0	0	35

7.2.3 Kering zuidzijde Brittanniëhaven

Beschrijving van de maatregel

In de huidige situatie loopt de zuidzijde van de Brittanniëhaven weinig risico vanwege de relatief hoge ligging van het terrein ter plaatse. Richting de toekomst neemt dit risico langzaam maar zeker toe vanwege zeespiegelstijging. Naast een kering aan de noordzijde van de Brittanniëhaven, is er ook een preventieve maatregel aan de zuidzijde mogelijk om overstromingsrisico's vanwege instromend water uit het Calandkanaal te reduceren. Feitelijk kan dit gezien worden als een uitbreiding van de Tuimelkade om ervoor te zorgen dat er een gesloten waterkering ontstaat voor Botlek 1 en 2.

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

Het uitbreiden van de Tuimelkade richting de Zuidzijde van de Brittanniëhaven is vooral zinvol voor de 1/10.000 jaar condities. De kosten daarvan bedragen ca. 2 miljoen Euro (en ca. 1 miljoen Euro voor 1/1.000 jaar condities. De baten voor deze condities lijken echter zeer beperkt).

Baten

De kade aan de zuidzijde van de Brittanniëhaven is over het algemeen hooggelegen, waardoor overstromen niet heel waarschijnlijk is. Een klein deel van de kade ligt iets lager (4,8 – 4,9 m +NAP). Dit zou de meest waarschijnlijke locatie zijn voor overstromen (zie rood kruis in de onderstaande hoogtekaart van het AHN in Figuur 37). Het achterliggende maaiveld dat kan overstromen ligt op 5 – 5,20 m +NAP.

Er zijn geen overstromingsscenario's beschikbaar voor een doorbraak van de zuidkade van de Brittanniëhaven. Er is daarom een grove inschatting gemaakt (met behulp van de bakjesbenadering) van de mogelijke onderschatting van de overstromingsgevolgen voor het gebied ten zuiden van Brittanniëhaven tot ongeveer de Seinehaven (ongeveer 0,40 m hoger dan bij doorbraak vanuit het Hartelkanaal). Voor het jaar 2050 is geschat dat een overstroming bij een 1/1.000 per jaar gebeurtenis of extremer mogelijk is. De baten voor een doelbereik van 1/1.000 per jaar zijn dan minder dan 5 miljoen Euro. Bij een doelbereik van 1/10.000 per jaar zijn de baten ongeveer 15 miljoen Euro.



Figuur 37: Weergave van de hoogte van de zuidzijde van de Brittanniëhaven uit het Actueel Hoogtebestand Nederland (bron: <http://ahn.arcgisonline.nl/ahnviewer/>)

De baten van een kering aan de zuidzijde van de Brittanniëhaven staan weergegeven in onderstaande tabel

Tabel 24: Geschatte baten (in mln Euro) van een kering aan de zuidzijde van de Britanniëhaven

	Dimensionering maatregel op doelbereik	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Kering zuidzijde Britanniëhaven	Kerende hoogte 1/1.000 pj condities	<5	0	0	0	<5
	Kerende hoogte 1/10.000 pj condities	15	0	0	0	15

7.2.4 Faalkans Maeslantkering verlagen

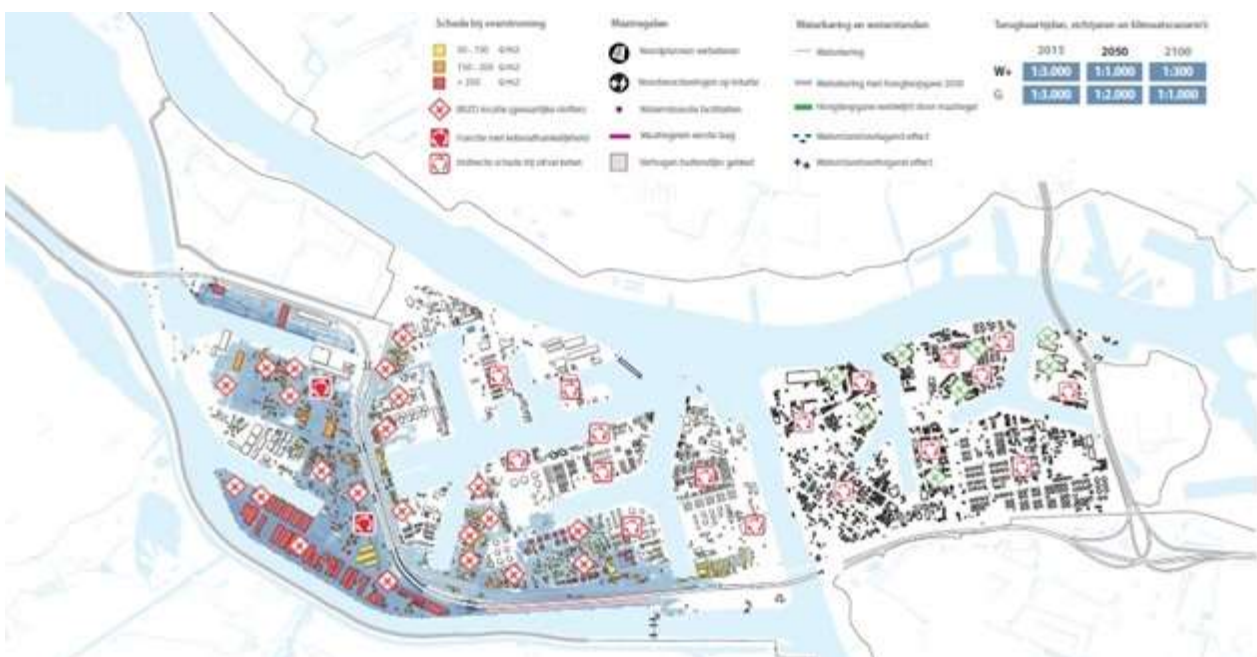
Huidige situatie

De Maeslantkering sluit de Nieuwe Waterweg af bij een stormvloed. De sluitingsprocedure treedt in werking zodra de voorspelde waterstand bij Rotterdam 3m+NAP of hoger is of 2,9m+NAP bij Dordrecht. Het sluiten van een dergelijke complexe stormvloedkering kan mislukken als gevolg van allerlei oorzaken. De kans daarop is heel klein, maar niet verwaarloosbaar. Op basis van kansberekeningen blijkt dat de huidige faalkans van de Maeslantkering ongeveer 1/100 is. Dat is dus de kans dat de kering niet sluit terwijl deze wel zou moeten sluiten. Deze faalkans is groter dan de oorspronkelijke ontwerpis (1/1.000).

Beschrijving van de maatregel

Volgens een studie van Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2007) is de verlaging van maatgevende waterstanden circa 0,2 meter bij een verlaging van de faalkans van 1/100 naar 1/200 en ca. 0,4 meter bij een verlaging van de faalkans van 1/100 naar 1/1.000 in 2050. De verlaging van de waterstand heeft indirect dus ook tot gevolg dat de overstromingskans van het Botlekgebied vanuit de Nieuwe Waterweg wordt verlaagd. Dit is in het bijzonder relevant voor de Vondelingenplaat omdat de dreiging voor dat deelgebied alleen wordt bepaald door de Nieuwe Waterweg.

Figuur 38 visualiseert het effect van deze maatregel.



Figuur 38: Effect maatregel- verlagen faalkans Maeslantkering met een verlagend waterstandseffect van ongeveer 30 centimeter

Rijkswaterstaat heeft op dit moment vanuit het Ministerie van IenM de taak om de faalkans van 1/100 per sluitvraag te waarborgen voor de Maeslantkering (Walraven, pers.comm.).

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

Op dit moment bestaat er geen formele inschatting welke maatregelen nodig zijn om de faalkans te verlagen. Hierdoor is het (nog) niet mogelijk om de kosten van deze maatregel te schatten. Het lopende onderzoek zal meer informatie moeten verschaffen over de maatregelen en de kosten hiervan.

Baten

De mate van faalkansverlaging heeft invloed op de verwacht risico- (en daarmee schade-)reductie in de Vondelingenplaat. Een faalkansverlaging kan maximaal 25 miljoen Euro aan baten genereren (bij een beschermingsniveau van 1/10.000 per jaar, zichtjaar 2050).

7.2.5 Viaducten A15 afsluiten

Huidige situatie

In de huidige situatie zijn er diverse viaducten (onderdoorgangen) onder de A15. Tijdens een extreme storm met een overstroming van Botlek 1 zal er water naar Botlek 2 stromen door deze onderdoorgangen.

Beschrijving van de maatregel

Het afsluiten van de viaducten in extreme stormsituaties zal de wateroverlast richting Botlek 2 reduceren. Het afsluiten van de viaducten van de A15 kan gebeuren met behulp van het aanbrengen van deuren boven of naast de weg. Deze deuren moeten vervolgens gesloten worden bij een storm. In het buitenland zijn diverse toepassingen bekend van dergelijke deuren (zie bijv. foto uit New Orleans). Vaak vormen deze deuren onderdeel van een bestaande waterkering en zijn de deuren nodig bij een kruising met een weg of een spoorlijn.



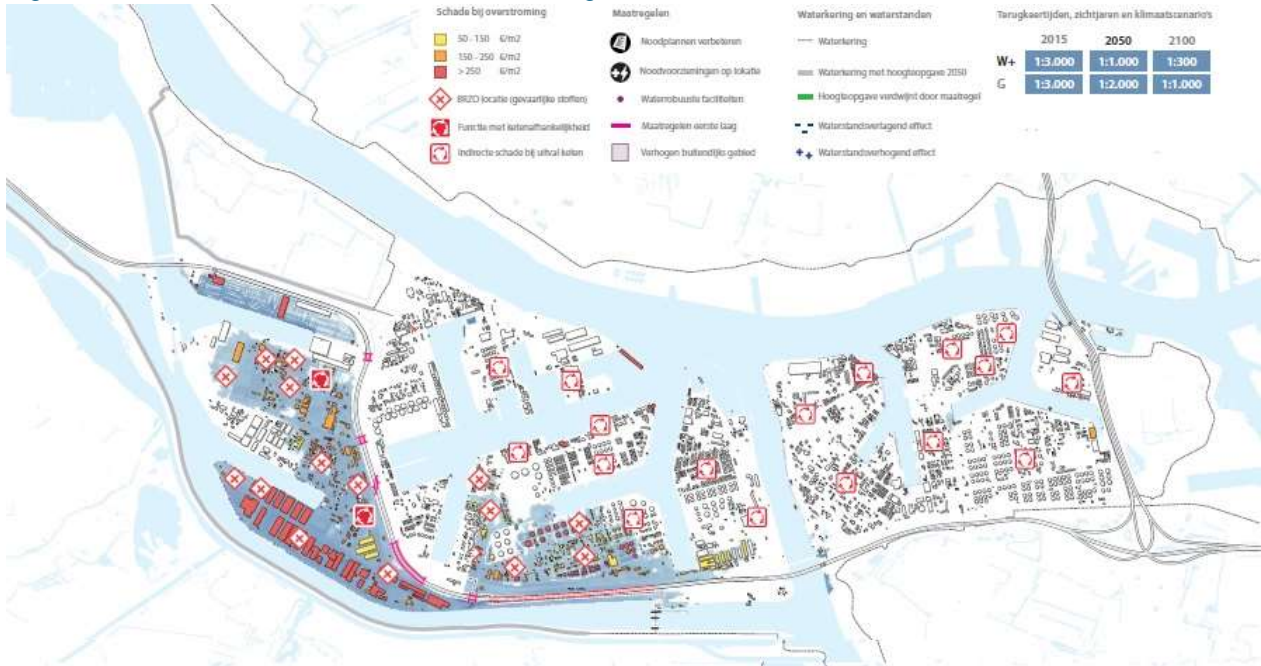
Foto: Vloeddeuren in Highway 39 ten zuiden van New Orleans (foto invoegen uit eigen archief).

In totaal gaat het om vijf viaducten, namelijk de Trentweg, Theemsweg, nabij Chemieweg, Welplaatweg en de spoorlijn, met een gezamenlijke breedte van ongeveer 200-250 meter. De viaducten liggen soms

iets lager dan het gemiddelde omliggende maaiveld (een conservatieve schatting is 0,5 meter lager). Uitgaande van een waterdiepte op maaiveld van 1 meter is de kerende hoogte hier op 1,5 meter gekozen.

Door het afsluiten van al deze vijf onderdoorgangen zal het talud van de A15 tussen Rozenburg en de Welplaatweg als een gesloten blokkade fungeren. Het stuk A15 tussen de Welplaatweg en de Botlektunnel ligt op maaiveld. Daar zal nog steeds water overheen stromen.

Figuur 38 visualiseert het effect van deze maatregel.



Figuur 39: Effect maatregel -Viaducten A15 afsluiten

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

De kosten voor het maken van coupures in de A15 zijn ingeschat op basis van AHN gegevens en de informatie van de overstromingskaarten. Er zijn in totaal 5 onderdoorgangen: Trentweg, Theemsweg, Botlekweg, spoortunnel (2 tunnels), Welplaatweg. Op basis van AHN is de lokale bodemligging vastgesteld van de rijbaan/spoorbaan. Verder is ook de precieze breedte vastgesteld van de benodigde waterkering in deze openingen. Tevens zijn de waterstanden bepaald bij deze locaties uit de overstromingsberekeningen (2050 condities). Deze gegevens zijn samengevat in de onderstaande tabel:

Viaduct A15	Bodemligging (AHN)	Breedte (meter)	Waterstand 2050 1/1.000 per jaar (m+NAP)	Waterstand 2050 1/10.000 per jaar (m+NAP)	Benodigde kerende hoogte voor 1/1.000 jaar (m)
Trentweg	4,6m+NAP	60	5,6*	6,3*	1,3
Theemsweg	4,3m+NAP	60	5,3	5,8	1,3
Botlekweg	3,4m+NAP	100	5,3	5,8	3,9
Spoortunnels (2x)	4,8m+NAP	50	5,2	5,7	0,7
Welplaatweg	1m+NAP	60	5,0	5,5	4,3

* Deze waterstand is ingeschat op basis van 1.000 jaar (4,5m+NAP) resp. 10.000 jaar (5,3m+NAP) waterstand in 2015 + seiche-effect in Calandkanaal (0,7m) + zeespiegelstijging W+ (0,35m) i.p.v. de waterdiepte kaarten.

Op basis van de gegevens in de tabel is de kerende hoogte per doorgang vastgesteld (zie laatste kolom in de bovenstaande tabel). Bij deze kerende hoogte is uitgegaan van de waterdiepte bij de onderdoorgang. Daarbij is opgeteld een marge van 0,3 m voor wat lokale golfslag in het gebied zelf vanwege de harde wind en het water in Botlek 1. Omdat deze onderdoorgangen in het industriegebied liggen en waterdiepte op het terrein zelf ook beperkt is, zal de lokale golfslag in het Botlekgebied beperkt zijn (en dus is deze toeslag beperkt). De benodigde kerende hoogte voor de 1/1.000 jaar conditie is gegeven in de laatste kolom. De benodigde kerende hoogte voor de 1/10.000 jaar condities ligt ongeveer 0,5 meter hoger vanwege de hogere waterstanden in het gebied zelf.

Voor de aanlegkosten van de kering zelf wordt aangehouden 1.000 Euro/m² op basis van gesprekken met experts van RHDHV (o.a. referentie flexibele waterkering Nijmegen). Daarbij is opgeteld een 100% toeslag voor overige kosten als gevolg van aansluitingen met bestaand terrein (in dit geval taluds van de A15), maar ook onzekerheden (bijv. ondergrond). Het oppervlak in m² volgt uit de kerende hoogte x breedte uit de tabel. De totale aanlegkosten voor deze vijf doorgangen komen hiermee op ca. 1,7 miljoen per jaar. Voor de onderhoud/training/etc. wordt hier gerekend met 0,5% per jaar van de aanlegkosten. Dit levert een netto contante waarde van het onderhoud van 0,3 miljoen Euro.

De totale kosten voor de onderdoorgangen is hiermee ingeschat op ca. 2 miljoen Euro. Voor een 1/10.000 jaar conditie zal de kerende hoogte ongeveer een 0,5 meter hoger moeten zijn op basis van de berekeningen. Dit werkt door in hogere totale kosten van deze maatregel, ca. 2,5 miljoen Euro.

Baten

Het effect van het dichtzetten van de coupures in de A15 op het overstromingsrisico is zeer beperkt. De gedachte achter deze maatregel is dat bij een overstroming vanuit Hartelkanaal tussen Seinehaven en Welplaatweg, het water niet door de openingen in de A15 kan stromen naar Botlek 2. Als de overstroming vanuit het Hartelkanaal optreedt ter hoogte van het terrein van ExxonMobil en water stroomt over de A15, het spoor en de Botlekweg en vervolgens achterlangs de A15 in westelijke richting, dan zal Botlek 2 alsnog overstromen. Het is dus de verwachting dat een overstroming van Botlek 2 door het dichtzetten van de coupures niet kan worden voorkomen. Het levert wel iets meer tijd op voor het uitvoeren van noodmaatregelen (orde enkele uren).

De baten staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 25: Geschatte baten (in mln Euro) van het afsluiten van de viaducten in de A15

		Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Dimensionering maatregel op doelbereik						
Viaducten A15 afsluiten	Inzet coupures bij condities 1/1.000 pj of minder extreem	0	Marginaal		0	Marginaal
	Inzet coupures bij condities 1/10.000 pj of minder extreem	Geen schadereductie verwacht				

7.2.6 Hartelkering open

Huidige situatie

De Hartelkering in het Hartelkanaal bij Spijkenisse is één van de meest recente onderdelen van de Deltawerken. De Hartelkering is gebouwd als gevolg van het bouwen van de Maeslantkering. Het sluiten van de Maeslantkering leidt namelijk tot verhoogde waterstanden in het achterliggende gebied. In de

huidige situatie sluit de Hartelkering bij stormvloedsituaties (vergelijkbaar met de Maeslantkering) zodra de voorspelde waterstand bij Rotterdam 3m+NAP of hoger is of 2,9m+NAP bij Dordrecht. Dit komt gemiddeld eens per 10 jaar voor op dit moment.

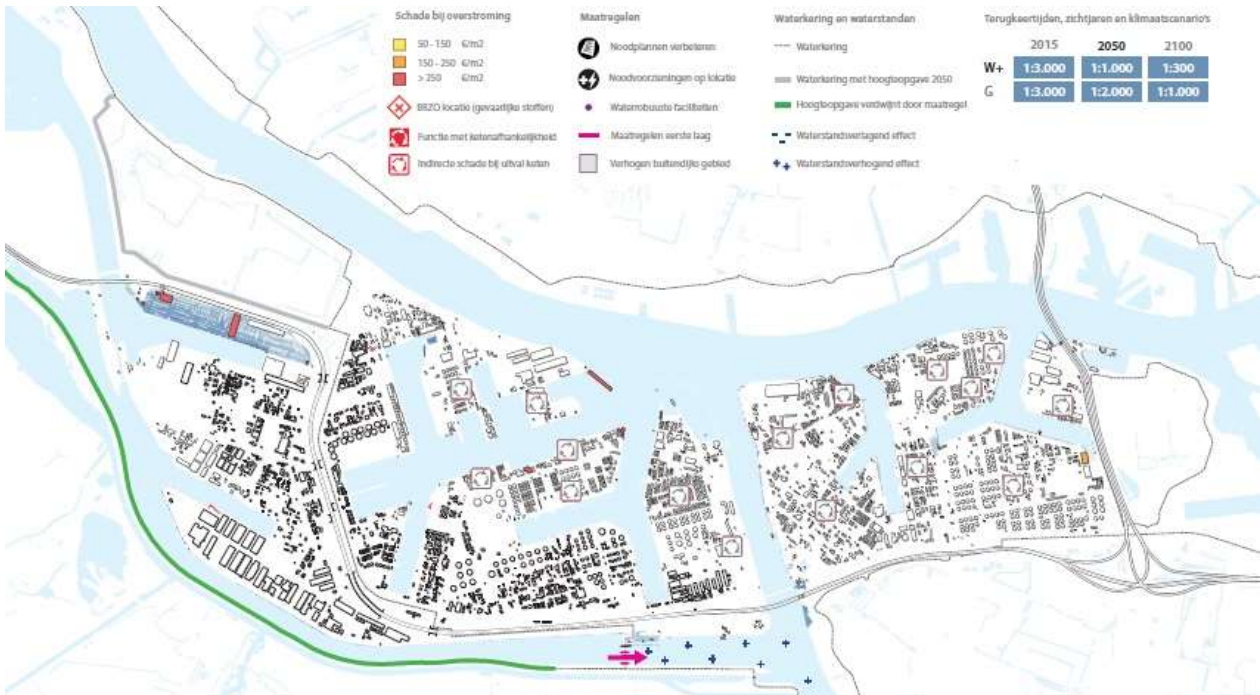
Als de Hartelkering gesloten is, ligt de bovenzijde van de neergelaten schuiven op 3m+NAP. Bij extreme stormvloed zal dus water over de Hartelkering stromen. Daarnaast zit er onder de schuiven een lekopening. Net als de Maeslantkering heeft de Hartelkering een kans dat de kering niet sluit onder maatgevende omstandigheden. De huidige faalkans van deze kering is 1/19.



Foto: Hartelkering met links de A15 en Botlek 2

Beschrijving van de maatregel

Het open laten staan van de Hartelkering bij stormsituaties verlaagt de waterstanden in het Botlekgebied (Rijkswaterstaat, 2013). Eerste berekeningen van RWS laten zien dat de maatgevende hoogwaterstand op het Hartelkanaal substantieel daalt bij een 1/10.000 jaar situatie in de huidige situatie. Vanaf het Beerkanaal neemt de daling op het Hartelkanaal toe van 0 tot meer dan 1,5 meter ter hoogte van de Hartelkering zelf. Naast de positieve impact op de stormvloedwaterstand kan deze maatregel ook positieve invloed hebben op de seiches in het Hartelkanaal. Figuur 40 visualiseert het effect van deze maatregel.



Figuur 40: Effect maatregel– Hartelkering open

Achter de Hartelkering neemt de maatgevende waterstand iets toe op de Oude Maas onder deze maatgevende condities (maximaal 10 - 20 centimeter volgens berekeningen van RWS). Uit korte inspectie van de berekeningen van RWS blijkt dat dit effect een vrij groot invloedsgebied (tientallen kilometers) heeft.

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

De geschatte directe kosten van deze maatregel zijn beperkt. Wellicht dat er aanvullende maatregelen nodig zijn voor de bodembescherming nabij de Hartelkering vanwege toename van stroomsnelheden. Typische kosten per eenheid van oppervlak van bodem- en oeverbescherming is 50 Euro/m². Naar verwachting zullen deze kosten beperkt zijn ten opzichte van de hieronder genoemde dijkverzwaringskosten. Meer gedetailleerd onderzoek (o.a. stromingsberekeningen) zijn nodig om deze kosten te kwantificeren.

De belangrijkste kostenpost lijkt de waterveiligheidsopgave in het achterliggende gebied. Of die opgave er daadwerkelijk is, hangt van veel factoren af (o.a. beschikbare overhoogte, invloedsgebied, complexiteit van dijkverhoging, etc.). Vanwege de zeer kleine waterstandsverhoging is het mogelijk dat dit deels kan opgevangen worden in toekomstige dijkversterkingsprogramma's, bijvoorbeeld vanwege eventuele nieuwe veiligheidsnormen voor achterliggende dijktrajecten. Inzicht in prioritering en omvang van de waterveiligheidsopgave is nog nauwelijks ontwikkeld als gevolg van de invoering van de nieuwe normeringen en het nieuwe wettelijke beoordelingsinstrumentarium (WBI2017).

Om een gevoel te krijgen van de orde grootte van de "kosten" van deze maatregel is uitgegaan van 2 x 30 kilometer dijkversterking met 10 centimeter. Deze getalswaarden lijken realistisch op basis van de berekeningsresultaten van Rijkswaterstaat (Rijkswaterstaat, 2013). Typische kosten voor dijkversterking in Nederland zijn 5-10 miljoen Euro per strekkende kilometer per meter dijkverhoging voor grootschalige dijkverzwaring in landelijk gebied (in stedelijke omgeving is dit getal hoger). Het betreft hier een kengetal voor de totale kosten van een dergelijke dijkverzwaring. Dit levert een bedrag op van 45 miljoen Euro (=

7,5 miljoen Euro / km / m x 0,1 m x 60 kilometer).²² Dit getal heeft een forse bandbreedte en zal dan ook meer in detail bestudeerd moeten worden bij nadere uitwerking.

Baten

Het openzetten van de Hartelkering leidt tot lagere waterstanden op het Hartelkanaal ten westen van de Hartelkering. Het effect voor een 1/10.000 per jaar hoogwaterstand ter plaatse van de Hartelkering zelf wordt geschat op ongeveer 1,5 meter lager dan bij het huidige sluitregime (op basis van verkennende berekeningen van Rijkswaterstaat). Het positieve effect op de waterstandsreductie wordt kleiner in zeewaartse richting en zal ongeveer 0 meter ter hoogte van het Beerkanaal zijn. Op basis van deze gegevens is een vertaling gemaakt naar de baten voor Botlek 1 (waterstandsdeling van 1,1m) en Botlek 2 (waterstandsdeling van 1,4 m) bij een 1/10.000 per jaar gebeurtenis. Er is een lineaire relatie tussen de waterstandsdeling verondersteld. Vervolgens is een nieuwe waterstandsfrequentielijn bepaald, waarbij de pragmatische keuze gemaakt is, dat de waterstandsdeling over het hele frequentiebereik hetzelfde is. Het openzetten van de Hartelkering zal de waterstanden op het Calandkanaal naar verwachting niet beïnvloeden als niet ook de Rozenburgse Sluis wordt opengezet / weggehaald. Het openzetten van de Hartelkering heeft ook geen baten voor de Vondelingenplaat, omdat de dreiging voor dit gebied uit de Nieuwe Waterweg komt.

De waterstandsdeling op het Hartelkanaal heeft ook een positief effect op de veiligheid van de waterkeringen aan de zuidzijde van het Hartelkanaal. De baten hiervan zijn mede vanwege de onduidelijke versterkingsopgave niet gekwantificeerd.

Het openzetten van de Hartelkering heeft een negatief effect op de waterstanden ten oosten ('bovenstrooms') van de Hartelkering. Het is de inschatting dat dit effect ongeveer 10 cm zal zijn. Hier zal een nadere analyse naar moeten worden gedaan. De 'negatieve baten' voor het achterland door de toename van het overstromingsrisico en de eventuele toename van de dijkversterkingsopgave zijn niet gekwantificeerd.

De baten staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 26: Geschatte baten (in mln Euro) van het openzetten van de Hartelkering

	Dimensionering maatregel op doelbereik	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Hartelkering open	Hartelkering wordt bij alle hoogwatercondities opengezet (hele frequentiebereik 1/100 t/m 1/30.000 pj)	0	155	105	0	260

7.2.7 Rozenburgse Sluis weghalen

Huidige situatie

De Rozenburgse Sluis is begin jaren zeventig van de vorige eeuw aangelegd om de 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

²² Deze kosten zijn een ruwe schatting. Ze zijn afhankelijk van de opgave in het achterliggende gebied.

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.



Foto: Rozenburgse Sluis met rechts Britanniëhaven.

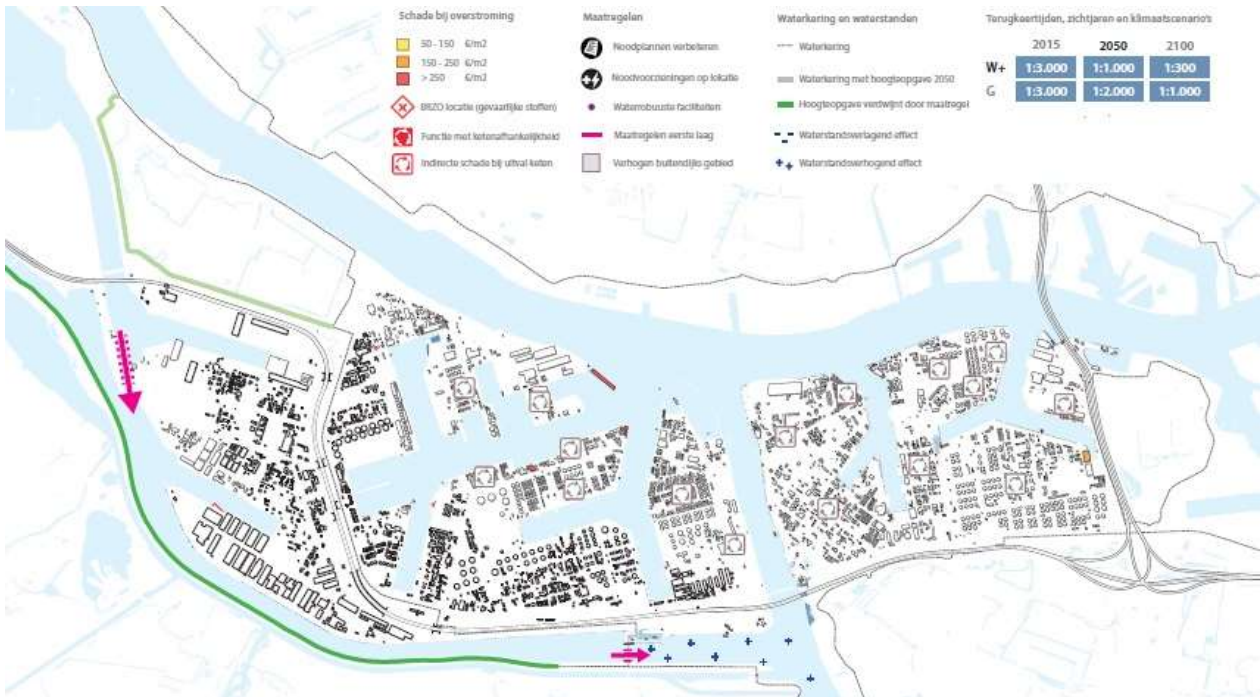
Beschrijving van de maatregel

Het creëren van een open verbinding ter hoogte van de Rozenburgse Sluis kan het volgende positieve effect hebben op de maximale waterstanden in het Calandkanaal tijdens een stormsituatie:

- Een open verbinding kan resulteren in het verlagen van de stormvloedwaterstanden in het Calandkanaal. Dit effect treedt *alleen* op als ook de stormvloedwaterstanden op het Hartelkanaal lager zijn, dus in combinatie met bijvoorbeeld een open Hartelkering (zie eerdere beschrijving maatregel Hartelkering openzetten). Wellicht dat er al een gunstig effect optreedt op het moment dat de Rozenburgse Sluis opengezet wordt tijdens een stormvloedsituatie (i.c.m. open Hartelkering). Wel zal er in dat geval forse stroming plaatsvinden door dit sluiscomplex. Dit stelt mogelijk extra eisen aan bijvoorbeeld de bodembescherming van het sluiscomplex. Een volledig open verbinding (dus verwijdering van de sluis en het maken van een nieuwe kanaalsectie) zal zeker leiden tot verlaging van de waterstanden indien ook op het Hartelkanaal de waterstand substantieel lager is.
- Een open verbinding kan ook het gedrag van seiches gunstig beïnvloeden. Het valt te verwachten dat bij een open verbinding ter plaatse van de huidige sluis het seiche-effect afneemt op het Calandkanaal. Wel zal op het Hartelkanaal het seiche-effect mogelijk wat toenemen. De precieze verandering van het netto seiche-effect in beide kanalen is onbekend en vergt nader onderzoek.

Het maken van een open kanaal verbinding is de meest ingrijpende variant. Deze heeft direct tot gevolg dat het netto-seiche effect mogelijk wat afneemt (orde enkele decimeters), maar die beperkte afname lijkt niet op te wegen tegen een ingrijpende wijziging van de Rozenburgse Sluis. In combinatie met openzetten van het Hartelkering zou de maximale waterstand verder kunnen dalen (met ongeveer 1 meter). De combinatie van Hartelkering openzetten en een open verbinding Rozenburgse Sluis heeft een mogelijk sterk verlagend effect op de waterstanden in zowel Caland- als Hartelkanaal. Deze “combinatiemaatregel” wordt hier verder alleen nog beschouwd.

Figuur 41 visualiseert het effect van deze maatregel in combinatie met een open Hartelkering.



Figuur 41: Effect van–Rozenburgse Sluis weghalen i.c.m. een open Hartelkering

De waterstand achter de Hartelkering zal wat toenemen. Zowel het effect op seiches als op de waterstanden zal met numerieke modellen meer in detail gekwantificeerd moeten worden. Verder zal in detail gekeken moeten worden naar de effecten onder normale condities. Stroomsnelheden i.v.m. scheepvaart maar ook mogelijke verhoging van de zoutindringing zijn aspecten die gedetailleerd aandacht moeten krijgen bij nadere studie naar de haalbaarheid van deze maatregel.

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

Het maken van een nieuwe open verbinding ter hoogte van de Rozenburgse Sluis zal een aanzienlijke investering zijn. In 2002 zijn deze kosten geschat op circa 15 miljoen Euro voor het verwijderen van de sluis en het aanleggen van een kanaalsectie ter hoogte van het sluiscomplex (afstudeerrapportage TU Delft). Hierin is niet opgenomen de eventuele kosten van een beweegbare brug en/of aanvullende werkzaamheden op Hartelkanaal als gevolg van wijzigingen in maatgevende waterstanden.

Naast de kosten van de maatregel, vallen er ook kosten weg (kosten voor onderhoud en beheer van het sluiscomplex). Gekapitaliseerd over een periode van 15 jaar (2005 – 2020) werden deze in 2002 geschat op circa 9 miljoen Euro. De netto kosten van deze maatregel zouden dus circa 8 miljoen Euro zijn (15 – 9 miljoen Euro = 6 miljoen Euro in 2002 met vervolgens 2,5% inflatie over 13 jaar). Omdat deze kostenreductie onzeker is, wordt hier voorlopig 10 miljoen Euro aan netto kosten aangehouden voor het verwijderen van de Rozenburgse Sluis. Hierin zijn de kosten voor een nieuwe verbinding niet verdisconteerd.

Baten

Het weghalen van de Rozenburgse Sluis heeft impact op de overstromingskans van de Britanniëhaven. Door deze maatregel neemt de hoogte van seiches op het Calandkanaal af. In fase 1 is een inschatting gemaakt dat de seiches op het Calandkanaal ongeveer 0,70 m zijn (Nicolai et al., 2016). Op basis hiervan is de nieuwe waterstandsfrequentielijn bepaald, waarbij is verondersteld dat de reductie van de seiches over het hele frequentiebereik geldt. Door deze maatregel wordt geschat dat het totale risico in de

Brittanniëhaven reduceert van 35 miljoen Euro naar 5 miljoen Euro in 2050. De baten die deze maatregel oplevert zijn dan ongeveer 30 miljoen Euro.

Bij de bepaling van de baten is uitgegaan dat het maximale effect van deze maatregel op de seiches op het Calandkanaal wordt behaald (bovengrensbenadering van de baten). Dit lijkt alleen mogelijk in combinatie met het open zetten van de Hartelkering. In werkelijkheid zal het effect op de seiches iets minder zijn. Naar schatting verdwijnt het seiche-effect dan voor ca. de helft (30-40 cm i.p.v. 70 cm). Hierdoor zullen de baten ook lager uitvallen. Indien deze maatregel niet gelijktijdig wordt uitgevoerd met het openzetten van de Hartelkering, dan zal het openzetten van de Rozenburgse Sluis een negatief effect hebben op de seiches op het Hartelkanaal. Geschat wordt dat de baten voor de losse maatregel ca. 50% is van de baten van de maatregel in combinatie met het open zetten van de Hartelkering.

De baten van zowel de losse maatregel als de maatregel in combinatie met het openzetten van de Hartelkering staan weergegeven in onderstaande tabel²³. Hier zijn alleen de baten opgenomen voor de Brittanniëhaven. De baten van het openzetten van de Hartelkering voor Botlek 1 en 2 staan genoemd bij de beschrijving van deze maatregel eerder in deze rapportage. In de Vondelingenplaat worden geen baten verwacht van deze maatregel.

Tabel 27: Geschatte baten (in mln Euro) van het weghalen van de Rozenburgse Sluis

	Dimensionering maatregel op doelbereik	Brittanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Rozenburgse Sluis weghalen	Rozenburgse Sluis wordt bij alle hoogwatercondities opengezet (hele frequentiebereik 1/100 t/m 1/30.000 pj)	~15	0	0	0	~15
Rozenburgse Sluis weghalen (i.c.m. open Hartelkering)	Rozenburgse Sluis wordt bij alle hoogwatercondities opengezet (hele frequentiebereik 1/100 t/m 1/30.000 pj)	30	Zie maatregel openzetten Hartelkering		0	30

7.2.8 Nieuwe Stormvloedkering in Hartelkanaal

Beschrijving van de maatregel

Nieuwe stormvloedkeringen in het Hartel- en/of Calandkanaal nabij het pilotgebied Botlek reduceren de waterstanden in deze kanalen. Voor het Hartelkanaal zijn er diverse locaties mogelijk, bijv. nabij de brug van de N57 of verder westwaarts (bijv. bij Suurhoffbrug/A15 of bij de Orcakade). Verder westwaarts heeft als voordeel dat ook het Europoortgebied profiteert van deze maatregel door lagere waterstanden bij stormsituaties. Overigens blijkt dat het Europoortgebied vanuit waterveiligheid weinig risico loopt op een overstroming (zelfs bij 1/10.000 jaar condities) vanwege de relatief hoge ligging. De risicoreductie (en daarmee de baten van deze maatregel) in het Europoortgebied zelf zullen dus gering zijn.

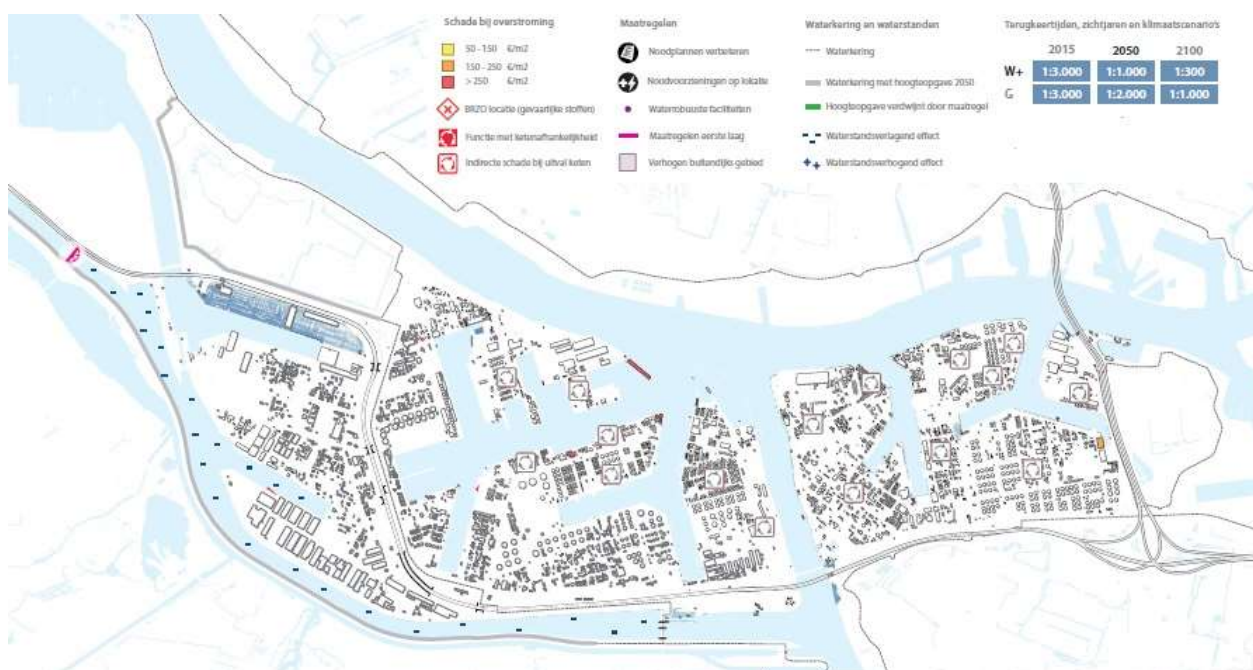
Bij het Calandkanaal is een goede locatie voor een stormvloedkering niet evident. Een stormvloedkering ter hoogte van de Calandbrug is wellicht mogelijk. Verder westwaarts lijkt (te) weinig ruimte beschikbaar. Voordeel van verder westwaarts is – net als bij de Hartelkering – dat de waterstanden voor Europoort en

²³ Geschat wordt dat de baten voor het alleen weghalen van de Rozenburgse sluis ca. 50% zijn van de genoemde baten omdat als de Hartelkering niet open gezet wordt het seiche-effect maar voor ca. de helft verdwijnt (30-40 cm i.p.v. 70 cm indien het gecombineerd wordt met het open zetten van de Hartelkering)

in dit geval ook voor dijkkring Rozenburg ook sterk gereduceerd worden. Dit zou extra “baten” op kunnen leveren voor een dergelijke oplossing.

Stormvloedkeringen in het Hartel- en/of Calandkanaal kunnen de maatgevende waterstanden voor het Botlekgebied fors reduceren. Uitgaande van een vergelijkbaar sluitingscriterium als het huidige stormvloedkeringscomplex Maeslant-/Hartelkering zal de maatgevende waterstand voor het Europoort-Botlekgebied gereduceerd kunnen worden tot 3 – 3,5 m+NAP voor 1/1.000 – 1/10.000 jaar condities. Dit is een reductie van 1,5 – 2,5 meter ten opzichte van de huidige situatie.

Figuur 42 visualiseert het effect van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal.



Figuur 42: Effect van maatregel– Nieuwe stormvloedkering in Hartelkanaal

Kosten en baten

Kosten

Een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal (bijv. ter hoogte van de Orcakade of A15/Suurhoffbrug) zal qua overspanning ongeveer dezelfde dimensies benodigd zijn als de huidige stormvloedkering in het Hartelkanaal. Naast de stormvloedkering zal er ook een sluis benodigd zijn (net als bij de huidige Hartelkering). De aanname is hier dat er op deze locatie geen vrije doorvaarhoogte nodig is. Dit bijvoorbeeld in tegenstelling tot de Maeslantkering.

Qua oplossingsprincipe zijn er diverse mogelijkheden zoals verticale schuiven (huidige Hartelkering), maar ook een opblaasbare kering (denk aan Ramspol in Overijssel). Voordeel van deze oplossingen is dat er op de oevers relatief weinig ruimtebeslag is in tegenstelling tot bijvoorbeeld sectordeur-oplossingen zoals in de Maeslantkering. Zeker aan de noordzijde van het Hartelkanaal nabij deze locatie is de ruimte beperkt.

De kostenschatting wordt hier gebaseerd op basis van de bestaande Hartelkering. De Hartelkering heeft circa 100 miljoen Euro gekost (prijspeil 1996). Deze kering is gebouwd om een waterstand te keren van 1/4.000 per jaar. Voor een nieuwe kering zal een vergelijkbaar bedrag nodig zijn (hier afgerond 160 miljoen Euro op basis van huidig prijspeil). Voor beheer en onderhoud wordt bij stormvloedkeringen vaak

een bedrag van 0,5% per jaar aangehouden van de aanlegkosten. Daarmee komt de netto contante waarde van de totale kosten op ongeveer 190 miljoen Euro ($160 + 0,005 \times 160 / (0,055 - 0,026)$). De verwachting is dat een stormvloedkering die gebouwd wordt om 1/10.000 per jaar te keren nog wat duurder zal zijn (+5 – 15%) vanwege een iets groter verval tijdens maatgevende omstandigheden.²⁴

Baten

De aanleg van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal zorgt voor een afname van de 1/1.000 – 1/10.000 per jaar hoogwaterstand van 1,5 – 2,5 m bovenstreams van de nieuwe stormvloedkering. Deze maatregel heeft impact op de overstromingskans en dus het risico voor Botlek 1 en Botlek 2. Voor deze twee gebieden is vervolgens een inschatting van de nieuwe overstromingskans t.o.v. de referentiesituatie zonder aanleg van een nieuwe stormvloedkering. Voor de batenberekening is verondersteld dat de aanleg van de nieuwe stormvloedkering zorgt voor een 100x kleinere overstromingskans. Dat wil zeggen dat de schade bij een T=100 jaar gebeurtenis na de aanleg van de stormvloedkering een herhalingsstijd van T=10.000 jaar heeft. Het risico voor de Britanniëhaven (overstroming vanuit Calandkanaal) en de Vondelingenplaat (overstroming vanuit Nieuwe Waterweg) blijft gelijk.

De baten voor Botlek 1 zijn 160 miljoen Euro en voor Botlek 2 115 miljoen Euro. De totale baten van de aanleg van de nieuwe stormvloedkering voor het Botlekgebied bedragen daarmee $160 + 115 = 275$ miljoen Euro. Daarnaast zijn er aanvullende baten door de verlaging van het overstromingsrisico van dijkkringgebied Voorne Putten (dijkkringgebied 20). De reductie van het overstromingsrisico van Voorne Putten leidt mogelijk tot een besparing van de dijkversterkingsopgave en –kosten van de primaire kering. Deze baten zijn hier niet gekwantificeerd.

De baten (in miljoen Euro) staan weergegeven in onderstaande tabel. De stormvloedkering in het Hartelkanaal heeft alleen effect op de waterstanden langs het Hartelkanaal. Daarom zijn er ook alleen baten voor de gebieden die hieraan grenzen.

Tabel 28: Geschatte baten (in mln Euro) van een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal

		Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
	Dimensionering maatregel op doelbereik					
Nieuwe Stormvloedkering in Hartelkanaal	Rozenburgse Sluis wordt bij alle hoogwatercondities opengezet (hele frequentiebereik 1/100 t/m 1/30.000 pj)	0	160	115	0	275

7.2.9 Waterrobuust maken van sites en assets

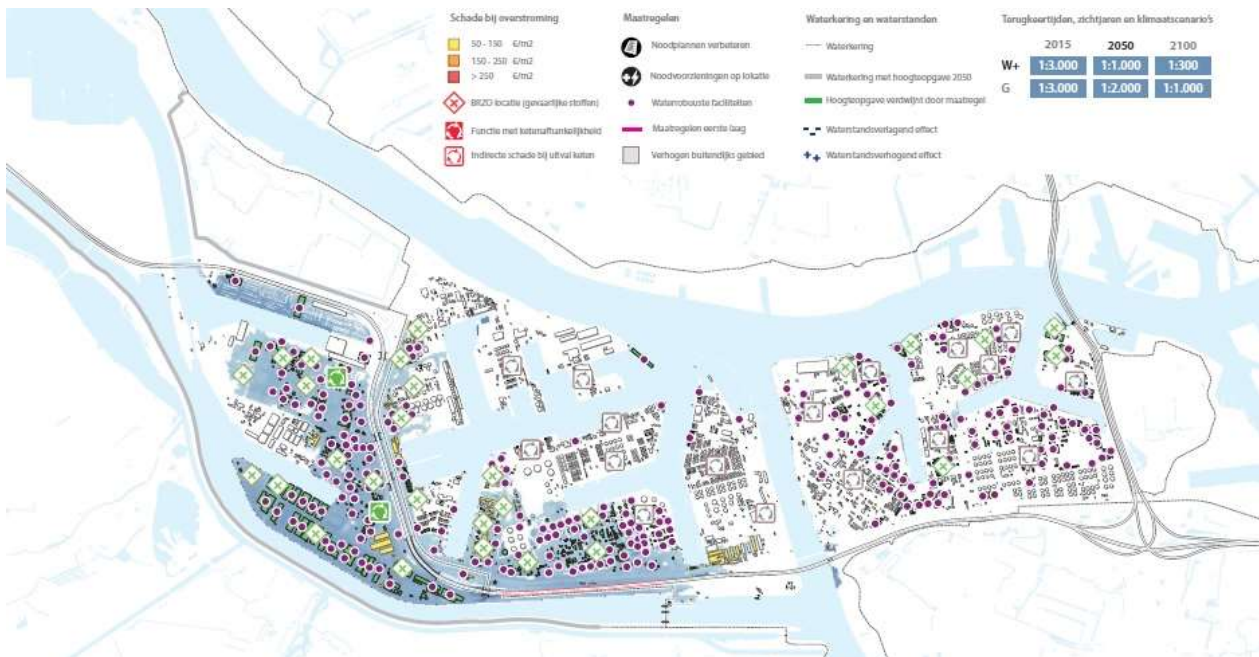
Dit zijn maatregelen waardoor het water niet meer op of in de faciliteiten kan komen omdat deze beschermd zijn met een fysieke maatregel met een permanent karakter.

Huidige situatie

Kijkend naar het overstromingsbeeld in 2050 bij 1/1.000 jaar dan zouden maatregelen nodig zijn voor een groot deel van de Britanniëhaven, Botlek 1 en de zuidrand van Botlek 2. In deze situatie stroomt 700 ha (ca 25% van het totale pilotgebied) onder. De gemiddelde overstromingsdiepte in dit gebied is 0,65 meter. In de Vondelingenplaat is het overstromde oppervlak nagenoeg 0 (m.u.v. sommige kleine gebieden

²⁴ Meekoppelen met vervanging huidige Hartelkering mogelijk. Doorlooptijd min. 10-15 jaar. SVK in Calandkanaal heeft ook effect op Britanniëhaven, maar de baten daarvan evenaren de additionele kosten van ca 400-500 mln niet.

langs kaden). Bij 1/10.000 jaar gaat het om 1.125 ha en een gemiddelde waterdiepte van 0,8 meter. In dit geval is het overstroomde oppervlak in Botlek 1 en 2 ongeveer 800 ha en in de Vondelingenplaat ongeveer 325ha. De gemiddelde waterdiepte is 0,8 meter in de overstroomde gebieden. Figuur 43 geeft de individuele faciliteiten (sites en/of individuele assets) 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 43: Overzicht van faciliteiten met een waterrobuustheidopgave in het geval een bescherming tot 1/1.000 in 2050 gewenst is

Beschrijving van de maatregelen

Er zijn verschillende fysieke maatregelen op siteniveau mogelijk. Deze zijn onder te verdelen in maatregelen voor het waterrobuust maken van individuele sites (terreinen) en maatregelen voor het waterrobuust maken van individuele assets (bijvoorbeeld gebouwen en installaties).

Waterrobuust maken van sites

Onder het waterrobuust maken van sites vallen het realiseren van een kering om een site en het ophogen van het terrein.

- 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 4-5 m+NAP.

Ophogen is alleen realistisch voor grote open haventerreinen. Voor terreinen met complexe en kapitaalintensieve installaties, is 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.

- **Aanleggen lokale keringen**

Lokale dijken/keermuren rondom een site kunnen de gevolgen van een overstroming ook reduceren. Naast een dijk/keermuur zijn er vloeddeuren nodig om toegangen tot het terrein (bijvoorbeeld wegen of spoorlijnen) bij een dreigende overstroming te kunnen afsluiten. De 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.

Het is ook mogelijk om een waterkering aan te leggen die een aantal sites omsluit. Dit betekent dat de totale lengte van de kering vermindert. 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.

Waterrobuust maken van assets

Maatregelen voor het waterrobuust maken van assets bestaan uit wet en dry proofing.

- **Dry proofing**

Bij dry proofing wordt een asset aan de buitenzijde volledig waterdicht gemaakt om ervoor te zorgen dat er geen water in het gebouw komt. Hiertoe worden er speciale waterdichte ramen en deuren geplaatst tot een bepaald niveau. Buitenmuren worden waterdicht gemaakt en versterkt om de waterdruk te kunnen weerstaan. Bij bestaande bouw kan dit betekenen dat de muren verstevigd moeten worden, omdat deze daar normaliter niet op zijn ontworpen. Bovendien is het bij dry proofing 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.

- **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. Om schade te voorkomen is het van belang dat het water makkelijk naar binnen kan stromen. 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 het gebouw komt. Na afloop van de overstroming zal een grote schoonmaakactie nodig zijn om het gebouw weer in gebruik te nemen.

Kosten van de maatregelen

Als er maatregelen op siteniveau overwogen worden, dan is een preventieve bescherming rondom de site waarschijnlijk goedkoper dan meerdere maatregelen op de sites zelf. Deze gedachte wordt ondersteund door het rekenvoorbeeld in het kader. Puur kijkend naar kosten liggen alleen voor zeer kleine sites de geschatte kosten van een dijk/keermuur en waterrobuust maken van de assets in dezelfde orde van grootte. Landophoging is kostentechnisch alleen interessant als er relatief veel open ruimte is en de site klein is. Aangezien de open ruimte in de Botlek beperkt is en er veel complexe en kapitaalintensieve installaties aanwezig zijn, wordt ophogen niet als een realistische optie beschouwd. Om die reden zijn de

kosten van het ophogen van terreinen voor het waterrobuust maken van het Botlekgebied niet nader beschouwd.

Rekenvoorbeeld: Als uitgangspunt is bestaande rechthoekige tankopslagsite genomen van 100 hectare. Op deze site moet 50% van de gebouwen en installaties beschermd worden tegen 1 meter waterdiepte. Voor de tanks zelf wordt ervan uitgegaan dat de containmentdijken voldoende bescherming bieden. Deze site heeft zes toegangen met een totale breedte 300 meter. De nieuwbouwwaarde van deze site is 50 miljoen Euro per ha (dus 5 miljard Euro).

- Wet/dry proofing: Uitgaande van een bedrag van 20-200 Euro/m² voor wet/dry proofing voor 50% van het site oppervlak levert dit een benodigde investering van 10-100 miljoen Euro. De inschatting van 1% van de nieuwbouwwaarde levert een schatting op van 50 miljoen Euro voor dry/wet proofing.
- Landniveau ophogen: Het ophogen van het terrein met 1 meter (en dus volledig nieuwbouw) levert een kostenschatting van 100 miljoen Euro (= 100 ha x 10.000 m²/ha x 50 Euro/m² + 50 miljoen Euro nieuwbouw).
- Lokale kering: Kosten van een dijk rondom de site is 4.000 meter x 1.000 Euro/m + 300 m (breedte) x 1 m (hoogte) x 1.000 Euro/m² = 4,3 miljoen Euro.

Kosten van waterrobuust maken van assets

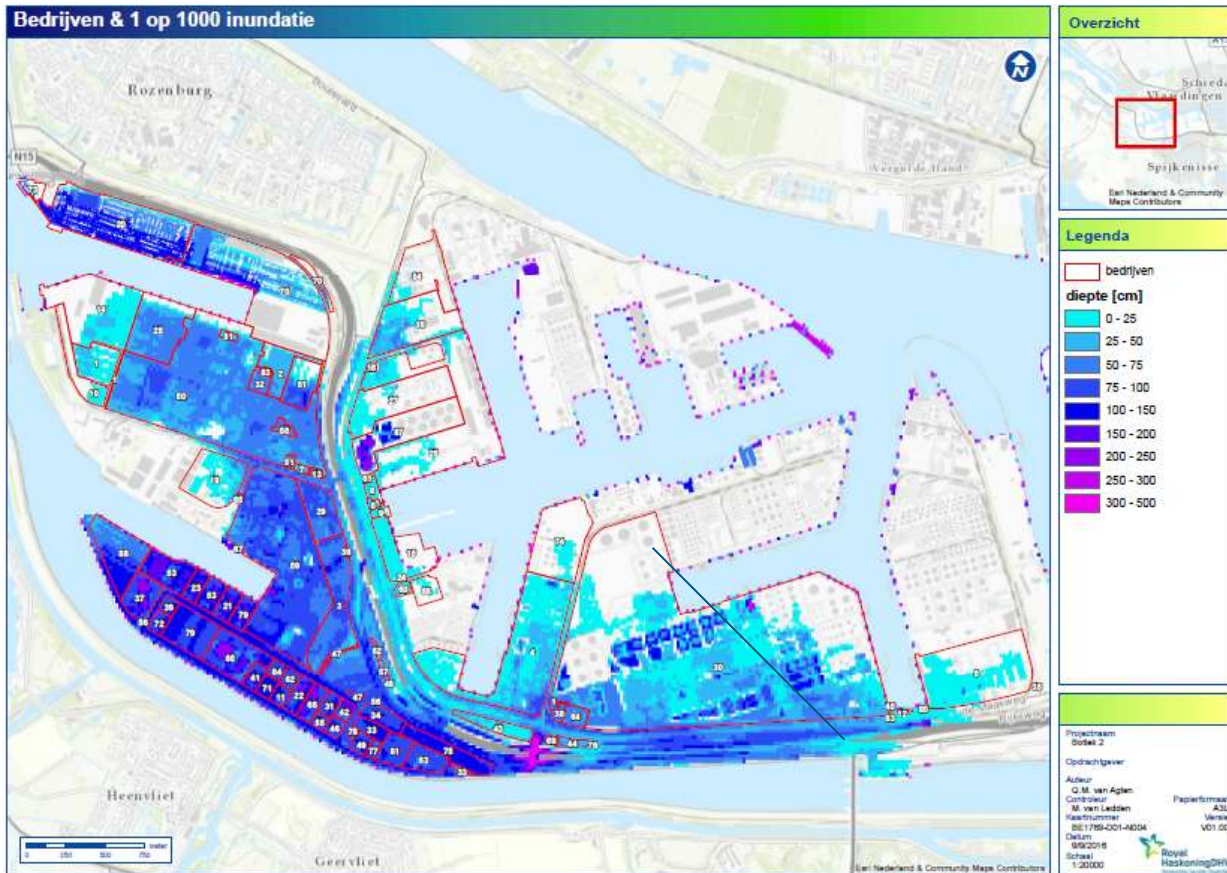
De kosten van waterrobuust maken van assets (gebouwen/installaties) is sterk afhankelijk van type industrie en lokale omstandigheden. Kostenschattingen voor waterrobuust maken van assets van industriële sites zijn niet bekend en ook erg onzeker. Hier wordt de range aangehouden zoals gevonden in de literatuur van orde 20 – 200 Euro/m² (voor 1 meter hoogte). Een ruwe schatting van het % gebouwen/installaties in dit gebied is 50%. De rest van de ruimte is open terrein. Hiermee komen de kosten voor waterrobuust maken van assets op: $0,65 \times 50\% \times (20 - 200 \text{ Euro/m}^2) \times 7 \times 10^6 \text{ m}^2 = \text{ca. } 45 - 455$ miljoen Euro voor 1/1.000 jaar voor Botlek 1 en 2. Voor Vondelingenplaat zijn er geen kosten voor dit scenario.

Bij een hogere herhalingstijd van 1/10.000 jaar zijn de kosten ook hoger. Voor Botlek 1 en 2 zijn de kosten in deze situatie: $0,8 \times 50\% \times (20 - 200 \text{ Euro/m}^2) \times 8 \times 10^6 \text{ m}^2 = \text{ca. } 64 - 640$ miljoen Euro voor 1/10.000 jaar. Voor Vondelingenplaat is een inschatting van de kosten: $0,8 \times 50\% \times (20 - 200 \text{ Euro/m}^2) \times 3,25 \times 10^6 \text{ m}^2 = 26 - 260$ miljoen Euro voor 1/10.000 jaar.

Kosten van waterrobuust maken van sites: lokale keringen

De bovengrens is dat iedere individuele site zijn eigen bescherming zou maken (zonder rekening te houden met evt. overlap tussen aangrenzende sites). Op basis van de overstromingskaarten is een inschatting gemaakt van de lengte aan waterkering die nodig is om op individueel niveau de sites te beschermen. Voor het 1/1.000 jaar scenario is er alleen sprake van een overstroming in Botlek 1 en 2. De totale omtrek van de verschillende sites die bescherming nodig hebben in dit scenario bedraagt zo'n 90 kilometer als iedere individuele site apart beschouwd zou worden.

Voor de aanlegkosten van een waterkering zelf wordt 1.000 Euro/m² aangehouden op basis van expert judgement. Daarbij is een 100% toeslag opgeteld voor overige kosten (als gevolg van aansluitingen met bestaand terrein, het maken van gates voor toegangswegen etc. maar ook onzekerheden (bijv. ondergrond). Het oppervlak in m² is berekend door de gemiddelde waterdiepte en de omtrek per site te sommeren. Voor Botlek 1 en 2 resulteert dit een totaal van 145 miljoen Euro voor 1/1.000 jaar scenario (2050 condities).



Figuur 44: Benodigde waterkeringen rondom individuele sites

Bij 1/10.000 per jaar is het overstromde oppervlak in Botlek 1 en 2 iets groter. Hierdoor nemen de kosten van de keringen rondom individuele sites ook iets toe (ca. 155 miljoen Euro). Ook Vondelingenplaat overstromt nu gedeeltelijk. De totale omtrek van alle sites in Vondelingenplaat die overstromd raken in deze situatie is circa 50 kilometer. Niet overal langs de omtrek van de sites is een waterkering nodig (deels omdat het terrein hoger ligt, deels omdat het water er niet kan komen). Hier is uitgegaan van een benodigde lengte van 20 kilometer voor Vondelingenplaat om individuele sites te beschermen (bovengrens). Een kosteninschatting voor Vondelingenplaat voor dit scenario is ca. 30 miljoen Euro (= 0,8 meter x 20 kilometer x 2.000 Euro/m²).

Zoals hierboven al aangegeven is de kosteninschatting voor waterkeringen rondom individuele sites een bovengrensbenadering. Het overstromingsbeeld voor de 1/1.000 jaar situatie laat zien dat alleen voor Botlek 2 een dergelijke individuele bescherming van de olieraffinaderij een rationele oplossing zou zijn in deze context. Voor Botlek 1 is een gecombineerde waterkering om het merendeel van het gebied voor de hand liggend en veel goedkoper in plaats van ieder individueel bedrijf een eigen waterkering. Een dergelijke aanpak is trouwens internationaal vaak toegepast. Bijvoorbeeld: in Thailand is na de overstroming van 2011 ook voor “industrial estates” (d.w.z. een verzameling van industriesites) een dijkkring gebouwd met financiering opgebracht door dezelfde bedrijven. Botlek 1 zou beschouwd kunnen worden als een “industrial estate”.

Uitgaande van het overstromingsbeeld bij 1/1.000 jaar zouden waterkeringen rondom de volgende sites (of combinaties van sites) nodig zijn (zie figuur 44):

- Zuidrand Botlek 2: Waterkering tussen ongeveer Hartelkering en Welplaatweg langs bijv. de Botlekweg ter bescherming van de site ten noorden van de Botlekweg. Het gaat hier om een traject

van ongeveer 2,2 kilometer. De bodemhoogte op dit traject is ongeveer 4,5m+NAP. De kerende hoogte van de waterkering zou ongeveer 5,5m+NAP (2050, 1/1.000 jaar) moeten zijn (incl. 0,3 m toeslag voor lokale golfslag). Kosten van deze kering zullen in dezelfde orde liggen als de kosten van de eerder geraamde Tuimelkade. Omrekening voor 1 meter waterkering hier met een lengte van 2 kilometer levert dan: 1,7 miljoen Euro voor dit traject (= 10 miljoen Euro x 1/1,5 x 2km/8km).

- Zuidrand Botlek 1 gebied (vergelijkbaar met traject Tuimelkade): Waterkering beginnend bij de Clydeweg/Welplaatweg en dan de huidige Tuimelkade volgend langs de Nieuwesluisweg. Dit traject is ongeveer 6 kilometer lang. Zie voor kosten, raming voor Tuimelkade. Hier dus ca. 7,5 miljoen Euro (6 kilometer i.p.v. 8 kilometer lengte).
- Brittanniëhaven: Waterkering conform de flexibele kering Brittanniëhaven. De kosten van een flexibele kering bedragen voor dit traject ongeveer 2 miljoen Euro voor 1/1.000 jaar bescherming.



Figuur 45: Benodigde waterkeringen rondom (combinaties van) sites (beeld van 1/1.000 per jaar in 2050) op basis van materiaal van HKV (2016)

Merk op dat deze oplossing heel sterk lijkt op het beschermen van Botlek 1 en 2 via het integraal ophogen van de Tuimelkade.

In totaal zullen deze waterkeringen om (combinaties van) sites dus gezamenlijk (minimaal) ca. 10 miljoen Euro kosten voor de 1/1.000 jaar conditie (2050). Voor de 1/10.000 jaar zal een vergelijk traject waterkeringen nodig zijn, maar deze zal wat hoger moeten zijn om de maatgevende waterstanden te keren (ca. 0,5 meter).

Baten van de maatregelen

Door het waterrobuust maken van alle sites in het Botlekgebied wordt er aangenomen dat er alleen directe schade aan de openbare ruimte (o.a. wegen en spoorwegen) zal optreden. De schade aan openbare ruimte is ongeveer 10% van de totale directe schade. De vermeden directe schade is ongeveer 90%. Voor de indirecte schade is het effect minder groot, omdat bedrijfsprocessen toch afgeschakeld zullen worden. Door het waterrobuust maken is de inschatting dat de bedrijven wel weer sneller op

kunnen starten (lineair herstel i.p.v. convex). Hierdoor reduceert de indirecte schade met 25%. De baten van het waterrobuust maken voor het hele Botlekgebied komen daarmee uit op 120 miljoen Euro op basis van een bescherming van de sites voor een 1/1.000 per jaar gebeurtenis. Bij een 1/10.000 per jaar beschermingsniveau worden de baten geschat op 155 miljoen Euro.

De baten staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 29: Geschatte baten (in mln Euro) van waterrobuust maken van sites en/of assets

Dimensionering maatregel op doelbereik		Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Waterrobuust maken van assets / sites	Waterrobuust maken sites/assets condities t/m 1/1.000 pj	20	65	35	0	120
	Waterrobuust maken sites/assets condities t/m 1/10.000 pj	20	80	45	10	155

7.2.10 Noodkeringen

Beschrijving van de maatregel

Noodkeringen zijn tijdelijke keringen die direct voor een eventuele overstroming genomen 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 of 'big bags' 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.

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. Voor tijdelijke waterkeringen wordt onderscheid gemaakt in vulcontainers, systemen gevuld met lucht en/of water en vrijstaande keermiddelen met frames van staal of kunststof die afgedicht worden (zie STOWA WO5, 2008). Ze onderscheiden zich van demontabele waterkeringen waar de fundering vooraf gemaakt is en waar bijvoorbeeld schotbalken geplaatst worden (en dus niet tijdelijk zijn).

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. Een zeer gedetailleerd draaiboek maar ook frequent trainen zijn noodzakelijk. De onderstaande tabel geeft voor de verschillende typen tijdelijke waterkeringen een aantal karakteristieken.

Tabel 30. Karakteristieken van noodkeringen (bron: STOWA, 2008)

Tijdelijke keringen	Vulcontainers	Systemen gevuld met water of lucht	Vrijstaande keermiddelen
Max. lengte [m]	∞	∞	∞
Keringhoogte [m]	2	3	2,5
Opzettijd 100m x 1m [uur]	3,3	1,5-3	0,5-4
Mankracht 100m x 1m [pers]	2	3	2
Materieel	Betomixer, vulmaterieel, pompen	Pomp(en), generator, vrachtwagen, graafmachine	Afh. van systeem
Opslagruimte	Pallets of containers	Pallets, containers (in rollen)	Afh. van formaat
Multifunctioneel ruimtegebrek	Afh. van bereikbaarheid transportmiddel en materieel	Nvt	Afh. van bereikbaarheid transportmiddel en materieel

Behandelde systemen: Big Bag Harbeck GmbH, Dura-Bell Barricade, Hesco Concertainer Bastion, MRP Systems Modular Shielding, Quickdam Damm Flood Safety System, Aquadam, Aquatube, FloodMaster barrier, Mobile Dam, NOAQ tubewall, Water-Gate instant waterkering, Ridchardson flood control panel barriers, Rapidam, Portadam, Paller Barrier, Zandzakken, Betonblokken, Aquastopdam

Kosten van noodkeringen

Noodkeringen kunnen op site- of op deelgebiedsniveau genomen worden. Eerst wordt deze maatregel op gebiedsniveau besproken. Daarna komt aan de orde wat dit zou betekenen op siteniveau.

Kosten op gebiedsniveau

Op gebiedsniveau zullen bij de situatie 1/1.000 jaar in 2050 noodkeringen nodig zijn voor:

- De site aan de zuidrand van Botlek 2
- De site in de Brittanniëhaven
- De meeste sites in Botlek 1 (m.u.v. het gebied ten zuidwesten van de Theemsweg/Humberweg omdat dit waarschijnlijk net niet overstroomt).
- Voor de Vondelingenplaat zijn in dit geval geen noodkeringen nodig omdat er geen overstrooming plaatsvindt. Dit is pas het geval bij de 1/10.000 per jaar situatie.

Voor de site aan de zuidrand van Botlek 2 zou een noodkering het volgende inhouden. Een nooddijk van circa 2 kilometer moet worden opgezet in de dagen voor een zware storm. De benodigde kerende hoogte in deze situatie is ongeveer 1 meter waterdiepte ter plaatse van de site. Dat is een kerende hoogte die met noodmaatregelen realiseerbaar is. Afhankelijk van het type systeem bedragen de aanschafkosten hiervan ongeveer 200 – 500 Euro/m. Dit is dus circa 0,4 – 1 miljoen Euro voor deze site.

Een cruciaal aspect bij een noodkering is de operatie om deze kering snel en goed op te zetten en ook te controleren tijdens een storm. Wanneer ervan wordt uitgegaan dat de stormpiek ongeveer 3 dagen van te voren goed voorspeld kan worden is er circa 1,5 dag tijd om deze kering op te zetten. De typische inzet van mankracht voor nooddijken is 3 uur voor 100 meter kering met 2 personen. Voor het opzetten van een kering van 2 kilometer zijn dus 120 manuren nodig. Met 4 teams van 2 personen (bijv. telkens 2 teams van 2 personen in shifts van 8 uur zetten ongeveer 500 meter kering op) zou dit gerealiseerd kunnen worden binnen 36 uur. Vervolgens zal er ook mankracht nodig zijn gedurende de storm om toezicht te houden en eventueel versterkingen uit te voeren daar waar nodig in zwaar-weercondities.

Specifiek aandachtspunt voor deze maatregel bij de site aan de zuidrand van Botlek 2 betreft de onderdoorgang bij de Welplaatweg (zie kaart in onderstaande figuur). In deze situatie zal er veel water met hoge snelheid door deze onderdoorgang stromen (indien deze niet is afgesloten). De mobiele kering kan hiervan hinder ondervinden en/of instabiel worden. Verder zal de noodkering zodanig moeten worden opgesteld dat het water richting een van de havenbekkens zal afstromen.



Figuur 46: Verbeelding onderdoorgang A15-welplaatweg (rode cirkel)

Voor de Brittanniëhaven en Botlek 1 kan een vergelijkbare maatregel uitgewerkt worden. De kerende hoogte varieert in dit gebied van 1 – 1,5 meter voor de 1/1.000 jaar conditie. Voor dergelijke kerende hoogten zijn dergelijke noodkeringen beschikbaar op de markt. Voor dit gebied is een langere noodkering noodzakelijk langs het Hartelkanaal/Seinehaven en langs de Brittanniëhaven. In totaal gaat het om een lengte van orde 8 kilometer. De kosten van deze maatregel zal voor Botlek 1 circa 1 – 4 miljoen Euro bedragen.

Analoog aan de site in Botlek 2 zal er inzet nodig zijn voor en tijdens de storm om deze maatregel succesvol te laten verlopen. Voor de combinatie Brittanniëhaven en Botlek 1 is de inschatting dat in dit geval 16 teams van 2 personen nodig zijn om deze kering tijdig te realiseren. Net als bij het voorgaande geldt ook hier dat mankracht nodig is tijdens de storm voor inspectie en eventuele reparatie/versterkingen. Bij een 1/10.000 jaar situatie in Botlek 1 en 2 is de vraag of noodkeringen nog realistisch zijn. De waterdiepte (en ook golfslag) zijn dan zodanig dat het de vraag is of noodkeringen nog ingezet kunnen worden.

In de Vondelingenplaat zijn noodkeringen alleen nuttig in geval van 1/10.000 jaar (2050) condities. Op gebiedsniveau zou dan over ongeveer de volledige lengte van de kaden een lage noodkering nodig zijn om een overstroming te voorkomen. Het gaat dan om ongeveer 10 kilometer aan noodkering. De kosten die hiermee gemoeid zijn liggen in de orde van 2 – 5 miljoen Euro. Om de noodkering tijdig op te zetten zullen in dit geval – net als bij Botlek 1 en 2 – tientallen mensen nodig zijn voorafgaand en tijdens het event voor opzetten, inspectie en eventuele reparatie/versterkingen.

Een samenvatting van de kosten per deelgebied en overstromingsscenario volgt hieronder.

- Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2²⁵: 1-5 miljoen Euro plus tientallen mensen bij 1/1.000 jaar.
- Vondelingenplaat²⁶: 2-5 miljoen Euro plus tientallen mensen bij 1/10.000 jaar.

Deze kosten zijn puur de aanschafkosten. Kosten voor inzet van mensen, en ook eventueel onderhoud/vervanging van deze noodkeringen is hierin niet meegenomen.

Kosten van een noodkering op siteniveau

Op siteniveau kan – net als bij de laag 2 maatregelen – gekeken worden naar de overstromde oppervlakten van de sites en de bijbehorende omtrek. Bij een 1/1.000 jaar scenario is de totale omtrek van de overstromde sites ca. 90 kilometer in de Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2. In dit scenario is er geen overstromd oppervlak in de Vondelingenplaat. Afhankelijk van het type systeem bedragen de kosten hiervan ongeveer 200 – 500 Euro/m. Dat betekent voor noodmaatregelen voor de Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 dus een kostenpost voor dit scenario van ongeveer 18 – 45 miljoen Euro indien iedere individuele site beschermd zou worden. Om deze noodkeringen op te zetten zullen honderden mensen in het gebied nodig zijn voorafgaand en tijdens de stormsituatie.

Bij de Vondelingenplaat in het 1/10.000 jaar scenario zijn er meer noodkeringen nodig als er sprake is van bescherming op siteniveau. Uit de laag 2 analyse komt naar voren dat er circa 20 kilometer kering nodig is voor deze situatie. Qua kosten zal dit in de orde van 4 – 10 miljoen Euro liggen. Hiervoor zijn tientallen mensen nodig om deze noodkeringen op te zetten en ook te inspecteren/repanderen.

Een samenvatting van de kosten per deelgebied en overstromingsscenario volgt hieronder.

- Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2²⁷: 18-45 miljoen Euro plus honderden mensen bij 1/1.000 jaar.
- Vondelingenplaat²⁸: 4-10 miljoen Euro plus tientallen mensen bij 1/10.000 jaar.

Deze kosten zijn puur de aanschafkosten. Kosten voor inzet van mensen, en ook eventueel onderhoud en/of vervanging van deze noodkeringen is hierin niet meegenomen.

Baten van noodkeringen

Als de noodkeringen perfect worden uitgevoerd, dan zouden de baten van deze maatregel 100% van de directe schade zijn. In de studie naar de effectiviteit van noodkeringen (Lendering, 2014) zijn vier factoren benoemd die van belang zijn om een noodkering met succes toe te passen: (i) detectie (vinden van een zwakke plek); (ii) correcte plaatsing van de beheermaatregel; (iii) op tijd plaatsen van de beheermaatregel; en (iv) constructie (betrouwbaarheid van de beheermaatregel).

Met name de uitvoeringstijd voor het Botlekgebied is beperkt door de korte voorspeltijd van de hoogwaterstanden (max. 48 uur vooruit). Daarom is verondersteld dat in 50% van de gevallen de noodkering succesvol (volgens de vier bovenstaande criteria) wordt uitgevoerd. Er wordt opgemerkt, dat dit wellicht een enigszins conservatieve inschatting is. Het effect ligt naar verwachting tussen 50 – 80%. Door het oefenen van de maatregel, zal dit slagingspercentage waarschijnlijk verbeteren.

Voor de batenberekening betekent de aanname van 50% dat een hoogwatergebeurtenis in 50% van de gevallen 100% van de directe schade kan worden vermeden. Voor de indirecte schade wordt verondersteld dat deze met maximaal 25% reduceert: m.a.w. in 50% van de gebeurtenissen zijn de baten 25% van de indirecte schade.

²⁵ Voor 1/10.000 zijn de kosten niet weergegeven omdat het de vraag is of dit nog uitvoerbaar is

²⁶ Voor 1/1.000 zijn de kosten niet weergegeven omdat Botlek 3 dan niet overstroomt en maatregelen geen effect hebben

²⁷ Voor 1/10.000 zijn de kosten niet weergegeven omdat het de vraag is of dit nog uitvoerbaar is

²⁸ Voor 1/1.000 zijn de kosten niet weergegeven omdat Botlek 3 dan niet overstroomt en maatregelen geen effect hebben

De totale baten voor noodkeringen met een beschermingsniveau van 1/1.000 per jaar komen hiermee op ongeveer 80 miljoen Euro. Indien een beschermingsniveau van 1/10.000 per jaar inderdaad bereikt zou kunnen worden met noodkeringen in de Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2, zouden de baten 115 miljoen Euro bedragen. Echter, zoals boven ook aangegeven, vanwege de waterdiepte (en ook golfslag) in dit scenario is het twijfelachtig of noodkeringen dan nog effectief ingezet kunnen worden. Om die reden zijn de baten in de Brittanniëhaven, Botlek 1 en Botlek 2 voor een beschermingsniveau van 1/10.000 niet meegenomen. De geschatte baten staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 31: Geschatte baten (in mln Euro) van noodkeringen

	Dimensionering maatregel op doelbereik	Brittanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Noodkeringen	Kerende hoogte 1/1.000 pj condities	10	45	25	0	80
	Kerende hoogte 1/10.000 pj condities	Uitvoerbaar?			10	10

7.2.11 Gebiedsnoodplan

Beschrijving van de maatregel

De Brzo-bedrijven (een groot aandeel van de in het Botlekgebied gesitueerde bedrijven) zijn verplicht om op siteniveau een noodplan te hebben voor calamiteiten. Een goed plan kan de gevolgen van een overstroming reduceren. Een noodplan behandelt de organisatorische kant van crisisbeheersing: wie doet wat op welk moment. Het noodplan verwijst naar de noodmaatregelen (zie hierboven) en noodvoorzieningen (zie hieronder). 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). Voor de Brzo-bedrijven is het een autonome ontwikkeling om hun individuele noodplannen te effectueren om een gecontroleerde shutdown te kunnen uitvoeren en/of andere noodvoorzieningen in werking te stellen in het kader van de nieuwe Seveso-richtlijn.

Naast bedrijfsnoodplannen voor de individuele bedrijven is het mogelijk om een gebiedsnoodplan in relatie tot overstromingsrisico's op te stellen voor het Botlekgebied. Bij de individuele noodplannen in de Botlek lijkt de onderlinge afstemming tussen de verschillende bedrijven en de nutsvoorzieningen in het Botlekgebied nog een ontbrekende schakel. De bedrijvigheid in het gebied kent zoveel samenhang, dat het van belang is om de individuele bedrijfsnoodplannen 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.

Voorbeeld: Het afschakelen van elektriciteit heeft consequenties voor het gehele gebied. Hetzelfde geldt voor het stopzetten van de levering van stikstof. Dergelijke onderlinge relaties zijn tot nu toe wel kwalitatief in beeld bij verschillende partijen. Echter, concrete afspraken/procedures en ook gezamenlijke training zijn nog niet vormgegeven.

Kosten en baten van de maatregel

Kosten

De kosten van een gebiedsnoodplan voor het Botlekgebied:

- Eenmalige kosten (beschrijving van onderlinge relaties, afspraken maken tussen partijen voor verschillende scenario's, afstemming met de veiligheidsregio): ca. 200.000 Euro.

- Jaarlijkse kosten (gezamenlijke oefening, updaten van afspraken, etc.): 25 bedrijven x 5 mensen x 1 dag x 1.000 Euro pp / dag all-in (incl. zaalhuur, lunch, reiskosten etc.) + voorbereiding/evaluatie 25.000 Euro = 150.000 Euro/jaar.

Uitgaande van herhaling ieder jaar is de netto contante waarde van deze totale kosten circa 5 miljoen Euro.

Baten

Een gebiedsnoedplan maakt afspraken over afstemming en acties en regelt de informatievoorziening tussen overheid, Veiligheidsregio, nutsbeheerders en de bedrijven in de Botlek over de rampenbeheersing bij een dreigend hoogwater. Denk bijvoorbeeld aan afspraken over wanneer de hoofdstroom eraf gaat en of hoofdwegen nog voor evacuatie van goederen gebruikt mogen worden. Hierdoor kunnen de partijen in het Botlekgebied hun individuele noodplan op elkaar afstemmen. Door een betere afstemming tussen partijen en het delen van de juiste informatie kunnen bedrijven tijdiger producten evacueren, tanks vol zetten tegen opdrijven, etc. Geschat wordt dat hierdoor 10% van de directe schade en 10% van de indirecte schade wordt vermeden.

De baten van het verbeteren en oefenen van een noodplan levert 25 – 35 miljoen Euro baten op in het hele Botlekgebied. Het oefenen van deze plannen en frequent actualiseren is essentieel voor het realiseren van de baten. De geschatte baten staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 32: Geschatte baten (in mln Euro) van een gebiedsnoedplan

	Dimensionering maatregel op doelbereik	Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Gebiedsnoedplan	Basis voor gebiedsnoedplan scenario 1/1.000 pj overstroming	5	10	5	<5	25
	Basis voor gebiedsnoedplan scenario 1/10.000 pj overstroming	5	15	10	5	35

7.2.12 Noodvoorzieningen

Beschrijving van de maatregel

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 en daarmee ook met een gebiedsnoedplan. Ook hangen deze maatregelen nauw samen met de noodkeringen. Het aantal mogelijke noodvoorzieningen in het Botlekgebied is relatief beperkt vanwege de aard en omvang van de activiteiten in het gebied.

Hieronder worden een aantal noodvoorzieningen nader toegelicht.

- Aanschaf van stikstofflessen om te kunnen voorzien in stikstofdekens voor opslagtanks. Overigens zal dit slechts van toepassing zijn op een beperkt aantal situaties. Voor stikstof benodigd in processen is dit geen oplossing, omdat hiervoor veel meer stikstof nodig is.
- Realisatie van noodstroomvoorziening om in het wegvallen van elektriciteit op te kunnen vangen en tot een gecontroleerde shutdown over te kunnen gaan. Bedrijven beschikken veelal al over noodstroomvoorzieningen. Deze voorziening betreft dus alleen bedrijven die daar nu nog niet over

beschikken of waar de noodstroomvoorziening onvoldoende capaciteit heeft om over te gaan tot een gecontroleerde shutdown.

- Het in veiligheid brengen van de meest kritische, kapitaalintensieve en/of gevaarlijke stoffen/ producten. Voor opslagbedrijven met een (PGS15) loods kan een noodvoorziening bestaan uit het reserveren van een op hoogte gelegen opslagvoorziening voor het in veiligheid brengen van de meest gevaarlijke stoffen in geval van een overstroming. Hetzelfde geldt voor logistieke bedrijven. Hier kan een locatie op hoogte waar waardevolle producten naar verplaatst kunnen worden, de schade aan deze producten kan beperken bij een overstroming. Deze voorziening is alleen effectief als geborgd is dat in geval van een dreigende overstroming de meest kritische stoffen/ producten daadwerkelijk in veiligheid worden gebracht en hangt daarom sterk samen met organisatorische maatregelen.
- Borgen van voldoende pompcapaciteit om lege tanks te vullen voorafgaand aan een dreigende overstroming om te voorkomen dat tanks kunnen gaan 'opdrijven'. Bij een overstroming, is het van belang dat tanks voldoende gevuld zijn. Om ervoor te zorgen dat tanks voldoende gevuld zijn, is het van belang dat er voldoende pompcapaciteit aanwezig is om dit te kunnen doen. Uiteraard is het in dat geval ook noodzakelijk dat er voldoende product beschikbaar is om in de tanks te pompen. Aangenomen wordt dat bedrijven meestal beschikken over voldoende pompcapaciteit. Deze maatregel is dan ook alleen van toepassing op bedrijven waar dit nog niet het geval is.

Baten van deze maatregel

De schade die wordt voorkomen hangt van het type maatregel af. Om toch tot een generieke inschatting van de baten van deze maatregel te komen, is verondersteld dat door het treffen van noodvoorzieningen de directe schade aan producten kan worden voorkomen. Het aandeel van de directe schade aan producten van de totale schade ligt tussen de 5% en 20%. Op basis van dit aandeel in de schade is aangenomen dat ongeveer 10% van de totale directe schade kan worden vermeden. Door het snellere herstel van de site wordt verondersteld dat de indirecte schade met 25% reduceert. Ook voor noodvoorzieningen geldt dat ze succesvol (met name tijdig) moeten functioneren om de schade te vermijden.

De baten voor het hele Botlekgebied zijn 35 miljoen Euro bij een beschermingsniveau van 1/1.000 per jaar en 55 miljoen Euro bij een beschermingsniveau van 1/10.000 per jaar. De geschatte baten (in miljoen Euro) staan weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 33: Geschatte baten van noodvoorzieningen

Noodvoorzieningen gedimensioneerd op schadebeperking scenario tot en met		Britanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Noodvoorzieningen	Noodvoorzieningen beperken de schade bij condities t/m 1/1.000 pj	5	20	15	0	35
	Noodvoorzieningen beperken de schade bij condities t/m 1/10.000 pj	5	25	20	5	55

7.3 Gevoeligheidsanalyse effectbepaling

In de gevoeligheidsanalyse van de effectbepaling is onderzoek gedaan naar de robuustheid van de baten van de verschillende maatregelen t.a.v. de gehanteerde uitgangspunten voor de risicoberekening. De overstromingsrisico's in het Botlekgebied zijn voor de periode 2015 tot 2100 in kaart gebracht. In deze periode neemt het risico naar verwachting toe door (i) groei en verandering van de economische activiteiten in het Havengebied en (ii) klimaatverandering door zeespiegelstijging. Als uitgangspunt voor

deze studie zijn de Deltascenario's havengebied Rijnmond-Drechtsteden gebruikt (DPRD, 2011). Meer informatie over de sociaal-economische scenario's is te vinden in bijlage 9.

In de onderstaande paragrafen wordt de impact van het gehanteerde economische groeiscenario en het klimaatscenario afzonderlijk van elkaar beschreven.

7.3.1 Gevoeligheidsanalyse voor een ander economisch scenario

In de Deltascenario's voor het havengebied is een scenario met 'hoge economische groei' en met 'gematigde economische groei' opgesteld. In het scenario met hoge economische groei (Global economy) is de voorspelling dat de economie groeit met 2,6% per jaar tussen nu en 2050. Bij het scenario met een gematigde economische groei (Regional Community) zal de economie slechts groeien met 0,7% per jaar. Bij een gematigde economische groei zal de ontwikkeling van de te beschermen bedrijvigheid / economische waarden in het Botlekgebied lager zijn dan bij het scenario met een hoge economische groei. Met andere woorden: de schade die zal optreden bij een overstroming zal lager zijn bij het gematigde economische groei scenario.

Bij het gematigde economische groei scenario zijn de totale baten ongeveer 1,5x kleiner dan bij scenario met hoge economische groei. Ter illustratie: stel dat de schade die wordt vermeden door een overstroming in 2015 gelijk is aan 100 miljoen Euro. Uitgaande van een economische groei van 2,6% per jaar, is deze vermeden schade in 2016 ongeveer $100 \times 1,026 = 102,6$ miljoen Euro en in 2017 is de vermeden schade $100 \times 1,026^2 = 105,3$ miljoen Euro etc. Deze jaarlijks vermeden schade voor 2016, 2017 enz. wordt vervolgens via een contante waarde berekening met een discontovoet van 5,5% naar het basisjaar 2015 teruggerekend. Bij positieve inflatie is 1 euro in de toekomst minder waard dan nu. In dit voorbeeld zal bij een economische groei van 0,7% de vermeden schade in 2016 ongeveer 100,7 miljoen Euro en voor 2017 is dit 101,4 miljoen Euro etc. Als de contante waarde van de baten over een oneindige periode berekend worden, dan zullen de baten bij een hoge economische groei ongeveer 1,5x groter zijn dan bij een gematigde economische groei.

Voor het doelbereik 1/1.000 per jaar zijn hieronder de baten getoond.

Tabel 34: Baten van diverse maatregelen in het scenario met gematigde economische groei.

Baten (in mln Euro voor prijspeil 2015) - gematigde economische groei voor dimensionering maatregelen op een doelbereik 1/1.000 per jaar					
	Brittanniëhaven	Botlek 1	Botlek 2	Vondelingenplaat	Totaal
Tuimelkade ophogen	0	75	50	0	125
Flexibele kering Noordzijde Brittanniëhaven	15	0	0	0	15
Kering Zuidzijde Brittanniëhaven	0	0	0	0	0
Faalkans Maeslantkering verlagen	Geen effectbepaling				
Viaducten A15 afsluiten	Geen effectbepaling				
Hartelkering open	0	100	70	0	170
Rozenburgse sluis weghalen	20	0	0	0	20
Nieuwe stormvloedkering in Hartelkanaal	0	105	75	0	180
Waterrobuust maken van een site/ assets	10	45	20	0	75
Noodkeringen	5	30	15	0	50
Gebiedsnoodplan	<5	10	5	0	15
Noodvoorzieningen	<5	15	10	0	25

7.3.2 Gevoeligheidsanalyse voor een ander klimaatscenario

In deze paragraaf wordt gekeken naar de invloed van klimaatverandering op de ontwikkeling van het overstromingsrisico. Voor de toekomst wordt een stijgende zeespiegel voorspeld. Door de zeespiegelstijging neemt de kans op een hoogwaterstand toe, waardoor ook de kans op overstromen van het Botlekgebied toeneemt. Als er geen mitigerende maatregelen worden getroffen neemt hierdoor het overstromingsrisico toe.

In deze studie is voor de toekomstige zichtjaren gebruik gemaakt van het Deltascenario 'snelle klimaatverandering W+' uit het deltaprogramma. Dit scenario voorspelt een bovengrens een zeespiegelstijging van 0,35 m in 2050 t.o.v. 1990 en 0,85 m in 2100 t.o.v. 1990. Een tweede klimaatscenario uit het deltaprogramma, 'gematigde klimaatverandering G', voorspelt een minder snelle zeespiegelstijging, namelijk 0,15 m in 2050 en 0,35 in 2100 t.o.v. 1990.

Om de gevoeligheid in kaart te brengen van de keuze voor het klimaatscenario op de baten van de maatregelen, is een pragmatische aanpak gehanteerd omdat het aantal beschikbare overstromingsscenario's beperkt is. Het bepalen van de impact van de hogere of lagere hoogwaterstand op de toename c.q. afname van de overstromingsgevolgen is erg onzeker. Dit komt omdat de economische schade van veel factoren afhangt, waaronder overstroomd oppervlak, overstromingsdiepte, instroomduur, schadecategorie etc.

Deze pragmatische aanpak gebruikt de relatie tussen de zeespiegelstijging voor het W+-scenario tussen 2050 en 2100 en de toename van de optredende schade bij een overstroming:

- Zeespiegelstijging W+-scenario tussen 2050 en 2100
Voor het W+-scenario is de zeespiegelstijging tussen 2050 en 2100 ongeveer 0,50 m (van +0,35 m in 2050 naar +0,85 m in 2100). Door deze zeespiegelstijging neemt de kans op een overstroming toe.

Met andere woorden de hoogwaterstanden zullen vaker optreden en bij een overstroming bij dezelfde terugkeertijd is de optredende overstromingsdiepte groter.

- Toename schade door zeespiegelstijging tussen 2050 en 2100
Verondersteld wordt dat de omvang van de directe schade wordt beïnvloed door klimaatverandering en overstromingsdiepte. Indirecte schade wordt naar verwachting niet beïnvloed door klimaatverandering, omdat met name de omvang van het overstromd gebied de indirecte schade bepaalt en niet (of beperkt) de overstromingsdiepte.

Door de zeespiegelstijging van +0,35 m in 2050 naar +0,85 m in 2100 t.o.v. 1990 (W+ scenario) neemt de overstromingsdiepte toe bij een gelijke frequentie (bijv. 1/300 per jaar). Tabel 35 geeft de toename in overstromingsdieptes in het W+ scenario voor verschillende overstromingsfrequenties en de daaraan gekoppelde toename van de directe schade. De relatie tussen zeespiegelstijging volgens het W+-scenario en de toename van de directe schade tussen 2050 en 2100 is gebruikt om een beeld te krijgen van de directe schade in het jaar 2050 bij het G-scenario (+0,15 m zeespiegelstijging in 2050 t.o.v. 1990). De indirecte schade blijft ongeveer gelijk.

Tabel 35: Toename overstromingsdiepte voor verschillende overstromingsfrequenties en toename directe schade voor W+ en G scenario bij gelijke frequentie

Overstromingsfrequentie	Toename overstromingsdiepte (o.b.v. W+ scenario)	Toename directe schade W+	Toename directe schade G
1/300 per jaar	+45 cm	+90%	+30%
1/1.000 en 1/4.000 per jaar	+20 - 30 cm	+60-80%	+20%
1/10.000 en 1/30.000 per jaar	+10 - 15 cm	+20-30%	+10%

De vervolgvraag is in welke mate het totale schaderisico voor het jaar 2050 verandert door het G-scenario te hanteren i.p.v. W+-scenario (dat is nu gehanteerd in de bepaling van de baten). De gematigdere zeespiegelstijging volgens het G-scenario heeft tot gevolg dat het totale schaderisico (som van directe en indirecte schade) met ongeveer 10% afneemt t.o.v. W+-scenario.²⁹ Op basis hiervan kan de conclusie worden getrokken dat de keuze voor het W+-scenario i.p.v. het G-scenario beperkt invloed heeft op de baten van de verschillende maatregelen. De batenberekening is robuust voor de klimaatscenario's.

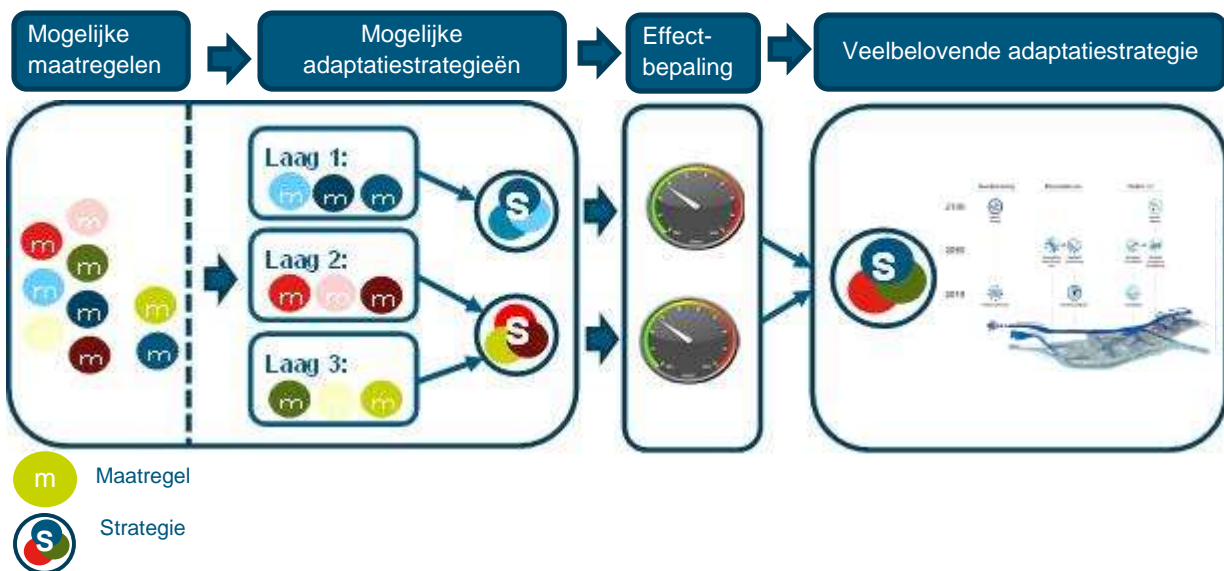
²⁹ De verwachte jaarlijkse directe schade voor het jaar 2050 neemt af met 25% t.o.v. het W+ scenario. De verwachte jaarlijkse van de indirecte schade zal ongeveer gelijk blijven.

8 Beoordeling maatregelen

In samenspraak met de belanghebbenden in het gebied zijn selectiecriteria opgesteld om kansrijke maatregelen te kunnen selecteren. De maatregelen zijn samen met de belanghebbenden beoordeeld in het licht van deze criteria. De onderstaande paragrafen lichten de selectiecriteria en de beoordeling van de maatregelen toe.

8.1 Selectiecriteria

In de pilot zijn de mogelijke maatregelen getrechterd naar maatregelen voor mogelijke adaptatiestrategieën. En vervolgens verder getrechterd naar maatregelen voor de veelbelovende adaptatiestrategie. De onderstaande figuur visualiseert deze trechtering.



Figuur 47: Trechters in het proces de pilot: van mogelijke maatregelen naar een veelbelovende strategie

Voor het trechteren zijn er in samenspraak met de belanghebbenden selectiecriteria opgesteld. Er zijn drie hoofdcriteria waarmee de maatregelen in deze pilot geselecteerd zijn, met daaronder een aantal sub-criteria waarop de maatregelen beschouwd zijn. Het betreft de volgende selectiecriteria:

1. **Tijd/flexibiliteit**: doorlooptijd en mogelijkheid tot veranderen (bijv. mogelijkheid tot het versneld of juist vertraagd implementeren en het treffen van andere maatregelen dan voorzien).
2. **Effectiviteit**: bijdrage aan schadereductie (en in welke overstromingsscenario's) en kosten-batenverhouding (hoe verhouden de kosten zich tot de schadereductie).
3. **Uitvoerbaarheid**: technische uitvoerbaarheid (eenvoud van de techniek), institutionele inpasbaarheid (inpassing in juridisch-politieke verhoudingen, bestuurlijke uitlegbaarheid), financierbaarheid (mogelijkheid tot het vinden van financiering) en gezamenlijkheid (de mate van collectiviteit van de maatregel).

De maatregelen zijn kwalitatief beoordeeld. Alleen de kosten-batenverhouding is gekwantificeerd. De selectie per stap in het selectieproces van de pilot is als volgt verlopen:

- **Mogelijke maatregelen**. Uit de brede inventarisatie zijn de maatregelen geselecteerd met voldoende realiteits- haalbaarheidsgehalte (mogelijke maatregelen). Maatregelen die in dit stadium zijn

afgevallen zijn: gecontroleerd overstromen³⁰, het aanleggen van golfremmende³¹ maatregelen en het integraal ophogen van de Europoortkering³².

- Maatregelen voor mogelijke adaptatiestrategieën. In dialoog met belanghebbenden zijn uit de lijst met mogelijke maatregelen de maatregelen geïnventariseerd voor mogelijke adaptatiestrategieën. De kosten-batenanalyse is doorslaggevend geweest voor de uiteindelijke selectie van maatregelen voor de mogelijke adaptatiestrategieën. De maatregelen met een negatieve kosten-batenverhouding (dat wil zeggen meer kosten dan baten) zijn afgevallen. Dit betrof het afsluiten van viaducten in de A15. De resterende maatregelen zijn beoordeeld op tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid. Aan de hand van deze beoordeling zijn de maatregelen geselecteerd voor mogelijke adaptatiestrategieën.
- Kansrijke maatregelen voor de veelbelovende adaptatiestrategie. De maatregelen met een positieve kosten-batenverhouding zijn beoordeeld op de selectiecriteria die in samenspraak met de belanghebbenden tot stand zijn gekomen. Uit deze analyse is slechts een aantal van de mogelijke maatregelen kansrijk gebleken om op te nemen in de veelbelovende strategie.

8.2 Van mogelijke maatregelen naar een veelbelovende strategie

De tabel op de volgende pagina vat de beoordeling van de maatregelen in het licht van de selectiecriteria samen. Dit betreft de maatregelen die geïnventariseerd zijn voor de mogelijke adaptatiestrategieën met een positieve kosten-batenverhouding. De meest kansrijke maatregelen per laag van MLV zijn opgenomen in de mogelijke adaptatiestrategieën. Onder de tabel volgt een beoordeling per maatregel en de conclusie om een maatregel wel/niet op te nemen in de veelbelovende strategie.

³⁰ Gelet op de hoeveelheden water in het gebied bij een overstroming (en de verwachte neerslag) is het naar verwachting niet mogelijk dat dit door het bestaande drainagesysteem kan worden opgevangen. Het gecontroleerd afvoeren van het inkomende water (met name over de Tuimelkade) richting de Nieuwe Waterweg kan de belasting verlagen. Voor het implementeren van deze maatregel kan gedacht worden aan een aparte watercorridor achter de Tuimelkade om het water op te vangen en af te voeren naar Nieuwe Waterweg via verbindingen met bijv. de Botlek/Chemiehaven en de 3e Petroleumhaven. Om voldoende capaciteit te hebben om het watervolume door te voeren is het benodigde oppervlak van dit systeem circa 60-70 ha. 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.

³¹ Langs verschillende kanalen en havenbekkens speelt lokale golfoverslag een rol. Golfoverslag treedt op wanneer de waterstand net onder de kruin van het haventerrein en/of de waterkering staat. Bij een stormsituatie zal er dan water over de kruin/op het haventerrein terecht komen als gevolg van golven. Gelet op de benodigde ruimte voor de schepen zijn maatregelen om de golfoverslag te reduceren voor kaden van de haventerreinen niet goed mogelijk. De Tuimelkade langs het Hartelkanaal biedt wel een mogelijkheid, bijvoorbeeld door ruwe steenbekleding en/of door vegetatie op het talud. Golfremmende maatregelen reduceren de golfslag echter 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. Om deze redenen lijkt de maatregel niet effectief in dit gebied.

³² De Europoortkering II verbindt de dijkkring van Rozenburg met de Hartelkering. Deze verbindende waterkering is bedoeld om bij een stormvloed de hoeveelheid water vanuit het Hartelkanaal richting de Nieuwe Waterweg te beperken. Een mogelijke maatregel is het integraal ophogen van de Europoortkering tussen Rozenburg en de Hartelkering. Het verwachte effect van het integraal ophogen van de Europoortkering is echter beperkt, omdat de verwachte 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 in Botlek 1 namelijk minder makkelijk weg stromen.

Tabel 36: Beoordeling maatregelen in mogelijke adaptatiestrategieën in het licht van de selectiecriteria

	Laag 1						
	Tuimelkade ophogen	Flexibele kering noordzijde Brittanniehaven	Kering zuidzijde Brittanniehaven	Faalkans Maeslantkering verlagen	Harte lkering open	Rozenburgse sluis weghalen	Nieuwe stormvloedkering in Harte l kanaal
Tijd / flexibiliteit							
Doorlooptijd	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Beperkt	Lang
Mogelijkheid tot veranderen	Aanpasbaar aan andere scenario's; wel sprake van meerkosten	Aanpasbaar aan andere scenario's	Aanpasbaar aan andere scenario's; wel sprake van meerkosten	Beperkt toepassing andere maatregelen	Moelijk aanpasbaar Veranderen zonder (grote) meerkosten mogelijk	Niet aanpasbaar aan andere scenario's	Moelijk aanpasbaar - direct aangelegd voor meest extreme zeespiegelstijging, en
Effectiviteit							
Bijdrage aan schadereductie	100% schade-reductie in Botlek 1&2 in alle scenario's	100% schade-reductie in noordzijde Brittanniehaven in alle scenario's.	100% schade-reductie in zuidzijde van de Brittanniehaven (alleen schade verwacht bij extreme scenario's)	100% effect in Botlek 3 op de langere termijn (en extremere scenario's).	100% schade-reductie in Botlek 1&2 in alle scenario's. Negatief effect achterliggend gebied.	100% schade-reductie in Brittanniehaven in alle scenario's i.c.m. openzetten Hartelkering.	100% schade-reductie in Botlek 1&2 in alle scenario's. Positief effect bovenregionaal.
Kosten-batenverhouding	Zeer gunstige kosten-batenverhouding (+++).	Gunstige kosten-batenverhouding (++)	Positieve kosten-batenverhouding (+) in extreme scenario's.	Kosten nog onduidelijk.	(Zeer) gunstige kosten-baten-verhouding (++)/+++ - afh. van opgave in achterliggend gebied.	Gunstige kosten-batenverhouding (++) i.c.m. Hartelkering open.	Positieve kosten-batenverhouding (+/0).
Borging van keten-afhankelijkheid	Ja	Ja	Ja	Nee	Ja	Alleen i.c.m. Hartelkering open	Ja

	Laag 1						
	Tuimelkade ophogen	Flexibele kering noordzijde Brittanniehaven	Kering zuidzijde Brittanniehaven	Faalkans Maeslantkering verlagen	Hartelkering open	Rozenburgse sluis weghalen	Nieuwe stormvloedkering in Hartelkanaal
Uitvoerbaarheid							
Financierbaarheid	Investering beperkt Onduidelijk wie betaalt	Investering beperkt Onduidelijk wie betaalt - waarschijnlijk beperkt tot 1 partij	Investering beperkt Onduidelijk wie betaalt	Financiering vanuit lopende plannen	Investering afh. van opgave in achterliggend gebied. Onduidelijk wie opgave betaalt. Meekoppelkans met HWBP	Investering beperkt Onduidelijk wie betaalt	Hoge investering Vinden van financiële middelen en sponsors lastig. Meekoppelkans met HWBP
Technische uitvoerbaarheid	Bewezen techniek Onderzoek nodig naar	Bewezen techniek	Bewezen techniek Onderzoek nodig	Onderzoek vindt nu plaats	Nog geen bewezen techniek	Bewezen techniek	Bewezen techniek
Institutionele inpasbaarheid	Relatief eenvoudig (beheerorganisatie al aanwezig)	Relatief eenvoudig - wel afspraken nodig over beheer en onderhoud	Relatief eenvoudig (uitbreiding Tuimelkade)	Relatief eenvoudig (beheerorganisatie al aanwezig)	Moeilijk vanwege afwenteling achterliggend gebied en uitleg nut kering	Uitleg nodig over nut van de sluis	Alleen indien er een significant effect is bovenregionaal
Gezamenlijkheid	Kan gezamenlijk, maar is uitdagend.	Maatregel voor één partij	Kan gezamenlijk, maar is uitdagend.	Te nemen door één partij	Afwenteling van opgave op achterliggend gebied.	Nee	Lastig

	Laag 2		Laag 3		
	Waterrobuust maken van een site	Waterrobuust maken van individuele assets	Noodkeringen	Gebieds noodplan	Noodvoorzieningen
Tijd / flexibiliteit					
Doorlooptijd	Beperkt	Per asset beperkt Voor alle assets samen lang	Kort	Kort	Kort-beperkt
Mogelijkheid tot veranderen	Aanpasbaar aan andere scenario's	Lastig aanpasbaar	Aanpasbaar aan andere scenario's	Aanpasbaar aan andere scenario's	Aanpasbaar aan andere scenario's
Effectiviteit					
Bijdrage aan schadereductie	90% directe schadereductie (100% minus 10% schade openbare ruimte) + 25% indirecte schade-reductie. Mogelijk negatief effect op bereikbaarheid	90% directe schadereductie (100% minus 10% schade aan openbare ruimte) + 25% indirecte schadereductie.	50% directe schadereductie (100% x 50% faalkans). 25% indirecte schadereductie.	10% directe schadereductie 10% indirecte schadereductie.	10% directe schadereductie (5-20% directe schadereductie aan producten, in 50% van de gevallen). 25% indirecte schadereductie.
Kosten-batenverhouding	Gunstige kosten-batenverhouding (++) in geval van gecombineerde keringen.	Grote bandbreedte: verschil per bedrijf/asset	Zeer gunstige kosten-batenverhouding in niet al te extreme scenario's (+++).	Gunstige kosten-batenverhouding (++)	Grote bandbreedte: verschil per noodvoorziening
Borging van keten-afhankelijkheid	Nee	Nee	Nee	Gebieds noodplan draagt er aan bij	Nee

	Laag 2		Laag 3		
	Waterrobuust maken van een site	Waterrobuust maken van individuele assets	Noodkeringen	Gebiedsnoodplan	Noodvoorzieningen
Uitvoerbaarheid					
Financierbaarheid	Bedrijfsmatige afweging. Hoe meer sites gecombineerd, hoe lager de investering per bedrijf en hoe meer afstemming.	Bedrijfsmatige afweging. Fasering mogelijk. Meekoppelkans bij vervanging van assets	Beperkte investering. Eenvoudig om sponsoren te vinden.	Gemakkelijk. Meekoppelkans voor Brzo-bedrijven ivm de Seveso-richtlijn	Bedrijfsmatige afweging
Technische uitvoerbaarheid	Bewezen techniek	Nog geen bewezen techniek	Bewezen en in ontwikkeling	Ervaring met noodplannen aanwezig	Waarschijnlijk keuze voor bewezen techniek
Institutionele inpasbaarheid	Relatief eenvoudig. Hoe meer sites gecombineerd, hoe meer overleg over taken & verantwoordelijkheden	Relatief eenvoudig	Inpasbaar d.m.v. outsourcen	Eenvoudig inpasbaar	Eenvoudig inpasbaar
Gezamenlijkheid	Hoe meer sites gecombineerd, hoe meer gezamenlijkheid	Geen gezamenlijke maatregel	Gezamenlijke maatregel	Alleen regionaal noodplan is een gezamenlijke maatregel	Geen gezamenlijke maatregel

Tuimelkade ophogen - geselecteerd

Het ophogen (inclusief verbreden en versterken) van de Tuimelkade is naar verwachting één van de meest kansrijke maatregelen voor het beheersen van overstromingsrisico's in Botlek 1 en 2. Dit komt omdat de belangrijkste overstromingsdreiging voor Botlek 1 en 2 op dit moment uit het Hartelkanaal komt. Met het ophogen van een reeds bestaande kade van een relatief korte lengte (ca. 8 kilometer) is een vrij groot gebied goed en relatief eenvoudig beschermd. Vanwege deze kansrijkheid is de maatregel geselecteerd voor de veelbelovende adaptatiestrategie. Meer onderzoek is nodig naar de dimensionering van de maatregel (ook in relatie tot ruimtegebruik) en effecten op de waterveiligheidsopgave in omliggende gebieden.

1. Tijd/ flexibiliteit

De tijd voor het implementeren van deze maatregel is beperkt. Bovendien lijkt de maatregel flexibel. De doorlooptijd van de uitvoering van deze maatregel zonder onderzoek is naar verwachting kort (2-5 jaar). Het benodigde onderzoek verlengt de doorlooptijd. Inclusief onderzoek wordt de doorlooptijd geschat op 3-7 jaar.

Het ophogen van de Tuimelkade kan aangepast worden aan nieuwe zeespiegelstijgingsscenario's. Ook sluit het ophogen van de Tuimelkade andere maatregelen niet uit. Er zijn wel beperkende factoren ten aanzien van de flexibiliteit. De kosten voor een nieuwe ophoging later in de tijd zijn namelijk hoger dan de kosten van het direct op diezelfde hoogte brengen. Als het gaat om het implementeren van aanvullende/ nieuwe maatregelen naast het ophogen van de Tuimelkade, dan zijn de aanvullende baten van een additionele maatregel beperkt(er). Dit beïnvloedt de kosten-batenverhouding van mogelijk aanvullende maatregelen negatief. Een mogelijk effect hiervan is dat het ophogen van de Tuimelkade in de toekomst altijd de meest kosteneffectieve maatregel blijft – een lock in situatie kan ontstaan.

2. Effectiviteit

Het ophogen van de Tuimelkade is een effectieve maatregel om de overstromingskansen in Botlek 1 en 2 te reduceren. De gekozen hoogte bepaalt het beschermingsniveau. Aangezien een heel gebied beschermt wordt is ook de ketenafhankelijkheid in dit gebied geborgd. De Tuimelkade kan desgewenst uitgebreid worden richting de Britanniëhaven. Hierdoor is de zuidzijde van die haven ook beschermd (zie maatregel kering zuidzijde Britanniëhaven). De geschatte kosten-batenverhouding is erg gunstig, zo niet de meest gunstige van alle geïnventariseerde maatregelen, omdat de maatregel kan voortbouwen op een bestaande kade. Naar verwachting is de maatregel ook effectief indien de activiteit in het gebied verandert, bijvoorbeeld als de chemische industrie en raffinaderij in dit gebied een verandering ondergaat naar een biobased cluster.

3. Uitvoerbaarheid

De uitvoering van de maatregel lijkt relatief eenvoudig. De geschatte benodigde investering is beperkt. En de maatregel betreft technisch bewezen techniek. Er is nog wel onderzoek nodig naar het ruimtegebruik en optimale dimensionering van de maatregel. De maatregel lijkt ook goed uitlegbaar. Het gaat bij deze maatregel vooral om het organiseren van commitment en financiering bij belanghebbende partijen.

Flexibele kering noordzijde Britanniëhaven - geselecteerd

Een flexibele kering aan de noordzijde van de Britanniëhaven is kansrijk voor het beheersen van overstromingsrisico's in de Britanniëhaven op het moment dat de noodvoorzieningen niet meer gecontinueerd kunnen worden. Dit kan gebeuren omdat noodvoorzieningen praktisch niet meer uitvoerbaar zijn of niet meer kosteneffectief zijn (in vergelijking met een flexibele kering). Om die reden is de flexibele kering aan de noordzijde van de Britanniëhaven opgenomen in de veelbelovende adaptatiestrategie. Onderzoek zal moeten uitwijzen wanneer deze maatregel zinvol wordt.

1. *Tijd/ flexibiliteit*

De tijd voor het implementeren van deze maatregel is beperkt. Bovendien lijkt de maatregel flexibel. De doorlooptijd van de uitvoering van deze maatregel inclusief onderzoek is naar verwachting middellang (3-7 jaar). De flexibele kering kan aangepast worden aan nieuwe zeespiegelstijgingsscenario's (hoger of lager aangelegd, sneller of langzamer geïmplementeerd) en het sluit andere maatregelen niet uit. Net zoals bij het ophogen van de Tuimelkade geldt dat er wel beperkende factoren zijn ten aanzien van de flexibiliteit. De aanvullende baten van nieuwe/ additionele maatregel zijn namelijk beperkt(er) zodra de flexibele kering aangelegd is. Dit beïnvloedt de kosten-batenverhouding van mogelijk aanvullende maatregelen negatief.

2. *Effectiviteit*

Een flexibele kering bij de Brittanniëhaven is een effectieve maatregel om de overstromingskansen in de Brittanniëhaven te reduceren. Naar verwachting speelt ketenafhankelijkheid in de Brittanniëhaven geen (grote) rol. Aangenomen wordt dan ook dat de schadereductie in de Brittanniëhaven 100% is indien de kering hoog genoeg is aangelegd. Op basis van deze aanname is de geschatte kosten-batenverhouding gunstig.

3. *Uitvoerbaarheid*

De flexibele kering lijkt relatief eenvoudig uit te voeren. Het is een maatregel waar één partij baat bij heeft. Deze partij kan een bedrijfseigen afweging maken of en wanneer ze deze maatregel willen implementeren. De geschatte benodigde investering is beperkt. Bovendien gaat de maatregel uit van bewezen techniek.

Kering zuidzijde Brittanniëhaven – geselecteerd

Een kering aan de zuidzijde van de Brittanniëhaven kan gezien worden als een uitbreiding van de Tuimelkade. Alleen voor extreme events (bijv. 1/10.000 per jaar overstroming in 2050) is deze maatregel effectief. Dit komt door de relatief hoge ligging van dit gebied. Verder lijkt deze maatregel sterk op het ophogen van de Tuimelkade. Voor de Brittanniëhave is deze maatregel dan ook mogelijk kansrijk voor dit soort gebeurtenissen. Om deze reden is een kering aan de zuidzijde van de Brittanniëhaven geselecteerd voor de veelbelovende adaptatiestrategie.

1. *Tijd/ flexibiliteit*

De doorlooptijd van de uitvoering van deze maatregel is gelijk aan het ophogen van de Tuimelkade. Ook is de maatregel even flexibel als het ophogen van de Tuimelkade en gelden dezelfde beperkingen.

2. *Effectiviteit*

Anders dan het ophogen van de Tuimelkade, is deze maatregel alleen effectief bij extreme overstromingsscenario's (overstromingen met een frequentie van 1/10.000 per jaar in 2050). Dit betekent dat de geschatte kosten-batenverhouding gunstig is bij een overstroming met een frequentie van 1/10.000 per in 2050, en steeds minder gunstig wordt naarmate de frequentie toeneemt. Immers vanwege de hoge ligging neemt de kans op overstromen snel af bij hogere overstromingsfrequenties.

3. *Uitvoerbaarheid*

De uitvoerbaarheid van de kering aan de zuidzijde is gelijk aan de uitvoerbaarheid van het ophogen van de Tuimelkade: De geschatte benodigde investering is beperkt, het betreft technisch bewezen techniek en de maatregel lijkt goed uitlegbaar.

Faalkans Maeslantkering verlagen - geselecteerd

Het verlagen van de faalkans van de Maeslantkering is de enige preventieve maatregel die het overstromingsrisicoprofiel van de Vondelingplaat positief beïnvloedt. De kosten en baten zijn nog niet bekend, deze hangen af van de maatregelen die mogelijk en gewenst zijn om de faalkans te verlagen. Hier loopt op dit moment een onderzoek naar. De maatregel is opgenomen in de veelbelovende adaptatiestrategie, omdat indien inderdaad besloten wordt om de faalkans te verlagen er waarschijnlijk geen andere maatregelen nodig zijn (of overbodig worden) om overstromingsrisico's in de Vondelingenplaat te beheersen.

1. Tijd/ flexibiliteit

De doorlooptijd van deze maatregel wordt in eerste instantie bepaald door het onderzoek. Het resultaat van het onderzoek (een besluit over het verlagen van de faalkans) wordt in 2028 verwacht. Het onderzoek en de mogelijkheid dat door het verlagen van de faalkans van de Maeslantkering de overstromingsrisico's acceptabel blijven, zorgt er naar verwachting voor dat er tot die tijd geen/weinig initiatieven voor andere maatregelen genomen zullen worden door bedrijven in de Vondelingenplaat. Deze maatregelen zijn namelijk niet meer kosteneffectief zodra de faalkans van de Maeslantkering (voldoende) verlaagd wordt.

2. Effectiviteit

Het verlagen van de faalkans van de Maeslantkering draagt bij aan schadereductie in de Vondelingenplaat. De mate van schadereductie hangt af van de gekozen maatregelen en daarbij behorende verlaging van de faalkans. Aangezien de maatregelen nog onbekend zijn, is er ook (nog) geen duidelijkheid over de kosten-batenverhouding van deze maatregel. Ook geldt dat een deel van de schade in de Vondelingenplaat veroorzaakt wordt door overstromingen in Botlek 1 en 2 door keteneffecten. Het verlagen van de Maeslantkering beheerst dit risico niet.

3. Uitvoerbaarheid

Het verlagen van de faalkans van de Maeslantkering is een maatregel waar alle bedrijven in de Vondelingenplaat met een overstromingskans van profiteren. Het Rijk is verantwoordelijk voor deze kering en besluit over het wel/niet verlagen van de faalkans. Bij een positief besluit, is het waarschijnlijk dat deze maatregel uit lopende plannen gefinancierd wordt.

Hartelkering open - geselecteerd

Een open Hartelkering lijkt een net zo effectieve maatregel om overstromingsrisico's in Botlek 1 en 2 te beheersen als de Tuimelkade. Deze maatregel is alleen lastiger uitvoerbaar, omdat het om bestuurlijk support vraagt in verband met het loslaten van een gesloten kustlijn. Bovendien leidt deze maatregel mogelijk tot een grotere waterveiligheidsopgave in het achterliggende gebied. Toch is deze maatregel opgenomen in de veelbelovende strategie. Mocht de additionele waterveiligheidsopgave meevallen / passen binnen de huidige waterveiligheidsopgave, dan is deze maatregel namelijk een interessant alternatief voor de Tuimelkade. Onderzoek zal meer inzicht moeten geven in deze opgave en daarmee de kansrijkheid van deze maatregel in vergelijking met de Tuimelkade.

1. Tijd/ flexibiliteit

De doorlooptijd van deze maatregel zit vooral in het onderzoek naar de extra opgave in het achterliggende gebied. De implementatie van de maatregel zelf is kort. Het betreft vooral maatregelen voor bodembescherming nabij de Hartelkering vanwege toename van stroomsnelheden. De geschatte totale doorlooptijd komt daarmee op 3-7 jaar.

De maatregel is flexibel zolang de waterveiligheidsopgave in het achterliggende gebied beperkt is. De keuze voor het openzetten van de kering kan namelijk zonder (veel) extra kosten ongedaan gemaakt worden. De maatregel kan niet aangepast worden aan nieuwe zeespiegelstijgingsscenario's. De

maatregel beschermt direct tegen overstromingen met een kans van 1/10.000 per jaar in 2050. Net zoals bij andere preventieve maatregelen geldt dat er beperkende factoren zijn voor het nemen van andere/ additionele maatregelen. De aanvullende baten van andere/ additionele maatregelen zijn namelijk beperkt(er) zodra de keuze voor een open Hartelkering gemaakt is. Dit beïnvloedt de kosten-batenverhouding van andere/ additionele maatregelen negatief.

2. Effectiviteit

Een open Hartelkering reduceert de overstromingskansen in heel Botlek 1 en 2 en borgt daarmee de ketenafhankelijkheid in dit gebied. De geschatte waterstandsaling is dusdanig dat de maatregel het gebied ook voor extreme overstromingsscenario's beschermt, zoals een overstroming van 1/10.000 per jaar in 2050. Mogelijk heeft de maatregel een negatief effect op de waterveiligheid in het achterliggende gebied. De kosten-batenverhouding is afhankelijk van de kosten voor die extra opgave. Indien hier geen of beperkte kosten aan verbonden zijn, heeft deze maatregel naar verwachting een zeer gunstige kosten-batenverhouding.

3. Uitvoerbaarheid

Deze maatregel is niet eenvoudig uit te voeren. Het afwentelen van het buitendijkse overstromingsrisico naar een binnendijkse waterveiligheidsopgave is bestuurlijk moeilijk uit te leggen. Veel hangt dus af van de negatieve effecten op het achterliggende gebied. Mochten deze effecten nihil/beperkt zijn, dan lijkt de afwenteling beperkt en kan deze opgave mogelijk meelopen in het Hoogwaterbeschermingsprogramma. Verder is de uitlegbaarheid/bestuurlijke support van publieke overheden (omliggende gemeenten, waterschap, RWS) van het openzetten van de Hartelkering bij stormvloedomstandigheden een wezenlijk aspect. Deze maatregel laat de filosofie los van een "gesloten kustlijn" bij een storm. Bovendien zal er een uitleg gevraagd worden over het nut en waarom van de aanleg van de Hartelkering.

Rozenburgse Sluis weghalen – geselecteerd i.c.m. open Hartelkering

De Rozenburgse Sluis heeft effect op de stormvloedwaterstanden in het Calandkanaal en seiches op de plek van de sluis. Deze maatregel lijkt alleen effectief als de Rozenburgse Sluis ook echt weg gehaald wordt. Openzetten van de Rozenburgse Sluis lijkt niet genoeg om het seiche-effect voldoende te reduceren. Bovendien lijkt zelfs het weghalen van de Sluis niet effectief genoeg in verhouding tot de kosten. Alleen in combinatie met een open Hartelkering is het geschatte effect zodanig dat het weghalen van de Rozenburgse Sluis een kosteneffectieve maatregel is voor het beheersen van overstromingsrisico's in de Brittanniëhaven. Om die reden is deze maatregel alleen i.c.m. een open Hartelkering opgenomen in de veelbelovende strategie. Onderzoek zal nog moeten uitwijzen wat het werkelijke effect is op het overstromingsrisicoprofiel van deze maatregel.

1. Tijd/ flexibiliteit

De doorlooptijd van deze maatregel is middellang. De implementatie van de maatregel hangt af van de uitkomst naar het onderzoek naar de Hartelkering. Alleen indien besloten wordt om de Hartelkering open te zetten, is deze maatregel mogelijk kansrijk. Het onderzoek naar het werkelijke effect op het overstromingsrisicoprofiel in het gebied kan parallel aan het onderzoek naar de Hartelkering lopen. Daarmee komt de doorlooptijd van de uitvoering van deze maatregel inclusief onderzoek op eenzelfde doorlooptijd als de Hartelkering (3-7 jaar).

De maatregel lijkt niet flexibel. Als de sluis weg is, is er waarschijnlijk een aanzienlijke investering nodig om de situatie terug te veranderen in de oorspronkelijke situatie. De maatregel kan ook niet aangepast worden aan nieuwe zeespiegelstijgingsscenario's. Zonder aanvullende maatregelen zijn er slechts twee opties – weg of niet weg. Net zoals bij andere preventieve maatregelen geldt bovendien dat er beperkende factoren zijn voor het nemen van aanvullende maatregelen. De aanvullende baten van

nieuwe/ additionele maatregelen worden namelijk minder door het nemen van deze maatregel. Dit beïnvloedt de kosten-batenverhouding van aanvullende maatregelen negatief.

2. *Effectiviteit*

Deze maatregel is naar verwachting alleen effectief om overstromingsrisico's in de Brittanniëhaven te reduceren als de sluis weggehaald wordt in combinatie met het openzetten van de Hartelkering. Alleen open zetten van de Sluis lijkt niet effectief. Het geschatte beschermingsniveau van het weghalen van de sluis loopt tot een overstroming van 1/10.000 per jaar in 2050. De kosten-batenverhouding is gunstig in combinatie met een open Hartelkering.

3. *Uitvoerbaarheid*

Deze maatregel is niet eenvoudig uit te voeren. Of deze maatregel wel/niet interessant is om uit te voeren, hangt af van een besluit over de Hartelkering. En ook bij deze maatregel is een uitleg nodig over het nut van de sluis: Indien het weghalen van de sluis vooral positieve effecten heeft, waarom is de sluis dan aangelegd? Het weghalen van de sluis is minder lastig uitvoerbaar. Het is bewezen techniek en de investering lijkt beperkt.

Nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal - afgevallen

Het aanleggen van een stormvloedkering in het Hartelkanaal (in het Calandkanaal lijkt er op het eerste gezicht geen goede locatie te zijn) heeft een positief effect op de overstromingsrisico's in Botlek 1 en 2. Echter, de kosten voor deze kering zijn vele malen hoger dan de kosten voor de Tuimelkade en het openzetten van de Hartelkering. Daarmee is deze maatregel geen kosteneffectieve maatregel voor dit gebied en is deze niet opgenomen in de veelbelovende adaptatiestrategie voor het Botlekgebied. Mogelijk heeft deze maatregel aanvullende baten in de regio, bijvoorbeeld omdat beheer en onderhoud alsook dijkversterkingsopgaven van huidige dijken overbodig worden. Deze baten zijn niet meegenomen in de pilot.

1. *Tijd/ flexibiliteit*

De tijd voor het implementeren van deze maatregel is lang. Bovendien lijkt de maatregel niet flexibel. Deze maatregel heeft de langste doorlooptijd van alle preventieve maatregelen. De geschatte doorlooptijd is meer dan 10 jaar. Een nieuwe stormvloedkering is niet eenvoudig aan te passen aan nieuwe zeespiegelstijgingsscenario's zonder grote meerkosten. Andere maatregelen zullen niet snel geïmplementeerd worden indien besloten wordt voor een nieuwe stormvloedkering. De verwachte schadereductie van andere maatregelen is al snel te beperkt in het licht van de te maken kosten om de maatregel nog kosteneffectief te laten zijn.

2. *Effectiviteit*

Een nieuwe stormvloedkering in het Hartelkanaal reduceert de overstromingskansen in Botlek 1 en 2 en borgt de ketenafhankelijkheid in dit gebied. Het geschatte beschermingsniveau loopt tot een overstroming van 1/10.000 per jaar in 2050. Mogelijk heeft de maatregel nog meer positieve effecten in de regio. Deze zijn nog niet meegenomen in de kosten-batenanalyse. Zonder deze aanvullende baten is de kosten-batenverhouding positief, maar veel minder gunstig dan andere preventieve maatregelen.

3. *Uitvoerbaarheid*

Deze maatregel is niet eenvoudig uit te voeren vanwege de grote investering. Deze maatregel lijkt dan ook alleen uitvoerbaar als waterveiligheidsopgaven in andere gebieden ook meegenomen worden in deze maatregel. Alleen in dat geval zijn er mogelijk sponsors voor deze maatregel te vinden, bijvoorbeeld door mee te koppelen in het hoogwaterbeschermingsprogramma. Technisch is het minder lastig: een nieuwe stormvloedkering betreft bewezen techniek.

Sites waterrobuust maken – alleen geselecteerd voor een afweging bij nieuwe activiteiten

Het waterrobuust maken van bestaande sites lijkt alleen interessant indien keringen aangelegd worden voor een combinatie van sites. De kosten voor het aanleggen van keringen voor elke site afzonderlijk zijn namelijk vele malen hoger dan een kering voor een gecombineerde site. Bovendien is de ketenafhankelijkheid niet geborgd. 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 veelbelovende strategie opgenomen voor bestaande activiteiten. Ook in de Vondelingenplaat komt deze maatregel voorsnog niet terug, omdat het een besluit over het verlagen van de Maeslantkering deze investering mogelijk overbodig maakt. Wanneer nieuwe ontwikkelingen gepland worden, geldt dat een afweging gemaakt zou kunnen worden om terreinen waterrobuust aan te leggen. Voor Vondelingenplaat en mogelijk in de Britanniëhaven lijkt dit meer opportuun dan in andere gebieden, omdat in Botlek 1 en 2 preventieve maatregelen de basis vormen van de veelbelovende strategie.

1. Tijd/ flexibiliteit

De doorlooptijd van de uitvoering van deze is naar verwachting gelijk aan de eerder genoemde keringen (3-7 jaar). De maatregel is in die zin flexibel dat de keringen gefaseerd aangelegd kunnen worden (en dus ook makkelijk vertraagd of versneld). Bovendien kan de hoogte aangepast worden aan nieuwe zeespiegelstijgingsscenario's. De maatregel, en dan vooral keringen om elke individuele site, beperkt een eventuele gewenste wijziging in de activiteiten in het gebied wel, bijvoorbeeld voor het verder integreren van activiteiten in het kader van uitwisselen van reststromen in een biobased toekomst.

2. Effectiviteit

Deze maatregel is alleen effectief voor het reduceren van overstromingsrisico's in het hele gebied indien alle bedrijven die van elkaar afhankelijk zijn in de keten hun overstromingsrisico's beheerst hebben. Alleen dan is de ketenafhankelijkheid geborgd. Dit is eenvoudiger te realiseren met gecombineerde keringen. Ook de geschatte kosten-batenverhouding wordt dan positief.

3. Uitvoerbaarheid

De geschatte totale benodigde investering voor individuele keringen is hoog. Hoe meer sites gecombineerd worden, hoe lager de investering per bedrijf. Een gecombineerde kering lijkt in dit gebied ook de meest kosteneffectieve maatregel van alle maatregelen die de faciliteiten in het gebied waterrobuust maken. Echter, een gecombineerde kering vereist ook meer afstemming tussen de bedrijven onderling.

Assets waterrobuust maken – alleen geselecteerd voor een afweging bij nieuwe activiteiten

Het waterrobuust maken van alle bestaande assets in het Botlekgebied lijkt niet kosteneffectief. Per asset en de gekozen wijze van waterrobuust maken kan dit echter verschillen. De kosten-batenverhouding kent dan ook een grote bandbreedte. Omdat dit gebied zich kenmerkt door de aanwezigheid van keringen waar kosteneffectief en relatief eenvoudig op voort gebouwd kan worden, is deze maatregel niet meegenomen voor bestaande assets in de veelbelovende strategie. Voor nieuwe activiteiten en/of vervanging van assets, met name in de Vondelingenplaat, kan wel afgewogen worden om deze waterrobuust te maken. Zeker als meegekoppeld kan worden met het beheersen van risico's vanwege extreme neerslag of bij het uitblijven van het verlagen van de faalkans van de Maeslantkering. Ook voor vitale en kwetsbare functies in Botlek 1 en 2 is een afweging voor meer waterrobuustheid wellicht nog wel relevant.

1. Tijd/ flexibiliteit

De doorlooptijd van deze maatregel per asset is kort. Echter, het waterrobuust van alle assets in het gebied vraagt om een lange doorlooptijd. De maatregelen kunnen in de tijd gefaseerd uitgevoerd worden. Dit creëert flexibiliteit qua uitvoeringsvolgorde en geeft ook de mogelijkheid om deels mee te liften met

vervangingsinvesteringen van bedrijven. Een gebied waarin alle assets waterrobuust zijn beperkt mogelijk wel de inrichting van het gebied in de toekomst. De kapitaalvernietiging is mogelijk groter indien assets plaats moeten maken voor andere assets in verband met en eventuele (gewenste of noodzakelijke) shift in activiteiten.

2. Effectiviteit

Ook deze maatregel is alleen effectief indien alle bedrijven die van elkaar afhankelijk zijn in de keten hun overstromingsrisico's beheerst hebben. In tegenstelling tot een preventieve maatregel, beschermt deze maatregel niet een heel gebied. De bandbreedte in de geschatte kosten-batenverhouding is erg groot. Het is dan ook niet mogelijk om hier een eenduidige uitspraak over te doen. De kosten-batenverhouding wordt waarschijnlijk gunstig beïnvloed indien alleen kritische assets waterrobuust gemaakt worden en indien meegekoppeld wordt met nieuwe investeringen en/of investeringen in het beheersen van risico's van extreme neerslag.

3. Uitvoerbaarheid

Deze maatregel is typisch een bedrijfseigen afweging en lijkt per bedrijf eenvoudig in te voeren. Bovendien past het bij het beleid waarin bedrijven van buitendijkse gebieden zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van gevolgbeperkende maatregelen. Aan de andere kant, de technische uitvoerbaarheid is mogelijk complex, omdat elke asset bekeken moet worden en er per site maatwerk vereist is. Bovendien is de geschatte totale benodigde investering voor het waterrobuust maken van alle assets hoog. Hoe meer gekeken wordt naar meekoppelkansen en prioritering van assets die kritisch zijn voor het proces, hoe lager de investering.

Noodkeringen - afgevallen

Noodkeringen zijn kosteneffectieve maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen. Echter, vooral voor overstromingsrisico's in scenario's met hogere frequenties. Het is niet zeker dat deze keringen het risico van een overstroming met een frequentie van 1/10.000 per jaar in 2050 beheersen. Bovendien vraagt deze maatregel veel van de uitvoering. De overstromingsrisico's zijn alleen beheerst als de maatregel tijdig en juist wordt uitgevoerd, terwijl er waarschijnlijk maar beperkte tijd en capaciteit beschikbaar is vlak voor een overstroming. Om deze redenen is deze maatregel niet opgenomen in de veelbelovende adaptatiestrategie.

1. Tijd/ flexibiliteit

De invoering van deze maatregel kent een korte doorlooptijd. Het is beperkt tot de aanschaf van een noodkering. Er moet wel regelmatig geoefend worden. Eventueel kan dit uitbesteed worden. De korte doorlooptijd en beperkte investering maken de maatregel erg flexibel. Zonder grote meerkosten kan gekozen worden voor een andere maatregel zonder dat er iets achter blijft in de omgeving.

2. Effectiviteit

De geschatte kosten-batenverhouding is zeer gunstig, maar net zoals de vorige twee maatregelen is deze maatregel alleen effectief indien alle bedrijven die van elkaar afhankelijk zijn in de keten hun overstromingsrisico's beheerst hebben. Bovendien is het de vraag of deze maatregel uitvoerbaar is in extremere scenario's vanwege de waterdiepte en golfslag bij die events. Denk bijvoorbeeld aan een overstroming van 1/10.000 per jaar in Botlek 1 en 2. De techniek is echter volop in ontwikkeling. Mogelijk zijn er in de toekomst noodkeringen die overstromingsrisico's in alle scenario's kunnen beheersen.

3. Uitvoerbaarheid

De geschatte totale benodigde investering is laag. Bovendien is het een bedrijfseigen afweging. Maar het kan ook door meerdere partijen opgepakt worden. Dit is interessant in gebieden waarin de ketenafhankelijkheid een grote rol speelt (bijv. Botlek 1 en 2). De technische uitvoering vraagt wel veel

van een bedrijf. Er moet voldoende tijd en capaciteit zijn om de kering zodanig te plaatsen dat deze niet faalt. Bovendien moet in de tussentijd geoefend worden met de kering en moet de kering ergens opgeslagen worden. De uitvoering wordt eenvoudiger indien deze zaken uitbesteed kunnen worden. De uitvoeringstijd blijft echter ook bij uitbesteding beperkt.

Gebiedsnoodplan - geselecteerd

Een gebiedsnoodplan maakt afspraken over afstemming en acties en regelt de informatievoorziening tussen overheid, Veiligheidsregio, nutsbeheerders en de bedrijven in de Botlek over de rampenbeheersing bij een dreigende overstroming. Deze maatregel brengt de ketenafhankelijkheid beter op orde tegen relatief lage kosten. Het is daarmee een no regret maatregel die in combinatie met alle eerder genoemde maatregelen genomen kan worden. In die hoedanigheid is deze maatregel ook toegevoegd aan de veelbelovende strategie.

1. Tijd/ flexibiliteit

De invoering van deze maatregel kent een korte doorlooptijd. De invoering lijkt beperkt tot een dialoog tussen belanghebbende partijen en het op elkaar afstemmen van (veelal reeds aanwezige) individuele noodplannen. Hiernaast moeten de partijen regelmatig oefenen en de noodplannen continu updaten aan veranderende omstandigheden. De mogelijkheid voor het continu updaten en aanpassen maakt deze maatregel erg flexibel. Bovendien sluit deze maatregel de eerder genoemde maatregelen niet uit.

2. Effectiviteit

Deze maatregel beheerst de overstromingsrisico's niet voor 100%. Het gebiedsnoodplan reduceert de directe en indirecte schade met naar schatting 10%. De kosten-batenverhouding is echter gunstig.

3. Uitvoerbaarheid

De geschatte benodigde investering is laag. De technische uitvoering lijkt ook niet complex, gezien het bestaan van individuele noodplannen bij een groot deel van de bedrijven in het gebied. De maatregel vereist alleen onderlinge afstemming. Dit zou relatief eenvoudig te regelen moeten zijn gezien de onderlinge samenhang die in dit gebied geldt.

Noodvoorzieningen - geselecteerd

Noodvoorzieningen zijn maatregelen die vlak voor of tijdens een overstroming genomen worden om het risico te beperken. De mogelijkheden verschillen per bedrijf. Het is echter niet zeker dat de mogelijke noodvoorzieningen voor bedrijven in de Botlek voldoende zijn om het overstromingsrisico te beheersen. Noodvoorzieningen vragen soms om ruimte die er niet is (bij het evacueren van producten) of een voorziening die niet beschikbaar is (bijvoorbeeld voldoende stikstof om het proces mee te continueren). Net zoals bij noodkeringen moet deze maatregel ook tijdig genomen worden. En is er voldoende capaciteit nodig. Het is niet zeker dat er voldoende tijd en capaciteit beschikbaar is. Om deze redenen is deze maatregel beperkt tot de Britanniëhaven in de veelbelovende adaptatiestrategie. In dit gebied zijn geen complexe processen aanwezig. Bovendien zijn er geen processen die afhankelijk zijn van processen in de rest van het Botlekgebied. Een noodvoorziening zoals het verticaal verplaatsen van producten lijkt hier een kansrijke optie.

1. Tijd/ flexibiliteit

De doorlooptijd van deze maatregel per bedrijf loopt van relatief kort (bijv. aanschaf stikstofflessen) tot middellang (bijv. realiseren van noodstroomvoorziening), afhankelijk van de keuze voor een bepaalde noodvoorziening. De meeste noodvoorzieningen kunnen gemakkelijk aangepast worden aan nieuwe omstandigheden, zonder dat daar grote meerkosten bij komen

2. *Effectiviteit*

Er zijn verschillende noodvoorzieningen mogelijk. De bandbreedte in de kosten is dan ook erg groot. Hierdoor kan geen uitspraak gedaan worden over de kosten-baten-verhouding. Net zoals bij de vorige twee maatregelen worden de overstromingsrisico's bij deze maatregel niet voor 100% beheerst. Aangenomen is dat de directe schade met 10% reduceert en de indirecte schade met 25%. Ook hangt de maatregel nauw samen met de vorige maatregel. De te nemen actie voor het plaatsen van de noodvoorziening moet beschreven staan in het noodplan. De ketenafhankelijkheid is met deze maatregel niet geborgd.

3. *Uitvoerbaarheid*

De keuze voor een bepaalde noodvoorziening bepaalt de benodigde investering. Of de investering wel/niet gepleegd wordt is een bedrijfseigen afweging. Dit past bij het beleid dat bedrijven in buitendijkse gebieden zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van gevolgbeperkende maatregelen. De bedrijfseigen afweging maakt het aannemelijk dat er gekozen zal worden voor noodvoorzieningen die zich reeds bewezen hebben (geen nieuwe technologie) en relatief eenvoudig uit te voeren zijn.

9 Socio-economische scenario's

In de Deltascenario's uit het Deltaprogramma voor het havengebied Rijnmond-Drechtsteden is per deelgebied een analyse naar de toekomstige economische ontwikkeling gedaan. Deze paragraaf presenteert de economische scenario's uit de Deltascenario's die gebruikt zijn in de gevoeligheidsanalyse van de effectbepaling van de maatregelen.

Periode nu-2050

Uitgangspunt voor de economische scenario's in de periode van nu tot aan 2050 is het laagste WLO scenario 'regional communities' (RC) en het hoogste WLO scenario 'global economy' (GE). Tabel 37 presenteert enkele kernpunten van beide scenario's voor Nederland en het Haven Industrieel Complex (HIC).

Tabel 37: Verschillen tussen de scenario's RC en GE (uit de Deltascenario's van het deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden)

	RC (krimp)	GE (groei)
Nederland	Bevolking krimpt iets Economie groeit beperkt met ca. 1,0% (afgelopen decennia: ruim 2%) West-Europese arbeidsverdeling Behoefte aan bedrijfsterrein is in 2040 gelijk aan 2002	Bevolking groeit naar 20 mln inwoners in 2050 Economie groeit met ca. 2,5 % wat leidt tot ruim een verdubbeling in 2050 Mondiale arbeidsverdeling Behoefte aan bedrijfsterrein groeit met 43% in de periode 2002-2040
HIC	Stabilisatie van het totaalvolume Containervervoer neemt toe met 100% - verschuiving van bulktransport naar containers stimuleert wegvervoer	Verdubbeling van het totaalvolume Containervervoer neemt toe met 385% - verschuiving van bulktransport naar containers stimuleert wegvervoer

Periode 2050-2100

De bandbreedte voor twee socio-economische ontwikkelingspaden na 2050 betreffen een 'economische groei' scenario – met na 2050 een jaarlijkse groei met ca. 2,5% – en een 'krimpscenario' – met een groei van 0% tot 0,5% per jaar. Tabel 38 beschrijft de verwachte effecten voor Nederland en het HIC bij beide scenario's

Tabel 38: Verschillen tussen de scenario's krimp en groei (uit de Deltascenario's van het deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden)

	Krimp	Groei
Nederland	De economische groei is met maximaal 0,5 % vrijwel geheel verdwenen. Mondiaal ligt het economische zwaartepunt in Azië, en Zuid- en Noord- Amerika, Dat bepaalt vervoers- en investeringsstromen.	West Europa is succesvol aangehaakt bij de mondiale economie. Zowel de economie (2,5% per jaar) en de bevolking (25 mln inwoners in 2100) blijven groeien.
HIC	Handel en logistiek stagneren. Rotterdam is nog steeds de Gateway to Europe, maar het achterland – waar de goederen vooral voor bestemd zijn – is in internationaal perspectief economisch niet erg relevant meer. De containermarkt en scheepsgroottes groeien door, omdat dit een mondiale trend is. Het volume van internationale vervoersstromen naar het achterland neemt echter sterk af.	Handel en logistiek groeien stevig door. De mondiale arbeidsspecialisatie eveneens met als gevolg een forse groei van het vervoer van containers voor halffabricaten, producten etc. De waterwegen kunnen dat alleen aan door een strak geregisseerd vervoer. Een uitgebreid netwerk van inland terminals zorgt voor ontlasting van het wegstelsel. Door ICT en conserveringstechnieken gaat het

	Krimp	Groei
	<p>De mondiale economische groei heeft energie duur gemaakt. Europa produceert noodgedwongen weer eigen steenkool en biomassa. Deze intra-Europese vervoersstromen maken weinig gebruik van de Rotterdams haven. Stagnerende goederenstromen leiden tot vrijvallende havenlocaties. Andere gebruikers hebben evenmin behoefte aan ruimte, noch is er geld voor herinrichting. Het ruimtegebruik van het HIC daalt.</p> <p>Constructietechnologie zal her en der blijven bestaan vanwege het hoge kennisniveau dat aanwezig is. Belangrijke stuwende krachten achter deze bedrijfstak waren off shore, chemie en petrochemie in de regio. Hun positie op de wereldmarkt is sterk verzwakt.</p>	<p>vooral om betrouwbaarheid 'tot op de minuut' in plaats van snelheid. Vervoersketens moeten zonder verliezen aan wachttijden goed op elkaar aansluiten.</p> <p>Het fossiele tijdperk is sterk ingekrompen: vooral kolen en schaliegas. Verwerking van ijzererts vindt vooral plaats bij productielocaties. Bulktransport is vooral biomassa en kolen. Alles wat door een pijpleiding kan, wordt daardoor vervoerd.</p> <p>De grote efficiency in afhandeling beperkt het ruimtebeslag: de transportketen zelf functioneert als opslag. Nieuwe locaties zijn vooral nodig om netwerken strategisch goed in te richten, niet vanwege de extra ruimte.</p>

10 Kennisagenda

Kennisvragen

Deze bijlage bevat een overzicht van resterende onderwerpen die niet in de pilot zijn behandeld en daarom op een “Kennisagenda Pilot Botlek” geplaatst worden. Het betreft een groslijst van onderwerpen waarvan een nadere uitwerking of verdieping wellicht zinvol is voor het ontwikkelen van een strategische adaptatieagenda voor de Botlek. De onderstaande tabel geeft een opsomming van de openstaande kennisvragen.

Tabel 39. Groslijst van onderwerpen waarvan een nadere uitwerking of verdieping zinvol zou kunnen zijn voor het ontwikkelen van een adaptatiestrategie

Thema	Kennisvragen
Waterdieptekaarten	<ul style="list-style-type: none"> • Een consistent hydraulisch model maken voor het gehele Botlekgebied. Het huidige model is een combinatie van verschillende inputs. Een integratie in één model neemt wellicht bepaalde onzekerheden weg. • Rol van neerslag events: Tot nu toe is het uitgangspunt in de pilot wateroverlast als gevolg van hoogwater op zee. Bij klimaatverandering is ook toename van neerslag (en vooral ook intensievere neerslag) een belangrijk aspect, zeker ook voor stedelijke omgevingen als gevolg van het ‘urban heating effect’. In de werksessies is een extreem neerslag event genoemd door een van de betrokken partijen als een situatie waarbij het net goed ging. In tegenstelling tot bedreigende hoogwatersituaties is er blijkbaar meer ervaring met extreme neerslagsituaties vanuit bedrijfsoptiek. Kijkend naar de resultaten blijkt dat een beperkte hoeveelheid water (wellicht dus ook een extreme bui) op de site al belangrijke gevolgen kan hebben voor de bruikbaarheid. Vaak zijn de drainagesystemen uitgelegd op neerslagevents van 1/10-1/100 jaar en is de reactietijd op dergelijke events beperkter dan in geval van hoogwater. Mogelijk is het zinvol om te onderzoeken hoe neerslagevents passen in het overall plaatje van de adaptatiestrategie en of een extreem neerslagscenario niet tot vergelijkbare problemen leidt als een 1/1000 jaar hoogwaterscenario. • Uitgangspunt in het overstromingsmodel is dat de ondergrond ondoordringbaar is. • Impact op waterdieptes bepalen van het eventueel toch bezwijken van de Tuimelkade (huidige aanname is een standzekere Tuimelkade).
Analyse gevolgen van overstromingen	<ul style="list-style-type: none"> • Een nadere inschatting van falen van opslagvoorzieningen (opslagtanks en de daarbij horende containmentdijken) van gevaarlijke stoffen, d.w.z. wanneer faalt de opslag en is er sprake van Loss of Containment? En waar staan de stoffen met de grootste milieu-impact (olieproducten)? Staan de stoffen op een locatie waar falen aan de orde kan zijn en zo ja hoe groot is die kans? Is sprake van explosierisico’s? • Uitzoeken exacte maatgevende waterdiepte in hoofdstations TenneT en Stedin. • Uitzoeken falen van de spoorwegtunnel • Diepgaander onderzoek naar het falen van de A15: wanneer wordt besloten de weg af te sluiten?

Thema	Kennisvragen
	<ul style="list-style-type: none"> Analyseren van een gebeurtenis met een overstroming van 1/10.000 in 2050 om ook inzicht te krijgen in een klein risico in de toekomst
Maatregelen	<ul style="list-style-type: none"> Een inventarisatie door de in de Veiligheidsregio deelnemende overheden naar de mate waarin de afspraken over waarschuwing, evacuatie en andere te nemen maatregelen toereikend zijn in geval van de beschreven overstromingsscenario's. Hoe en in hoeverre nemen bedrijven overstromingsrisico's mee in hun noodplannen en zijn deze afgestemd op de plannen van overheden? Uitzoeken of de hooggelegen buitendijkse gebieden een toevluchtsoord (kunnen) zijn voor bewoners van omliggende dijkringen bij een overstroming om te overleven in het gebied. Een analyse naar de mogelijkheid naar een verplichting voor een standaardhoogte voor cruciale nutsvoorzieningen

Kennisuitwisseling

Tijdens de pilot is ook geïnventariseerd met welke programma's, onderzoeken en projecten kennis kan worden uitgewisseld om de opgedane kennis te delen en de kennisbasis voor een adaptatiestrategie te versterken. De onderstaande tabel geeft een opsomming voor mogelijke kennisuitwisseling.

Tabel 40. Programma's, onderzoeken, studies en/of projecten waar de pilot kennis uit kan halen of kennis naar toe kan brengen

Thema	Programma/ onderzoek / studie/ project
Algemeen	<ul style="list-style-type: none"> Deltaprogramma Rijnmond en Drechtsteden (DPRD) – belangrijk bestuurlijk platform; uitwisseling met andere pilots; strategische adaptatieagenda buitendijks – voor uitwisseling op regionaal niveau Deltaprogramma Ruimtelijke Adaptatie (DPRA) – programma vitaal en kwetsbaar – voor uitwisseling op landelijk niveau EU Horizon 2020 project application – TU Delft, Le Havre. Dit programma ontwikkelt een decision-support system voor Natech risks (Natural Hazard Triggering Technological Disasters, oftewel technologische risico's vanwege natuurrampen). ENHANCE. Dit programma maakt een vergelijking met verschillende natuurrampen, verschillende type risico's en verschillende havens in de wereld mogelijk.
Bedrijven	<ul style="list-style-type: none"> Commissie Water Deltalinqs - kennis en ervaring met waterstanden en overstromingskansen, bewustwording bedrijven, waterbewust handelen. DCMR - Ontwikkeling Brzo-richtlijn Nederland PGS6 - Brzo 2015. De pilot kan informatie en kennis brengen naar de Brzo 2015. De Brzo 2015 wil dat bedrijven vanaf 2017 de gevolgen vanwege overstromingen in beeld brengen. PGS6 houdt zich hiermee bezig.
Infrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> Andere onderzoeken over en studies van overstromingen en de impact ervan op wegen en aanverwante infrastructuur, zoals INTACT, maar bijvoorbeeld ook in het buitenland. Protocol RWS. RWS heeft een protocol voor het afsluiten van de weg bij wateroverlast en bepaalde windsterktes.

Thema	Programma/ onderzoek / studie/ project
	<ul style="list-style-type: none"> • Project (cascade)effecten van overstromingen op het functioneren van het hoofdwegennet in relatie tot evacuatiestrategieën (RWS).
Crisisbeheersing	<ul style="list-style-type: none"> • Crisisplan / evacuatiestrategieën. RWS werkt momenteel aan een crisisplan / evacuatiestrategieën. • De Gemeente Rotterdam, VRR, RWS en de waterschappen werken momenteel aan een casestudy die moet leiden tot verbetering van de crisisbeheersing in relatie tot overstromingen. Dit is een project in het kader van het Deltaprogramma (onderdelen: het opstellen van een verhaallijn met betrekking tot crisisbeheersing rond een enkelvoudige overstroming, op basis van werksessiebegeleiding en een 3di model voor de visualisatie).

11 Begrippenlijst

Acceptabel risiconiveau: Een acceptabele kans van optreden op een mogelijk effect van een gebeurtenis. Indien dit risiconiveau wordt overschreden binnen de levenscyclus van bedrijven, bedrijfsterreinen en/of infrastructuur, dienen maatregelen genomen te worden (tijdsaspect).

Afwegingskader: Het afwegingskader is een systematiek waarmee voor objecten of sectoren een beeld gevormd kan worden hoe een bepaald overstromingsrisico zich ontwikkelt in de toekomst en of dit nog past binnen de bepaalde kaders.

Beoordelingssystematiek: Systematiek waarmee op een onderbouwde wijze een beoordeling wordt gegeven van optredende risico's en deze op inzichtelijke wijze wordt gepresenteerd.

Blootstelling: Kans of mate waarin een bepaald scenario zich voordoet [Wikipedia].

Cascade-effecten: Een keten van meerdere met elkaar samenhangende effecten.

Direct gevolg: Directe gevolgen zijn een rechtstreeks gevolg van een gebeurtenis en treden op, op de objecten of markten waarop een gebeurtenis ingrijpt.

Directe schade: Schade die optreedt aan objecten, kapitaalgoederen en roerende goederen vanwege het directe contact met water.

Domino-effect: Het onstuitbaar voortgaan en zich explosief uitbreiden van een eenmaal op gang gebrachte ontwikkeling. Synoniem voor sneeuwbaaleffect. [Van Dale] Een domino-effect of een kettingreactie is het cumulatieve effect dat geproduceerd wordt wanneer één gebeurtenis een keten van gelijksoortige gebeurtenissen in gang zet. [vertaling uit de "Free dictionary"]

Effect: Gevolg van een handeling, ontwikkeling [Van Dale]. Synoniem voor gevolg [Wikipedia].

Faalkans: De kans dat een systeem of component onder gespecificeerde omstandigheden binnen een bepaalde tijdsperiode faalt.

Gevolg: Dat wat uit iets voortvloeit; resultaat [van Dale]. Een gebeurtenis of omstandigheid die optreedt als resultaat van feiten en/of gebeurtenissen [Wikipedia]. In dit project wordt gevolg als een zuiver synoniem van effect gesteld.

Groepsrisico: De cumulatieve kans per jaar dat ten minste 10, 100 of 1.000 personen overlijden als rechtstreeks gevolg van hun aanwezigheid in het invloedsgebied van een bedrijf en een ongewoon voorval binnen dat bedrijf waarbij een gevaarlijke stof of gevaarlijke afvalstof betrokken is. [Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi)]

Haven en Industrieel Complex (HIC): Het geheel van samenhangende bedrijvigheid en havens in het Rotterdams Havengebied.

Indirect gevolg: Afgeleide van een direct gevolg. Treedt als gevolg van het effect op, op andere objecten dan waar de gebeurtenis direct op ingrijpt.

Indirecte schade: Verlies aan toegevoegde waarde van bedrijven binnen en buiten het overstromde gebied. Het volgende onderscheid wordt gemaakt:

- schade als gevolg van bedrijfsuitval (verliezen door productiestilstand);
- schade die andere bedrijven (buiten het overstromde gebied) lijden doordat ze niet meer worden bevoorradat (verliezen door wegvallen van omzet);
- schade als gevolg van de doorsnijding of uitval van infrastructuur (wegen, telecommunicatie, nutsvoorzieningen, etc.).

Kennisagenda: Uiteenzetting van de kennis die zelf, door anderen of in samenwerking met anderen verzameld moet worden en mogelijkheden tot aanvullen van de kennisbehoefte bij andere partijen.

Loss of Containment (LoC): Ongewenst vrijkomen van een gevaarlijke stof

Maatschappelijke ontwrichting: De mate waarin mensen als gevolg van een gebeurtenis, ernstige sociaal maatschappelijke gevolgen in de zin van emotionele problemen of maatschappelijke overlevingsproblemen ondervinden.

Maatregelen uit laag 1 MLV - Preventie: Maatregelen gericht op het verlagen van de kans op een overstroming (denk aan dijken, stormvloedkeringen, rivierverruiming, etc.). In de pilot gaat het om het realiseren van permanente maatregelen die ervoor zorgen dat de kans op overstromen in een of meerdere deelgebieden omlaag gaat.

Maatregelen uit laag 2 MLV - Ruimtelijke adaptatie: Maatregelen gericht op het verlagen van de gevolgen van een overstroming door een duurzame ruimtelijke inrichting van het gebied (denk aan bouwcodes, waterrobuust maken van assets en/of sites, etc.). In deze pilot vallen fysieke maatregelen die een permanent karakter hebben op siteniveau of kleiner onder ruimtelijke adaptatie.

Maatregelen uit laag 3 MLV - Crisisbeheersing: Tijdelijke maatregelen gericht op het verlagen van de gevolgen van een overstroming door een betere voorbereiding op een overstroming. In de pilot omvat dit alle handelingen die vlak voor of tijdens een overstroming worden genomen (denk aan evacuatieplannen, noodmaatregelen zoals zandzakken of geavanceerde nooddijken, etc.)

Ontwerpwaterstand: Waterstand met een bepaalde kans van overschrijden vermeerderd met de verwachte waterstandstijging (inclusief NAP-daling) tot aan het eind van de ontwerplevensduur (planperiode). Het is een waterstand die eens in de zoveel jaar voorkomt. Een waterstand waarop de waterkeringen zijn ontworpen en waarmee de waterkering aan de norm voldoet [Delta expertise].

Overschrijdingskans: Kans dat binnen een zekere tijdsduur de waarde van een parameter op een locatie een bepaalde drempel (bijvoorbeeld een ontwerpwaterstand) bereikt of overschrijdt [Encyclo.nl].

Overstroming: Het onder water lopen van land [Van Dale]. Een gebeurtenis waarbij een aanzienlijke hoeveelheid water uit een zee, rivier of meer plaatsen bereikt die normaal gesproken niet onder water staan [Wikipedia]. In de Waterwet wordt (voor binnendijkse gebieden) gesproken over een overstroming bij een gemiddelde waterdiepte in minimaal één gebied/buurt (gebaseerd op CBS wijk- en buurtkaart) van 0,1 m.

Overstromingskans: Kans dat een gebied overstroomt [TNO-economische effecten van klimaatverandering].

Overstromingsrisico: Kansen op overstromen * effecten van overstroming [Rijkswaterstaat].

Overstromingsscenario: GIS (raster)bestanden waarin modelmatig is vastgelegd hoe hoog de maximale waterdiepte in het gebied is, hoe snel het waterpeil stijgt en hoe snel het water stroomt als gevolg van een bepaalde overstromingskans [TNO-economische effecten van klimaatverandering].

Risico: Kans dat een gebeurtenis plaatsvindt vermenigvuldigd met het "gevolg" van die gebeurtenis. De kans dat een gebeurtenis plaatsvindt, kan soms ook weer als een product worden uitgedrukt, namelijk als de kans zich slechts bij één scenario voordoet. De kans dat de gebeurtenis plaatsvindt, is dan de blootstelling maal de kans per eenheid blootstelling dat een gebeurtenis plaatsvindt. Risico = blootstelling * kans bij blootstelling * gevolg [Wikipedia].

Risicoanalyse: Methode waarbij nader benoemde risico's worden gekwantificeerd door het bepalen van de kans dat een dreiging zich voordoet en de gevolgen daarvan.

Systematiek: Methodiek om objecten op basis van (waarden van) kenmerken te rangschikken en in te delen [Wikipedia].

Veiligheidsnorm: 1. Eis waaraan een primaire waterkering moet voldoen, aangegeven als de gemiddelde overschrijdingskans - per jaar - van de hoogste hoogwaterstand waarop de tot directe kering van het buitenwater bestemde primaire waterkering moet zijn berekend, mede gelet op overige het waterkerend vermogen bepalende factoren. 2. De wettelijke bescherming van een dijkkring tegen overstromen. Deze zijn vastgelegd in de Wet op de waterkering. Ten behoeve van het ontwerpen en toetsen van waterkeringen leidt men per dijkkringgebied, uitgaande van de norm, een maatgevende hoogwaterstand af. De waterkering moet tegen het optreden van deze waterstand bestand zijn [Delta expertise].

Wateroverlast: hinder die men ondervindt door onvoldoende afwatering of waterkering [Van Dale]. Een verzamelnaam voor situaties waarin mensen overlast ondervinden als gevolg van te veel water [Wikipedia]. Wateroverlast ontstaat bij een te hoge waterstand door een teveel aan smeltwater, extreme regenval of een combinatie van factoren [Handreiking communicatie over Waterveiligheid Buitendijks]. Het wordt in de praktijk vaak gebruikt in de context van overvloedige neerslag.

Waterstand: Stand of peil van het water in een meer, rivier of zee [Encyclo.nl].