

RAPPORT

Waterveiligheid Maasvlakte

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

Klant: Havenbedrijf Rotterdam, Gemeente Rotterdam

Referentie: BF4776TPRP2001151114

Status: Definitief/P01.06

Datum: 14 juli 2021

HASKONINGDHV NEDERLAND B.V.

Jonkerbosplein 52
6534 AB NIJMEGEN
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: Waterveiligheid Maasvlakte

Ondertitel: Een adaptatiestrategie voor een veilige haven – nu en in de toekomst
Referentie: BF4776TPRP2001151114
Status: P01.06/Definitief
Datum: 14 juli 2021
Projectnaam: Waterveiligheid Maasvlakte
Projectnummer: BF4776-100-106/107
Auteur(s): Jarit van de Visch, Matthijs Bos en Sam Westerhof

Classificatie

Projectgerelateerd

Behoudens andersluidende afspraken met de Opdrachtgever, mag niets uit dit document worden vervaelvoudigd of openbaar gemaakt of worden gebruikt voor een ander doel dan waarvoor het document is vervaardigd. HaskoningDHV Nederland B.V. aanvaardt geen enkele verantwoordelijkheid of aansprakelijkheid voor dit document, anders dan jegens de Opdrachtgever. Let op: dit document bevat persoonsgegevens van medewerkers van HaskoningDHV Nederland B.V. en dient voor publicatie of anderszins openbaar maken te worden geanonimiseerd.

Versie nummer	Datum	Opgesteld/ aangevuld door:	Reviewer
Versie P01.01 Versie P01.02	15-1-2020 11-12-2020	Jarit van de Visch	
Versie P01.03	16-12-2020	Sam Westerhof, Matthijs Bos	Jarit van de Visch, Marc Eisma, Joost de Nooijer, Michel Bresser, Vera Konings
Versie P01.04	12-02-2021	Jarit van de Visch	Deelnemers werksessies en Marc Eisma
Versie P01.05	15-03-2021	Jarit van de Visch, Matthijs Bos	Joost de Nooijer
Versie P01.06	14-07-2021	Jarit van de Visch	

Inhoud

1	Inleiding	9
1.1	Doel van de adaptatiestrategie	9
1.2	Aanpak van het project	10
2	Overstromingsrisico's in beeld	12
2.1	Beknopte gebiedsbeschrijving en ontwikkelingen	12
2.2	Overstromingskansen in de Maasvlakte	14
2.3	Gevolgen van een overstroming	18
2.4	Overstromingsrisico's in beeld aan de hand van drie gebeurtenissen	24
2.5	Overstromingsrisico's in perspectief	27
3	Maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen	32
3.1	Aanpak: trechters van maatregelen	32
3.2	Preventie	35
3.3	Ruimtelijke adaptatie	37
3.4	Crisisbeheersing	40
4	Mogelijke adaptatiestrategieën voor een waterveilige Maasvlakte	42
4.1	Waar en wanneer maatregelen gewenst	42
4.2	Thema "Water buiten de deur"	43
4.3	Thema "Leven met water"	46
5	Adaptief overstromingsrisico's beheersen in de Maasvlakte	50
5.1	Beoordeling van de strategieën	50
5.2	Een veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte	52
5.3	Het vervolg	60
	Literatuurlijst	63
	Tabellen	
	Tabel 2-1. Ontwikkeling economische schade in de Maasvlakte door klimaatverandering (W+ klimaatscenario) afgerond in miljoenen Euro	20
	Tabel 2-2. Kans op falen van een aantal vitale en kwetsbare voorzieningen in de Botlek, Pilot Waterveiligheid Botlek (2017)	22
	Tabel 2-3. Grensniveaus voor acceptabele faalkansen op basis van economische schade	29
	Tabel 2-4. Verkenning grensniveau met het afwegingskader voor de Maasvlakte en per deelgebied voor een overstroming met een kans van 1/1.000 per jaar op basis van het W+ klimaatscenario (met rechts de kaart met de deelgebieden) – groen betekent dat het grensniveau nog niet bereikt is, bij geel ligt het overstromingsrisico op de grens en bij rood wordt het grensniveau overschreden.	31
	Tabel 3-1. Overzicht maatregelen. Per stap is in rood aangegeven of een maatregel afgevallen is.	33

Tabel 4-1. Verkenning grensniveau met het afwegingskader voor de Maasvlakte en per deelgebied (met rechts de kaart met de deelgebieden) – groen betekent dat het grensniveau nog niet bereikt is, bij geel ligt het risico op de grens en bij rood wordt het grensniveau overschreden.	42
Tabel 5-1. Resultaat kosten-batenanalyse van de mogelijke strategieën	51

Figuren

Figuur 1-1. Begrenzing Maasvlakte – Maasvlakte (MER Havenbestemmingsplannen, 2013). De begrenzing van het projectgebied Maasvlakte is het gebied links dat donkergroen omlind is.	10
Figuur 2-1. Maasvlakte, opgedeeld in Maasvlakte 1 en 2	12
Figuur 2-2. Terreinhoogte Maasvlakte.	12
Figuur 2-3. Huidige landgebruikskarta Maasvlakte.	13
Figuur 2-4. Overzichtskaart van Maasvlakte met locatie BRZO bedrijven (oranje hokjes) en BEVI bedrijven (gele hokjes) (Risicokaart Nederland)	14
Figuur 2-5. De Maasvlakte en in rood de gebieden met een hogere overstromingskans dan 1/3.000 – 1/10.000 per jaar nu. De blauwe pijl geeft aan waar de dreiging van hoogwater vandaan komt.	15
Figuur 2-6. Overstromingsbeelden van de Maasvlakte voor de huidige situatie bij een kans van 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar	16
Figuur 2-7. Overstromingsbeelden van de Maasvlakte in 2050 bij een kans van 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar voor het W+ klimaatscenario.	17
Figuur 2-8. Overstromingsbeelden in 2100 bij een kans van 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar voor de Maasvlakte voor het W+ klimaatscenario.	18
Figuur 2-9. Pijpleidingen vanaf Rotterdam (Havenbedrijf Rotterdam).	21
Figuur 2-10. Slachtofferrisico in de Maasvlakte in 2050 bij het W+ klimaatscenario	23
Figuur 2-11. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater op de Maasvlakte in gebeurtenis 1. Omdat de Maasvlakte afhankelijk is van water, stikstof, A15 en spoor in de Botlek, is ook de mogelijke uitval van utiliteiten in de Botlek meegenomen bij deze gebeurtenis.	25
Figuur 2-12. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in de Maasvlakte in gebeurtenis 2. Omdat de Maasvlakte afhankelijk is van water, stikstof (NA = niet aanwezig), A15 en spoor in de Botlek, is ook de mogelijke uitval van utiliteiten in de Botlek meegenomen bij deze gebeurtenis.	26
Figuur 2-13. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in de Maasvlakte in gebeurtenis 3. Omdat de Maasvlakte afhankelijk is van water, stikstof (NA = niet aanwezig), A15 en spoor in de Botlek, is ook de mogelijke uitval van utiliteiten in de Botlek meegenomen bij deze gebeurtenis.	27
Figuur 2-14. Schematische weergave van de risicoafweging	29
Figuur 2-15. Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/100, 1/1.000 en 1/10.000 per jaar in de huidige situatie met het afwegingskader voor het W+ en G klimaatscenario van het KNMI	30
Figuur 3-1. MLV met van onder naar boven preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.	32
Figuur 3-2. Visualisatie van het proces van maatregelen naar veelbelovende adaptatiestrategie	32
Figuur 3-3. (Links) ophoging en versterken van kades inclusief los- en laadterrein, (rechts) ophoging glooiing exclusief achterliggend terrein. Voor ophoging zie rood gestippeld kader.	35
Figuur 3-4. Huidige muur langs de zuidzijde van de Amazonehaven	37
Figuur 3-5. Voorbeeld van de toepassing van demontabele keringen; Links nadat ze zijn geïnstalleerd voorafgaand aan een hoogwater; Rechts ten tijde van hoogwater.	37

Figuur 3-6. Illustratie van dry proofing	39
Figuur 3-7. Illustratie van wet proofing	39
Figuur 3-8. Voorbeelden van noodkeringen: Box Barrier (links), systeem gevuld met lucht (midden) en vrijstaand keermiddel (rechts).	41
Figuur 4-1. Combinatie van maatregelen passend bij het thema “water buiten de deur” optie a	44
Figuur 4-2. Combinatie van maatregelen passend bij het thema “water buiten de deur” optie b	46
Figuur 4-3. Combinatie van kansrijke maatregelen passend bij het thema “leven met water”	48
Figuur 5-1. Veelbelovende adaptatiestrategie	53
Figuur 5-2. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 1, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050	54
Figuur 5-3. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 2, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050.	55
Figuur 5-4. Detail van deelgebied 3: hier zijn geen maatregelen nodig voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050.	56
Figuur 5-5. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 4, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.	57
Figuur 5-6. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 5, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.	58
Figuur 5-7. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 6, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.	59
Figuur 5-8. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 7, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.	59

Managementsamenvatting

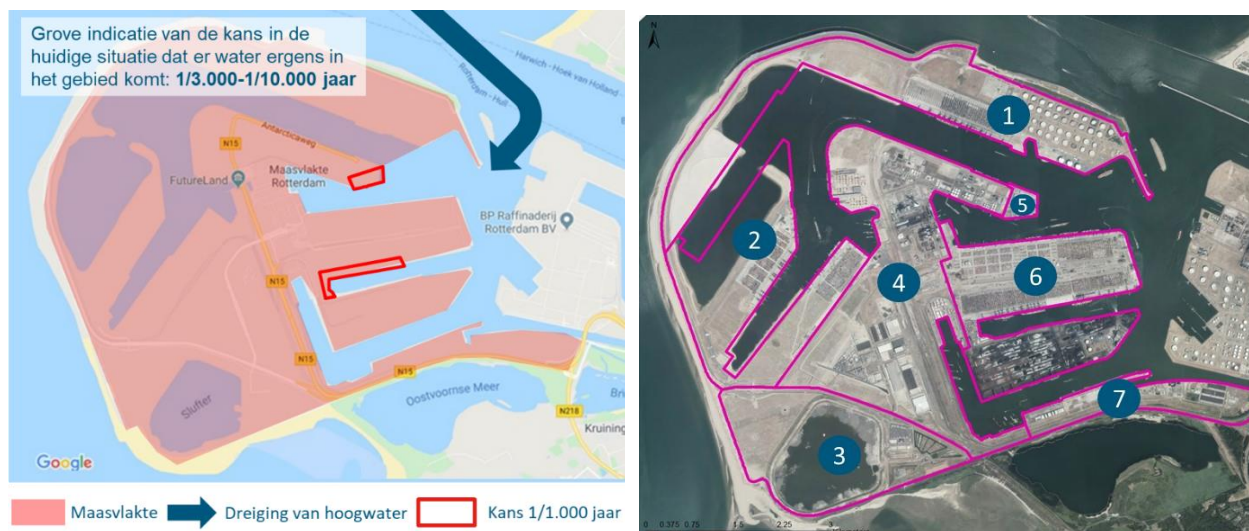
1. Werken aan waterveiligheid in het Rotterdamse havengebied

Als gevolg van klimaatverandering neemt het overstromingsrisico toe. Het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (2014) heeft daarom geadviseerd onderzoek te verrichten naar hoe bewoners en gebruikers van buitendijks gebied beschermd kunnen blijven. Op hoofdlijnen gaat het huidige beleid voor waterveiligheid in buitendijks gebied ervan uit dat gebruikers en bewoners van buitendijks gebied zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van maatregelen om schade als gevolg van een overstroming te beperken. De overheid weegt bij nieuwe ontwikkelingen de risico's af en stelt indien nodig randvoorwaarden om deze risico's te beheersen. Ook is de overheid verantwoordelijk voor de communicatie over de risico's.

In het project 'Waterveiligheid Maasvlakte' is onderzocht hoe overstromingsrisico's in de buitendijkse gelegen Maasvlakte beheerst kunnen blijven. In een proces van Joint Fact Finding hebben bedrijven, nutsbeheerders en overheden samen met het Havenbedrijf Rotterdam en de gemeente Rotterdam de overstromingsrisico's in het gebied onderzocht. De overstromingsrisico's zijn afgewogen in het licht van binnendijkse waterveiligheid. Mogelijke maatregelen om overstromingsrisico's te kunnen blijven beheersen zijn geïnventariseerd. Ten slotte is een adaptatiestrategie aanbevolen die past bij de kenmerken van en ontwikkelingen in het gebied en de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden.

2. Overstromingsrisico's in beeld

Op dit moment is er een kleine kans (1/3.000 – 1/10.000 per jaar) dat een significant gedeelte van de Maasvlakte te maken krijgt met een overstroming vanwege hoogwater vanuit de Noordzee. Op een aantal plekken is de kans echter groter (1/1.000 per jaar). Ter vergelijking, de watersnoodramp van 1953 had een kans van 1/300 jaar. Aangezien het overstromingsrisico sterk kan verschillen per locatie, is het totale gebied opgesplitst in deelgebieden met vergelijkbare waterstanden en seiche-effecten. Figuur 1 illustreert de huidige kans op een overstroming en de deelgebieden.



Figuur 1. Maasvlakte en de kans van overstromen op dit moment (link) en de verschillende deelgebieden (rechts)

In de toekomst neemt de kans op overstromen toe door zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering. Om de toekomstige overstromingskans in te kunnen schatten, zijn twee klimaatscenario's van het KNMI en de daaraan gekoppelde verwachte zeespiegelstijging toegepast (Deltaprogramma Waterveiligheid, 2014): een snel (W+) en een langzaam (G) scenario. Bij W+ stijgt de zeespiegel met 35 cm in 2050 en 85 cm in 2100 (ten opzichte van 1990). Bij G blijft deze stijging beperkt

tot 15 cm in 2050 en 35 cm in 2100 (ten opzichte van 1990). De zeespiegelstijging in het W+ klimaatscenario in 2050 treedt in het G scenario dus pas 50 jaar later op.

Een zeespiegelstijging van 35 cm vergroot de kans dat een overstroming leidt tot water in een significant deel van het gebied naar een herhalingstijd van eens in de 1.000 – 3.000 jaar. Bij een zeespiegelstijging van 85 cm nemen zowel het areaal als de waterdieptes toe in geval van een overstroming. Het beeld van een overstroming van 1/10.000 jaar in de huidige situatie is ongeveer vergelijkbaar met een overstroming van 1/3.000 jaar in 2050 en van 1/1.000 jaar in 2100 op basis van het W+ klimaatscenario. De overstromingskans neemt dus ongeveer met een factor 3 toe in 2050 en weer met een factor 3 in 2100. Figuur 2 presenteert de waterdiepte kaarten voor een overstroming met een kans van voorkomen van 1/1.000 per jaar nu en met een zeespiegelstijging van 35cm.



Figuur 2. Waterdieptes Maasvlakte bij een stormscenario op de Noordzee met kans van 1/1.000 per jaar - links voor het zichtjaar nu en rechts voor het zichtjaar 2050 bij het W+ klimaatscenario (zichtjaar 2100 bij het G scenario).

Economische gevolgen van een overstroming

Een overstroming kan leiden tot economische schade, milieuschade en slachtoffers. Uit de analyse blijkt dat een overstroming op de Maasvlakte vooral tot economische schade leidt. Dit is enerzijds de directe schade die optreedt aan gebouwen, installaties en andere voorzieningen en anderzijds de indirecte schade van een overstroming op de Maasvlakte, vanwege het stil komen te liggen van de bedrijfsvoering en/of het niet optimaal kunnen gebruiken van de aanwezige infrastructuur met als gevolg omzetverlies. De onderstaande tabel geeft de geschatte totale economische schade bij verschillende overstromingen en zichtjaren weergegeven.

Tabel 1. Overzicht ontwikkeling economische schade door overstroming in miljoenen Euro voor verschillende frequenties.

Frequentie per jaar	Nu	2050 (W+) / 2100 (G)	2100 (W+)
1:100	37	65	155
1:1.000	156	531	2.303
1:10.000	2.438	3.897	6.194

Indien vitale en kwetsbare voorzieningen in bijvoorbeeld de Botlek uitvallen door een overstroming (vanaf een kans van voorkomen van 1/1.000 jaar nu), kan er economische schade ontstaan omdat de bedrijfsvoering in de Maasvlakte mogelijk deels stil komt te liggen door deze uitval. Deze schade is niet

meegenomen in de economische schade in tabel 1, maar wel in de berekende indirecte economische schade in de Botlek.

Een overstroming in de Maasvlakte levert naar verwachting een kleine kans op milieuschade. In de pilot Botlek Waterveiligheid (2017) is met experts vanuit het bedrijfsleven en de overheid de mogelijke milieuschade als gevolg van een overstroming kwalitatief verkend. De uitkomsten van deze kwalitatieve analyse zijn vervolgens getoetst bij de belanghebbenden in de Maasvlakte. Zij verwachten ook dat milieuschade beperkt zal blijven tot het gebied en economische schade dominant zal zijn in de risicoafweging. Een aanvulling op de resultaten uit de expertsessie van de pilot Botlek Waterveiligheid is dat milieuschade ook kan ontstaan door uitspoeling van gevaarlijke stoffen in containers. Containers met de meest gevaarlijke stoffen staan namelijk uit veiligheidsoverwegingen op de grond. Indien containers met gevaarlijke stoffen in het water komen te staan, is er risico op milieuschade. Opgeslagen stoffen kunnen in aanraking met het water uitspoelen in de grond met kans op bodemverontreiniging. De milieuschade blijft naar verwachting beperkt tot de eigen site (lokale impact).

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

Overstromingsrisico's in perspectief

Uit onderzoek blijkt dat de Rotterdamse haven in vergelijking met diverse internationale havens relatief veilig is (de overstromingskansen in de Rotterdamse haven zijn gemiddeld een factor 1 tot 100 lager). Een ander perspectief om buitendijkse overstromingsrisico's mee te vergelijken is het publieke kader voor binnendijkse waterveiligheid. Met een afwegingskader dat speciaal voor overstromingsrisico's in de buitendijkse Rotterdamse haven is ontwikkeld, is verkend tot waar overstromingsrisico's in de Maasvlakte nog acceptabel zouden zijn, gezien vanuit binnendijkse waterveiligheid. Tabel 2 presenteert de grensniveaus voor economische schade in dit afwegingskader. Deze zijn gebaseerd op het publieke kader voor waterveiligheid binnendijs. De categorieën slachtoffers en milieu zijn buiten het afwegingskader gevallen, omdat deze niet dominant zijn en de risicoafweging niet zullen beïnvloeden.

Tabel 2. Gehanteerde grensniveaus voor het bepalen van acceptabele faalkansen op basis van totale economische schade.

Totale economische schade op de Maasvlakte	Gehanteerde grensniveaus
100 miljoen Euro	1/100
1 miljard Euro	1/1.000
10 miljard Euro	1/10.000

Afwegingskader buitendijkse havengebieden Rotterdam

Het afwegingskader voor buitendijkse havengebieden geeft een beeld hoe overstromingsrisico's zich ontwikkelen in een gebied en of dit past binnen in Nederland gangbare publieke kaders. Het afwegingskader is geen nieuwe norm voor buitendijkse overstromingsrisico's. Het is bedoeld als kapstok voor het afwegen van overstromingsrisico's met meerdere belanghebbenden, die allemaal eigen afwegingscriteria hebben. Elke belanghebbende maakt uiteindelijk zijn of haar eigen afweging van het overstromingsrisico.


Het afwegingskader is gebaseerd op de kans op schade door overstromingen (faalkans) en grensniveaus voor de acceptabele faalkans. Er wordt onderscheid gemaakt tussen de "bruikbaarheidsgrens" (waterdiepte waarbij schade begint te ontstaan) en "bezwijkgrens" (waterdiepte waarbij de schade significant groter wordt, bijvoorbeeld omdat een asset volledig afgeschreven moet worden). Onderliggende aannames beïnvloeden het resultaat: het moment dat de faalkans boven het grensniveau komt te liggen. Zo is de keuze voor de indeling van de grensniveaus sterk bepalend voor het resultaat en daarmee een belangrijke factor in de risicoafweging.

Uit de verkenning met het afwegingskader komt naar voren dat er voor het overgrote deel van de Maasvlakte rond 2100 maatregelen wenselijk zijn om de overstromingsrisico's te beheersen: het overstroomde gebied neemt dan in het hele gebied dusdanig toe dat de totale economische schade de acceptabele schade in het afwegingskader overschrijdt. Uitzondering hierop zijn de deelgebieden 3, 5 en 6. In deelgebied 3 blijft het overstromingsrisico ook na 2100 acceptabel. In deelgebied 5 overschrijdt het overstromingsrisico het grensniveau van het afwegingskader op dit moment en in deelgebied 6 wordt dit moment tussen nu en 2050 bereikt. Tabel 3 geeft de resultaten van deze verkenning voor de Maasvlakte.

Tabel 3. Verkenning grensniveau met het afwegingskader voor de Maasvlakte en per deelgebied voor een overstroming met een kans van 1/1.000 per jaar op basis van het W+ klimaatscenario (met rechts de kaart met de deelgebieden) – groen betekent dat het grensniveau nog niet bereikt is, bij geel ligt het overstromingsrisico op de grens en bij rood wordt het grensniveau overschreden.

Deelgebieden	Grensniveau		
	nu	2050	2100
Maasvlakte 1 (oost)			
Maasvlakte 2 west)			

Deelgebied 1			
Deelgebied 2			
Deelgebied 3			
Deelgebied 4			
Deelgebied 5			
Deelgebied 6			
Deelgebied 7			



Het afwegingskader geeft een indicatie van de timing. Elke belanghebbende zal op basis van zijn of haar eigen risicoafweging bepalen of maatregelen gewenst zijn of niet. Een veel voorkomende afweging is dat het risico acceptabel is zolang de kosten van het nemen van een maatregel hoger zijn dan de te verwachten baten (schadereductie) van deze maatregel.

3. Selectie van maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen

De maatregelen uit eerdere studies naar waterveiligheid in het Haven Industrieel Complex (HIC) zijn als vertrekpunt genomen voor de maatregelinventarisatie voor overstromingsrisicobeheersing in de Maasvlakte. Met de belanghebbende bedrijven en beheerders in het gebied zijn vervolgens mogelijke maatregelen geselecteerd. Het selectieproces kan versimpeld weergegeven worden aan de hand van drie stappen, zie ook Tabel 4:

- Stap 1. Op basis van expert judgement zijn de maatregelen uit de eerdere studies voor waterveiligheid in het HIC geselecteerd. Maatregelen die in dit stadium zijn afgefallen zijn het *verlagen van de faalkans van de Maeslantkering*, omdat de Maeslantkering geen effect heeft op overstromingsrisico's in de Maasvlakte. Ook *waterberging* en *functiewijziging*, dat wil zeggen het wijzigen van de functie van een gebied naar functies die minder gevoelig zijn voor overstromingen zijn in deze stap afgefallen. Waterberging is afgefallen, omdat er onvoldoende ruimte is om deze maatregel te implementeren. Functiewijziging is afgefallen, omdat de Maasvlakte juist is aangelegd voor kapitaalintensieve havenactiviteiten.
- Stap 2. In dialoog met belanghebbenden zijn de maatregelen gecombineerd in mogelijke adaptatiestrategieën om het overstromingsrisico tussen nu en 2100 te beheersen in de deelgebieden waar het overstromingsrisico het grensniveau in het afwegingskader overschrijdt. Aan de basis van deze indeling ligt een gezamenlijke kwalitatieve beoordeling op effectiviteit, uitvoerbaarheid en tijd/flexibiliteit. *Compartmenteren* is afgefallen. Er zijn namelijk geen mogelijkheden om deelgebieden

af te sluiten van andere gebieden, omdat het water van verschillende kanten binnen kan komen. Andere deelgebieden zijn al afgescheiden door fysieke barrières of verschil in terreinhoogtes. Sommige maatregelen zijn alleen haalbaar voor terreinen in ontwikkeling en/of die nog aangelegd moeten worden. Zo wordt het niet haalbaar geacht om bestaande terreinen *waterrobuust in te richten*, omdat er onvoldoende ruimte is en/of de impact op de bedrijfsvoering groot is. Ook *ophogen van bestaande terreinen* wordt als onhaalbaar gezien voor bestaande terreinen, omdat er veel kapitaalintensieve installaties aanwezig zijn. De maatregel om *nooddijken en noodkeringen in te zetten* is komen te vervallen, omdat hier onvoldoende vertrouwen in is door betrokkenen en er twijfels zijn over de uitvoerbaarheid.

- Stap 3. De kosten en baten van de kansrijke maatregelen zijn geanalyseerd. De meest kosteneffectieve maatregelen zijn aanbevolen voor de veelbelovende adaptatiestrategie. In deze stap is een *'afsluitbaar open' kering* afgefallen, omdat de geschatte kosten van een kering niet in verhouding staan tot de schade die deze maatregel reduceert in de Maasvlakte.¹ Om dezelfde reden is het *ophogen van kades en glooiingen* in het gebied afgefallen als maatregel. Het *ophogen van de weg* vervalt als maatregel, omdat dit alleen effectief is in combinatie met het ophogen van kades en glooiingen op andere plekken.

Tabel 4. Overzicht maatregelen met per stap in rood waar een maatregel in het selectieproces is afgefallen.

Maatregelen	Stap 1 (Literatuurstudie)	Stap 2 (Kwalitatief)	Stap 3 (Kwantitatief)
Laag 1: Preventie			
Faalkansverlaging Maeslantkering			
Ophoging van kades en/of glooiingen			
Compartimentering (i.c.m. kades/ glooiingen ophogen)			
'Afsluitbaar open' kering			
Weg ophogen t.b.v. kerende functie			
Lokale dijk/kering			
Flexibele kering			
Laag 2: Ruimtelijke adaptatie			
Waterberging			
Functiewijziging			
Waterrobuuste inrichting van terreinen		Afgefallen voor bestaande sites	
Ophoging van deelgebieden / terreinen		Afgefallen voor bestaande sites	
Dry proofing			
Wet proofing			
Spuien			
Laag 3: Crisisbeheersing			
Nood- en/of herstelplannen			
Noodvoorzieningen			
Nooddijken / -keringen			
Crisisbeheerplan			

4. Aanbeveling voor een adaptatiestrategie in de Maasvlakte

Een veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte bestaat uit (een combinatie van) de meest kansrijke maatregelen voor de verschillende deelgebieden uitgezet in de tijd. De strategie is geen

¹ Een 'afsluitbaar open' kering beheerst ook het overstromingsrisico in andere havengebieden in Rotterdam. Mogelijk is de baten-kostenratio van deze maatregel wel positief indien (delen van) de Botlek en Europoort worden meegenomen

vaststaand eindbeeld. Het is bedoeld om inzicht te geven in de knikpunten wanneer besluiten over overstromingsrisicobeheersing wenselijk zijn en kansrijke maatregelen vanuit het perspectief van de betrokken partijen en economisch perspectief. Figuur 3 visualiseert de veelbelovende adaptatiestrategie die aanbevolen wordt voor de Maasvlakte. Zowel de timing als de keuze voor een maatregel is uiteindelijk een bedrijfseigen afweging. In de praktijk kunnen de timing en de maatregelen dus verschillen van de veelbelovende adaptatiestrategie.



Figuur 3. Veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte.

Op basis van de verkenning met het afwegingskader wordt aanbevolen om nu te starten met het nemen van de maatregelen in het meest kwetsbare deelgebied (5) gevolgd door deelgebied 6 tussen nu en 2050. Voor het beheersen van het overstromingsrisico in deelgebied 5, adviseert de veelbelovende adaptatiestrategie dry/wet proofing van de kwetsbare en kritische assets. Hiernaast zijn noodvoorzieningen als het verplaatsten van goederen kansrijk om het risico verder te reduceren in dit gebied. Ook voor deelgebied 6 wordt dry/wet proofing aanbevolen.

Met de huidige verwachte zeespiegelstijging en het huidige landgebruik zijn in de overige deelgebieden pas rond en of na 2100 maatregelen nodig vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid. Dit betekent dat er tijd is om meekoppelmomenten te benutten, zoals nieuwe ontwikkelingen, herontwikkelingen, vervangingsinvesteringen en groot onderhoud. Zowel de kosten als overlast van de implementatie van maatregelen worden hierdoor zoveel mogelijk beperkt. Bij veranderingen in ontwikkeling, zowel in zeespiegelstijging en landgebruik, kan dit moment wel eerder in de tijd komen te liggen. De veelbelovende adaptatiestrategie beveelt de volgende maatregelen aan voor deze deelgebieden:

- Deelgebieden 1 en 2: Landophoging en/of een waterrobuuste indeling voor de nog te ontwikkelen terreinen. Landophoging is mogelijk niet altijd kansrijk in het licht van sprongen in terrein-/ kadehoogte en spooransluitingen, denk bijvoorbeeld aan containerterminals. In dat geval is een waterrobuuste inrichting in combinatie met dry/wet proofing van kritieke en kwetsbare assets een kansrijker alternatief. Om die reden is het aan te bevelen om bij het ontwikkelen van de terreinen, het landgebruik mee te nemen in het ontwerp. Voor de bestaande terreinen is dry/wet proofing kansrijk.
- Deelgebied 3: Geen aanbevelingen omdat het overstromingsrisico acceptabel blijft tussen nu en 2100 vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid.

- Deelgebied 4: Dry/wet proofing voor bestaande terreinen en landophoging en/of een waterrobuuste voor het nog te ontwikkelen terrein. De elektriciteitscentrale in het noorden kan ook kansrijk beschermd worden met lokale keringen tot een beschermingsniveau van 1.000 jaar.
- Deelgebied 7: Dry/wet proofing.

Voor het restrisico in de Maasvlakte beveelt deze adaptatiestrategie aan om een gebiedsnood- en herstelplan op te stellen en regelmatig te oefenen. Vooral voor bedrijven met onderlinge afhankelijkheden van andere bedrijven is dit interessant. Dit plan zou moeten worden afgestemd met bedrijven uit de Botlek, Europoort en Maasvlakte, vanwege de onderlinge afhankelijkheid tussen de bedrijven in deze gebieden. In het gebiedsnood- en herstelplan worden de ketenafhankelijkheden op orde gebracht (wie is waarvan afhankelijk, wie is er verantwoordelijk voor en wat kan er gebeuren bij een overstroming) en afspraken gemaakt over wie, wat, wanneer doet in geval van een (dreigende) overstroming. Maar een gebiedsnood- en herstelplan is ook nuttig voor het stellen van prioriteiten voor herstel, zodat de activiteiten waar veel bedrijven van afhankelijk zijn voorrang krijgen bij het herstel. Naast een gebiedsnood- en herstelplan is het aan te bevelen om individuele noodplannen op te stellen en/of het overstromingsrisico op te nemen in bestaande noodplannen. In combinatie met dit plan, is het effectief als bedrijven in het gebied noodvoorzieningen treffen die genomen kunnen worden vlak voor of tijdens een overstroming, om het restrisico zo veel mogelijk te reduceren.

Ten slotte is een crisisbeheerplan voor de Maasvlakte (en de rest van het HIC) onder coördinatie van de Veiligheidsregio Rotterdam-Rijnmond (VRR) aan te bevelen, met aandacht voor communicatie vlak voor en tijdens een overstroming vanwege de beperkte handelingstijd om noodplannen uit te voeren.

5. Aanbevelingen voor het vervolg

Het proces van Joint Fact Finding heeft geleid tot bewustwording van de overstromingsrisico's bij belanghebbenden. De gezamenlijke dialoog heeft de basis gelegd voor draagvlak voor de aanbevolen adaptatiestrategie. Deze adaptatiestrategie is geformuleerd op basis van de huidige inzichten. Nieuwe ontwikkelingen, zoals zeespiegelstijging en ruimtegebruik, kunnen er toe leiden dat de strategie aangepast moet worden. Zo kunnen nieuwe klimaatscenario's (gepland voor 2023 door het KNMI) ervoor zorgen dat de verwachte zeespiegelstijging naar boven toe aangepast wordt. In dit geval zullen er mogelijk eerder maatregelen gewenst zijn, dan nu naar voren komt met het afwegingskader. Het wordt dan ook aanbevolen om de strategie periodiek te actualiseren.

Voor de belanghebbenden in het gebied (bedrijven, nutsbeheerders, overheden, etc.) is het aan te bevelen om de overstromingsrisico's individueel af te wegen om zo een indruk te krijgen van het moment waarop maatregelen gewenst zouden zijn. Een vervolgstap is dat deze afweging en wensen met betrekking tot maatregelen met elkaar gedeeld wordt. Op deze manier ontstaat inzicht in en afstemming over de gewenste timing en maatregelen en wordt voorkomen dat een gerealiseerde maatregel achteraf overbodig bleek te zijn door een kosteneffectievere maatregel later in de tijd. Of dat een maatregel op de korte termijn, een kosteneffectievere maatregel op langere termijn in de weg zit. Gezamenlijk commitment over de te volgen strategie is dus nodig voor het nemen van vervolgstappen. Ook heldere afspraken over de rollen, verantwoordelijkheden en bekostiging van de maatregelen is van belang voor het vervolg.

Ten slotte wordt aanbevolen om aan de slag te gaan met geen-spijtmateregelen, zoals het meenemen van waterveiligheid bij nieuwe ontwikkelingen en investeringsbeslissingen, treffen van noodvoorzieningen in combinatie met individuele noodplannen en het opstellen van gebiedsnood- en herstelplanplannen alsook een crisisbeheerplan. Ten aanzien van nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen en vervangingsinvesteringen wordt aanbevolen om afspraken te maken over de wijze waarop overstromingsrisico's meegenomen kunnen worden.

1 Inleiding

In de regio Rijnmond-Drechtsteden bevindt zich een groot areaal buitendijks gebied. Voor deze gebieden zijn er geen wettelijke normen voor de bescherming tegen een overstroming. Op hoofdlijnen gaat het huidige beleid voor waterveiligheid in buitendijks gebied ervan uit dat gebruikers en bewoners van buitendijks gebied zelf verantwoordelijk zijn voor het nemen van maatregelen om schade als gevolg van een overstroming te beperken. De overheid weegt bij nieuwe ontwikkelingen de risico's af en stelt indien nodig randvoorwaarden om deze risico's te beheersen, denk bijvoorbeeld aan het uitgiftepeilenbeleid van de gemeente Rotterdam en het beleid voor nieuwbouw van de provincie dat gericht is op het voorkomen van slachtoffers op basis van het lokaal individueel risico (LIR). Ook is de overheid verantwoordelijk voor de communicatie over deze risico's.

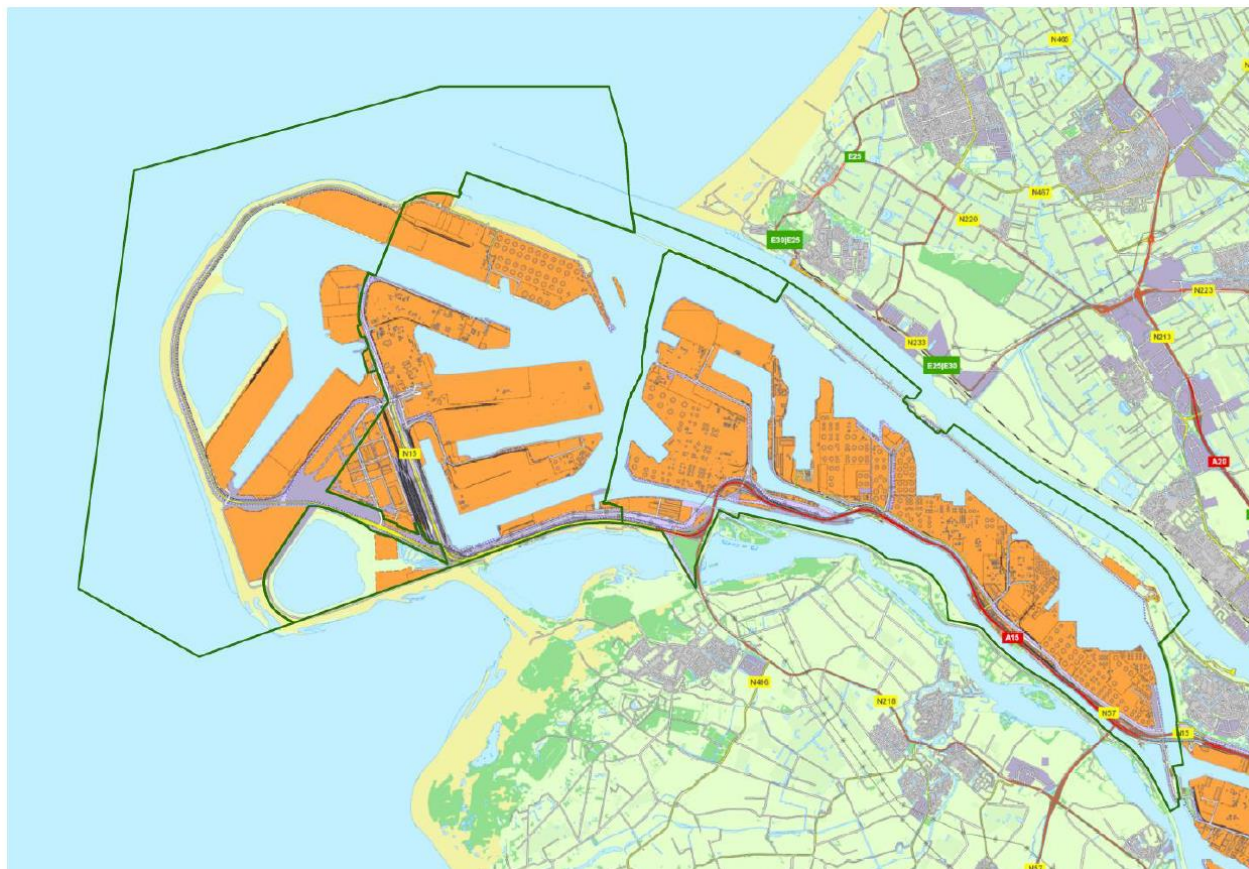
Het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD, 2014) geeft aan dat in het buitendijks gebied sprake moet zijn van een acceptabel risiconiveau. De voorkeursstrategie van het DPRD stelt voor om een 'Strategische adaptatieagenda Buitendijks' te ontwikkelen met specifieke aandacht voor het buitendijks gelegen havengebied. Gezien de aanwezige productieprocessen en bijbehorende infrastructuur die van belang zijn voor het functioneren van het havencluster en het stedelijk gebied, is hier meer kans op grote economische schade en mogelijke milieuschade. In eerste instantie is een veelbelovende adaptatiestrategie geformuleerd voor de Botlek en Vondelingenplaat in de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017). Vervolgens zijn veelbelovende adaptatiestrategieën ontwikkeld voor de Waal- en Eemhaven (2018), Merwe-Vierhavens (2019) en Europoort (2020). In dit project is een veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte opgesteld.

Voor het formuleren van een adaptatiestrategie voor de Maasvlakte is gebruik gemaakt van de kennis en ervaringen uit eerdere studies (Pilot Waterveiligheid Botlek, waterveiligheid Waal-Eemhaven, waterveiligheid Merwe-Vierhavens en waterveiligheid Europoort). De gezamenlijke startnotitie van het Havenbedrijf Rotterdam en de gemeente Rotterdam is gebruikt als startpunt voor het project (de Krijger, 2018).

1.1 Doel van de adaptatiestrategie

Het economische belang van de Rotterdamse haven is groot (regionaal, nationaal en internationaal) en er is vitale en kwetsbare infrastructuur aanwezig. De haventerreinen zijn weliswaar relatief hoog boven zeeniveau aangelegd en worden deels beschermd door bestaande keringen/kades, maar er is een kleine kans dat een deel van het gebied bij een zeer zware storm op zee overstroomt. Door klimaatverandering en de daaraan gerelateerde zeespiegelstijging neemt de kans op een overstroming toe.

In dit project zijn de overstromingskansen en -gevolgen voor de Maasvlakte onderzocht ten einde een adaptatiestrategie te kunnen formuleren. De adaptatiestrategie betreft maatregelen waarmee de overstromingsrisico's kunnen worden beheerst op een acceptabel niveau. De Maasvlakte ligt ten westen van Rotterdam en ligt geheel buitendijks, zie Figuur 1-1.



Figuur 1-1. Begrenzing Maasvlakte – Maasvlakte (MER Havenbestemmingsplannen, 2013). De begrenzing van het projectgebied Maasvlakte is het gebied links dat donkergroen omlijnd is.

1.2 Aanpak van het project

In het project hebben het Havenbedrijf Rotterdam en de gemeente Rotterdam intensief samengewerkt met belanghebbenden binnen het projectgebied, zoals bedrijven, beheerders van Nutsvoorzieningen, Rijkswaterstaat en DCMR Milieudienst Rijnmond (hierna gerefereerd aan als DCMR). De belanghebbenden zijn betrokken in een proces van Joint Fact Finding en dialogen over de formulering van een adaptatiestrategie. In bijlage 1 is een overzicht van de betrokken partijen opgenomen.

Het project is gestart met het *analyseren van de overstromingskansen* van het gebied en de hierbij behorende waterdiepten. Deze analyses zijn uitgevoerd voor verschillende zichtjaren. Paragraaf 2.2 presenteert de belangrijkste bevindingen. De analyse van de overstromingskansen vormt de basis voor het onderzoek naar de economische schade, het dominante *gevolg van een overstroming*. Er is onderscheid gemaakt tussen directe en indirecte economische schade. Tevens is (kwalitatief) verkend of en in welke mate een overstroming kan leiden tot milieuschade en slachtoffers. De resultaten zijn in werksessies met belanghebbenden in het gebied besproken, getoetst en verrijkt. Dit proces van Joint Fact Finding heeft in een aantal iteratieslagen geresulteerd in een aangescherpt en gedeeld beeld van de overstromingsrisico's. Paragraaf 2.3 beschrijft de resultaten van deze analyse.

Met een afwegingskader dat in de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017) is ontwikkeld voor het buitendijkse havengebied, is inzicht verkregen in de vraag hoe de overstromingsrisico's in de buitendijks gelegen Maasvlakte zich verhouden tot overstromingsrisico's in binnendijks gebied. Naast deze vergelijking met een 'publieke bril' is samen met de belanghebbenden ook met een 'private bril' naar de risico's gekeken; in

hoeverre accepteren de individuele bedrijven de risico's. Het beschouwen van de risico's met een publieke en private bril heeft geresulteerd in een eerste beeld van een mogelijk *acceptabel risiconiveau* voor dit buitendijkse gebied. De uitkomsten van deze analyse worden in paragraaf 2.4 gegeven.

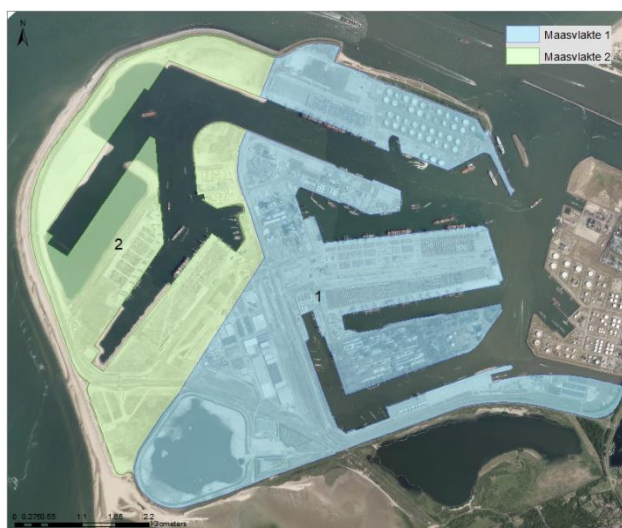
Op basis van deze analyses zijn mogelijke *adaptatiestrategieën* geformuleerd. Deze zijn tot stand gekomen in drie stappen in dialoog met belanghebbenden. Stap 1: mogelijke maatregelen zijn geïnterpreteerd en beoordeeld op kansrijkheid (zie hoofdstuk 3). Stap 2: de maatregelen zijn vertaald naar mogelijke,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

2 Overstromingsrisico's in beeld

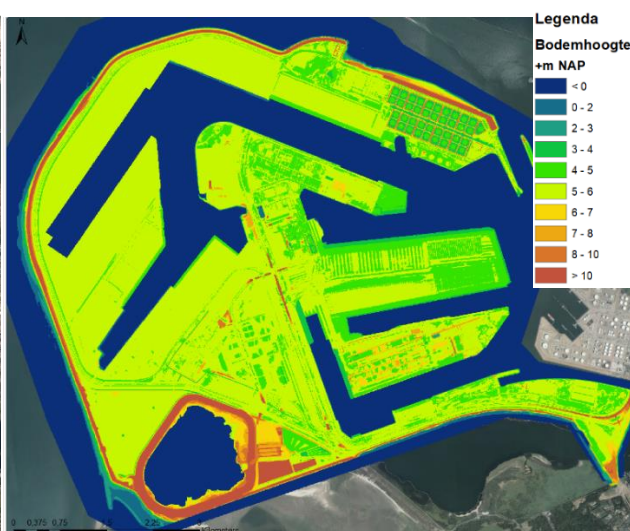
De eerste stap in de ontwikkeling van een adaptatiestrategie is het vormen van een goed beeld van huidige en toekomstige overstromingsrisico's voor de Maasvlakte. Bij de beeldvorming zijn twee elementen van belang: de kans van optreden en de gevolgen van een overstromingsscenario. Dit hoofdstuk vat belangrijke karakteristieken van het gebied (§2.1) samen. De overstromingsituaties bij verschillende herhalingstijden en de gevolgen daarvan worden gepresenteerd in respectievelijk §2.2 en §2.3. In §2.4 worden de overstromingsrisico's in beeld gebracht aan de hand van drie gebeurtenissen. De laatste paragraaf (§2.5) plaatst de kansen en gevolgen in het perspectief van een aantal kaders.

2.1 Beknopte gebiedsbeschrijving en ontwikkelingen

De gehele Maasvlakte beslaat ongeveer 5.000 ha op dit moment. Hiervan bestaat ongeveer 3.250 ha uit land. Van de 3.250 ha land is, naast infrastructuur en niet uitgeefbaar terrein, ongeveer 2.280 ha beschikbaar voor haven gerelateerde activiteiten. Het gebied ligt grotendeels boven NAP+5,0m (zie Figuur 2-1). Enkele van deze gebieden liggen lager dan NAP+5,0m (zie Figuur 2-2).



Figuur 2-1. Maasvlakte, opgedeeld in Maasvlakte 1 en 2



Figuur 2-2. Terreinhoogte Maasvlakte.

Bedrijvigheid in de Maasvlakte

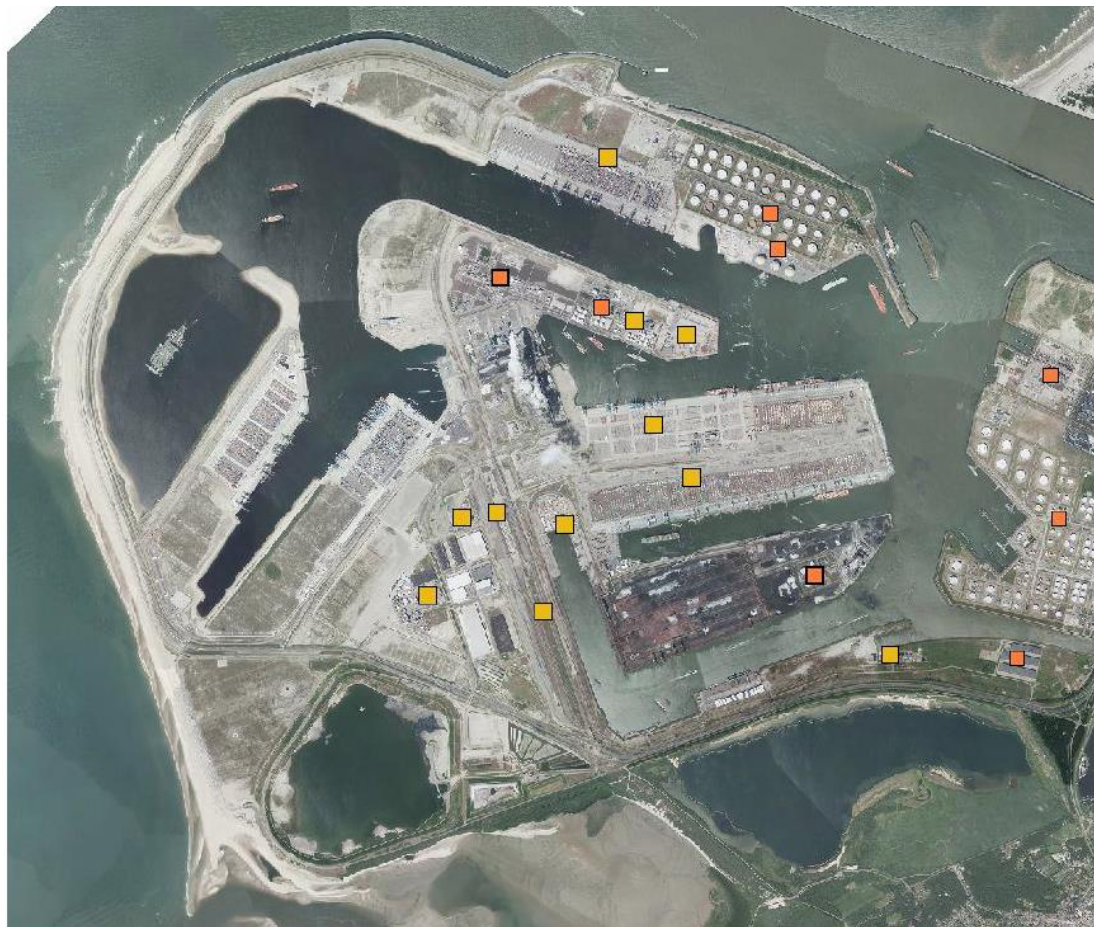
Op de Maasvlakte is 1.480 ha in gebruik genomen voor havenactiviteiten, 800 ha is nog braakliggend en beschikbaar voor toekomstige ontwikkeling. De verdeling van de gebruiksfuncties in het gebied is gepresenteerd in Figuur 2-3. Wat betreft havenactiviteiten zijn containerterminals (21%) veruit het meest aanwezig in het gebied. Andere gebruiksfuncties zijn tankopslag (6%), kolen- en ertsterminal (5%), sites van nutvoorzieningen incl. energieproductie (4%), chemische industrie (3%), distriparken (3%), transportmiddelenindustrie (2%), stukgoederenoverslag (1%) en kantoren (0.1%). Figuur 2-3 geeft een overzicht van de huidige activiteiten in het gebied.



Figuur 2-3. Huidige landgebruikskaat Maasvlakte.

Op de Maasvlakte is ook vitale en kwetsbare infrastructuur aanwezig. Zo is de N15 de belangrijkste wegverbinding naar het achterland. Ook zijn er spoorverbindingen en vitale infrastructuurknooppunten zoals hoogspanning- en gasstations. Er lopen pijpleidingen tussen bedrijven waarvan de koppelstations boven maaiveldniveau kwetsbaar zijn en er zijn nutsvoorzieningen als elektra, gas, telecom en (afval)watervoorziening. Voor de continuïteit van de haven is het van groot belang dat deze vitale netwerken blijven functioneren.

Ten slotte zitten er BRZO bedrijven (6) en Bevi bedrijven (13) op de Maasvlakte, zie Figuur 2-4. De afkorting van BRZO staat voor Besluit Risico's Zware Ongevallen en heeft als doel het voorkomen en beheersen van zware ongevallen met gevaarlijke stoffen. BRZO bedrijven zijn bedrijven waar zich gevaarlijke stoffen op het terrein bevinden. In geval van een overstroming kan er mogelijk schade aan het milieu ontstaan. Het externe veiligheidsbeleid voor inrichtingen is geregeld in het Besluit externe veiligheid inrichtingen (Bevi). Het Bevi stelt grenzen aan de risico's die inrichtingen vormen voor personen buiten het bedrijfsterrein. Het gaat daarbij onder meer om grote chemische industrieën, LPG-tankstations, opslagloodsen met gevaarlijke stoffen, ammoniakkoelinstallaties en spoorwegemplacements.



Figuur 2-4. Overzichtskaart van Maasvlakte met locatie BRZO bedrijven (oranje hokjes) en BEVI bedrijven (gele hokjes) (Risicokaart Nederland)

Geplande en autonome ontwikkelingen

Geplande en autonome ontwikkelingen kunnen de kansen op en gevolgen van een eventuele overstroming op de Maasvlakte veranderen tussen nu en 2100. Klimaatverandering en de daaraan gekoppelde zeespiegelstijging zijn als uitgangspunt gehanteerd in de ontwikkeling van de adaptatiestrategie. De klimaatscenario's van het KNMI en de daaraan gekoppelde verwachte zeespiegelstijging zijn gebruikt om de toekomstige overstromingskans in te schatten. In deze studie is uitgegaan van het extreme W+ klimaatscenario (Deltaprogramma Waterveiligheid, 2014). Bij dit scenario stijgt de zeespiegel met +35cm in 2050 en +85cm in 2100 (ten opzichte van 1990). In het gematigde G klimaatscenario blijft de zeespiegelstijging beperkt tot +15cm in 2050 en +35cm in 2100 (ten opzichte van 1990). De zeespiegelstijging in het W+ klimaatscenario in 2050 treedt in het G scenario dus pas 50 jaar later op en kunnen dus met elkaar worden vergeleken.

Andere ontwikkelingen die het overstromingsrisicoprofiel mogelijk kunnen beïnvloeden, zoals gebiedsontwikkeling, zijn niet meegenomen in het waterveiligheidsbeeld.

2.2 Overstromingskansen in de Maasvlakte

De Maasvlakte is zogenaamd "buitendijks" gebied. Dat betekent niet dat het gebied volledig onbeschermd is (zie ook bijv. Konter, 2013). Zo is de gehele Maasvlakte relatief hoog aangelegd om de kans op overstroom te beperken. De hoogte van de Maasvlakte 2 is gebaseerd op een overstroming van binnenuit met een kans van voorkomen van 1/10.000 per jaar in 2050, waarbij een beperkte overstroming

met een waterdiepte van 50cm op het terrein acceptabel is. De infrastructuurbundel van Maasvlakte 2 is aangelegd op NAP+5,5m (Gemeente Rotterdam, 2008). De buitencontour van de Maasvlakte is in feite een zeewering met als functie het beschermen tegen hoogwater en golfaanval vanuit zee. De Maasvlakte kent twee typen zeeweringen: een harde zeewering van 3,5km lang in de noordwesthoek en een zachte zeewering van 7,5km lang aan de westelijke en zuidelijke zijde. De gehele zeewering is ontworpen met een kans van bezwijken van 1/10.000 per jaar inclusief een opslag voor zeespiegelstijging.

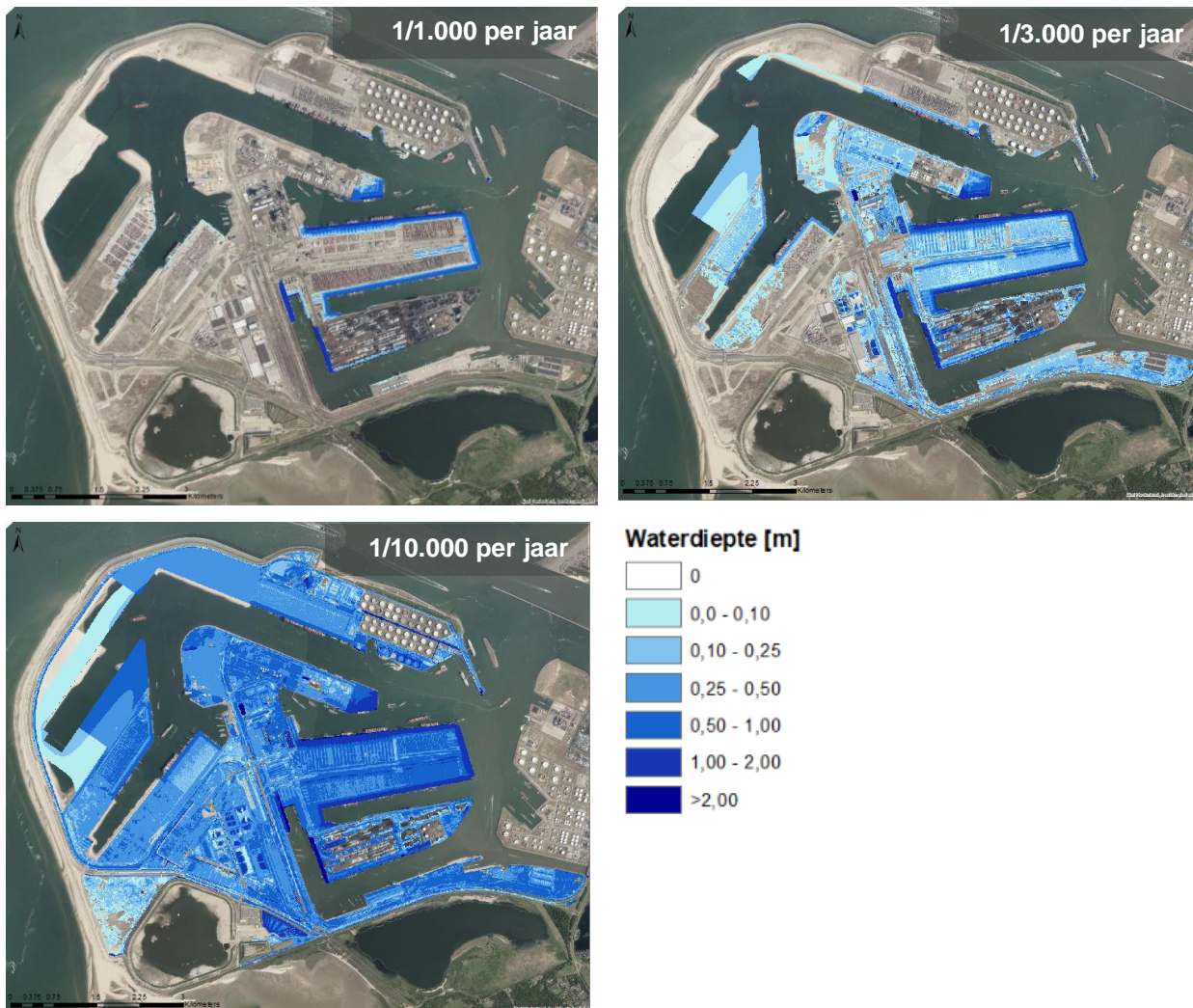
Huidige overstromingskansen

Een overstromingsanalyse is uitgevoerd om inzicht te krijgen in de kansen op een overstroming in de Maasvlakte. Uitkomst van de analyse naar overstromingskansen is dat, weliswaar met een kleine kans, een deel van de Maasvlakte te maken kan krijgen met water in het gebied vanwege een overstroming vanuit de Noordzee. De kans voor de huidige situatie dat er water in het gebied komt is gemiddeld 1/3.000 – 1/10.000 per jaar. Enkele deelgebieden hebben een kleinere dan wel grotere kans dat er water in het gebied komt. Figuur 2-5 geeft een grove schets van de huidige waterveiligheidssituatie in het gebied met daarin de deelgebieden die een grotere kans op een overstroming hebben.



Figuur 2-5. De Maasvlakte en in rood de gebieden met een hogere overstromingskans dan 1/3.000 – 1/10.000 per jaar nu. De blauwe pijl geeft aan waar de dreiging van hoogwater vandaan komt.

Uit de berekeningen blijkt dat er een kleine kans (1/3.000 – 1/10.000 per jaar) is dat een significant gedeelte van de Maasvlakte te maken krijgt met water, vanwege hoogwater vanuit de Noordzee. Op een aantal plekken is de kans echter groter (1/1.000 per jaar, zie Figuur 2-5). De verwachting is dat een overstroming veroorzaakt wordt door een zeer zware Noordwesterstorm, met windkrachtpieken van 11 of 12 (Beaufort). Een dergelijke storm is ca. 2 dagen van tevoren met enige nauwkeurigheid te voorspellen. Het (zoute) water staat maximaal 1-2 dagen in het gebied. Figuur 2-6 geeft een indicatie van de waterdiepte in de huidige situatie bij drie verschillende kansen: 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar. De achtergrond van deze kaarten is toegelicht in hoofdstuk 2 van het bijlage rapport.



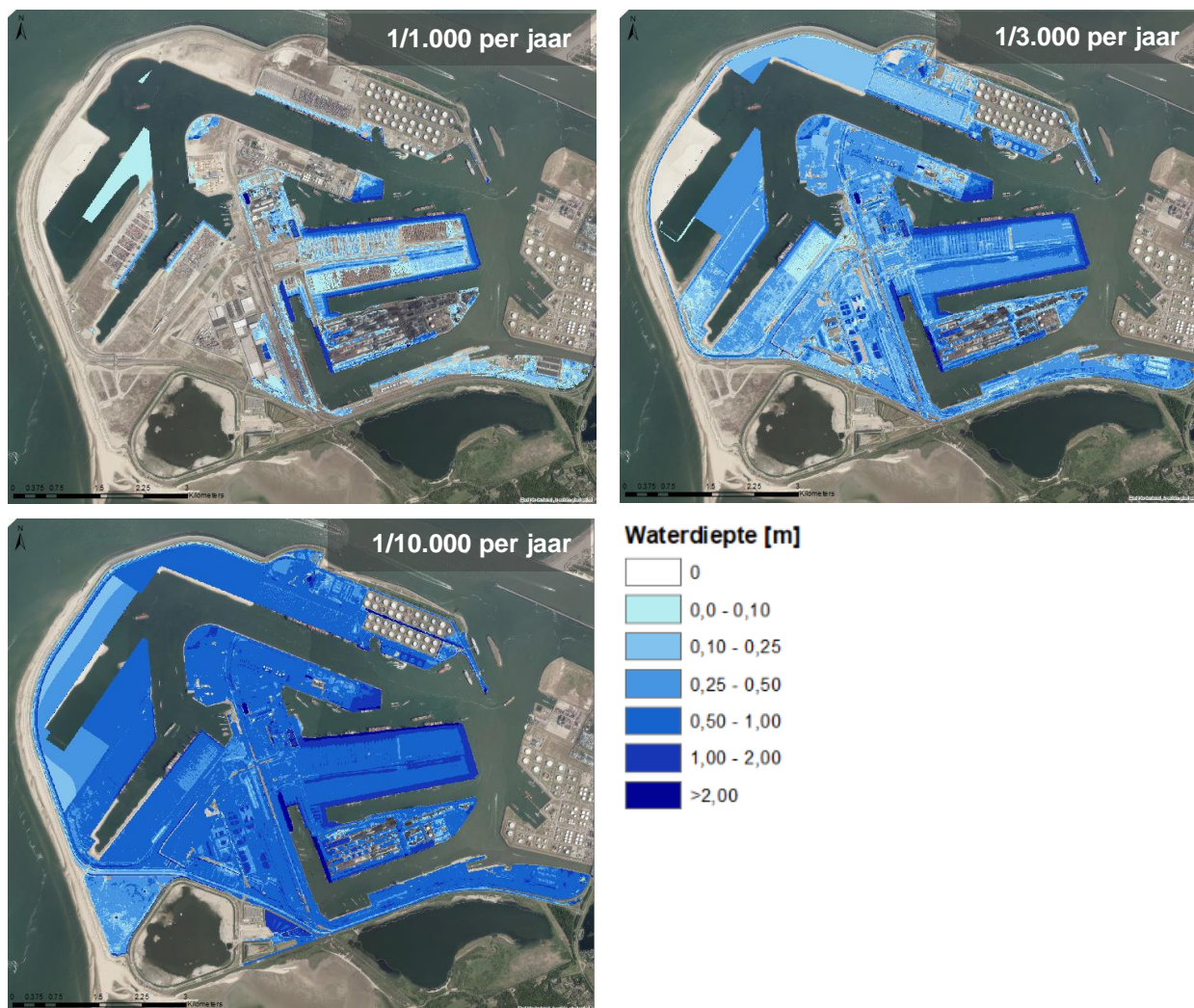
Figuur 2-6. Overstromingsbeelden van de Maasvlakte voor de huidige situatie bij een kans van 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar

Overstromingskansen in de toekomst

In de toekomst neemt de kans op overstroom toe door zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering. Op dit moment krijgt een aanzienlijk deel van het oostelijk deel van de Maasvlakte te maken met water bij een overstroming met een kans van 1/3.000 per jaar en het westelijk deel van de Maasvlakte bij een overstroming met een kans van 1/10.000 per jaar. In de toekomst vergroot de kans naar 1/1.000–1/3.000 per jaar bij een zeespiegelstijging van 35cm. Bij een zeespiegelstijging van 85cm nemen zowel het areaal als de waterdieptes toe in geval van een overstroming. Het beeld van een overstroming van 1/10.000 jaar in de huidige situatie is ongeveer vergelijkbaar met een overstroming van 1/3.000 jaar in 2050 en van 1/1.000 jaar in 2100 op basis van het W+ klimaatscenario. De overstromingskans neemt dus ongeveer met een factor 3 toe in 2050 en weer met een factor 3 in 2100.

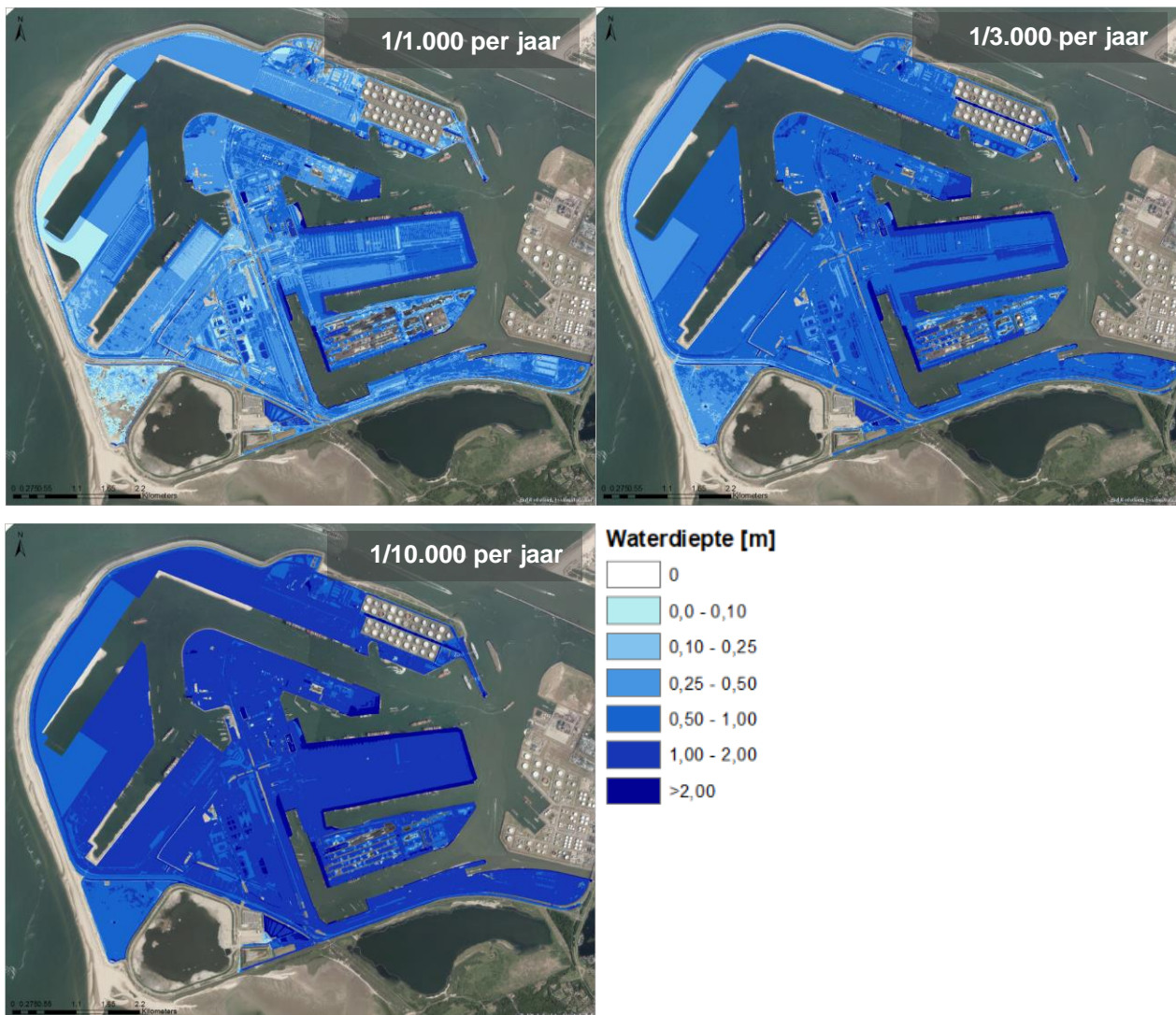
Figuur 2-7 laat zien hoe de overstromingskansen per deelgebied zich ontwikkelen in 2050. De figuur geeft een indicatie van de waterdiepte in 2050 bij verschillende kansen: 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar, bij het W+ klimaatscenario. Een kleinere kans van voorkomen vergroot het gebied dat overstroomt en verhoogt de waterdieptes. In het geval van een overstroming met een kans van 1/3.000 per jaar overstroomt grote delen van zowel de Maasvlakte. De waterdieptes bij kans van 1/3.000 per jaar blijven beperkt tot ongeveer 30cm in het grootste deel, met op sommige lageregelegen kades waterstanden oplopend tot 1 à 2m. Een overstroming met kans van 1/10.000 per jaar resulteert in een overstroming van vrijwel het hele gebied. De

grootste overstromingsdieptes zijn te vinden op de pier aan het einde van de Antarticaweg (Europahaven), de kades van de Mississippi- en Amazonehaven en enkele kades van de Hartelhaven (variërend van 50cm tot meer dan 2m).



Figuur 2-7. Overstromingsbeelden van de Maasvlakte in 2050 bij een kans van 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar voor het W+ klimaatscenario.

Figuur 2-8 geeft de overstromingskansen en waterdieptes weer voor 2100. Het overstromingsbeeld bij een kans van 1/1.000 per jaar verschilt niet veel van een overstroming met kans van 1/3.000 per jaar in 2050. Bij een herhalingsstijd van 1/3.000 en 1/10.000 per jaar nemen de waterdieptes verder toe in vergelijking met 2050. Het overstromingsareaal blijft vrijwel gelijk.



Figuur 2-8. Overstromingsbeelden in 2100 bij een kans van 1/1.000, 1/3.000 en 1/10.000 per jaar voor de Maasvlakte voor het W+ klimaatscenario.

2.3 Gevolgen van een overstroming

Samen met de belanghebbenden is verkend welke gevolgen een overstroming kan hebben voor bedrijven op de Maasvlakte. Bij verschillende waterdieptes verwachten de belanghebbenden verschillende gevolgen:

- 10-20cm: Bij circa 10-20cm water op een site kan de eerste schade ontstaan. Denk hierbij aan schade aan producten en assets die onder, op en vlak boven het maaiveld staan (bijvoorbeeld elektra, pompen, leidingtracés en vorkheftrucks). Ook kan schade ontstaan door het overstromen van het riool/ buffers of vollopen ervan met zand en slib. Water (10-20cm) op de weg en/of spoor kan leiden tot uitval van vervoer via rail en weg en mogelijke verweking van de spoorbaan.
- 50cm: Belanghebbenden verwachten dat een waterdiepte van 50cm kan leiden tot schade aan hoger opgeslagen producten, verdeelkasten, machines en kranen. Bij deze waterdiepte zouden (bijna) lege tanks ook kunnen gaan opdrijven.
- 150-300cm: Extreme waterdieptes van 150-300cm kunnen mogelijk resulteren in het falen van de fabriek en installaties. Bovendien komt het water dan hoger dan de containmentdijken rondom de tanks. Dit zou tot schade aan de tanks kunnen leiden.

Naast een kwalitatieve verkenning, zijn de economische schade en dodelijke slachtoffers als gevolg van een overstroming kwantitatief in beeld gebracht. Tevens is in de pilot Waterveiligheid Botlek (Royal HaskoningDHV, 2017) met experts een kwalitatieve analyse gemaakt van milieuschade als gevolg van een overstroming. Deze analyse is met de belanghebbenden getoetst. De onderstaande paragrafen gaan dieper in op de analyse van (1) economische schade; (2) dodelijke slachtoffers; en (3) milieuschade.

(1) Economische schade

Bij economische schade is onderscheid gemaakt tussen de directe schade die optreedt aan gebouwen, installaties en andere voorzieningen en de indirecte schade vanwege het stil komen te liggen van de bedrijfsvoering en/of het niet optimaal kunnen gebruiken van de aanwezige infrastructuur met als gevolg omzetverlies, denk aan het uitvallen van de elektriciteitslevering door het falen van elektriciteitsstations als gevolg van een overstroming. Uitval van elektriciteitsstations op de Maasvlakte komt in zicht bij een overstroming met een kans van voorkomen van eens in de 10.000 jaar nu tot eens in de 3.000 jaar bij een zeespiegelstijging van 35cm (voorspeld voor 2050 in het W+scenario van het KNMI). Dit blijft beperkt tot laagspanningsstations. De indirecte schade is in sommige gevallen gebiedsoverstijgend, vanwege de onderlinge afhankelijkheden tussen de verschillende activiteiten in de Maasvlakte en daar buiten (bijvoorbeeld met andere havengebieden in Rotterdam). Hierdoor kunnen bedrijfsprocessen stil komen te liggen, ook als deze bedrijven niet in het overstroemde gebied liggen.

De directe economische schade is gekwantificeerd met schadefuncties² van Tebodin (1998) voor de verschillende gebruiksfuncties in de Maasvlakte en de overstromingsbeelden. De gebruiksfuncties van Tebodin zijn verfijnd in de pilot Waterveiligheid Botlek (HKV/VU, 2016) en voor zover nodig aangepast tijdens de werksessies naar aanleiding van de inzichten van belanghebbenden in de Maasvlakte. De indirecte schade heeft de Vrije Universiteit (VU, 2019) berekend met behulp van het ARIO (Adaptive Regional Input-Output) model (Hallegatte, 2008, 2014). Het gaat hier om de schade die ontstaat, omdat bedrijven in de regio Rijnmond gedurende de herstelperiode van een overstroming in de Maasvlakte niet kunnen produceren. Voor het ARIO model voor de Maasvlakte is gebruik gemaakt van de nationale handelsmatrix (input-output tabel) van het CBS voor 2016, in combinatie met regionale economische data van het gebied 'Rijnmond', dat het gehele havengebied omvat, inclusief de stad Rotterdam. Vervolgens is de afname in productie van bedrijven per sector aangepast aan de situatie voor de Maasvlakte. In het bijlagenrapport (hoofdstuk 3) is de gebruikte methode terug te vinden.

Tabel 2-1 laat een schatting van de ontwikkeling van de economische schade zien op basis van de modelberekeningen. De tabel geeft voor verschillende herhalingstijden (1/10 tot 1/10.000 per jaar) de directe, indirecte en totale schadebedragen. De verwachte jaarlijkse schade (ook wel: het risico) in deze tabel is de som van de kans van voorkomen en de gevolgschade van de gebeurtenissen met verschillende herhalingstijden. Dit bedrag geeft het risico weer dat op jaarbasis optreedt als gevolg van de dreiging van hoogwater. Deze verwachte jaarlijkse schade wordt later gebruikt in de effectbepaling van de maatregelen (kosten van een maatregel versus de schade die een maatregel reduceert: de baten). De effectbepaling komt aan bod in hoofdstuk 5). De theorie achter het bepalen van de baten wordt uitgelegd in het bijlagenrapport (hoofdstuk 6).

² Een schatting van de directe schade van een bepaalde gebeurtenis volgt uit de overstromingskarakteristieken en een schadecurve (veelal als functie van de overstromingsdiepte).

Tabel 2-1. Ontwikkeling economische schade in de Maasvlakte door klimaatverandering (W+ klimaatscenario) afgerond in miljoenen Euro

Herhalingstijd	Directe schade (mEUR)			Indirecte schade (mEUR)			Totale schade (mEUR)		
	nu	2050	2100	nu	2050	2100	nu	2050	2100
1/10 jaar	2,4	9,6	43,0	0,1	0,1	0,4	2,4	9,6	43,4
1/100 jaar	32,8	58,8	142,5	3,9	6,1	12,8	36,7	64,9	155,3
1/300 jaar	68,8	105,5	406,3	6,8	9,0	436,7	75,5	114,5	843,0
1/1.000 jaar	127,3	252,5	1.077,7	28,5	278,1	1225,6	155,9	530,6	2.303,3
1/3.000 jaar	389,0	809,9	1.840,6	428,0	1.065,5	2.255,8	817,0	1.875,4	4.096,5
1/10.000 jaar	1.141,7	1.668,1	2.550,0	1.296,6	2.229,1	3.643,8	2.438,3	3.897,2	6.193,8
Verwachte jaarlijkse schade (VJS) ³ [mEUR/jr]	2,6	4,9	13,6	0,7	1,7	6,2	3,4	6,6	19,9
Contante Waarde VJS [mEUR]	90,1	167,3	470,6	25,5	59,2	215,4	115,6	226,5	686,0

De schadebepaling in Tabel 2-1 laat zien dat de verwachtingswaarde met circa een factor 2 toeneemt van nu naar 2050 en met een factor 3 van 2050 naar 2100. Dit komt door zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering en hierdoor grotere schades bij overstroming met eenzelfde herhalingstijd. De schadeberekeningen houden geen rekening met eventuele waterveiligheidsmaatregelen die genomen gaan worden.

De hiervoor genoemde indirecte schadeberekening van een overstroming van de Maasvlakte is beperkt tot de regio Rijnmond. Echter, naar verwachting is de indirecte schade groter, omdat het industriegebied ook verbonden is met andere industriegebieden. Zo gaat ca. de helft van de in de Rotterdamse haven omgezette 100 miljoen ton olie en olieproducten over de grens: ca. 16 miljoen ton naar het Ruhrgebied en 30-35 miljoen ton naar Antwerpen (pilot Botlek, 2017). Ook ligt een belangrijke toeleverancier van erts en kolen naar centrales in Duitsland op de Maasvlakte. De centrales in Duitsland hebben geen / beperkt toegang tot alternatieve levering, met als resultaat economische schade bij uitval van de levering uit de Maasvlakte. Schade aan producten bij bijvoorbeeld containerterminals kan ook gevolgen hebben voor processen door heel Europa. Veel afnemers hebben zich namelijk beperkt tot 1 leverancier. Het bestellen van nieuwe producten bij andere leveranciers neemt daardoor veel tijd in beslag vanwege de productie- en verschepingstijd (belanghebbenden verwachten dat dit ca. 2-3 maanden duurt). Het resultaat is dat processen bij afnemers stil komen te vallen. Hiernaast is het onzeker of eventuele uitval van de energiecentrales op de Maasvlakte gevolgen heeft voor het hoogspanningsnet en daarmee elektriciteitslevering in Nederland.

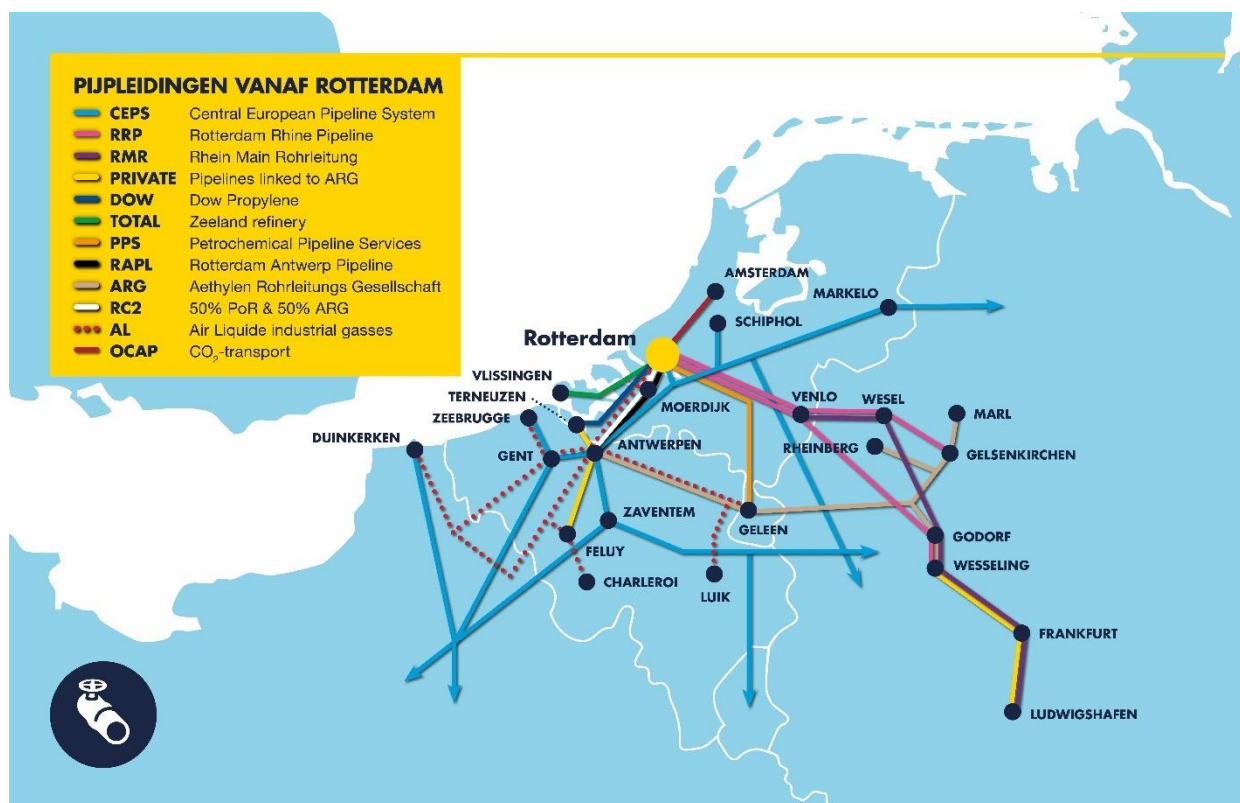
Ten slotte liggen er pijpleidingen en aanvoerstations op de Maasvlakte met verbindingen tussen het Rotterdamse havengebied en andere industriegebieden (zie Figuur 2-9). De onderstaande zijn relevant voor mogelijke indirecte schade vanwege een overstroming van de Maasvlakte.

- Via de **TOTAL** leiding wordt olie geleverd aan de Zeeland Refinery in Vlissingen. Deze leiding komt van de Maasvlakte en loopt via een zinker naar de Europoort en vanaf daar met een booster naar Vlissingen.

³ De verwachte jaarlijkse schade is de som van de schades bij de verschillende overstromingsevents waarin de kans van voorkomen van het desbetreffende event is verdisconteerd.

De Zeeland Refinery in Vlissingen is afhankelijk van deze pijpleiding. Mocht deze uitvallen, dan ontstaat hier ook schade. De leiding loopt echter door een deelgebied van de Maasvlakte dat niet heel gevoelig is voor een overstroming (een kans van 1/10.000 per jaar nu).

- De openbare **RC2** pijpleiding tussen Rotterdam en Antwerpen is aangelegd tussen de Maasvlakte, Europoort en de Botlek. Een pompstation staat op de Maasvlakte in een deelgebied. Dit gebied heeft een kans dat het overstromt van 1/3.000 per jaar nu.



Figuur 2-9. Pijpleidingen vanaf Rotterdam (Havenbedrijf Rotterdam).

Schade op de Maasvlakte door een overstroming in de Botlek

Naast dat een overstroming van de Maasvlakte voor indirecte schade kan zorgen in andere gebieden, kan er andersom schade bij bedrijven op de Maasvlakte ontstaat door een overstroming in andere havengebieden waar deze bedrijven van afhankelijk zijn. Heel specifiek is hier het Botlekgebied vanwege de vitale en kwetsbare infrastructuur die in de Botlek ligt waar verschillende bedrijven op de Maasvlakte van afhankelijk zijn. Specifiek voor de Maasvlakte zijn de levering van stikstof en transport via de A15. Als deze infrastructuur niet goed functioneert, valt het transport van producten en/of de productie van bedrijven die hiervan afhankelijk zijn geheel of deels stil. Aangezien de Maasvlakte een eigen hoogspanningsstation, gasstations en een demiwaterfabriek heeft, zijn de bedrijven niet tot nauwelijks afhankelijk van de elektriciteitsvoorziening en gas- en waterlevering uit de Botlek.

Tabel 2-2 geeft een samenvatting van de kans op falen van een aantal van de vitale en kwetsbare voorzieningen in de Botlek. Deze indirecte schade is gekwantificeerd in de overstromingsrisicoanalyse van de Botlek en omvat ook de indirecte schade die ontstaat op de Maasvlakte.

Tabel 2-2. Kans op falen van een aantal vitale en kwetsbare voorzieningen in de Botlek, Pilot Waterveiligheid Botlek (2017)

	Nu: 1/300 Zeespiegel +35cm: 1/100	Nu: 1/1.000, Zeespiegel +35 cm: 1/300	Nu: 1/10.000 Zeespiegel +35: 1/3.000
Water	Geen onderbreking	Nauwelijks schade, wel stilleggen	Schade, hersteltijd
Stikstof	Geen onderbreking	Grote schade, lange hersteltijd	Grote schade, lange hersteltijd
Gas	Geen onderbreking	Nauwelijks schade, wel stilleggen	Schade, hersteltijd
Elektra	Geen onderbreking	Schade, hersteltijd	Grote schade, lange hersteltijd
A15& Spoor	Geen onderbreking	Nauwelijks schade, wel stilleggen	Grote schade, lange hersteltijd

(2) Slachtoffers

Dodelijke slachtoffers zijn te onderscheiden in directe slachtoffers, veroorzaakt door verdrinking tijdens de overstroming, en indirecte slachtoffers, veroorzaakt door eventuele calamiteiten die zich voordoen als gevolg van de overstroming. De kans op dodelijke slachtoffers is geanalyseerd aan de hand van het Lokaal Individueel Risico (LIR) met behulp van de Risico Applicatie Buitendijks (RAB) van de provincie Zuid-Holland.

De provincie heeft enkele jaren geleden het initiatief genomen om vanuit het perspectief van waterveiligheid een beleidskader te ontwikkelen voor buitendijks bouwen. Op grond van dit beleid dienen bestemmingsplannen voor buitendijkse gebieden die nieuwe ontwikkelingen mogelijk maken sinds 1 februari 2013 een inschatting te geven van het slachtofferrisico van een eventuele overstroming. De RAB faciliteert gemeenten om het slachtofferrisico als gevolg van een overstroming op een uniforme en gestructureerde manier inzichtelijk te maken (Provincie Zuid-Holland, 2013).

De overstromingskarakteristieken (waterdiepte, stijgsnelheid, stroomsnelheid) zijn vertaald naar het LIR per locatie. Het LIR heeft als input gediend om locaties te identificeren die niet aan de norm voldoen (zie Figuur 2-10). Op de Maasvlakte is het LIR kleiner dan 10-5. Dit betekent dat de kans op dodelijke slachtoffers zeer klein is.



Figuur 2-10. Slachtofferrisico in de Maasvlakte in 2050 bij het W+ klimaatscenario

(3) Milieuschade

Uit de analyse van de gevolgen van een overstroming in buitendijkse havengebieden in de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017), blijkt dat een overstroming in het havengebied vooral tot economische schade leidt. In een expertsessie voor de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017) kwam naar voren dat milieuschade mogelijk is door ofwel verspreiding van stoffen via water en eventuele indringing in de bodem of via de lucht. In geval van een overstroming zijn er diverse scenario's te bedenken waarbij schade aan het milieu kan ontstaan. Met experts vanuit het bedrijfsleven en de overheid zijn deze mogelijke scenario's verkend voor de Botlek en Vondelingenplaat.

Geconcludeerd is dat milieuschade in de vorm van kleine lekkages, breuken, etc. voor kunnen komen bij een overstroming, maar dat verwacht wordt dat de impact hiervan verwaarloosbaar is ten opzichte van de overige gevolgen. Voor potentiële ernstige gevolgen (zoals het vrijkomen van aquatoxische stoffen of het ontstaan van een levensbedreigende gifwolk), geldt dat de geconsulteerde experts de kans hierop extreem klein inschatten. Het falen van een opslagtank met olie(achtige) producten schatten de experts in als het grootste risico (kans x gevolg) van een overstroming. Het resultaat van deze kwalitatieve analyse is dat milieuschade in de Botlek en Vondelingenplaat naar verwachting een ordegrrootte kleiner is in vergelijking met de economische schade. Dit betekent dat economische schade dominant was in de afweging van overstromingsrisico's in de Botlek.

Bij de belanghebbenden in de Maasvlakte is de kwalitatieve analyse uit de Pilot Waterveiligheid Botlek getoetst. Zij verwachten ook dat milieuschade beperkt zal blijven tot het gebied en economische schade dominant zal zijn in de risicoafweging. In aanvulling op de resultaten uit de expertsessie is dat milieuschade ook kan ontstaan door uitspoeling van gevaarlijke stoffen in containers. Containers met de meest gevaarlijke stoffen staan namelijk uit veiligheidsoverwegingen op de grond. Indien containers met gevaarlijke stoffen in het water komen te staan, is er risico op milieuschade. Opgeslagen stoffen kunnen in aanraking met het

water uitspoelen in de grond met kans op bodemverontreiniging. De milieuschade blijft naar verwachting beperkt tot de eigen site (lokale impact).

2.4 Overstromingsrisico's in beeld aan de hand van drie gebeurtenissen

Aan de hand van drie gebeurtenissen met verschillende overstromingskansen bij het huidige klimaat, worden de gevolgen van een overstroming in beeld gebracht⁴.

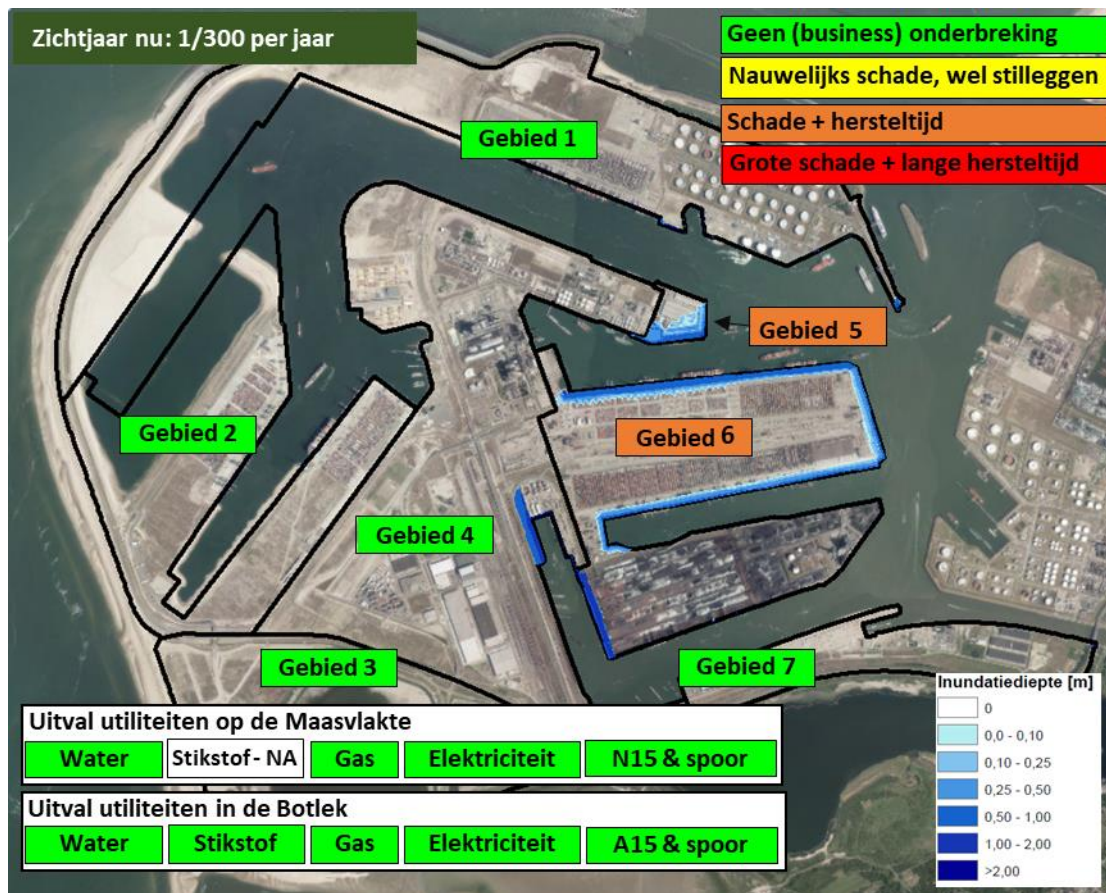
1. Een overstroming in de huidige situatie met een terugkeertijd van 1/300 per jaar

Enkele dagen is er al gewaarschuwd voor een zeer zware storm die de storm van 1953 zal overtreffen. Een zware noordwesterstorm stuwt op die winterse dag het water hoog op bij Rotterdam. De Maeslantkering en de Hartelkering zijn tijdig gesloten, het scheepvaartverkeer is stilgelegd. In deze omstandigheden krijgen de randen van de Maasvlakte te maken met hoogwater, waarbij een aantal kades overstromen. Met name de kades langs de noordzijde van de Amazonehaven en langs de noord- en zuidzijde van de Europahaven zijn hier vatbaar voor, evenals sommige kades langs de Hartelhaven. Hier ontstaan waterdieptes van 20cm tot op sommige plaatsen ca. 1m. Op deze laatstgenoemde plaatsen wordt hierdoor schade en uitval verwacht, bijvoorbeeld door schade aan de kranen op de lageregelegde kades.

Alle utiliteiten van nutsbedrijven blijven in bedrijf in deze situatie. Er vindt geen uitval plaats van elektriciteit of gas. Ook de toelevering van kritische grondstoffen uit de Botlek faalt niet. Door de harde wind is er wat schade aan gebouwen, installaties en mogelijk containers. De kans op het falen van tanks lijkt minimaal, waardoor kans op milieuschade verwaarloosbaar lijkt. De omliggende polders blijven allemaal droog vanwege de dijken. De geschatte directe economische schade bedraagt bijna 70 miljoen Euro op de Maasvlakte. De indirecte schade vanwege uitval van bedrijfsactiviteiten wordt geschat op ca. 7 miljoen Euro.

Figuur 2-11 geeft een indicatie van de gevolgen in termen van economische schade per deelgebied en voor de nutsvoorzieningen op de Maasvlakte van deze gebeurtenis. Tevens laat deze figuur in een apart kader zien wat er gebeurt met de nutsvoorzieningen in de Botlek bij deze gebeurtenis, omdat uitval van nutsvoorzieningen in de Botlek ook tot schade voor bedrijven op de Maasvlakte kan leiden. Deze schade is al meegenomen als indirecte schade in de Botlek en is om die reden niet meegenomen in de schadeberekeringen voor de Maasvlakte.

⁴ Algemeen uitgangspunt bij de uitwerking van de gebeurtenissen is dat bedrijven door tijdige waarschuwing in staat zijn om – zo nodig – over te gaan tot een gecontroleerde shutdown. Het is echter niet uit te sluiten dat een ongecontroleerde shutdown optreedt.



Figuur 2-11. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater op de Maasvlakte in gebeurtenis 1. Omdat de Maasvlakte afhankelijk is van water, stikstof, A15 en spoor in de Botlek, is ook de mogelijke uitval van utiliteiten in de Botlek meegenomen bij deze gebeurtenis.

2. Een overstrooming in de huidige situatie met een frequentie van 1/1.000 per jaar (1/300 in 2050)

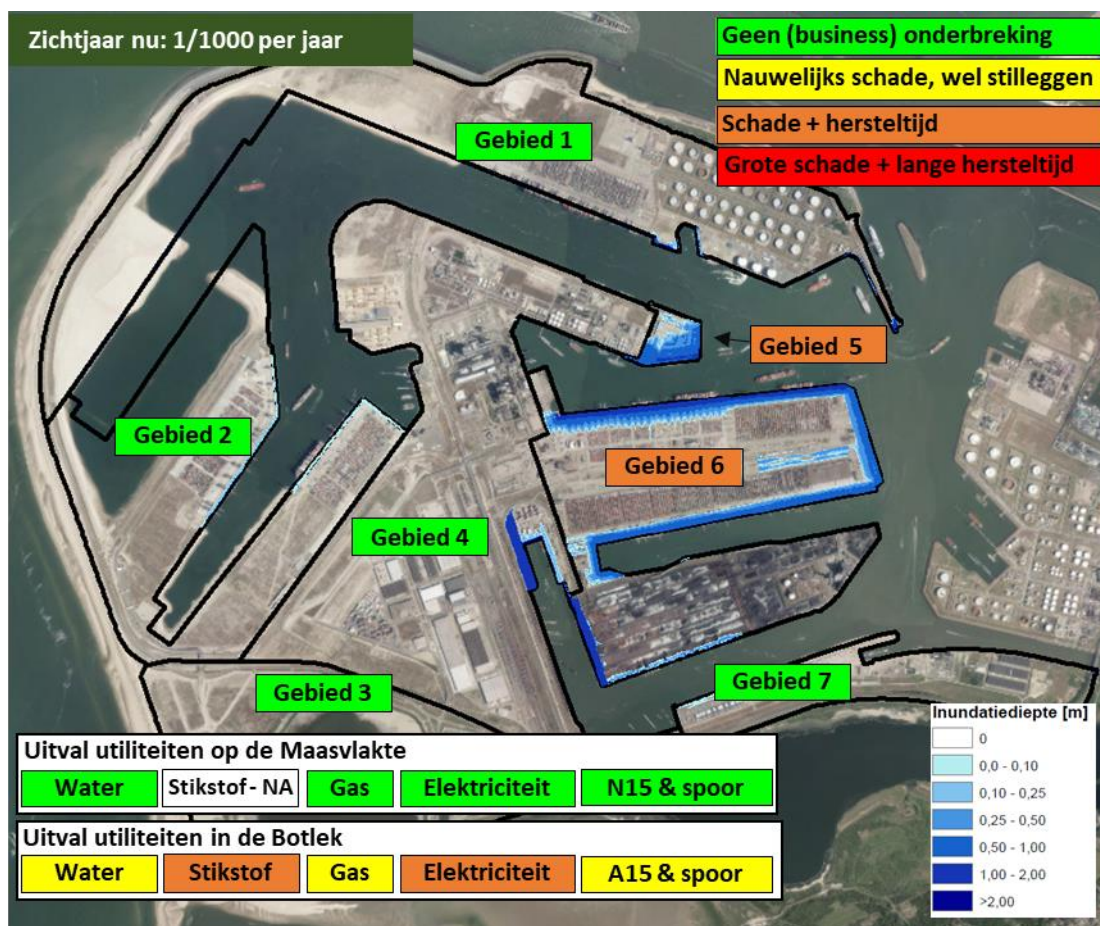
Een overstrooming met deze kans van voorkomen wordt veroorzaakt door een zeer zware storm. Een klein deel van de Maasvlakte overstroomt, met name geconcentreerd rondom de kades van een aantal terreinen. Waterdieptes variëren van 20-180cm. De grootste waterdieptes zijn te vinden op de pier aan het einde van de Antarticaweg (Europahaven), de kades van de Mississippi- en Amazonehaven en enkele kades van de Hartelhaven. In deze gebieden lopen de kades onder water tot dieptes van 180cm op sommige plaatsen. Kwetsbare assets onder en op het maaiveld in deze gebieden (bijvoorbeeld leidingtracés, kraanrijdmotoren en automated stacking cranes) kunnen hierdoor schade oplopen en bedrijfsuitval veroorzaken. De geschatte directe economische schade op de Maasvlakte bedraagt ruim 127 miljoen Euro. Door indirecte schade komt daar nog ruim 28 miljoen euro bij.

In de Botlek overstroomt een groot deel van het gebied. Mogelijk heeft dit gevolgen voor de bedrijfsvoering in de Maasvlakte, omdat de stikstoflevering uit de Botlek mogelijk wegvalt vanwege het onderlopen van het terrein van de stikstofleverancier.

Het is denkbaar dat in deze gebeurtenis milieuschade optreedt door het falen van opslagtanks en/of het uitspoelen van gevaarlijke stoffen uit containers in de grond. Een Loss of Containment met olie(achtige) producten van een opslagtank zal waarschijnlijk leiden tot een gebied waarin schade aan het milieu ontstaat van enkele tot maximaal 20km. Milieuschade vanwege uitspoeling van gevaarlijke stoffen in de grond blijft naar verwachting ook lokaal. Een ander effect is, dat opvangvoorzieningen mogelijk niet functioneren

vanwege de overstroming (bijvoorbeeld: opvangbakken zijn volgestroomd met water, olieschermen kunnen niet worden aangebracht, etc.).

Figuur 2-12 geeft een indicatie van de gevolgen in termen van economische schade per deelgebied en voor de nutsvoorzieningen op de Maasvlakte van deze gebeurtenis. Tevens laat deze figuur in een apart kader zien wat er gebeurt met de nutsvoorzieningen in de Botlek bij deze gebeurtenis, omdat uitval van nutsvoorzieningen in de Botlek ook tot schade voor bedrijven op de Maasvlakte kan leiden.



Figuur 2-12. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in de Maasvlakte in gebeurtenis 2. Omdat de Maasvlakte afhankelijk is van water, stikstof (NA = niet aanwezig), A15 en spoor in de Botlek, is ook de mogelijke uitval van utiliteiten in de Botlek meegenomen bij deze gebeurtenis.

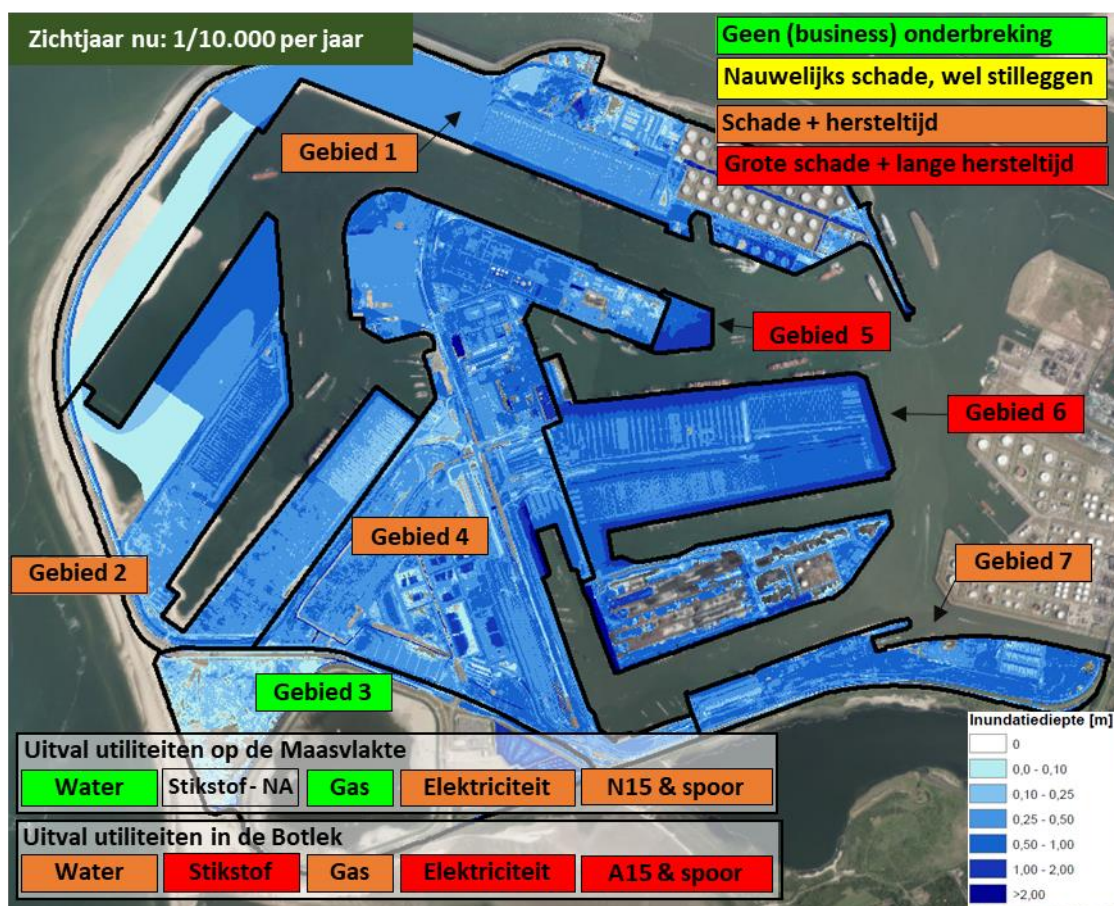
3. Een overstroming in de huidige situatie met een terugkeertijd van 1/10.000 per jaar

Voor het stormscenario bij deze herhalingstijd is al vier dagen van tevoren gewaarschuwd. Een zeer zware noordwesterstorm stuwt op die winterse dag het water extreem hoog op bij Rotterdam. Grote delen van de Maasvlakte stromen onder water, met op veel plaatsen 20 tot 50cm waterdiepte. Op een aantal lagergelegen kades staat in deze situatie tot meer dan 2m water, met schade aan assets en opgeslagen producten tot gevolg. De overstroomde industrieën in de Maasvlakte hebben een geschatte herstelperiode van 1 jaar. Dit komt deels doordat het tijd kost om noodvoorzieningen te treffen voor bepaalde utiliteiten en ook door de impact van de storm op de regio als geheel. Dit leidt tot een geschatte directe economische schade aan assets van ruim 1 miljard Euro in de Maasvlakte. Door indirecte schade wordt dit bedrag bijna 2,5 miljard euro.

De levering van cruciale voorzieningen uit de Botlek, zoals stikstof, valt ook stil. Naar verwachting zal het opstarten van de stikstoflevering lang duren vanwege herstelwerkzaamheden bij de stikstofleverancier. De A15 en de spoorlijn moeten op sommige plaatsen in het havengebied gerepareerd worden. Dit neemt meer dan een maand in beslag.

Mogelijke schade aan het milieu door uitspoeling in de grond van gevaarlijke stoffen uit containers blijft ook in deze gebeurtenis beperkt tot de eigen site. Indien de containmentdijken rond de tanks het bij deze gebeurtenis houden, blijft milieuschade als gevolg van de schade aan opslagtanks ook beperkt. Mocht er op de Maasvlakte toch een opslagtank falen, dan verspreidt het water in eerste instantie de stoffen. Indien dit op twee plekken gebeurt, wordt het gebied dat te maken krijgt met milieuschade in het geval van een olie(achtig) product geschat op tientallen kilometers (twee keer max. 20 km per tank).

Figuur 2-13 geeft een indicatie van de gevolgen in termen van economische schade per deelgebied en voor de nutsvoorzieningen op de Maasvlakte van deze gebeurtenis. Tevens laat deze figuur in een apart kader zien wat er gebeurt met de nutsvoorzieningen in de Botlek bij deze gebeurtenis, omdat uitval van nutsvoorzieningen in de Botlek ook tot schade voor bedrijven op de Maasvlakte kan leiden.



Figuur 2-13. Indicatie van de gevolgen van een hoogwater in de Maasvlakte in gebeurtenis 3. Omdat de Maasvlakte afhankelijk is van water, stikstof (NA = niet aanwezig), A15 en spoor in de Botlek, is ook de mogelijke uitval van utiliteiten in de Botlek meegenomen bij deze gebeurtenis.

2.5 Overstromingsrisico's in perspectief

Maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen zijn gewenst zodra een risico niet meer als acceptabel beschouwd wordt. Wat als een 'acceptabel risiconiveau' beschouwd kan of mag worden is in geval van

buitendijks gebied geen uitgemaakte zaak. Voor buitendijkse gebieden zijn er geen wettelijke normen voor bescherming tegen een overstroming.

Om toch een beeld te vormen van de overstromingsrisico's die toenemen als gevolg van de stijgende zeespiegel zijn deze in internationaal perspectief geplaatst, dat wil zeggen de overstromingskans is vergeleken met de overstromingskansen in andere zeehavens. Tretjakova (2012) heeft op globaal niveau een vergelijking gemaakt tussen overstromingskansen in diverse internationale grote zeehavens (Hamburg, Londen, Melbourne, New York, Ho Chi Minh, etc.). De overstromingskans van de internationale zeehavens in Engeland, Duitsland, de VS ligt in de range van 1/100 – 1/1.000 jaar. Hieruit blijkt dat de Rotterdamse haven in vergelijking met deze havens relatief veilig is (de overstromingskansen in de Rotterdamse haven zijn gemiddeld een factor 1 tot 100 lager).

Een ander perspectief waarmee de overstromingsrisico's in dit buitendijkse gebied vergeleken kunnen worden, is het publieke kader voor overstromingsrisico's in binnendijks gebied. In de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017) is een afwegingskader opgesteld om overstromingsrisico's in het perspectief te plaatsen van publieke kaders voor overstromingsrisico's in binnendijks gebied. Dat afwegingskader is ook in dit project gebruikt. Het kader op de volgende pagina vat dit afwegingskader samen voor de Maasvlakte. In hoofdstuk 4 van het bijlagenrapport wordt een nadere toelichting gepresenteerd.

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

De drie stappen in de systematiek onder het afwegingskader

1. Definieer de grenstoestand voor een specifiek object

De eerste stap analyseert wanneer, dat wil zeggen bij welke waterdiepte, een object niet meer bruikbaar is en/of schade oploopt. Uit de werksessie met belanghebbenden komt bijvoorbeeld naar voren dat bij 10-20cm waterdiepte er schade ontstaat aan assets en producten onder, op en/of vlak boven het maaiveld. Denk hierbij aan leidingtracés, vorkheftrucks en laaggelegen pompen en elektra. Ook overstromen het riool en buffers bij deze waterdiepte en wordt verwacht dat het vervoer over de weg en rail uitvalt.

2. Bepaal (a) de faalkans en (b) de acceptabele faalkans

Stap 2a bepaalt bij de waterdiepten voor de grenstoestand wat de faalkans is voor verschillende jaren (op dit moment, 2050 en 2100): Wat is de kans dat deze grenstoestand voorkomt in de huidige situatie en hoe verandert deze kans als functie van de tijd als gevolg van klimaatverandering?

Totale economische schade Maasvlakte	Acceptabele kans [1/jaar]
100 miljoen Euro	1/100
1 miljard Euro	1/1.000
10 miljard Euro	1/10.000

Tabel 2-3. Grensniveaus voor acceptabele faalkansen op basis van economische schade

3. Beoordeel of het object voor deze grenstoestand wel/niet voldoet

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



Figuur 2-14. Schematische weergave van de risicoafweging

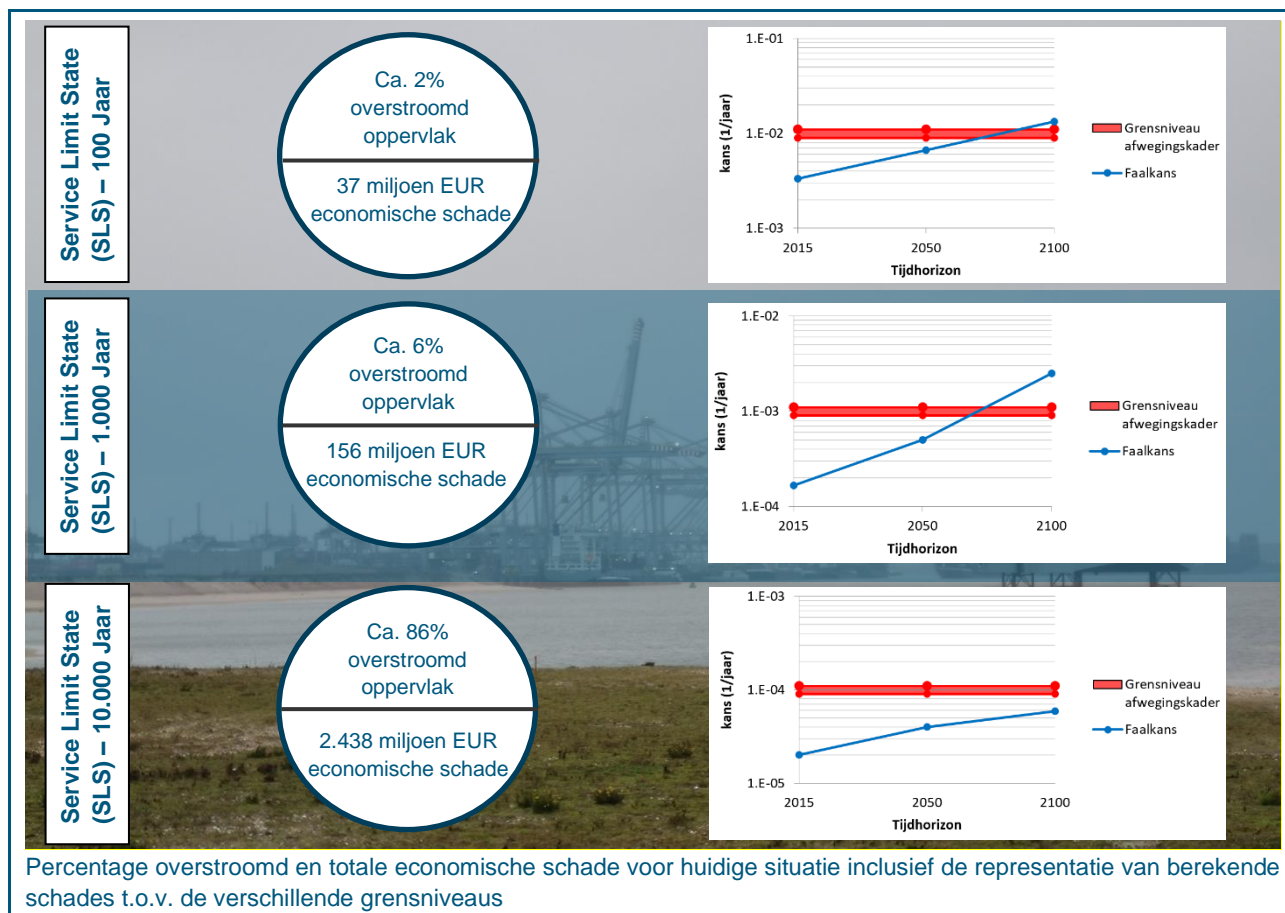
Kanttekeningen bij het afwegingskader

Er zijn twee belangrijke kanttekeningen bij het afwegingskader. Ten eerste zijn de gekozen grenzen voor het acceptabel risico geen vast gegeven. Ze hebben een bandbreedte. Dit komt omdat het gekozen grensniveau van het economische risico in het binnendijkse gebied niet één-op-één te vertalen is naar het buitendijkse gebied. Er zijn diverse aannames gemaakt om hier een richtgetal voor af te leiden. Daarnaast zal per partij verschillen wat een acceptabel risico is in buitendijks gebied. Dit is afhankelijk van hun eigen beleid en/of afweging.

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

Gebiedsgerichte afweging van overstromingsrisico's met het afwegingskader

Met de methodiek van het afwegingskader is bekeken hoe het totale overstromingsrisico van de Maasvlakte zich tot 2100 ontwikkelt in relatie tot de in deze studie gekozen grens waaronder risico's nog als acceptabel beschouwd worden (het grensniveau). Hierbij wordt het uitgangspunt van € 400/ha/jaar als grensniveau gebruikt voor het risico, waaruit acceptabele grensniveaus aan schade voor verschillende herhalingsstijden worden afgeleid. Figuur 2-15 neemt de drie eerder beschreven gebeurtenissen (een overstroming met een kans van 1/100 per jaar, een overstroming met een kans van 1/1.000 per jaar en een overstroming met een kans van 1/10.000 per jaar) als voorbeeld om de risicoafweging toe te lichten.



Figuur 2-15. Afweging van het overstromingsrisico bij een overstroming van 1/100, 1/1.000 en 1/10.000 per jaar in de huidige situatie met het afwegingskader voor het W+ en G klimaatscenario van het KNMI


De afweging laat zien dat een overstroming met een kans van voorkomen van 1/100 jaar het grensniveau in het afwegingskader niet overschrijdt tot aan 2050. Bij deze gebeurtenis overstromt de Maasvlakte maar heel beperkt, met een schade die lager is dan wat in binnendijs gebied geaccepteerd wordt (ca. 100 Miljoen euro acceptabele schade versus 37 miljoen Euro economische schade bij deze gebeurtenis bij het huidige klimaat). Tussen 2050 en 2100 wordt de grenswaarde overschreden: door zeespiegelstijging als gevolg van klimaatverandering overstromt een groter deel van het gebied met meer schade als gevolg (ca. 156 miljoen Euro in 2050 in het W+ klimaatscenario). Bij een overstroming met een kans van voorkomen van 1/1.000 per jaar, neemt de economische schade ook toe. Echter, de acceptabele schade is ook veel hoger, omdat de kans kleiner is. Dit betekent dat ondanks dat de economische schade toeneemt, het grensniveau in het afwegingskader ook tussen 2050 en 2100 overschreden wordt in geval van een overstroming met een kans van voorkomen van 1/1.000 per jaar. Een nog extremere overstroming, met een kans van voorkomen van 1/10.000 per jaar, heeft een nog hogere acceptabele schade. De economische schade in de Maasvlakte is wederom een stuk groter dan bij een 1/1.000 scenario, maar blijft tot 2100 onder dit grensniveau.

Aangezien het overstromingsrisico sterk kan verschillen per locatie, is het totale gebied opgesplitst in deelgebieden met vergelijkbare waterstanden en seiche-effecten. Per deelgebied verschillen de overstromingskans en de gevolgen. Tabel 2-4 presenteert het resultaat van de verkenning van het grensniveau per deelgebied met het afwegingskader. In de tabel zijn de volgende kleurcodes gebruikt:

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

Tabel 2-4. Verkenning grensniveau met het afwegingskader voor de Maasvlakte en per deelgebied voor een overstroming met een kans van 1/1.000 per jaar op basis van het W+ klimaatscenario (met rechts de kaart met de deelgebieden) – groen betekent dat het grensniveau nog niet bereikt is, bij geel ligt het overstromingsrisico op de grens en bij rood wordt het grensniveau overschreden.

Deelgebieden	Grensniveau		
	nu	2050	2100
Maasvlakte 1 (oost)			
Maasvlakte 2 (west)			
Deelgebied 1			
Deelgebied 2			
Deelgebied 3			
Deelgebied 4			
Deelgebied 5			
Deelgebied 6			
Deelgebied 7			



Uit de verkenning met het afwegingskader komt naar voren dat tussen 2050 en 2100 maatregelen gewenst zijn in het oostelijke deel van de Maasvlakte, als de economische schade in dit gebied vergeleken wordt met de acceptabele schade vanuit een binnendijks waterveiligheidsperspectief. Voor het westelijk deel van de Maasvlakte blijft het overstromingsrisico tot 2100 acceptabel vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid. Dit geldt ook voor de meeste deelgebieden, met uitzondering van deelgebieden 3, 5 en 6. Het overstromingsrisico in deelgebied 3 blijft ook na 2100 acceptabel vanuit een binnendijks perspectief op waterveiligheid. In deelgebied 5 is het overstromingsrisico nu al niet meer acceptabel. In deelgebied 6 komt dit moment tussen nu en 2050.

Het gebruikte afwegingskader geeft alleen een indicatie van de timing. Een aantal bedrijven op de Maasvlakte concludeert bijvoorbeeld op grond van hun eigen risicoafwegingen dat maatregelen op korte termijn gewenst zijn of juist nog lang niet. De reden om maatregelen uit te stellen is gebaseerd op de kosten van het nemen van een maatregel in relatie tot de verwachte schadereductie van deze maatregel, de baten. Het risico is voor hen acceptabel zolang de kosten die het bedrijf moet maken voor het nemen van een maatregel hoger zijn dan de te verwachten baten voor het bedrijf.

3 Maatregelen om overstromingsrisico's te beheersen

Voor het verkennen van mogelijke maatregelen om overstromingsrisico's in de Maasvlakte te beheersen is het concept Meerlaagsveiligheid (MLV) gebruikt. Ondanks dat MLV in het Nationaal Waterplan 2009-2015 betrekking had op de bescherming van binnendijs gebied, bleek uit de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017) dat de lagenindeling ook goed toepasbaar is in buitendijs gebied. Soms laten maatregelen voor buitendijs gebied zich moeilijk in het MLV kader plaatsen, afhankelijk van de precieze definitie.

De volgende definitie van de lagen van MLV is gebruikt in dit rapport:

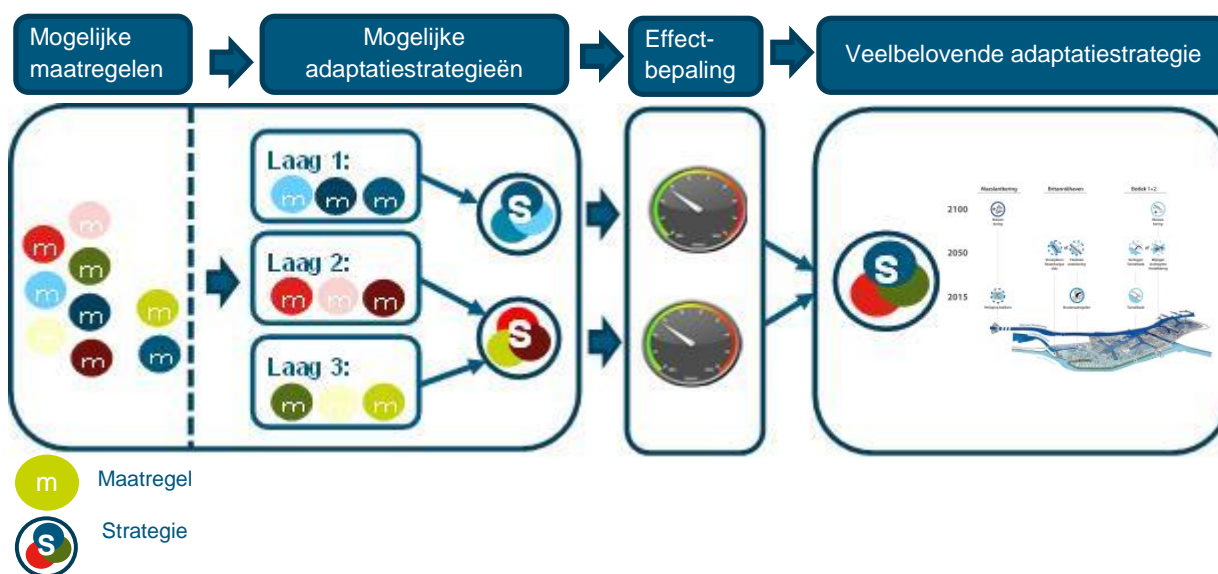
1. **Preventie:** gericht op het verlagen van de kans op een overstroming door het implementeren van een structurele maatregel in een deelgebied. Denk bijvoorbeeld aan kade ophoging, dijken en stormvloedkeringen.
2. **Ruimtelijke adaptatie:** gericht op het beheersen van overstromingsrisico's door een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



Figuur 3-1. MLV met van onder naar boven preventie, ruimtelijke adaptatie en crisisbeheersing.

3.1 Aanpak: trechteren van maatregelen

In drie stappen zijn de naar verwachting meest kansrijke maatregelen voor een veelbelovende adaptatiestrategie geselecteerd. Figuur 3-2 visualiseert dit proces.



Figuur 3-2. Visualisatie van het proces van maatregelen naar veelbelovende adaptatiestrategie

In de eerste stap zijn de mogelijke maatregelen breed geïnventariseerd. Vanuit dit brede overzicht is getrechterd naar maatregelen die kansrijk zijn om een veelbelovende adaptatiestrategie mee op te stellen. De inventarisatie is uitgevoerd op basis van de maatregeleninventarisatie uit de Pilot Waterveiligheid Botlek (2017), waterveiligheid Waal-Eemhaven (2018), waterveiligheid Merwe-Vierhavens (2019) en waterveiligheid Europoort (2020), gebaseerd op het Deltaprogramma Rijnmond Drechtsteden 2014, notitie van Konter, J. 2013, het onderzoek van Leede, R. de en Veen, P. 2014, verkenning met belanghebbenden in de werksessies en expert judgement.

In dialoog met belanghebbenden zijn de maatregelen vervolgens kwalitatief beoordeeld op tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid. Deze beoordeling heeft geleid tot een keuze voor uiteenlopende combinaties van maatregelen voor drie mogelijke adaptatiestrategieën die het overstromingsrisico's in de Maasvlakte kunnen beheersen – de tweede stap in het selectieproces. Ten slotte zijn de kosten en baten van de geselecteerde maatregelen geschat met een kwantitatieve effectbepaling. Deze analyse heeft geleid tot een selectie van de meest kansrijke maatregelen voor de veelbelovende adaptatiestrategie in de laatste stap van het selectieproces.

De drie stappen in het selectieproces worden hieronder nader toegelicht. Tabel 3-1 geeft met rode vlakken weer of en in welke stap maatregelen zijn afgefallen. In dit hoofdstuk worden de maatregelen nader beschreven. Hoofdstuk 4 beschrijft de combinaties van maatregelen in de drie mogelijke adaptatiestrategieën en in hoofdstuk 5 wordt de veelbelovende adaptatiestrategie toegelicht.

Tabel 3-1. Overzicht maatregelen. Per stap is in rood aangegeven of een maatregel afgefallen is.

Maatregelen	Stap 1 (Literatuurstudie)	Stap 2 (Kwalitatief)	Stap 3 (Kwantitatief)
Laag 1: Preventie			
Faalkansverlaging Maeslantkering			
Ophoging van kades en/of glooiingen			
Compartimentering (i.c.m. kades/ glooiingen ophogen)			
'Afsluitbaar open' kering			
Weg ophogen t.b.v. kerende functie			
Lokale dijk/kering			
Flexibele kering			
Laag 2: Ruimtelijke adaptatie			
Waterberging			
Functiewijziging			
Waterrobuuste inrichting van terreinen		Afgefallen voor bestaande sites	
Ophoging van deelgebieden / terreinen ⁵		Afgefallen voor bestaande sites	
Dry proofing			
Wet proofing			
Spuien			
Laag 3: Crisisbeheersing			
Nood- en/of herstelplannen			
Noodvoorzieningen			
Nooddijken / -keringen			
Crisisbeheerplan			

⁵ Ophoging is afgefallen als separate maatregel, maar wel onderdeel van de golfremmende maatregel onder preventie

Stap 1 – Mogelijke maatregelen

Op basis van literatuurstudie (vorige studies naar waterveiligheid in het HIC) zijn mogelijke maatregelen om overstromingsrisico's voor de Maasvlakte te beheersen geïnventariseerd. Op basis van expert judgment zijn de maatregelen geselecteerd. Maatregelen die in dit stadium zijn afgefallen zijn het *verlagen van de faalkans van de Maeslantkering*, omdat de Maeslantkering geen effect heeft op overstromingsrisico's in de Maasvlakte.

Ook *waterberging* en *functiewijziging*, dat wil zeggen het wijzigen van de functie van een gebied naar functies die minder gevoelig zijn voor overstromingen (denk aan een parkfunctie in plaats van industriële bedrijvigheid) zijn in deze stap afgefallen. Waterberging is afgefallen, omdat er onvoldoende ruimte is om deze maatregel te implementeren. Functiewijziging is afgefallen, omdat de Maasvlakte juist is aangelegd voor kapitaalintensieve havenactiviteiten. Gezien de aanlegkosten inclusief meerkosten voor een hogere aanleghoogte ten behoeve van waterveiligheid, lijkt het zeer onwaarschijnlijk dat deze functie aangepast wordt.

Stap 2 – Mogelijke combinaties van maatregelen - kwalitatief beoordeeld in de werksessie

In dialoog met belanghebbenden (zie hoofdstuk 1 in het bijlagenrapport voor de deelnemende partijen) zijn de maatregelen ingedeeld bij uiteenlopende mogelijke adaptatiestrategieën. Aan de basis van deze indeling ligt een gezamenlijke kwalitatieve beoordeling van de maatregelen op effectiviteit, uitvoerbaarheid en tijd/flexibiliteit.

Compartimenteren is afgefallen. Er zijn namelijk geen mogelijkheden om deelgebieden af te sluiten van andere gebieden, omdat het water van verschillende kanten binnen kan komen. Andere deelgebieden zijn al afgescheiden door fysieke barrières of verschil in terreinhoogtes. Alleen voor het deelgebied bij de Slufter (deelgebied 3) zou compartimentering met een drempel kansrijk kunnen zijn zodra het overstromingsrisico niet meer acceptabel geacht wordt. Aangezien dat pas na 2100 voorzien wordt vanuit het perspectief van waterveiligheid binnendijs, is deze maatregel afgefallen voor de laatste stap.

Spuien is afgefallen op basis van uitvoerbaarheid. De maatregel is naar verwachting niet uitvoerbaar vanwege de benodigde pompcapaciteit voor het volume water dat weggepompt moet worden en een vergunning om te spuien in Natura2000 gebied niet realistisch lijkt.

Deels afgefallen zijn de maatregelen *waterrobuuste inrichting* en *ophoging van sites*. Belanghebbenden verwachten dat dit alleen kosteneffectief is voor nieuw te ontwikkelen sites. Voor bestaande sites zijn deze maatregelen afgefallen, omdat er veel kapitaalintensieve installaties aanwezig zijn en/of de impact op de bedrijfsvoering te groot wordt geacht. Bij de maatregel *nooddijken en -keringen* hebben belanghebbenden twijfels over de uitvoerbaarheid in verband met de tijd en capaciteit die nodig is om een noodkering op te zetten en de opslagcapaciteit voor het tussentijds opslaan van de noodkering.

Stap 3 – Meest kansrijke maatregelen - kwantitatief beoordeeld

Na de kwalitatieve beoordeling met belanghebbenden zijn ook de kosten en baten van de maatregelen in de mogelijke adaptatiestrategieën geanalyseerd. In deze stap is een *'afsluitbaar open' kering* afgefallen, omdat de geschatte kosten van een kering niet in verhouding staan tot de schade die deze maatregel reduceert in de Maasvlakte.⁶ Om dezelfde reden is het *ophogen van kades en glooiingen* in het gebied afgefallen als maatregel. Aangezien het *ophogen van de weg* alleen effectief is in combinatie met het ophogen van kades en glooiingen op andere plekken, vervalt deze maatregel ook.

⁶ Een 'afsluitbaar open' kering beheerst ook het overstromingsrisico in andere havengebieden in Rotterdam. Een kering in de monding van de Maas beheerst bijvoorbeeld ook het overstromingsrisico in (delen van) Europoort en de Botlek. Mogelijk is de baten-kostenratio van deze maatregel wel positief indien het hele gebied wordt meegenomen

Ook heeft de kwantitatieve beoordeling inzicht gegeven in de meest kosteneffectieve maatregelen. Deze zijn aanbevolen in de veelbelovende adaptatiestrategie. De kwantitatieve beoordeling komt in hoofdstuk 4 aan bod en wordt in hoofdstuk 6 van het bijlagenrapport nader toegelicht.

De volgende paragrafen beschrijven per laag uit het concept MLV de maatregelen die in samenspraak met de belanghebbenden geïnventariseerd zijn voor mogelijke strategieën om de overstromingsrisico's in de Maasvlakte te beheersen (de maatregelen die meegenomen zijn naar stap 2): preventie (§3.2), ruimtelijke adaptatie (§3.3) en crisisbeheersing (§3.4). Alle maatregelen zijn zodanig gedimensioneerd dat ze de overstromingsrisico's naar een acceptabel risiconiveau brengen volgens de resultaten van het afwegingskader per deelgebied.

3.2 Preventie

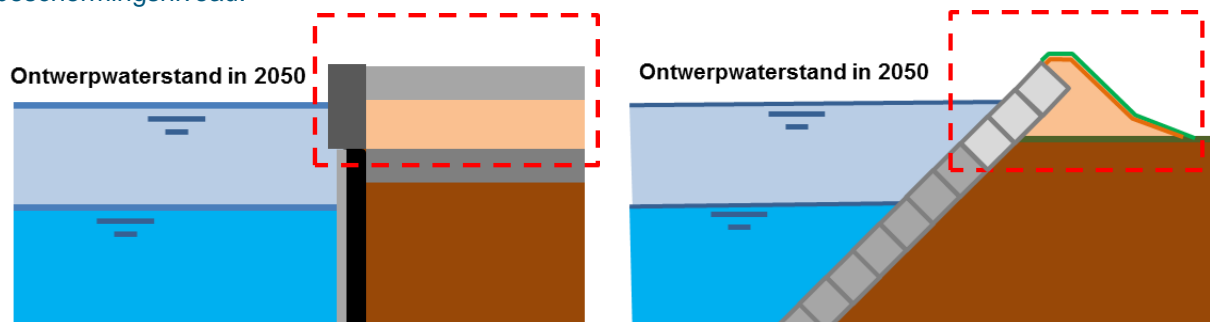
Bij preventieve maatregelen gaat het om het realiseren van permanente fysieke maatregelen die ervoor zorgen dat de kans op overstroom, in één of meerdere deelgebieden, omlaag gaat. Het gaat dan om maatregelen die de kans op overstroom verlagen (bijv. door hogere en sterkere dijken) of door het verlagen van de hydraulische belastingen (lagere waterstanden en/of lagere golven).

De volgende maatregelen uit laag 1, preventie, zijn verkend voor het beheersen van overstromingsrisico's in de Maasvlakte:

1. Ophogen kades en glooiingen
2. Compartimentering
3. 'Afsluitbaar open' kering
4. Weg ophogen t.b.v. kerende functie
5. Lokale dijk/ kering
6. Flexibele kering

1. Kades en glooiingen ophogen in deelgebieden

Bij het ophogen (en versterken) van kades en glooiingen wordt ervoor gezorgd dat deelgebieden pas kunnen overstroom als een ontwerpwaterstand wordt overschreden. De kades inclusief achterliggend laad- en losterrein worden dan op juiste hoogte gebracht. Onder glooiing verstaan we de scheiding tussen land en water onder een helling beschermd door een steenbekleding. Schepen kunnen hier niet direct aanmeren. Bij het ophogen van glooiingen geldt dat een grondverzet wordt aangebracht en de stenen bekleding omhoog wordt doorgetrokken. De ophoging wordt afgedekt met een kleilaag en een graslaag er bovenop. Beide ophogingen zijn geïllustreerd in Figuur 3-3. De ontwerpwaterstand hangt af van het beschermingsniveau.



Figuur 3-3. (Links) ophoging en versterken van kades inclusief los- en laadterrein, (rechts) ophoging glooiing exclusief achterliggend terrein. Voor ophoging zie rood gestippeld kader.

2. Compartimentering

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

3. 'Afsluitbaar open' kering

Een nieuwe stormvloedkering kan de maatgevende waterstand voor de Maasvlakte fors reduceren. Het concept 'afsluitbaar open' houdt in dat de havengebieden tijdens normale omstandigheden bereikbaar zijn voor scheepvaart. Tijdens extreme condities wordt de kering gesloten, zodat hoogwater niet het gebied in komt. Dit is in het klein het concept dat voor de Maeslantkering wordt gehanteerd.

De 'afsluitbaar open' kering heeft niet alleen effect op het overstromingsrisico voor de Maasvlakte, ook (delen van) de Europoort en Botlek profiteren van deze maatregel. In het bijlagenrapport is een doorkijk gegeven naar de kosten-batenverhouding indien ook de schadereductie in de Europoort en Botlek wordt meegenomen (zie hoofdstuk 6 van het bijlagenrapport).

4. Weg ophogen t.b.v. kerende functie

Het gebruiken van de al hoger gelegen N15 of het ophogen van de weg langs de Ohio-kade om deze als kering te gebruiken langs de Hartelhaven, is een mogelijke maatregel om het overstromingsrisico voor een deel van de Maasvlakte te reduceren. Om de N15 als kering te kunnen gebruiken moeten onderdoorgangen ter hoogte van de kruising met het spooreplacement en de aftakking van de Maasvlakteweg (al dan niet tijdelijk) worden afgesloten, bijvoorbeeld door het plaatsen van deuren boven of naast de weg. Het gebruiken van wegen als kering is alleen effectief indien op andere plekken kades en glooiingen opgehoogd worden, omdat water van meerdere kanten het centrale deel van de Maasvlakte kan bereiken bij extremere overstromingsscenario's (niet alleen vanuit de Hartelhaven).

5. Lokale dijk/ kering

Lokale dijken/ keringen rondom een site kunnen gevolgen van een overstroming ook reduceren. Naast een dijk/ kering 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. Het is ook mogelijk om een waterkering aan te leggen die een aantal sites omsluit. 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.

Een dijk/ kering kan ook gebruikt worden als alternatief voor het ophogen van kades of glooiingen, bijvoorbeeld met een floodwall. Een floodwall is een verticale (betonnen) wand die ondergronds horizontaal is verankerd in de ondergrond en waterdruk kan keren aan de buitenzijde. In tegenstelling tot een kade, wordt het achtergelegen land niet opgehoogd. Op enkele plekken op de Maasvlakte zijn muren aanwezig, zoals langs de zuidzijde van de Amazonehaven (zie Figuur 3-4). Deze muren zijn weliswaar aangelegd als verkeersveiligheidsmaatregelen, maar zouden ook als floodwall kunnen fungeren.



Figuur 3-4. Huidige muur langs de zuidzijde van de Amazonehaven

6. Flexibele kering

Wanneer een permanente kering niet mogelijk of wenselijk is, bijvoorbeeld vanwege verstoring van de bedrijfsvoering of ruimtegebrek, kan een gebied preventief beschermd worden met een demontabele kering. Dit zijn tijdelijke keringen die tijdens hoogwater worden geïnstalleerd. De rest van de tijd kan het gebied daarbij gebruikt worden zoals voorheen. Demontabele keringen vereisen een vaste basis (verankering) in de ondergrond en worden bij aankomend hoogwater in korte tijd opgebouwd. Het systeem is geschikt voor beperkte afstanden (1-2 km) in gebieden met weinig ruimte.

Bij het toepassen van een demontabele kering zijn meerdere mogelijkheden. De keermuur kan op locatie in de ondergrond verstoppt worden of als bouw pakket op een nabije locatie worden opgeslagen. Daarnaast kan deze kering in combinatie met permanente keringen worden opgebouwd, om zodoende de afstand te beperken waarover de demontabele kering moet worden opgebouwd. Training en oefeningen zijn noodzakelijk om te borgen dat men weet hoe deze demontabele keringen opgebouwd dienen te worden. Daarnaast is ter plaatste opslagcapaciteit benodigd voor de demontabele onderdelen. Figuur 3-5 geeft een voorbeeld van de toepassing van demontabele keringen.



Figuur 3-5. Voorbeeld van de toepassing van demontabele keringen; Links nadat ze zijn geïnstalleerd voorafgaand aan een hoogwater; Rechts ten tijde van hoogwater.

3.3 Ruimtelijke adaptatie

In dit project vallen fysieke maatregelen op het gebied van ruimtelijke ontwikkeling met een permanent karakter onder ruimtelijke adaptatie. In de Verenigde Staten en Groot-Brittannië is het waterrobuust maken

van assets bijvoorbeeld een beproefde methode om schade door overstromingen te verminderen (dry en wet proofing). Om tot bescherming te komen voor het hele gebied met alleen ruimtelijke maatregelen, is het noodzakelijk dat deze maatregelen genomen worden op alle potentieel door overstromingen bedreigde sites en openbare ruimten. Echter, in plaats van voor de bescherming te gaan voor het hele gebied, lijkt het logisch en realistischer dat alleen specifieke deelgebieden (bijv. met de grootste risico's en/of meest kritieke assets) aangepakt worden.

Mogelijke ruimtelijke maatregelen die verkend zijn om het overstromingsrisico in de Maasvlakte te beheersen zijn:

1. Waterrobuuste inrichting van terreinen;
2. Ophogen van deelgebieden en terreinen;
3. Dry proofing;
4. Wet proofing;
5. Spuien.

1. Waterrobuuste inrichting van terreinen

In geval van overstromingsrisicobeheersing gaat het bij waterrobuuste inrichting om het fysiek (ver)plaatsen van activiteiten en voorzieningen naar gebieden met een lagere overstromingskans om schade te voorkomen. Denk hierbij aan het verplaatsen van kapitaalintensieve en/of kritieke deelactiviteiten en vitale voorzieningen zoals elektra, telecom en ICT. Op- en overslagbedrijven zouden hun site zo kunnen indelen dat producten met de hoogste waarde op de hoogste delen van de site staan en/of ervoor kunnen zorgen dat er zo min mogelijk producten op de laagste delen van de site staan door producten als laatste op de lage delen op te slaan.

Verplaatsing van activiteiten en voorzieningen is maar beperkt haalbaar, omdat hoger gelegen gebieden niet altijd beschikbaar zijn binnen een haventerrein of deelgebied. Verplaatsen van vitale voorzieningen is ook niet altijd mogelijk omdat deze voorzieningen ter plaatse noodzakelijk zijn.

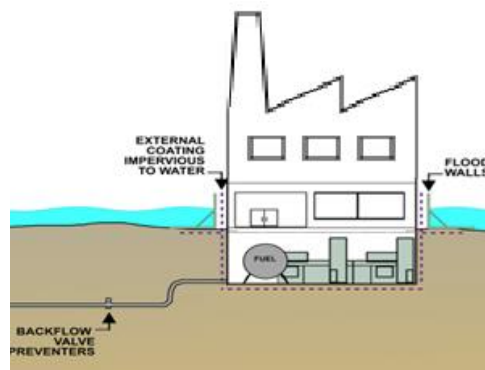
2. Ophogen van deelgebieden en terreinen

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.

Voor bestaande terreinen met complexe en kapitaalintensieve installaties, is ophogen van het terrein niet realistisch vanwege de kapitaalvernietiging en/of kosten voor het opnieuw aanleggen van dergelijke installaties. Ophogen is mogelijk wel kosteneffectief voor grote open haventerreinen en/of voor specifieke percelen waar nieuw gebouwd wordt. Ook kan bij ophogen gedacht worden aan specifieke voorzieningen, zoals toegangswegen om het gebied toegankelijk te houden tijdens en vlak na een overstroming.

3. Dry proofing

Dry proofing houdt in dat een asset (gebouw, installatie, etc.) aan de buitenzijde volledig waterdicht wordt gemaakt zodat er geen water in de asset komt. Bovendien wordt de buitenzijde versterkt om de waterdruk te kunnen weerstaan. Muren, ramen en deuren in gebouwen worden waterdicht gemaakt tot een bepaald niveau. Flood panels of verticale liftdeuren houden het water buiten. Bij dry proofing is het ook noodzakelijk om leidingen (bijvoorbeeld riolsystemen, etc.) af te sluiten, zodat het water niet via deze weg naar binnen stroomt. Het gaat daarbij naast gebouwen ook om het dry proofen van installaties zoals bijvoorbeeld kranen op kades, waar elektrische voorzieningen waterdicht afgesloten moeten kunnen worden om schade en uitval te voorkomen.



Figuur 3-6. Illustratie van dry proofing

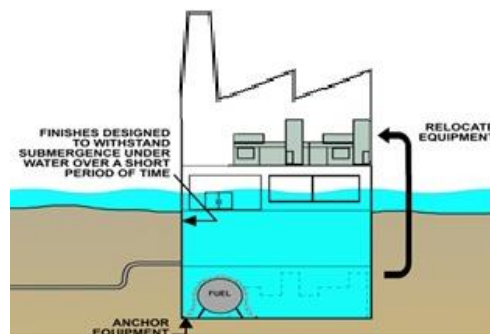
Dry proofing is in de praktijk realistisch tot circa 1m waterdiepte vanwege de krachten op muren, deuren, etc. In geval van een dreigende overstroming zullen handelingen verricht moeten worden zoals het sluiten van deuren, ramen en riool. Bovendien vereist het een zeer gedetailleerde analyse om ervoor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



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

4. Wet proofing

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



Figuur 3-7. Illustratie van wet proofing

Wet proofing kan tot waterdiepten van maximaal 3m worden toegepast. Een belangrijk nadeel van wet proofing is dat – ondanks de vermeden schade aan de asset – er nog steeds water in de asset komt. Wet

proofing is dus niet haalbaar indien de aard van de bedrijvigheid zodanig is dat het niet wenselijk is om water toe te laten. Bovendien zal na afloop van de overstroming op zijn minst een grote schoonmaakactie nodig zijn om de asset weer in gebruik te kunnen nemen.

5. Spuien

Spuien is het lozen van water door een spuisluis. Spuien is mogelijk op die plekken waar het water op buitenwater kan worden geloosd. Zo spuien bijvoorbeeld de Haringvlietsluizen bij te hoge waterstanden het overtollig rivierwater in zee.

3.4 Crisisbeheersing

De derde laag van MLV gaat over de (organisatorische) voorbereiding op (en herstel na) een overstroming. Dit omvat alle handelingen die vlak voor of tijdens een overstroming worden genomen.

Voor de Maasvlakte zijn de volgende mogelijke maatregelen uit laag 3 nader verkend:

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

1. Opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen

Door het opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen blijft de gevolgschade beperkt en/of kan er sneller opgestart worden. Brzo-bedrijven zijn verplicht om op siteniveau een noodplan te hebben voor calamiteiten, inclusief de calamiteit 'overstroming'. Echter, ook niet-Brzo bedrijven die in laaggelegen gebieden liggen, zouden noodplannen kunnen opstellen voor overstromingsrisico's en/of overstromingsrisico's kunnen meenemen in bestaande noodplannen. Uit de verzekeringswereld is bekend dat een goed noodplan een substantiële reductie in directe schade en het weer sneller opstarten na een calamiteit kan betekenen (zie bijvoorbeeld FM Global, 2003).

Naast nood- en herstelplannen voor individuele bedrijven, kan een noodplan voor een heel gebied bijdragen aan schadereductie. Voor de Maasvlakte lijkt dit zeker effectief indien ook de andere havengebieden in het HIC waarmee een nauwe relatie bestaat meegenomen worden in het plan, denk aan de Botlek. Nood- en herstelmaatregelen zijn effectiever in geval van onderlinge samenhang. In deze zogenaamde gebiedsnoodplannen zouden ook de nutsbedrijven en andere leveranciers van vitale voorzieningen betrokken moeten worden. In het noodplan is het niet alleen nuttig om tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en nutsbeheerders de volgorde van afschakelen af te stemmen om nadelige effecten te beperken. Het is voor bedrijven op de Maasvlakte (samen met Botlek en Europoort) vooral belangrijk om af te stemmen wie als eerste in bedrijf moet zijn na afloop van een overstroming om de herstelperiode zo kort mogelijk (en de indirecte schade zo laag mogelijk) te houden.

2. Voorbereiden en treffen van noodvoorzieningen

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

Noodvoorzieningen die getroffen kunnen worden zijn bijvoorbeeld:

- Noodvoorraden aanleggen (bijvoorbeeld stikstof en demiwater vanwege mogelijke keteneffecten bij uitval van de levering van deze producten uit de Botlek in het geval van een overstroming);

- Kritische en kapitaalintensieve producten tijdelijk hoger/elders opslaan en rollend materieel verrijden naar een hoger gelegen plek;
- Ballasten van tanks;
- Alles wat kan drijven in tanks zetten;
- Noodvoorzieningen realiseren (voldoende voorraad stikstof, demiwater en gas, noodelektriciteitsvoorziening, etc.);
- Plaatsen van big bags rond vitale en kwetsbare voorzieningen.

3. Plaatsen van nooddijken/ -keringen

Noodkeringen zijn tijdelijke keringen die direct voor een eventuele overstroming geplaatst kunnen worden om ervoor te zorgen dat het water niet in het gebied komt. Het gaat om systemen die tijdelijk geplaatst worden en weer weggehaald kunnen worden (zonder dat er iets achterblijft in de omgeving). Traditioneel wordt hierbij aan zandzakken gedacht om een tijdelijke waterkering te maken en/of de bestaande waterkering te verhogen. Tegenwoordig bestaan er noodkeringen in allerlei soorten en maten. Sommigen bieden bescherming tegen situaties met beperkte waterdiepte en relatief weinig golven (vanwege het ontbreken van een echte fundering), andere kunnen tot meer dan 1-2m water keren (zie Figuur 3-8 voor voorbeelden).



Figuur 3-8. Voorbeelden van noodkeringen: Box Barrier (links), systeem gevuld met lucht (midden) en vrijstaand keermiddel (rechts).

4. Opstellen, beheren en oefenen van crisisbeheerplan

Het crisisbeheerplan betreft het opstellen en oefenen van het plan waardoor gevolgschade beperkt blijft en/of er sneller opgestart kan worden. Het crisisbeheerplan wordt opgesteld, beheerd en geoefend door de VRR. Het plan zet de volgorde van acties uiteen. Daarnaast maakt het bijvoorbeeld inzichtelijk hoe toegangswegen dienen te functioneren, hoe om te gaan met het afsluiten van energievoorzieningen en wat te doen bij het uitslaan van brand door kortsluiting.

4 Mogelijke adaptatiestrategieën voor een waterveilige Maasvlakte

Een adaptatiestrategie benoemt kansrijke maatregelen om de waterveiligheid op de Maasvlakte te borgen, nu en in de toekomst. Waar en wanneer het overstromingsrisico niet meer acceptabel is, zijn maatregelen wenselijk. In dialoog met belanghebbenden zijn mogelijke combinaties van kansrijke maatregelen geformuleerd op basis van een kwalitatieve beoordeling op effectiviteit, uitvoerbaarheid en tijd/flexibiliteit (zie hoofdstuk 6 van het bijlagerapport voor de beoordeling).


Dit hoofdstuk beschrijft waar en wanneer maatregelen gewenst zijn vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid (§4.1) en welke combinaties van maatregelen volgens de belanghebbenden kansrijk zijn om het overstromingsrisico te beheersen. De combinaties zijn gevormd rondom de thema's: water buiten de deur (§4.2) en leven met water (§4.3).

4.1 Waar en wanneer maatregelen gewenst

De verkenning van het acceptabele risico met het afwegingskader is gebruikt om te identificeren in welke deelgebieden maatregelen gewenst zijn en wanneer (zie hoofdstuk 2.5 en Tabel 4-1). Deze verkenning laat zien dat op dit moment het overstromingsrisico het grensniveau van binnendijkse waterveiligheid overschrijdt in het deelgebied 5. Voor deelgebied 6 geldt dat dit moment tussen nu en 2050 bereikt wordt. De deelgebieden 1, 2, 4 en 7 hebben een overstromingsrisico dat tot 2100 binnen de bandbreedte blijft van wat acceptabel geacht wordt in binnendijks gebied. In deelgebied 3 ten slotte, blijft het overstromingsrisico ook na 2100 acceptabel.

Tabel 4-1. Verkenning grensniveau met het afwegingskader voor de Maasvlakte en per deelgebied (met rechts de kaart met de deelgebieden) – groen betekent dat het grensniveau nog niet bereikt is, bij geel ligt het risico op de grens en bij rood wordt het grensniveau overschreden.

Deelgebieden	Grensniveau		
	nu	2050	2100
Maasvlakte 1	groen	geel	rood
Maasvlakte 2	groen	groen	rood
Deelgebied 1	groen	groen	rood
Deelgebied 2	groen	groen	rood
Deelgebied 3	groen	groen	groen
Deelgebied 4	groen	groen	rood
Deelgebied 5	rood	rood	rood
Deelgebied 6	geel	rood	rood
Deelgebied 7	groen	groen	rood



Ook als het overstromingsrisico acceptabel is volgens de verkenning met het afwegingskader, betekent het niet dat er helemaal geen risico is. De geschatte economische schade in deze gebieden blijft echter wel onder het grensniveau vanuit een binnendijks perspectief op waterveiligheid. Mogelijk zijn maatregelen vanuit bedrijfs perspectief ook hier gewenst. Hier is in de adaptatiestrategie geen specifieke aandacht aan besteed anders dan het benoemen van het opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen voor verdere reductie van het risico.

4.2 Thema “Water buiten de deur”

Het thema “Water buiten de deur” heeft als uitgangspunt een combinatie van preventieve maatregelen die gezamenlijk het overstromingsrisico voor de Maasvlakte beheersen. Samen met belanghebbenden zijn de verschillende deelgebieden onder de loep genomen en zijn kansrijke preventieve maatregelen geselecteerd. Voor het bepalen van de kansrijkheid is gekeken naar tijd/flexibiliteit, effectiviteit en uitvoerbaarheid van een maatregel. In deze stap is compartimenteren afgefallen, omdat er geen mogelijkheden zijn op de Maasvlakte om deelgebieden effectief af te scheiden met compartimenten (zie hoofdstuk 3.2).

Maatregelen die tijdens de dialoog met belanghebbenden kansrijk lijken om het water buiten de deur houden zijn:

- Ophoging van kades en/of glooiingen;
- ‘Afsluitbaar open’ kering;
- Weg ophogen ten behoeve van een kerende functie;
- Lokale dijk/ kering (floodwall);
- Flexibele kering.

Met deze maatregelen zijn twee mogelijke strategieën geformuleerd door de belanghebbenden. Deze worden hieronder toegelicht.

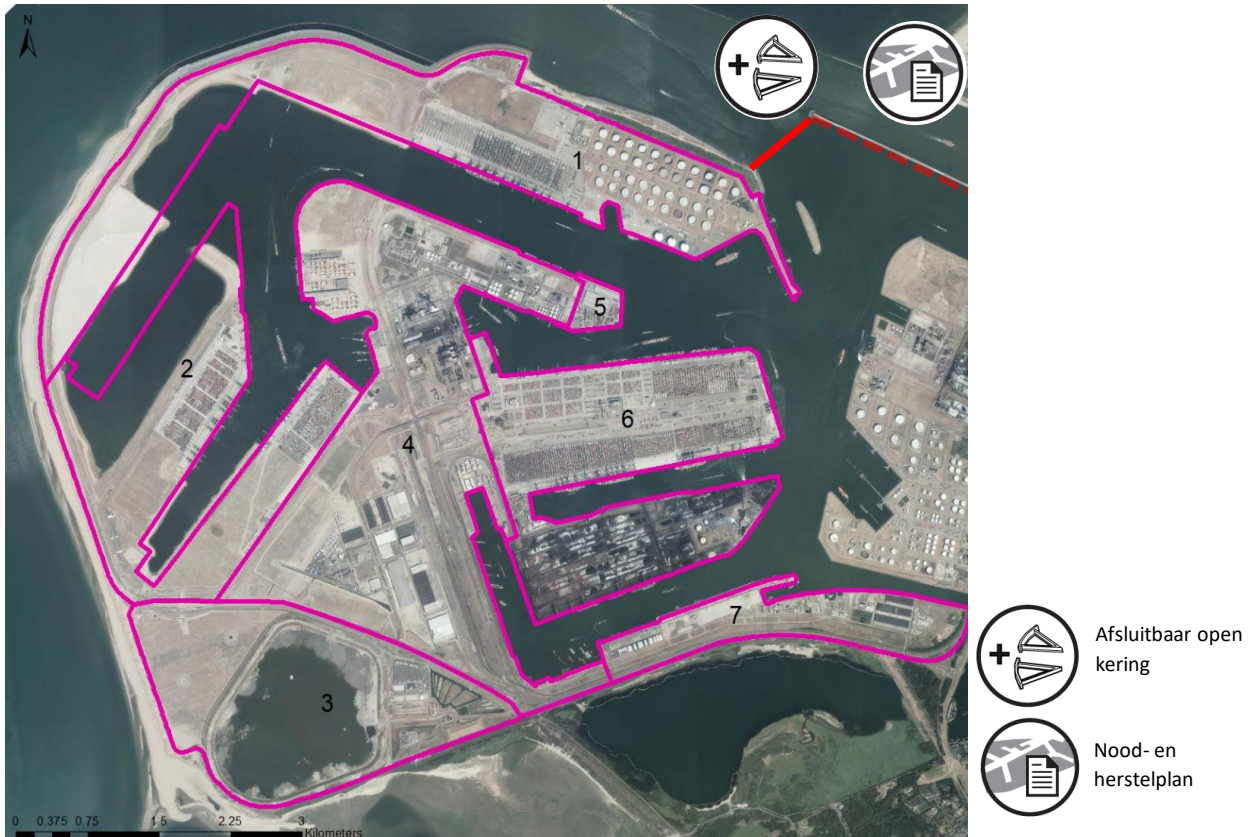
“Water buiten de deur” optie a

Het overstromingsrisico voor de Maasvlakte kan met een collectieve maatregel beheerst worden, namelijk het realiseren van een ‘afsluitbaar open’ kering in de Maasmond ter hoogte van Hoek van Holland. Deze kering sluit ook het Breddiep af (zie de rode lijn in Figuur 4-1 voor de locatie). Naast het aanleggen van een kering, zijn waarschijnlijk ook werkzaamheden aan de afscheiding tussen de Nieuwe Maasmond en ingang havengebied nodig ⁷ (de gestippelde lijn in de figuur). Deze maatregel beheerst het overstromingsrisico in alle deelgebieden, dus ook daar waar het overstromingsrisico nog acceptabel is vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid.

Een ‘afsluitbaar open’ kering heeft een faalkans. De Maeslantkering heeft bijvoorbeeld een faalkans van 1/100 op dit moment. Dit betekent dat bij 100 sluitingen, de kering statistisch gezien gemiddeld één keer niet geheel zal sluiten als gevolg van bijvoorbeeld een technisch mankement. Vanwege de faalkans heeft deze strategie ook een crisisbeheersingsmaatregel, namelijk het opstellen en oefenen van een gebiedsnoed- en herstelplan. Nood- en herstelplannen regelen het moment van afschakelen, herstellen en weer opstarten van de bedrijfsvoering, waarbij de prioriteiten gelegd worden bij die onderdelen die essentieel zijn voor het hele gebied inclusief de relaties met andere gebieden zoals de Botlek en Europoort. In deze nood- en herstelplannen zouden ook de nutsbedrijven en andere leveranciers van vitale voorzieningen betrokken moeten worden. In zo’n plan is het niet alleen nuttig om tussen bedrijven onderling en tussen bedrijven en nutsbeheerders de volgorde van afschakelen af te stemmen om nadelige effecten te beperken. Het is in de Maasvlakte (samen met Botlek en Europoort) vooral ook belangrijk om af te stemmen wie als eerste in bedrijf moet zijn na afloop van een overstroming om de herstelperiode zo kort mogelijk (en de indirecte schade zo laag mogelijk) te houden.

Figuur 4-1 visualiseert deze combinatie van maatregelen.

⁷ Dit is nu een strekdam en zal dan moeten worden uitgevoerd als dijk



Figuur 4-1. Combinatie van maatregelen passend bij het thema “water buiten de deur” optie a

Ondanks dat deze combinatie van maatregelen effectief is voor het beheersen van het overstromingsrisico, kleven er ook nadelen aan. Zo is de ‘afsluitbaar open’ kering een zeer kostbare maatregel waarvan de kosten naar verwachting niet in verhouding staan tot de vermeden schade op de Maasvlakte. De kering beschermt immers gebieden die de komende jaren nog geen bescherming nodig hebben.

Deze maatregel heeft wel meerwaarde voor de overstromingsrisicobeheersing voor (delen van) de Botlek en Europoort. Bovendien neemt de meerwaarde toe richting 2100, omdat het overstromingsrisico dan fors toeneemt in het W+ scenario. Aangezien de maatregel niet goed aanpasbaar is voor nieuwe inzichten in klimaatverandering, is timing van de realisatie van deze maatregel essentieel.

Naast twijfels over de kosteneffectiviteit, zijn er bedenkingen bij de uitvoerbaarheid. Waarschijnlijk moet de afscheiding tussen de Nieuwe Maasmond en de ingang van het havengebied ook verhoogd worden. Dit is nu een strekdam en zal dan moeten worden uitgevoerd als dijk, zoals de landtong Rozenburg. Dit maakt de maatregel lastiger te implementeren. Bovendien is het functioneel ontwerp een uitdaging en is er gedurende de aanleg veel overlast voor het havenverkeer over water. Ten slotte wordt er discussie verwacht over wie deze oplossing kan en gaat betalen en beheren.

“Water buiten de deur” optie b

Deze combinatie combineert het ophogen van kades en glooiingen met het realiseren van een flexibele kering, het versterken van een floodwall en het ophogen van de weg.

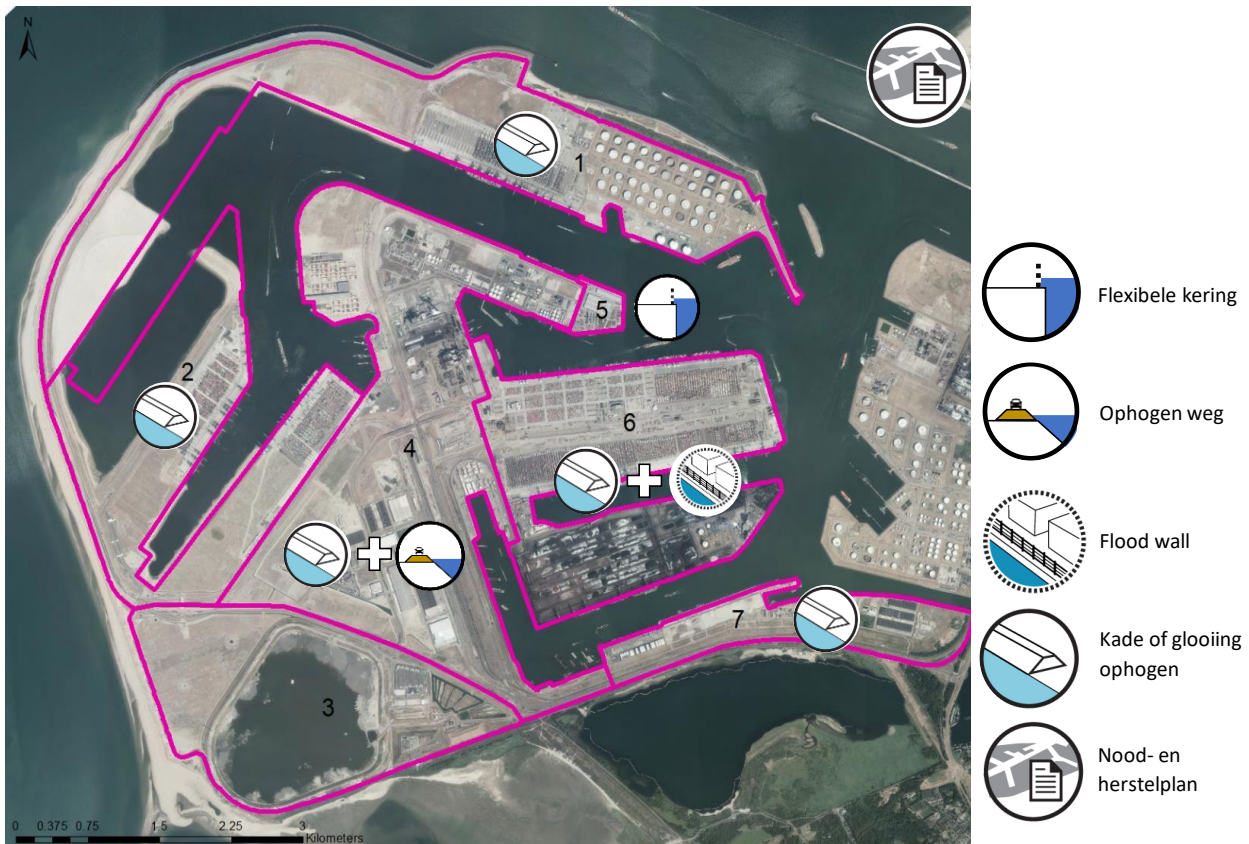
De gevolgde redeneerlijn voor de keuze van een maatregel is dat daar waar glooiingen zijn, deze verhoogd worden. Het ophogen van glooiingen is namelijk de goedkoopste preventieve maatregel. Op locaties waar een kade ligt, is gekozen voor het ophogen van de kade zodat schepen ongehinderd kunnen blijven

aanmeren. Op een aantal plekken is het echter niet mogelijk om een glooiing en/of kade op te hogen of kansrijker om een andere maatregel te selecteren:

- Er is één glooiing die niet voor ophoging in aanmerking komt. Deze ligt op de westelijke zijde van de Hartelhaven (deelgebied 4). Op deze locatie is er geen ruimte voor het ophogen van de glooiing, omdat er een weg (de Ohioke) direct tegen de glooiing aan ligt. Om die reden is hier gekozen voor het ophogen van de weg ten behoeve van een kerende functie.
- Op de kop van de Europahaven (deelgebied 5) is het ophogen van de kade erg duur door het grote hoogteverschil dat overbrugd moet worden. Een lokale permanente kering, zoals een floodwall, is niet haalbaar, omdat het terrein in gebruik is voor havenactiviteiten en schepen moeten kunnen aanmeren. Een flexibele kering is hier wel een mogelijke preventieve maatregel. Het terrein is namelijk relatief klein waardoor het logistiek mogelijk is om in relatief korte tijd een kering te kunnen installeren langs de kade.
- Aan de zuidzijde van de Amazonehaven (langs de Missouriweg, deelgebied 6) vinden geen havenactiviteiten plaats op de kade. Bovendien is er al een lokale kering in de vorm van een lage muur aanwezig. Versterking van de muur als floodwall is hier een goedkopere mogelijkheid.

Ook in deze strategie is aandacht voor crisisbeheersing, namelijk een nood- en herstelplan voor die gebieden waar geen of pas later maatregelen voorzien zijn. Maar ook voor het beheersen van risico's als gevolg van keteneffecten. Zelfs als een bedrijf in een gebied zit waar de maatregelen reeds gerealiseerd zijn, kan er nog schade ontstaan als gevolg van uitval van leveringen van bedrijven in deelgebieden waar de maatregelen later uitgevoerd worden. Met een noodplan in combinatie met noodvoorzieningen kunnen bedrijven het overstromingsrisico zoveel mogelijk opvangen aan de voorkant en het herstelplan faciliteert een snel(ler) herstel, o.a. door prioriteiten te stellen voor het zo snel mogelijk weer kunnen opstarten na afloop van een overstroming.

Figuur 4-2 visualiseert hoe deze strategie het overstromingsrisico beheerst in de deelgebieden waar het overstromingsrisico het acceptabele grensniveau tussen nu en 2100 overschrijdt.



Figuur 4-2. Combinatie van maatregelen passend bij het thema “water buiten de deur” optie b

Het maatwerk per deelgebied maakt deze strategie flexibeler en beter aanpasbaar aan lokale omstandigheden dan een ‘afsluitbaar open’ kering. De maatregelen kunnen gefaseerd gerealiseerd worden, afhankelijk waar een deelgebied als eerste overstroomt. De strategie is wel gevoeliger voor keteneffecten. Zeker in de deelgebieden 4 t/m 7 is het overstromingsrisico in geval van de genoemde preventieve maatregelen afhankelijk van de realisatie van preventieve maatregelen in andere deelgebieden.

Ophogen van kades en glooiingen kan in een aantal deelgebieden een dure maatregel blijken in relatie tot het risico, dat wil zeggen dat de schade die je met de maatregel reduceert mogelijk niet in verhouding staat tot de kosten. Het meekoppelen met vervangingsmomenten kan de kosten verlagen, maar dat betekent ook dat het langer duurt voordat het gebied beschermd is. Ten slotte is het ophogen van kades een ingrijpende maatregel voor bedrijfsprocessen. De kade kan namelijk niet gebruikt worden tijdens de werkzaamheden. Dit geldt ook voor het ophogen van de weg.

Een alternatief binnen deze strategie is om alleen de sites met het hoogste overstromingsrisico individueel te beschermen, door het gebruik van lokale keringen rondom de site daar waar dit mogelijk is. Dit kan kostenefficiënt zijn in situaties waar zich op een klein oppervlak een hoge concentratie waardevolle assets bevindt die kwetsbaar zijn voor overstromingen (bijvoorbeeld bij de elektriciteitscentrales in deelgebied 4 en de kolen- en ertsterminal in deelgebied 6). Door deze te omdijken kan veel schade voorkomen worden tegen een lagere investering.

4.3 Thema “Leven met water”

De dialoog met de belanghebbenden heeft inzicht gegeven in de meest kansrijke maatregelen (uitvoerbaar, flexibel en effectief) om het overstromingsrisico te beheersen met als uitgangspunt “leven met water”. Leven

met water houdt in dat het water in het gebied kan komen ten tijde van een overstroming, maar dat de (kwetsbare en kritische) assets beschermd zijn bijvoorbeeld door een waterrobuuste terreinindeling, ophoging en dry/wet proofing. Waterrobuuste terreinindeling en ophoging van terreinen is afgefallen voor bestaande terreinen, omdat bestaande terreinen vaak geen ruimte hebben voor wijzigingen. Bovendien is de bedrijfsvoering afgesteld op de bestaande inrichting en leiden wijzigingen mogelijk tot meerkosten door aanpassingen in de bedrijfsvoering. Ook spuien is afgefallen omdat de benodigde pompcapaciteit voor het volume water dat weggepompt moet worden en een vergunning om te spuien in Natura2000 gebied niet uitvoerbaar lijkt.

Met de volgende maatregelen is samen met de belanghebbenden een mogelijke strategie gemaakt om het overstromingsrisico te beheersen vanuit het uitgangspunt 'leven met water':

- Nieuw te ontwikkelen terreinen: waterrobuuste terreinindeling en ophoging;
- Bestaande terreinen: dry en wet proofing van gebouwen, kranen en overige assets.

Nieuw te ontwikkelen terrein

De Maasvlakte is voor een deel nog in ontwikkeling. Dit betreft het westen van deelgebied 1 en deelgebied 2. Het braakliggende terrein zou opgehoogd kunnen worden, gelijktijdig met de ontwikkeling van het gebied. Het nog aan te leggen terrein zou ook hoger aangelegd kunnen worden. Bij de inrichting van deze gebieden is het goed om waterveiligheid mee te nemen. Dat wil zeggen, de kritische en kwetsbare infrastructuur daar te plaatsen waar ze het minst gevoelig zijn voor overstromingen (bijvoorbeeld elektriciteit ruim boven het maaiveld).

Ook in deelgebied 4 is in het noordwesten een terrein dat nog ontwikkeld moet worden. Ook hier wordt ophoging in combinatie met waterrobuuste gebiedsindeling voorgesteld. Ten slotte geven belanghebbenden aan dat het goed zou zijn om ook op bestaande terreinen een waterrobuuste gebiedsindeling toe te passen voor het opslaan van gevaarlijke stoffen in containers voor zover dat mogelijk is.

Bestaand terrein

Een aantal deelgebieden is bijna volledig in gebruik. Het gaat hier om de deelgebieden 4-7 en het oosten van deelgebied 1. Op deze terreinen is het niet goed uitvoerbaar om terreinen op te hogen of structureel anders in te richten. Om die reden wordt dry of wet proofing van de meest gevoelige en kritische assets aangeraden. Deze maatregel focust op de kritieke punten van de hoofdinfrastructuur. Daarmee wordt de grootste schade/downtime voorkomen. De maatregel beschermt niet het hele netwerk.

Deze strategie houdt rekening met drie typen dry/wet proofing:

1. Dry/wet proofing van gebouwen: Bij gebouwen die in aanraking komen met water vindt dry/wet proofing plaats.
2. Dry/wet proofing van kranen op kades: Havenkranen zijn belangrijke assets die meestal op kwetsbare plekken op de kade zijn gesitueerd. In veel gevallen zijn dit de laagstgelegen delen van terreinen, waardoor hier grote waterdieptes kunnen ontstaan bij overstroming. Als uitgangspunt is genomen dat wanneer meer dan 20cm waterdiepte wordt verwacht bij een kraan, deze dry/wet proofing nodig heeft om geen schade op te lopen. Denk hierbij aan bescherming van de mechanische en elektrische delen, bijvoorbeeld door deze onderdelen bij vervanging hoger te plaatsen, af te dichten en/of materiaal te gebruiken dat tegen zout water kan.
3. Dry/wet proofing van overige assets: Naast dry/wet proofing van gebouwen en grote kranen is rekening gehouden met dry/wet proofing van overige assets, zoals elektra of vitale infrastructuur.

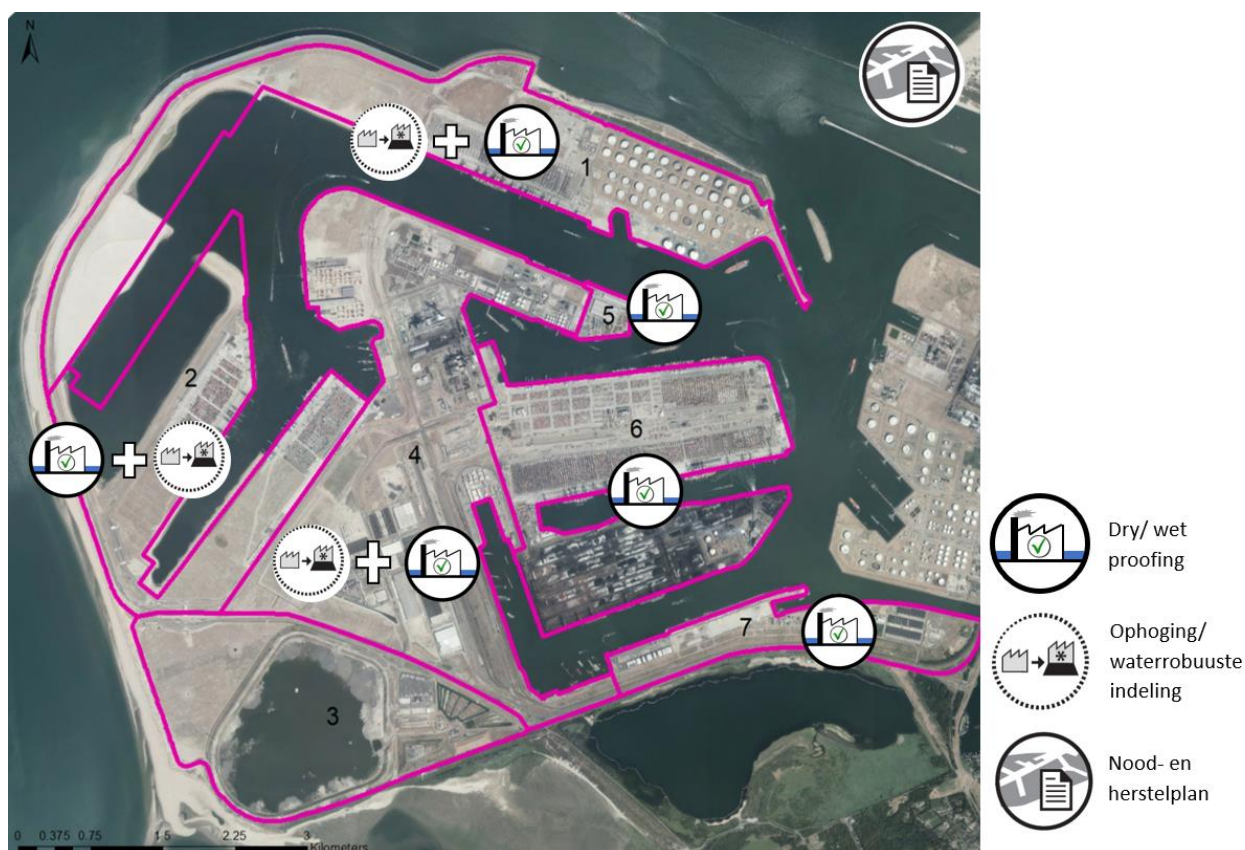
In alle deelgebieden is de overstromingsdiepte bij extreme gebeurtenissen zodanig dat dry proofing mogelijk is. Ook wet proofing is een mogelijkheid, maar dit heeft wel een groter restrisico, onder andere door de hogere schoonmaakkosten omdat het water het gebouw binnen kan komen. Als alternatief voor dry/wet

proofing denken belanghebbenden ook aan het treffen van noodvoorzieningen voor lageregelegen delen zoals het verplaatsen van producten naar hoger gelegen terreinen.

Ook voor de deelgebieden waar het risico niet groot genoeg is of te ver weg in de tijd om aan de slag te gaan met voorgenoemde maatregelen, kunnen noodvoorzieningen en dry/wet proofing interessant zijn voor lokale knelpunten. Dry/wet proofing is in dit geval vooral interessant als er een vervangingsopgave, groot onderhoud of nieuwe ontwikkeling plaatsvindt.

Ten slotte neemt ook deze strategie het opstellen en oefenen van nood- en herstelplannen mee. Hiermee kan het restrisico beter beheerst worden, omdat bedrijven zich hierop voor kunnen bereiden. Denk hierbij aan het op orde brengen van ketenafhankelijkheden (wie is waarvan afhankelijk en hoe borgen we eventuele uitval), afspraken te maken over wie, wat, wanneer doet in geval van een (dreigende) overstroming en dit regelmatig te oefenen.

Figuur 4-3 geeft weer hoe deze combinatie van maatregelen het overstromingsrisico kan beheersen.



Figuur 4-3. Combinatie van kansrijke maatregelen passend bij het thema "leven met water"

Het individuele maatwerk maakt deze strategie goed uitvoerbaar en flexibel voor veranderingen in bijvoorbeeld zeespiegelstijging. Ook maakt deze strategie optimaal gebruik van ontwikkelingen door hierin mee te koppelen en sluit het maatwerk goed aan bij verschillen in risico tussen individuele sites. Door mee te koppelen met ontwikkelings- en vervangingsmomenten kan het wel langer duren voordat het gebied volledig beschermd is.

De reductie van het overstromingsrisico is bij deze strategie lager, aangezien het water nog wel op het openbare terrein kan komen. Hierdoor blijft er schade optreden in de openbare ruimte, denk bijvoorbeeld

aan de (infrastructuur rond de) wegen in een gebied. Bovendien zijn keteneffecten niet volledig beheerst in deze strategie. Bedrijven zijn voor het beheersen van de indirecte economische schade afhankelijk van maatregelen bij toeleverende bedrijven indien er een ketenafhankelijkheid bestaat.

5 Adaptief overstromingsrisico's beheersen in de Maasvlakte

Dit hoofdstuk beschrijft een adaptatiestrategie die aanbevolen wordt voor het beheersen van de overstromingsrisico's voor de Maasvlakte in de toekomst. Deze is tot stand gekomen op basis van de kansrijke maatregelen die zijn geselecteerd en gecombineerd in mogelijke adaptatiestrategieën in dialoog met belanghebbenden. Een effectenanalyse van de drie mogelijke adaptatiestrategieën heeft vervolgens inzicht gegeven in de meest veelbelovende strategie vanuit kosten-batenoogpunt (zie §5.1). De afweging van het overstromingsrisico heeft geleid tot een aanbeveling voor de timing van maatregelen. In §5.2 wordt deze combinatie van timing en kansrijke maatregelen per deelgebied in een veelbelovende strategie gecombineerd. Tenslotte geeft §5.3 een aantal aanbevelingen voor vervolgstappen voor de Maasvlakte gegeven.

5.1 Beoordeling van de strategieën

De kosten en baten van de mogelijke strategieën in het voorgaande hoofdstuk zijn geanalyseerd om een beeld te krijgen van de haalbaarheid van elke strategie vanuit economisch perspectief. Deze analyse vergelijkt de situatie waarin er geen maatregelen genomen worden, "niets doen" of referentiescenario, met een situatie waarin er wel maatregelen genomen worden. 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 kosten en baten van de volgende strategieën zijn in beeld gebracht:

- Water buiten de deur, optie a;
- Water buiten de deur, optie b;
- Leven met water.

Bovendien zijn de kosten en baten geanalyseerd van een combinatie van de strategie "Water buiten de deur, optie b" en de strategie "Leven met water". Er is nog onderzocht of het wellicht economisch aantrekkelijk zou kunnen zijn om voor specifieke bestaande terreinen op de Maasvlakte te kiezen voor gerichte preventieve maatregelen i.c.m. dry/wet proofing van de overige bestaande terreinen. Dit kan economisch interessant zijn voor terreinen waar veel kwetsbare gebouwen/infrastructuur in een klein gebied aanwezig is met een relatief grote overstromingskans. Tabel 5-1 geeft een overzicht van de maatregelen die zijn opgenomen in de adaptatiestrategieën.

Tabel 5-1: Overzicht van de maatregelen die meegenomen zijn in de adaptatiestrategieën.

Maatregel	Meegenomen binnen welke strategie?
'Afsluitbaar open' kering	Water buiten de deur, optie a (collectief preventief)
Ophogen kademuren & glooiingen	Water buiten de deur, optie b (individueel maatwerk preventief)
Ophogen van de weg	Water buiten de deur, optie b (individueel maatwerk preventief)
Lokale kering (floodwall)	Water buiten de deur, optie b (individueel maatwerk preventief)
Flexibele kering	Water buiten de deur, optie b (individueel maatwerk preventief)
Land ophogen / waterrobuuste inrichting nieuw te ontwikkelen terreinen	Leven met water (individueel maatwerk ruimtelijke adaptie)
Dry/wet proofing bestaande terreinen	Leven met water (individueel maatwerk ruimtelijke adaptie)
Preventieve bescherming van terreinen	Leven met water i.c.m. preventie
Regionaal en individuele nood- en herstelpannen i.c.m. noodvoorzieningen	Alle strategieën

Voor elk van deze strategieën is een inschatting gemaakt van de kosten (investering en kosten van beheer & onderhoud) en baten (schadereductie) van alle maatregelen in een strategie tot 2050 voor herhalingsstijden van 1.000 en 3.000 jaar. Het analyseren van twee herhalingsstijden maakt het verschil in kosteneffectiviteit tussen beschermingsniveaus inzichtelijk. De kosten en baten van maatregelen op het gebied van crisisbeheersing (o.a. nood- en herstelplan) zijn niet meegenomen in de analyse, omdat deze maatregelen bij elke strategie terugkomen en de kosten ervan zeer beperkt en/of bedrijfsspecifiek zijn. Tabel 5-2 geeft de baten-kostenratio's weer van de mogelijke strategieën. Bij een ratio lager dan 1 zijn de verwachte kosten van alle maatregelen in de strategie hoger dan de verwachte schadereductie en is de strategie vanuit economisch perspectief niet interessant. Meer informatie over de kosten-batenanalyse is te vinden in het bijlagenrapport.

Tabel 5-2. Resultaat kosten-batenanalyse van de mogelijke strategieën

Strategie	Beschermingsniveau	Baten-kostenratio	Restrisico
Water buiten de deur, optie a	1/1.000 - 2050	0,2	26%
Water buiten de deur, optie a	1/3.000 - 2050	0,2	13%
Water buiten de deur, optie b	1/1.000 – 2050	1,3	25%
Water buiten de deur, optie b	1/3.000 – 2050	1,2	12%
Leven met water	1/1.000 – 2050	5,2	33%
Leven met water	1/3.000 - 2050	2,7	22%
Leven met water i.c.m. preventie	1/1.000 – 2050	2,5	33%
Leven met water i.c.m. preventie	1/3.000 - 2050	2,4	22%

Uit de kosten-batenanalyse komt naar voren dat de 'afsluitbaar open' kering (Water buiten de deur, optie a) vanuit kosten-batenoogpunt niet kansrijk is voor de Maasvlakte⁸. Een strategie waarin wordt ingezet op lokale preventieve maatregelen (Water buiten de deur, optie b) is wel kosteneffectief, maar minder kosteneffectief dan de strategie "Leven met water" met lokale individuele maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie. Wel is het restrisico van een strategie met preventieve maatregelen lager. Echter, om het restrisico met 8% tot 10% te verlagen, is er een investering nodig die een factor 6 tot 10 hoger is⁹. Het restrisico dat overblijft bij de strategie "Leven met water" kan bovendien verder gereduceerd worden door het treffen van crisisbeheersingsmaatregelen. Uit de kosten-batenanalyse komt ook naar voren dat het voor een enkel terrein (in dit geval een terrein in deelgebied 4) interessant zou kunnen zijn om dit te beschermen met preventieve maatregelen – de baten-kostenratio en het restrisico van deze variant zijn ongeveer gelijk aan bescherming van dit terrein met dry/wet proofing. Deze variant wordt nader beschreven bij de toelichting bij deelgebied 4. Meer details over de economische beoordeling zijn te vinden in het bijlagenrapport.

Het resultaat van de kosten-batenanalyse is te verklaren door de hoogte van de Maasvlakte, de onderlinge afhankelijkheid tussen deelgebieden en de vorm van de deelgebieden. Dit wordt hieronder toegelicht:

- Hoge ligging: De Maasvlakte ligt al relatief hoog. Hierdoor is er weinig schade als gevolg van overstromingen met grotere kansen van voorkomen. Dit betekent dat de baten van een strategie, namelijk de risicoreductie van een maatregel, beperkt zijn. De meerkosten van preventieve maatregelen staan hierdoor vaak niet in verhouding tot de extra schadereductie. Bovendien zijn er negatieve economische effecten bij het ophogen van kades, omdat de kade tijdens het realiseren van de maatregel niet gebruikt kan worden¹⁰.
- Onderlinge afhankelijkheid: Voor veel deelgebieden geldt dat een overstroming vanuit meerdere kanten kan komen, ook via andere deelgebieden. Door deze onderlinge afhankelijkheid zijn preventieve

⁸ Aangezien deze maatregel ook andere havengebieden beschermt, zou deze maatregel mogelijk wel kosteneffectief kunnen zijn indien de kosten-batenanalyse deze gebieden ook in beschouwing neemt.

⁹ De strategie "Leven met water" heeft een restrisico van 33% / 22% voor een beschermingsniveau van respectievelijk 1.000 / 3.000 jaar. De strategie "Water buiten de deur, optie b" heeft een restrisico van 25% / 12% met een beschermingsniveau van respectievelijk 1.000 / 3.000 jaar. De benodigde investering voor de strategie "Leven met water" is 6 tot 10 keer lager dan de benodigde investering voor de strategie "Water buiten de deur, optie b".

¹⁰ Deze negatieve effecten zijn niet meegenomen in de kosten-batenanalyse

maatregelen in meerdere deelgebieden nodig om het overstromingsrisico in een specifiek deelgebied te beheersen.

- **Vorm:** De vorm van de deelgebieden met verschillende havenbekkens betekent dat het gebied over een grote lengte direct aan het water ligt. Hierdoor moeten de kades en glooiingen over een grote lengte verhoogd worden. Dit betekent dat een relatief grote investering nodig is door de grootte van het gebied in geval van preventieve maatregelen.

Afhankelijkheden tussen deelgebieden in overstromingspatroon

Een belangrijke observatie die uit de overstromingsberekeningen naar voren komt, is dat een overstroming uit meerdere richtingen komt door de vele havenarmen op de Maasvlakte. Als gevolg hiervan is het nemen van maatregelen in afzonderlijke deelgebieden meestal niet voldoende om overstromingsrisico's te reduceren. Vanwege deze onderlinge afhankelijkheid tussen deelgebieden moeten maatregelen op meerdere plaatsen worden genomen. Met name deelgebieden 2, 4, 5 en 6 (en in mindere mate deelgebied 7) zijn onderling met elkaar verbonden.

In *deelgebied 2* is het bijvoorbeeld niet voldoende om alleen preventieve bescherming langs de prinses Amaliahaven te bieden, omdat het water ook vanuit *deelgebied 4* het gebied kan bereiken. Bij herhalingstijden waarin veel schade optreedt (vanaf ca. 1/3.000 jaar), overstroomt *deelgebied 4* vanuit meerdere kanten, ook via *deelgebied 2*. Hierdoor zijn omvangrijke preventieve maatregelen nodig, ook in naastgelegen gebieden, om een overstroming te voorkomen.

De kosten-batenanalyse laat ook zien dat het vanuit economisch oogpunt kansrijker is om te kiezen voor een beschermingsniveau van 1/1.000 in 2050, dat wil zeggen maatregelen die schade beheersen als gevolg van een overstroming met een kans van voorkomen van 1/1.000 per jaar in 2050. De baten-kostenratio verslechtert als een hoger beschermingsniveau (1/3.000) wordt gekozen. Dat betekent dat de extra schadereductie van een hoger beschermingsniveau relatief klein is in verhouding tot de meerkosten die nodig zijn voor het realiseren van een hoger beschermingsniveau.

Crisisbeheersing – effectief voor de hele Maasvlakte

De belanghebbenden zien ook de meerwaarde van een gebiedsnoed- en herstelplan samen met de Botlek en de Europoort, vanwege de onderlinge afhankelijkheden tussen de bedrijven in deze gebieden. De kosten ervan zijn beperkt en de mogelijke schadereductie alleen al in de Maasvlakte is significant. De VRR kan dit aanvullen met een crisisbeheerplan voor de toegang tot de openbare ruimte (wegen) en calamiteitenbeheersing.

Het toepassen van noodvoorzieningen is heel bedrijfsafhankelijk. Niet alleen of een bedrijf noodvoorzieningen treft, maar ook welke noodvoorzieningen mogelijk zijn en wat het restrisico is dat gereduceerd kan worden. Ook de kosten en baten hiervan zijn daarom bedrijfsspecifiek en vragen om een individuele afweging. Mankracht en tijd spelen ten slotte ook een belangrijke rol bij het treffen van noodvoorzieningen.

5.2 Een veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte

Een veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte bestaat uit (een combinatie van) de meest kansrijke maatregelen voor de verschillende deelgebieden uitgezet in de tijd. De strategie is geen vaststaand eindbeeld. Het is bedoeld om inzicht te geven in de knikpunten wanneer besluiten over overstromingsrisicobeheersing wenselijk zijn en kansrijke maatregelen vanuit het perspectief van de betrokken partijen en economisch perspectief. De kwalitatieve en kwantitatieve analyse laten zien dat lokale maatregelen op het gebied van ruimtelijke adaptatie het meest kansrijk zijn, dat wil zeggen (kosten)effectief, uitvoerbaar en flexibel. Per deelgebied kan vervolgens verder verkend worden welke maatregelen het meest kansrijk zijn op het moment dat het overstromingsrisico niet meer acceptabel is.

Er is voldoende tijd voor het nader invullen van de strategie per deelgebied, omdat het overstromingsrisico in de meeste deelgebieden pas na 2050 niet meer acceptabel is vanuit het perspectief van binnendijkse

waterveiligheid. Alleen in deelgebied 5 (nu) en deelgebied 6 (tussen nu en 2050) komt dit moment eerder in zicht. Dit betekent dat er in de meeste deelgebieden tijd is om meekoppelmomenten te benutten, zoals nieuwe ontwikkelingen, herontwikkelingen, vervangingsinvesteringen en groot onderhoud. Zowel de kosten als overlast van de implementatie van maatregelen worden hierdoor zoveel mogelijk beperkt. Dit betekent ook dat een besluit over te nemen maatregelen nu (nog) niet genomen hoeft te worden. Bovendien is de keuze om waterveiligheid wel of niet mee te nemen in de tijd is een afweging die elk bedrijf/ organisatie zelf maakt.

De kansrijke maatregelen per deelgebied worden gevisualiseerd in Figuur 5-1 en hieronder toegelicht.



Figuur 5-1. Veelbelovende adaptatiestrategie

Deelgebied 1

In deelgebied 1 zijn rond 2100 maatregelen nodig om het overstromingsrisico op een acceptabel niveau te houden vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid. De kansrijke maatregelen voor deelgebied 1 zijn weergegeven in Figuur 5-2.

Aangezien dit deelgebied voor een groot deel in ontwikkeling is, geeft dit kansen om waterveiligheid nu al mee te nemen in deze ontwikkeling. Voor de nog te ontwikkelen terreinen zou landophoging en/of een waterrobuuste indeling van het terrein kansrijk kunnen zijn om het overstromingsrisico te beheersen. De keuze voor een van beide maatregelen hangt af van de uitvoerbaarheid ervan op een specifiek terrein, kosteneffectiviteit en of een maatregel flexibel is voor onzekerheden in de toekomst. Beide maatregelen zijn alleen kansrijk indien het terrein nog niet bebouwd is. Indien gekozen wordt om te wachten met het nemen van maatregelen tot 2100, is dry/wet proofing van de meest gevoelige en kritische assets aangeraden, denk aan:

1. dry/wet proofing van gebouwen die in aanraking komen met water en waar het water naar binnen kan stromen;
2. dry/wet proofing van kranen op kades (bijv. indien er containerterminals ontwikkeld worden) wanneer meer dan 20cm waterdiepte wordt verwacht bij een kraan;
3. dry/wet proofing van overige assets met een kans op falen als gevolg van een overstroming waar bedrijfsprocessen van afhankelijk zijn, zoals elektra of vitale infrastructuur.

Deze maatregel focust op de kritieke punten van de hoofdinfrastructuur. Daarmee wordt de grootste schade/downtime voorkomen. Door dry/wet proofing mee te nemen bij vervangingsinvesteringen, kunnen de kosten en overlast van het implementeren van de maatregel beperkt worden.

De oostpunt van deelgebied 1 is in gebruik. Voor deze bestaande terreinen is dry/wet proofing van kwetsbare en kritieke assets kansrijk. De kosten van dry/wet proofing zijn beperkt, omdat bij het beschermingsniveau met de hoogste kostenefficiëntie (scenario 1/1.000) voor maar een beperkt aantal assets dry/wet proofing nodig is. In dit scenario ontstaan alleen significante overstromingen op de kade bij de containerterminal, waardoor alleen de kranen dry proofing nodig hebben. Veel tanks bevinden zich achter containerdijken. De belanghebbenden verwachten dat deze bestand zijn tegen de beperkte waterstanden die verwacht worden in dit gebied bij de onderzochte scenario's. Preventieve lokale maatregelen zijn niet kansrijk vanuit een economisch perspectief, omdat de kosten hoog zijn in verhouding tot de baten. Het gebied overstroomt pas bij hoge herhalingstijden, waardoor maatregelen weinig effect hebben op het risico.

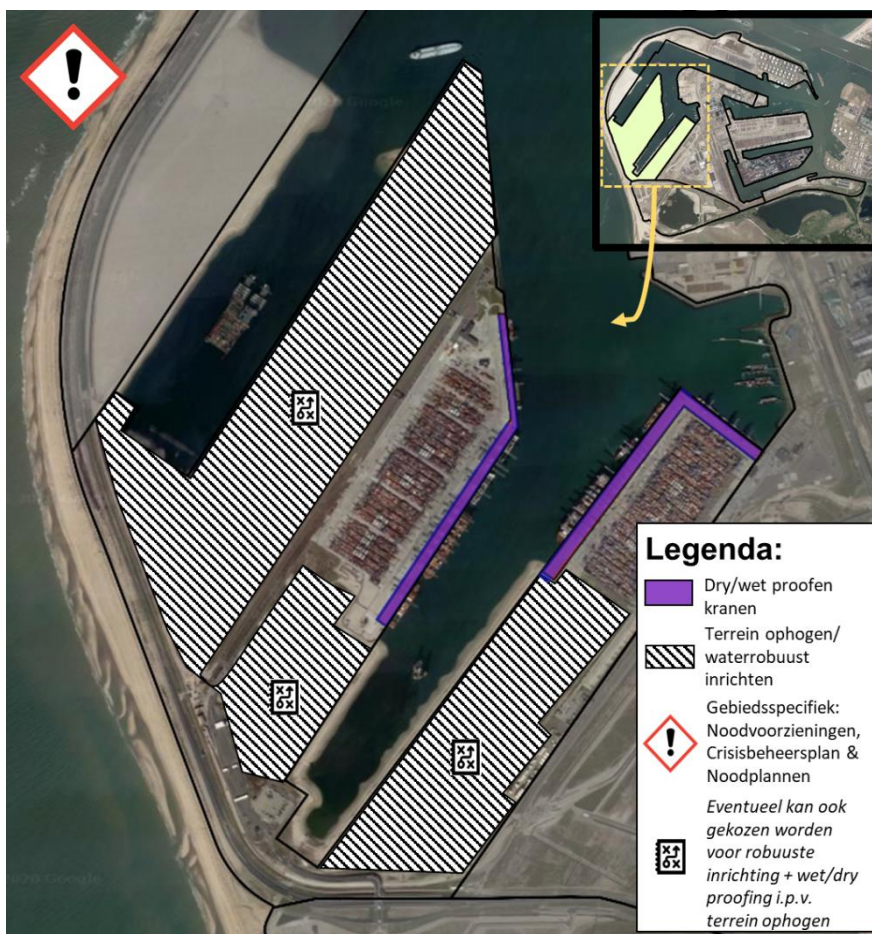


Figuur 5-2. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 1, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050

Deelgebied 2

Deelgebied 2 lijkt op deelgebied 1 in de zin dat ook in dit deelgebied maatregelen pas rond 2100 wenselijk zijn. Bovendien is ook dit deelgebied grotendeels onontwikkeld. Landophoging en/of een waterrobuuste indeling van het onontwikkelde terrein lijken hier dan ook kansrijk om het overstromingsrisico te beheersen. Landophoging is mogelijk niet kansrijk in het licht van spooraansluitingen en aansluiting bij de bestaande kade. In dat geval is waterrobuuste inrichting in combinatie met dry/wet proofing van kritieke en kwetsbare assets een kansrijker alternatief om mee te nemen tijdens de ontwikkeling van dit gebied. Ook hier geldt dat er ook gekozen kan worden om te wachten met het nemen van maatregelen. Indien de terreinen dan ontwikkeld en bebouwd zijn, is dry/wet proofing (tijdens vervangingsinvesteringen) van gebouwen, installaties en assets kansrijker.

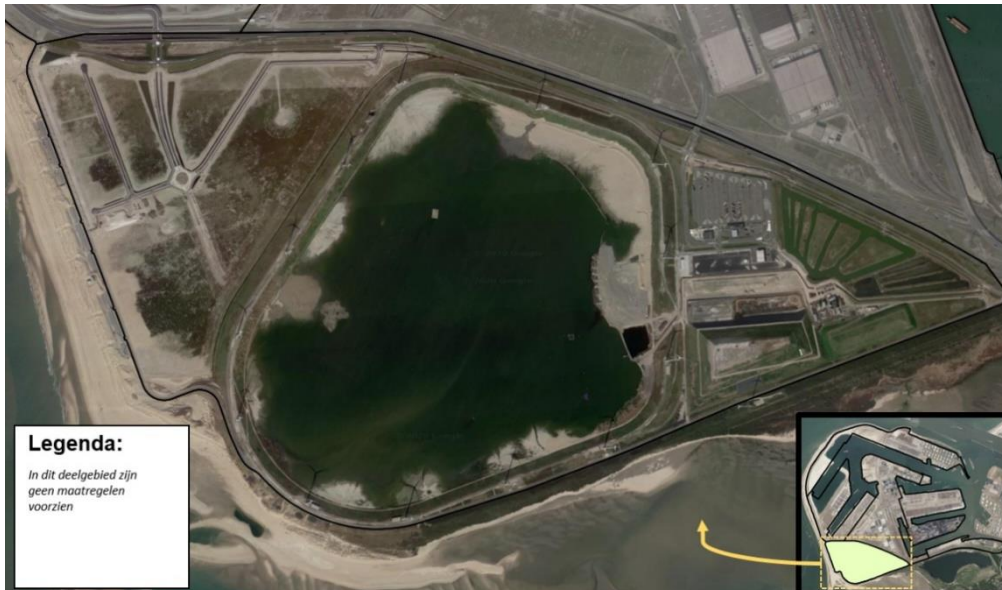
Dry/wet proofing is ook kansrijk voor de huidige bestaande terreinen, omdat het aantal assets dat dry/wet proofing nodig heeft beperkt is. Voor de twee containerterminals in het gebied geldt dat pas bij zeer extreme gebeurtenissen het gehele containerterrein onder water loopt. Om bescherming te bieden tegen een 1/1.000 gebeurtenis bij zichtjaar 2050 is het daarom alleen noodzakelijk om de kranen op de kades te dry proofen. Figuur 5-3 illustreert de voorgestelde maatregelen in deelgebied 2.



Figuur 5-3. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 2, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050.

Deelgebied 3

In deelgebied 3 (zie Figuur 5-4) blijft het overstromingsrisico tot en met 2100 binnen het acceptabele grensniveau van het afwegingskader. Dit betekent niet dat waterveiligheid hier geen rol hoeft te spelen. Het gebied kan bijvoorbeeld als locatie voor crisisbeheersing dienen, omdat het hoger ligt. Zo kan het een interessante locatie zijn om kritieke en kwetsbare assets naar toe te verplaatsen in geval van een dreigende overstroming (denk aan rollend materieel) of om noodvoorraden (bijvoorbeeld stikstof) op te slaan. Vanuit dit perspectief is het aan te bevelen om de terreinhoogte niet te verlagen bij nieuwe ontwikkelingen.



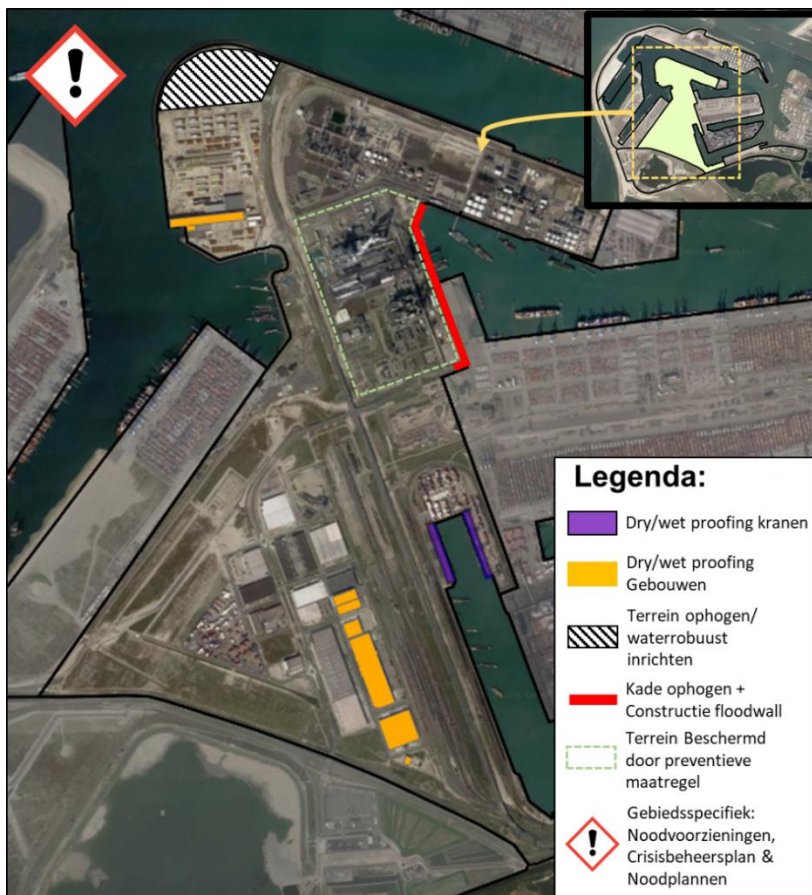
Figuur 5-4. Detail van deelgebied 3: hier zijn geen maatregelen nodig voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050.

Deelgebied 4

In deelgebied 4 overschrijdt het overstromingsrisico rond 2100 het acceptabele grensniveau van het afwegingskader. Dit betekent dat rond 2100 maatregelen wenselijk zijn. Het gebied is grotendeels bebouwd. Alleen in de noordwestelijke hoek vinden nog ontwikkelingen plaats. Voor dit nog te ontwikkelen terrein is landophoging en/of waterrobuuste inrichting een kansrijke maatregel. De rest van het deelgebied is te sterk bebouwd om landophoging of waterrobuuste inrichting toe te passen. Dry/wet proofing is hier kansrijk, omdat het gericht kan worden op specifieke (kwetsbare) objecten die kunnen overstromen. Daarnaast is in dit gebied veel spoorinfrastructuur aanwezig. Ook hiervoor geldt dat het dry/wet proeven van de meest kritieke onderdelen van de spoorinfrastructuur het meest kansrijk is (zoals elektra dichtbij de grond), om hiermee schade aan het netwerk te beperken.

Binnen het gebied is er veel verschil in economische schade per terrein. Een groot deel van de schade bij een overstroming treedt op het lager gelegen terrein rond de elektriciteitscentrale in het noorden. Op dit terrein is een groot aantal gebouwen dat dan waterrobuust gemaakt zou moeten worden. Dit betekent dat de kosten van dry/wet proofing hier relatief hoog zijn. Tegelijkertijd zijn preventieve maatregelen (lokale ophoging van de glooiingen langs de Europahaven in combinatie met een floodwall in het verlengde van de glooiing) relatief kleinschalig. Hierdoor is het in dit gebied ook interessant vanuit economisch perspectief om preventieve maatregelen toe te passen in plaats van het dry/wet proeven van de aanwezige gebouwen en installaties. De uiteindelijke keuze hangt af van een (bedrijfsspecifieke) voorkeur voor beschermingsniveau en uitvoerbaarheid:

- **Beschermingsniveau:** De lokale preventieve maatregelen beschermen tot een scenario van 1/1.000 in 2050. Bij een beschermingsniveau van 1/3.000 jaar zijn ook langs andere zijden van het gebied preventieve maatregelen nodig om het overstromingsrisico op deze locatie te beheersen. In dat geval is het vanuit economisch perspectief aantrekkelijker om te kiezen voor dry/wet proeven.
- **Uitvoerbaarheid:** Gegeven het kleine verschil in kosteneffectiviteit, zal de overlast en tijd voor het uitvoeren van de maatregel veel invloed hebben op de kansrijkheid. Indien het ophogen van glooiingen en de aanleg van een korte floodwall de bedrijfsprocessen veel verstoren, is dry/wet proofing van assets kansrijker (en vice versa).



Figuur 5-5. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 4, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.

Deelgebied 5

Het overstromingsrisico in deelgebied 5 is op dit moment niet meer acceptabel vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid. Dit betekent dat maatregelen wenselijk zijn. Aangezien het gebied ontwikkeld is, er maar een beperkt aantal gebouwen aanwezig is en preventieve maatregelen relatief duur zijn vanwege de grotere waterdieptes die hier kunnen optreden bij een overstroming, is dry/wet proofing van de gebouwen kansrijk. Hiernaast zijn noodvoorzieningen zoals het verplaatsten van goederen kansrijk om het risico te reduceren. Figuur 5-6 geeft een overzicht van de voorgestelde maatregelen.

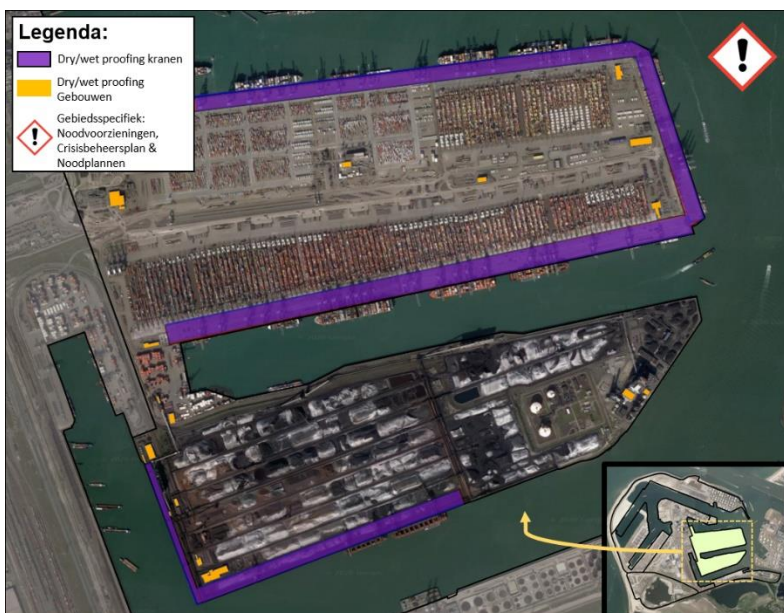


Figuur 5-6. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 5, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.

Deelgebied 6

In deelgebied 6 zijn tussen nu en 2050 maatregelen gewenst om het overstromingsrisico op een acceptabel niveau te houden vanuit het perspectief van binnendijkse waterveiligheid. Het is een reeds ontwikkeld gebied waar dry/wet proofing van gebouwen, installaties en assets kansrijk is vanuit economisch perspectief, omdat de vele havenarmen die het gebied omringen ervoor zorgen dat vanuit verschillende richtingen overstromingen kunnen ontstaan. Dit betekent dat preventieve maatregelen zeer omvangrijk en dus kostbaar zouden zijn.

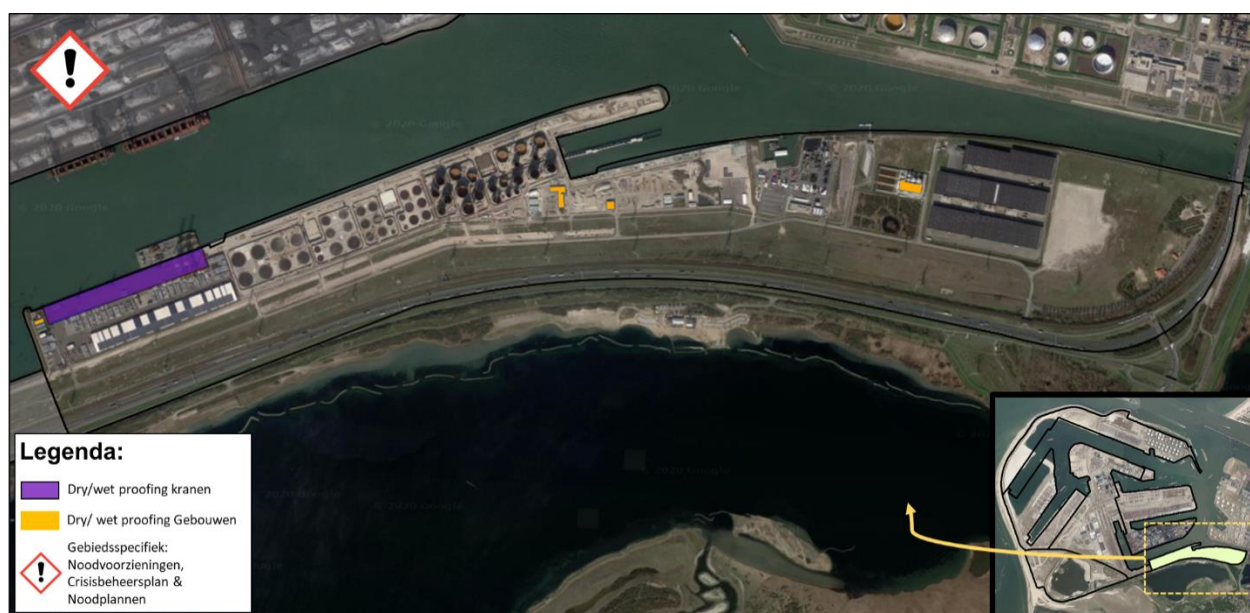
Figuur 5-7 geeft een overzicht van de gebouwen en kranen waarvoor dry/wet proofing aanbevolen wordt. Voor het dry/wet proofen van de kranen is het belangrijk om in te zetten op de kranen op de kades van het gebied. De vele stack-kranen verder van de kade af zijn minder vatbaar voor overstroming, aangezien deze gebieden hoger liggen. Waar op de kades waterdieptes van ca. 1m kunnen optreden, is de verwachte overstromingsdiepte in het gebied met de stack-kranen maximaal 10-20cm.



Figuur 5-7. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 6, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.

Deelgebied 7

In deelgebied 7 blijft het overstromingsrisico tot 2100 onder het grensniveau in het afwegingskader. Het overstromingspatroon is grotendeels onafhankelijk van een overstroming elders op de Maasvlakte. Toch is ook hier het ophogen van kades en glooiingen niet kosteneffectief, vanwege de lengte waarover maatregelen nodig zijn (volledige kade en glooiing langs de Mississippihaven en het Hartelkanaal). Dit maakt preventieve maatregelen duur, terwijl de baten beperkt zijn. Ook voor dit gebied geldt daarom dat dry/wet proofing van kranen en gebouwen het meest kansrijk is vanuit een economisch perspectief. Figuur 5-8 geeft een overzicht van de voorgestelde maatregelen.



Figuur 5-8. Detail van de voorgestelde maatregelen in deelgebied 7, voor bescherming tot het scenario 1/1.000 bij zichtjaar 2050. De gebouwen waarvan is aangegeven dat dry/wet proofing nodig is, zijn de gebouwen die bij het scenario 1/1.000 (deels) overstromen.

Deelgebied overstijgend

Het afwegingskader geeft een eerste beeld van de behoefte voor en timing van maatregelen per deelgebied in de Maasvlakte vanuit een publieke bril. Diverse bedrijven geven echter aan dat de timing in hun eigen (private) afwegingen kan verschillen. Dit verschilt per bedrijfstype, geografische ligging, etc. Bedrijven kunnen een andere keuze maken voor het moment waarop en of een maatregel wenselijk zou zijn. Ook de keuze voor de maatregel zelf is in deze strategie, die uitgaat van lokaal individueel maatwerk, aan de individuele bedrijven zelf.

Het is wel raadzaam voor bedrijven om nood- en herstelplannen op te stellen / uit te breiden met overstromingsscenario's en te oefenen om het restrisico te beheersen. Hieraan gekoppeld is het treffen van noodvoorzieningen die vlak voor of tijdens een overstroming genomen kunnen worden om schade te kunnen reduceren en/of sneller op te starten na de overstroming. Denk hierbij aan het aanleggen van noodvoorraden voor zover dat mogelijk is (stikstof, demiwater), realiseren van noodstroomvoorziening, dichtzetten van lozingspunten, tijdelijk verplaatsen/ hoger plaatsen van kritische en kwetsbare producten/assets, wegrijden van rollend materieel en afschermen van vitale en kwetsbare infrastructuur, bijvoorbeeld met big bags.

Hiernaast beveelt deze adaptatiestrategie voor de Maasvlakte aan om een gebiedsnood- en herstelplan op te stellen waarin ook afstemming met bedrijven uit de Botlek en Europoort is opgenomen. Vooral voor bedrijven met onderlinge afhankelijkheden van andere bedrijven is dit interessant. Het gebiedsnood- en herstelplan stemt individuele noodplannen van belanghebbende bedrijven en beheerders op elkaar af. Denk hierbij aan het op orde brengen van ketenafhankelijkheden (wie is waarvan afhankelijk en wie is daar verantwoordelijk voor), afspraken te maken over wie, wat, wanneer doet in geval van een (dreigende) overstroming en dit regelmatig te oefenen (om de 2 tot 3 jaar). Het wordt ook aanbevolen om prioriteiten voor het herstel op te nemen in het plan, zodat de activiteiten waar veel bedrijven van afhankelijk zijn voorrang krijgen bij het herstel.

Een laatste aanbeveling in deze adaptatiestrategie, is het opstellen van een crisisbeheerplan voor de Maasvlakte (en de rest van het HIC) onder coördinatie van de VRR. Het crisisbeheerplan organiseert de communicatie vlak voor en tijdens overstromingen. Het plan borgt bijvoorbeeld het functioneren van toegangswegen, omgaan met calamiteiten zoals brand door kortsluiting of een loss of containment en eventuele noodzaak tot evacuatie (afgestemd met eventuele calamiteiten in binnendijks gebied).

5.3 Het vervolg

Het project heeft veel inzicht opgeleverd in de overstromingsrisico's in het gebied. Ook heeft het kansrijke maatregelen en een beeld van de timing en locaties voor maatregelen opgeleverd. Met deze drie bouwstenen is een veelbelovende adaptatiestrategie voor de Maasvlakte geformuleerd in dialoog met de belanghebbenden van het gebied.

Kanttekeningen

Natuurlijk zijn er ook kanttekeningen te plaatsen bij de veelbelovende adaptatiestrategie. De meest in het oog springende kanttekeningen die opgehaald zijn in de dialogen met de belanghebbenden en uit de inhoudelijke resultaten komen hieronder aan bod.

Aannames en onzekerheden in dit project kunnen invloed hebben op het overstromingsrisicobeeld en de afweging ervan. In het afwegingskader zijn grensniveaus vastgesteld voor economische schade op basis van publieke kaders. Deze grensniveaus zijn geen harde getallen. Ze zijn vastgesteld op basis van diverse aannames en uitgangspunten om tot een keuze voor acceptabele risiconiveaus te kunnen komen. Vanwege deze aannames en onzekerheden heeft het grensniveau een bandbreedte, en daarmee ook de timing van

de maatregelen. Wel is het belangrijk om te constateren dat de bandbreedte en de onzekerheden specifiek gelden voor de *timing* van maatregelen. Het afwegingskader geeft namelijk wel een robuuste indicatie van de onderlinge prioriteiten tussen de deelgebieden. Bovendien is de adaptatiestrategie ook robuust voor de genoemde aannames en onzekerheden.

Een andere kanttekening bij de risicoafweging is dat vanuit andere beleidsvelden of partijen een andere afweging kan worden gemaakt. Een andere afweging betekent ook een andere timing voor een maatregel (hoe langer de situatie nog acceptabel is, hoe later de maatregel genomen kan worden). 'Acceptatie' is bovendien subjectief. Zaken als risicoaversie, ervaring met overstromingen, maar ook de hoogte van de kosten voor te nemen maatregelen spelen hierin een grote rol. Tevens zijn de ligging van een bedrijf en afhankelijkheid van een bepaalde activiteit voor een groot deel bepalend of een overstromingsrisico in het gebied wel of niet acceptabel wordt gevonden.

Het is belangrijk om bij het doorvoeren van maatregelen rekening te houden met deze onzekerheden, zeker ook bij de onderlinge afstemming tussen verschillende partijen die de maatregelen realiseren (zie ook bij de aanbevelingen). Ook de snelheid van klimaatverandering, de economische ontwikkeling van het gebied, de haven en de economie van Nederland zijn onzeker. Het is daarom vooral zaak weldoordachte (geen-spijt) maatregelen te nemen en zoveel als mogelijk een flexibele strategie te volgen die rekening houdt met de onzekerheden op de korte en lange termijn.

Aanbevelingen

De veelbelovende adaptatiestrategie is geformuleerd op basis van de huidige inzichten. Nieuwe ontwikkelingen, zoals zeespiegelstijging en veranderingen in ruimtegebruik, kunnen er toe leiden dat de strategie aangepast moet worden. Zo kunnen nieuwe klimaatscenario's (gepland voor 2023 door het KNMI) ervoor zorgen dat de verwachte zeespiegelstijging naar boven toe aangepast wordt. In dit geval zullen er mogelijk eerder maatregelen gewenst zijn, dan nu naar voren komt met het afwegingskader. Het wordt dan ook aanbevolen om de strategie periodiek te actualiseren.

Voor de belanghebbenden in het gebied (bedrijven, nutsbeheerders, overheden, etc.) is het aan te bevelen om de overstromingsrisico's individueel af te wegen om zo een indruk te krijgen van het moment waarop maatregelen gewenst zouden zijn. Een vervolgstap is dat deze afweging en wensen met betrekking tot maatregelen met elkaar gedeeld worden. Op deze manier ontstaat inzicht in en afstemming over de gewenste timing en maatregelen en wordt voorkomen dat een maatregel eerder in de tijd overbodig was geweest door een maatregel later in de tijd. Gezamenlijk commitment over de te volgen strategie is dus nodig voor het nemen van vervolgstappen. Ook heldere afspraken over de rollen, verantwoordelijkheden en bekostiging van de maatregelen is van belang voor het vervolg.

Sommige maatregelen uit de strategie zijn geen-spijtmateregelen. Maatregelen die spijt vermijden zijn zelfs in het meest gematigde scenario van klimaatverandering zinvol. Zo'n maatregel garandeert als het ware dat tijd, geld en moeite goed worden besteed. Het wordt aanbevolen om aan de slag te gaan met deze geen-spijtmateregelen. Hieronder volgt een aantal voorbeelden van geen-spijtmateregelen voor de Maasvlakte, waar de belanghebbenden direct mee aan de slag kunnen:

- Waterveiligheid als criterium opnemen in investeringsbeslissingen, zodat terreinen waterrobuust worden aangelegd en/of steeds waterrobuuster worden in de tijd.
- Initiatiefnemers voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen in de haven informeren over overstromingsrisico's (nu en in de toekomst) en de mogelijke beheersmaatregelen, zodat er een afweging gemaakt kan worden om dergelijke meekoppelkansen te benutten.
- Gebiedsnoed- en herstelplannen opstellen om afstemming te verzorgen in de acties bij een (dreigende) overstroming waardoor het risico verder daalt. Voor buitendijkse gebieden zijn daarnaast crisisbeheermaatregelen extra belangrijk, omdat de focus van veiligheidsdiensten bij zeer ernstige

stormsituaties en dreigende dijkdoorbraken vooral op binnendijkse gebieden gericht zal zijn¹¹. Het is daarom aan te bevelen om storm-/overstromingssituaties in samenwerking met de VRR verder uit te werken in een crisisbeheerplan.

- Kennis vergaren over de sterkte van containmentdijken aan de buitenkant. De betrokken belanghebbenden geven aan te verwachten dat containmentdijken het water buiten de deur zullen houden, maar kunnen dit niet met zekerheid zeggen. Ook in de Botlek en Europoort kwam deze onbekendheid met de sterkte van die dijken voor water van buitenaf naar voren. Onderzoek naar de sterkte van een containmentdijk haalt deze onzekerheid weg.

Een laatste vervolgstap die wordt aanbevolen is om de relatie te leggen met de voorkeursstrategie van het Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden (DPRD, 2020) en de strategische adaptatieagenda buitendijks, door de resultaten van het project naast die van de pilots en eerder uitgevoerde projecten te leggen.

¹¹Kanttekening hierbij is dat er plannen in voorbereiding zijn om de dijkringen te versterken (in het kader van de nieuwe normering), waardoor de kans op dreigende dijkdoorbraken nog verder verlaagd wordt

Literatuurlijst

Deltaprogramma | Rijnmond-Drechtsteden. (2011). *Verkenning Deltascenario's voor het havengebied Rijnmond-Drechtsteden*.

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

Deltaprogramma | Rijnmond-Drechtsteden (2020). *Voorkeursstrategie Deltaprogramma Rijnmond-Drechtsteden*. Programmteam Rijnmond-Drechtsteden

Gemeente Rotterdam (2008). Ontwerp Bestemmingsplan MAASVLAKTE 2. 1450-359

Hallegatte, S. (2008). *An adaptive regional input-output model and its application to the assessment of the economic cost of Katrina*. Risk Anal., 28(3), 779–799, doi:10.1111/j.1539-6924.2008.01046.x.

Hallegatte, S. (2014). *Modeling the role of inventories and heterogeneity in the assessment of the economic costs of natural disasters*. Risk Anal., 34(1), 152–167.

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

Konter, J. (2013). *Waterveiligheid Botlekgebied, geplaatst in het kader van de kansrijke strategieën*. Notitie Havenbedrijf Rotterdam.

Leede, R. de en Veen, P. (2014). *Is het Botlekgebied klaar voor hoogwater? Een studie naar de overstromingsrisico's in het Botlekgebied*. Nederland: Rotterdam. Hogeschool van Rotterdam. In opdracht van Rijkswaterstaat WZN.

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

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

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

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

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

De Krijger, S. (2017) *Startdocument waterveiligheid Maasvlakte & Maasvlakte 1&2. Vertrekpunt van het project met alle beschikbare informatie van Maasvlakte – Maasvlakte 1&2*. Havenbedrijf Rotterdam en Gemeente Rotterdam

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

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

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

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

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

Van de Visch, J. & Bos, M. (2020). *Waterveiligheid Europoort. Een adaptatiestrategie voor een veilige haven – nu en in de toekomst*. Opdrachtgever Havenbedrijf Rotterdam en Gemeente Rotterdam

Van de Visch, J., Bos, M. & Stuij, S. (2019). *Waterveiligheid Merwe-Vierhavens. Een adaptatiestrategie voor een veilige haven – nu en in de toekomst*. Opdrachtgever Havenbedrijf Rotterdam en Gemeente Rotterdam

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

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

Hoogtedata (LiDAR) 2017, AHN-3.

Hakvoort, J.W. en Langeveld C. (2011). *Harde Zeewering: Bescherming tegen golfoverslag over kruin van Stenig Duin*, PUMA, Ontwerpnota, puma-p-jwm-ono03, 15 maart 2011