

MKBA Klimaatadaptatiestrategie Rotterdam
Casus: Kop van Feijenoord

AEBEL

Maatschappelijke kosten-batenanalyse Klimaatadaptatiestrategie Rotterdam Casus: Kop van Feijenoord

**Gemeente Rotterdam:
Programmabureau Duurzaam**

Auteurs

Irene Pohl (Rebel)
Sigrid Schenk (Rebel)
André Rodenburg (Intertechniek)
Toine Vergroesen (Deltares)
Peter van Veelen (Gemeente Rotterdam/stadsontwikkeling)
Marja Houwen (Ingenieursbureau Rotterdam)

Datum
17-4-2014

Status
Definitief

Klant
Gemeente Rotterdam:
Programmabureau Duurzaam

www.rebelgroup.com
KvK 56 67 43 68
Rabobank 4754-09.870

Rebel Economics & Transactions bv T 010 275 59 95
Wijnhaven 23 F 010 275 59 99
3011 WH Rotterdam info@rebelgroup.com

Inhoudsopgave

1	Een onderzoek naar de maatschappelijk economische waarde van klimaatadaptatie voor Kop van Feijenoord	4
1.1	Waarom dit onderzoek?	4
1.2	Doel van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, Casus Kop van Feijenoord	5
1.3	Hoe is dit rapport opgebouwd?	5
2	De MKBA onderzoeksmethodiek	6
2.1	Een bijzondere MKBA	6
2.2	De onderzoekstappen van de MKBA	6
2.3	Uitgangspunten MKBA	7
3	De alternatieven voor Kop van Feijenoord	12
3.1	Het nulalternatief	12
3.2	Ontwikkeling van de varianten	12
3.3	Beschrijving van de varianten	13
3.3.1	Variant 0: huidig beleid	14
3.3.2	Variant 1A: water buiten houden NAP +3,60 m, Variant 1B: water buiten houden NAP +3,90 m	15
3.3.3	Variant 2A: leven met water NAP +3,60 m, Variant 2B: leven met water NAP +3,90 m	16
3.3.4	Variant 3: basisveilig NAP +3,40 m	18
4	De resultaten	21
4.1	Resultaten Kop van Feijenoord	21
4.2	Gevoeligheidsanalyse	24
4.2.1	Economische groei	24
4.2.2	Ramingsonzekerheden kosten	26
4.3	Mogelijke neveneffecten	27
4.4	Bij wie komen de baten en kosten terecht?	28
5	Conclusies	30
	Bijlage 1: Kenmerken van het plangebied	33
	Bijlage 2: Uitgangspunten klimaatscenario's, schadeberekening, kosten	34
	Bijlage 3: Uitgangspunten varianten	39
	Referenties	41
	Executive Summary	43

1 Een onderzoek naar de maatschappelijk economische waarde van klimaatadaptatie voor Kop van Feijenoord

1.1 Waarom dit onderzoek?

De stad voorbereiden op verandering van het klimaat, met een strategisch aanpak en onderbouwde maatregelen – dat is het doel van de Rotterdamse Klimaatadaptatiestrategie. De Rotterdamse strategie laat zien hoe bewoners, bedrijven en stad maximaal kunnen meeprofiteren.

De klimaatverandering brengt schade met zich mee, deze zijn gecategoriseerd in de thema's hittestress, wateroverlast, uitdroging, waterveiligheid en bereikbaarheid. Een stap in het ontwikkelproces van klimaatadaptatiestrategie is de economische onderbouwing. Hiervoor heeft de gemeente Rotterdam in samenwerking met Rebel, Royal Haskoning DHV (RHDHV) en Deltares een evaluatie-instrument ontwikkeld dat is gebaseerd op de maatschappelijke kosten-batenanalyse (de MKBA RAS) [Rebel, 2012]. Met dit instrument worden de kosten van diverse klimaatadaptatiemaatregelen tegen de baten afgewogen. Het is de eerste keer dat een dergelijk instrument wordt toegepast op stedelijke klimaatadaptatie.

Als het om waterveiligheid gaat is de aandacht gericht op buitendijks gebied. Rotterdam heeft een groot intensief verstedelijkt, buitendijks gelegen gebied dat niet beschermd wordt door primaire keringen. Enkele plekken, met name de oudere delen van het oorspronkelijke havengebied, hebben een relatief grote kans op overstromingen. Deze kans zal door de stijgende zeespiegel en extremere weeromstandigheden verder toenemen. Dit betekent dat de kans op schade en ontwrichting als gevolg van uitval van vitale voorzieningen verder zal toenemen en de leefbaarheid van deze rivierzonegebieden onder druk komen te staan. De gemeente Rotterdam werkt aan een adaptatiestrategie voor de omgang met overstromingsrisico's in kwetsbare gebieden. Deze strategie wordt steeds meer gebaseerd op een adaptieve, effectgerichte aanpak in plaats van normstellende kaders waaraan gebieden moeten voldoen.

In 2013 is het ontwikkelde MKBA-RAS-model, dat in eerste instantie met 43 adaptatiemaatregelen is gevuld met data voor Rotterdam "algemeen" toegepast op een concreet gebied, namelijk de Kop van Feijenoord. Dit is gedaan om te testen of de tool ook gebiedsspecifiek toepasbaar is. Het algemene model en de kennis die is verzameld en ontwikkeld in vorige projecten is voor deze casus (Kop van Feijenoord) de basis geweest voor een uitgewerkte gebiedsspecifieke invulling voor de MKBA zoals in deze rapportage is beschreven.

Omdat de wijk Kop van Feijenoord met name gevoelig is voor overstromingen vanuit de rivier is de uitwerking van deze MKBA beperkt tot het thema waterveiligheid. Het gaat om maatregelen die de kans op overstroming beperken of de gevolgen van een overstroming mitigeren.

1.2 Doel van de maatschappelijke kosten-batenanalyse, Casus Kop van Feijenoord

Het doel van deze MKBA Klimaatadaptatiestrategie Kop van Feijenoord is het in beeld brengen van de maatschappelijke kosten en baten van realisatie van een klimaatadaptief Kop van Feijenoord. Door het doorrekenen van diverse varianten ontstaat inzicht in de maatschappelijke kosten en baten van een bandbreedte aan maatregelen die gericht zijn op beperking van schade door overstromingen. Mede op basis daarvan kunnen wel overwogen keuzes gemaakt worden en kan adaptatie een plek krijgen in het lopende gebiedsontwikkelingsproces. De MKBA ondersteunt daarmee het bestuur van Rotterdam en andere betrokken partijen zoals bewoners, gebruikers, eigenaren en ontwikkelaars die belang hebben bij een klimaatadaptief Kop van Feijenoord, bij het nemen van beslissingen.

1.3 Hoe is dit rapport opgebouwd?

In hoofdstuk 1 is de achtergrond en het doel van de MKBA Klimaatadaptatiestrategie, casus Kop van Feijenoord beschreven. In hoofdstuk 2 is de onderzoeksmethodiek van deze studie beschreven. Daarin worden de algemene uitgangspunten van de MKBA met betrekking tot de economische aannames, het probleemgebied en de gevolgen van klimaatverandering beschreven.

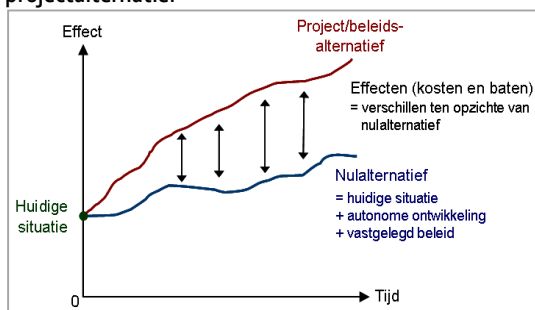
Op basis hiervan gaan wordt in hoofdstuk 3 in gegaan op projectalternatieven, de zo genoemde varianten, die zijn onderzocht in deze MKBA. Met de gekozen varianten in hoofdstuk 3 wordt de analyse voort gezet in hoofdstuk 4 en de uitkomsten geïnterpreteerd met als onderdeel een gevoeligheidsanalyse. Ook worden de resultaten geanalyseerd in relatie tot verantwoordelijkheden en actoren. Wie krijgt de baten? Wie draagt de kosten? Tenslotte worden in hoofdstuk 5 conclusies getrokken.

2 De MKBA onderzoeksmethodiek

2.1 Een bijzondere MKBA

In een MKBA worden de kosten van een investering tegen de baten afgewogen vanuit het perspectief van de maatschappij als geheel. Welke extra welvaart kan worden verwacht als gevolg van de investering? Om de baten te kunnen waarderen, moet het effect van een project in kaart worden gebracht. Hiertoe worden als het ware twee filmpjes met elkaar vergeleken: een filmpje van hoe de wereld eruit ziet *zonder* uitvoering van het project (het nulalternatief), en een filmpje van hoe de wereld er uit ziet *met* uitvoering van het project (het projectalternatief). Het effect dat het project heeft op de maatschappij, is het verschil tussen de filmpjes.

Afbeelding 2.1 In een MKBA wordt het effect bepaald door het bepalen van het verschil tussen nulalternatief en projectalternatief



In Nederland wordt de MKBA vaak toegepast bij infrastructuurprojecten. Daarvoor is door het CPB een leidraad ontwikkeld, namelijk de OEI-leidraad. Voor klimaatadaptatie is geen specifieke leidraad beschikbaar. De aanpak in deze MKBA is derhalve zoveel mogelijk gebaseerd op de OEI-leidraad, bijvoorbeeld ten aanzien van het stappenplan en de waardering van diverse effecten. Voor sommige effecten zijn in de MKBA RAS waarderingsmethoden ontwikkeld en aannamen gedaan op basis van literatuur.

2.2 De onderzoekstappen van de MKBA

Bij het uitvoeren van deze MKBA zijn de volgende stappen doorlopen:

Stap 1: Uitvoeren intakegesprekken, scoping en go-/no-go-moment

In de eerste fase van het project lag de focus op het vaststellen van scope. Dit omvat naast de geografische afbakening van het casusgebied het vaststellen van de klimaatopgave en het nulalternatief. Verder hoort het kiezen en definiëren van maatregelen in het kader van het bepalen van het projectalternatief tot deze fase. Na deze eerste inventarisatie is er even stilgestaan bij het zogenoemde go-/no-go-moment om de afweging te maken of de casus voldoende inhoud biedt om verder te gaan.

Stap 2: Opstellen en invullen invulformulier

Na de afbakening van de casus en het formuleren van de nul- en projectalternatieven is door Deltares en Intertechniek een invulformulier opgesteld waarmee de (vermeden) schade is bepaald (zie voor de schaderesultaten tabel 2.1 en [bijlage 2](#)). Hiervoor is informatie verzameld over gebiedskengetallen zoals aantal woningen, informatie over de klimaatopgave en de effecten van de maatregelen. Daarnaast zijn de kosten van maatregelen bepaald. Omdat veel maatregelen relatief nieuw zijn, is door de gemeente Rotterdam aanvullend onderzoek gedaan naar kosteninschatting van enkele maatregelen. In het geval dat geen gebiedsspecifieke informatie beschikbaar is, werd teruggevallen op de kengetallen voor heel Rotterdam van het eerste traject. Voor het buitendijks gebied van Rotterdam is voor verschillende gebieden de overstromingsfrequentie en de bijbehorende schade aan infra en gebouwen in beeld gebracht. Dit was ook voor de Kop van Feijenoord beschikbaar. Het invullen van de formulieren is door de gemeente met ondersteuning van Deltares en Intertechniek uitgevoerd en met de projectleider afgestemd. Het ingevulde formulier dient als basis voor de inputsheets in het rekenmodel.

Stap 3: Verwerken inputs en aanpassen rekenmodel

De schadeberekeningen en de gegevens over de kosten (zie hoofdstuk 3) uit stap 2 dienen als basis voor het invullen van de inputsheets van het rekenmodel. Zo kan bijvoorbeeld met gebiedsspecifieke kennis over het aantal woningen het schadegetal in het geval van hoogwater worden berekend. Ook worden de maatregelen toegepast op het gebied door bijvoorbeeld het maximale aantal, het tempo van implementatie en de investeringskosten in het model te zetten. De gemeente heeft voor de fasering de gegevens geleverd. Het rekenmodel is flexibel opgebouwd en staat na invullen van de nieuwe gegevens klaar voor diverse berekeningen.

Stap 4: Rekenen en analyse resultaten

Het rekenmodel is gebaseerd op het rekenmodel uit het eerste traject van de MBKA RAS voor heel Rotterdam. De gebiedsspecifieke schaderesultaten uit Stap 2 en de casusspecifieke varianten (zie hoofdstuk 3) zijn toegevoegd zodat het rekenmodel op maat is gemaakt voor de casus Kop van Feijenoord. Via een cockpit kan de gebruiker de keuze maken welke maatregel (of combinatie van maatregelen) hij wil beschouwen. Verder kunnen bepaalde factoren worden aangepast om de gevoeligheid van de uitkomsten te toetsen. Hier is te denken aan de mate van economische groei, het klimaatscenario of de ramingsonzekerheid van de kosten. De analyse van de resultaten gaat in op de Netto Contante Waarde van de kasstromen en op de stabiliteit van de uitkomsten op basis van de gevoeligheidsanalyse (zie hoofdstuk 4).

Stap 5: Schrijven rapportage en geven eindpresentatie

Het proces en de uitkomsten van het traject zijn in dit rapport samengevat. De voorlopige uitkomsten zijn gepresenteerd bij de projectgroep en gepresenteerd bij de bijeenkomst van de governancewerkgroep op 12 april 2013.

2.3 Uitgangspunten MKBA

In de MKBA zijn aannames gemaakt over de scope en bepaalde factoren, zoals bijvoorbeeld de economische ontwikkelingen, de geografische scope van het onderzoek en de klimaatscenario's. Ook zijn keuzes gemaakt over de tijdshorizon. In dit hoofdstuk worden deze aannames toegelicht. Eerst worden de economische factoren en de tijdshorizon beschreven. Vervolgens worden de gehanteerde klimaatscenario's toegelicht, het probleemgebied beschreven en wat het effect van de gehanteerde klimaatscenario's in het bepaalde

probleemgebied is – de schadeberekening. In dit hoofdstuk wordt alleen een beknopte toelichting gegeven. Uitgebreidere achtergrondinformatie is in [bijlage 1 en 2](#) opgenomen.

Economische factoren algemeen

In een MKBA worden alle toekomstige kosten en baten herleid naar hun huidige of contante waarde, zodat alle kosten en baten op gelijke basis vergeleken kunnen worden, ongeacht het tijdstip waarop ze optreden. Bij de discontering krijgen kosten en baten een kleinere waarde naarmate ze verder in de toekomst liggen. Een euro 10 jaar in de toekomst is minder waard dan een euro vandaag.

Voor de berekening in deze MKBA is het prijspeil van de ramingen (zowel kosten als ook effecten) 2013. Het resultaat is uitgedrukt als een Netto Contante Waarde per 2013. Voor de berekening is een discontovoet van 5,5% gehanteerd. Dit sluit aan bij het huidige gebruik van het deltaprogramma. In de basisberekening wordt op de kosten en baten gerekend met een economische groei van 2%. In de gevoeligheidsanalyse in hoofdstuk 4 is in beeld gebracht wat het variëren van de disconteringsvoet en de economische groei voor impact heeft op de uitkomsten.

Tijdshorizon

Het rekenmodel MKBA RAS dat is ontwikkeld maakt het mogelijk om investeringen door te rekenen niet alleen als ze nu worden gedaan, maar ook om ze te faseren en te variëren in de tijd. Voor de berekening van de kasstromen is een vaste tijdshorizon van 50 jaar gehanteerd. Indien de levensduur van een maatregel binnen de periode verstrijkt wordt van een herinvestering uitgegaan. Tegelijkertijd wordt ook rekening gehouden met een restwaarde aan het einde van de vaste horizon. De fasering van de maatregelen is gebaseerd op de aanname, dat, waar mogelijk, investeringen meeliften met bestaande onderhouds- of renovatieplannen. Bovenstaande betekent concreet de aanname dat alle investeringen uiterlijk 2044 gereed zijn (voor details over de fasering per variant, zie hoofdstuk 3.3).

Gezien de grote omvang van de investeringen, de levensduur en de ruimtelijke consequenties is er in de eerdere projecten van de MKBA RAS voor gekozen om voor de waterveiligheid een horizon aan te houden tot 2100 in relatie tot de waterstanden die optreden bij de verschillende klimaatscenario's. Hierdoor wordt de schade ietwat overschat en zijn de consequenties van maatregelen tot 2100 inzichtelijk qua falen in relatie tot hoog water.

Klimaatscenario's

Het klimaat verandert. De zeespiegel stijgt en rivierafvoeren zullen extremer worden waardoor het risico op overstromingen in de buitendijkse gebieden, ook in Rotterdam, toeneemt. Hierdoor neemt de kans op slachtoffers en (economische) schade eveneens toe. De mate waarin dit gebeurt en welke effecten dit heeft op buitendijkse gebieden is afhankelijk van de ontwikkeling van het klimaat. De omvang en snelheid waarmee de veranderingen zich voltrekken zijn echter onzeker. Om toch grip te krijgen op deze onzekerheid zijn door het KNMI "klimaatscenario's" ontwikkeld. Voor de MBKA RAS en concreet de casus Kop van Feijenoord worden twee klimaatscenario's beschouwd, namelijk "G" en "W+". In beide klimaatscenario's is er sprake van meer en heftigere neerslag en een zeespiegelstijging, waarbij klimaatscenario W+ het extremere van de twee scenario's is. Voor meer informatie over deze uitgangspunten wordt naar [bijlage 2](#) verwezen.

Geografische scope – het probleemgebied

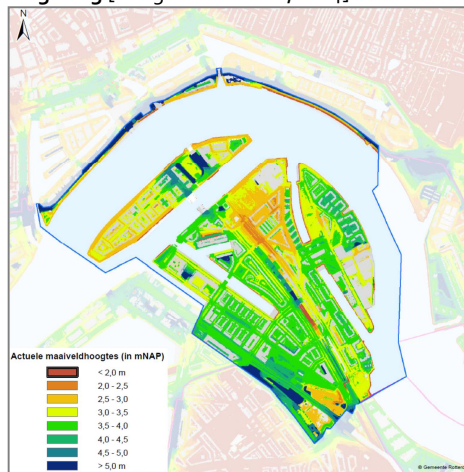
Kop van Feijenoord is een van de overstromingsgevoelige buitendijkse gebieden in Rotterdam. Tegelijkertijd is het gebied sterk in ontwikkeling. Niet alleen zal er de komende jaren geïnvesteerd worden in het verbeteren en vernieuwen van de bestaande woningvoorraad, ook zal er geïnvesteerd worden in de buitenruimte en het verbeteren van het groen. Dit biedt kansen om het gebied stapsgewijs aan te passen aan veranderende condities: het verbinden van de langetermijnpoging van adaptatie aan zeespiegelstijging met de dynamiek van ruimtelijke ontwikkelingen.

Het gebied Kop van Feijenoord en Eiland van Feijenoord zijn oorspronkelijke havengebieden die in de loop der tijd zijn getransformeerd naar woongebieden. In Kop van Feijenoord staan bijna 3250 woningen, waarvan ruim 90% in eigendom is van Woonstad Rotterdam. Een deel van het gebied is in gebruik als bedrijventerrein. Met name het gebied rond de Piekstraat op het Feijenoord eiland zijn bedrijven actief. [Van Veelen, 2013]. Met betrekking tot de ruimtelijke ontwikkelingen is voor deze casus aangenomen dat ruimte benut zal worden voor nieuwbouw. Aanname is dat in totaal 842 woningen in het overstromingsgevoelige gebied worden toegevoegd.

Het plangebied is aangegeven in afbeelding 2.2. De globale hoogteligging van dit gebied en de omgeving is aangegeven in afbeelding 2.3. Met name het gebied tussen het Entrepot en de Nassauhaven ligt relatief laag. Bij een overstroming loopt het gebied rond de Oranjeboomstraat als eerste vol.

Afbeelding 2.2**Plangebied van de varianten**

[Rotterdam, 2013 -2]

**Afbeelding 2.3****Actuele maaiveldhoogte plangebied en omgeving [Geografisch Rdam, 2014]**

Het casusgebied is kwetsbaar voor de gevolgen van klimaatverandering. In de volgende paragraaf wordt beschreven hoe deze kwetsbaarheid zich uit in potentiële schade door overstroming.

Bepaling schadekosten

Zoals in de paragraaf over klimaatscenario's beschreven, is voor de casus Kop van Feijenoord naar twee klimaatscenario's gekeken, G en W+, en wat deze in het casusgebied in potentie aan schade veroorzaken. In de bepaling van schadekosten is gebruik gemaakt van Veerbeek (2013). In deze studie naar de overstromingsrisico's is voor een aantal klimaatscenario's bepaald wat de optredende waterstand is bij 1x10, 1x100, 1x1.000 en 1x10.000 jaar. En hieraan is in deze studie vervolgens gekoppeld welke schade er optreedt bij deze waterstanden waarbij onderscheid is gemaakt in woningen en infrastructuur.

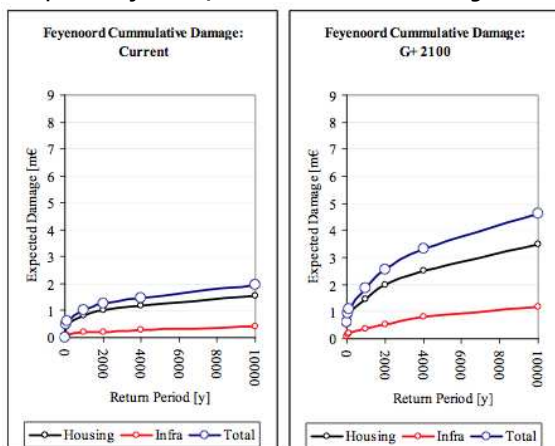
In dezelfde rapportage [Veerbeek,2013] van de schade naar overstroming buitendijks is tevens aangegeven hoeveel woningen schade ondervinden van wateroverlast. Dit komt omgerekend neer op een schade van gemiddeld € 3.000 per woning per gebeurtenis wat aansluit bij gegevens van Deltares [2011 en 2012]. Ten aanzien van de studie Kop van Feijenoord is ook gerekend dat er schade ontstaat aan potentiële nieuwbouw. Deze gemiddelde schade per woning per gebeurtenis is ook gehanteerd voor de potentiële schade aan nieuwbouw. De gedetailleerde aannames rond gebiedsontwikkeling en de frequentie van overstroming zijn in [bijlage 2](#) in meer detail beschreven.

Voor de schade in het casusgebied is in de studie van Veerbeek (2013), specifiek voor het beschouwde gebied van de Kop van Feijenoord, aangegeven dat circa 25% van de schade niet woning-gerelateerd is (zie afbeelding 2.4). Dit betreft directe en indirecte schades door uitval van elektriciteit, schade aan lokale en hoofdinfra en aan buitenruimte. Ten behoeve van de berekeningen is bij de bepaling van het schadegetal uitgegaan van onderstaande verdeling:

- Schade woningen 80%
- Schade aan buitenruimte en infrastructuur 5%
- Impact op arbeidsproductiviteit, schade 5%
- Uitval elektriciteit, schade 10%.

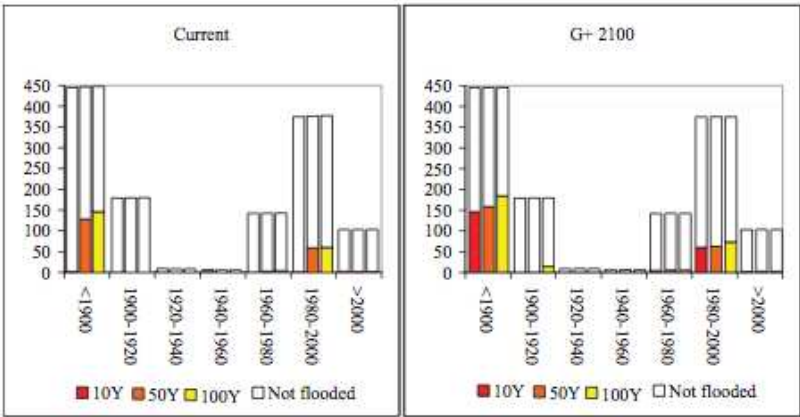
Afbeelding 2.4

Kop van Feijenoord; Schade en schadeverdeling huizen en infra [Veerbeek 2013]



In afbeelding 2.5 is weergegeven hoeveel huidige woningen er in het huidige en G+ 2100 scenario getroffen worden door hoog water. Dit is gepresenteerd met een herhalingstijd van 10, 50 en 100 jaar en gerelateerd aan de ouderdom van de woning.

Afbeelding 2.5
Kop van Feijenoord; aantal woningen wat bij verschillende herhalingstijden water in de woning heeft [Veerbeek 2013, afbeelding 18]



De uit de aannames resulterende optredende schade per klimaatscenario die in de MKBA zijn gehanteerd is in onderstaand tabel samengevat.

Tabel 2.1 Gehanteerde optredende schade per gebeurtenis in euro's per klimaatscenario in de casus Kop van Feijenoord

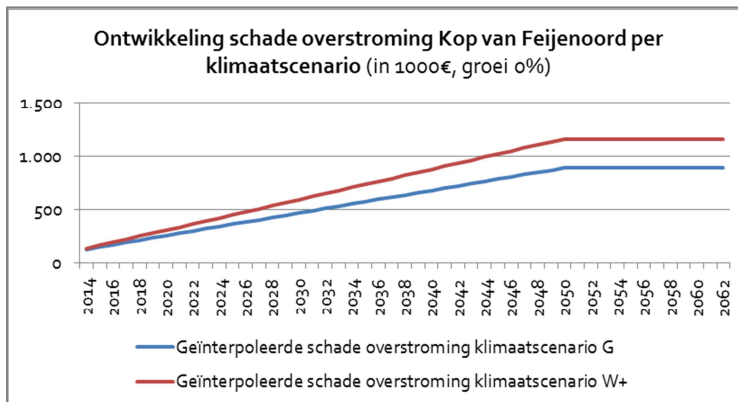
Frequentie hoogwater	Schade huidige situatie	Schade scenario G	Schade scenario W+
1x10 jaar	0	1.560.000	2.060.000
1x100 jaar	1.885.000	2.060.000	2.385.000
1x1.000 jaar	2.260.000	2.460.000	3.860.000

3 De alternatieven voor Kop van Feijenoord

3.1 Het nulalternatief

In het nulalternatief is er sprake van overstroming, afhankelijk van de rivierwaterstand. De onderstaande grafiek geeft op basis van de gehanteerde schade van de gehanteerde herhalingstijden een inzicht in de groei van het gemiddelde schadegetal over de jaren. Dit is tot stand gekomen door een inschatting te maken voor het jaar 2050 en huidige en daartussen te interpoleren. Hierbij is bewust een keuze gemaakt om 2050 te presenteren voor het moment dat de schades optreden; de bovengenoemde schades zijn gerelateerd aan de waterstanden in 2100 (zie [bijlage 2](#)).

Abbeelding 3.1 In klimaatscenario W+ stijgt de schade door overstroming tot 2050 sterker voor klimaatscenario W+ dan voor klimaatscenario G



Het nulalternatief in deze MKBA houdt in dat de schade wordt geaccepteerd en *geen maatregelen* voor schadebeperking worden gerealiseerd. Het nulalternatief is dus “niets doen”. Tegelijkertijd is ervoor gekozen, om het huidige beleid (ophogen nieuwbouw) als een van de projectalternatieven op te nemen (variant o). Zo wordt tegen het nulalternatief “niets doen”, het huidige beleid (variant o) én vijf andere varianten afgezet.

In de volgende paragraaf wordt beschreven hoe de varianten tot stand zijn gekomen en een keuze voor deze MKBA is gemaakt. Vervolgens worden de aannames rond de varianten inclusief de kosten en effecten toegelicht.

3.2 Ontwikkeling van de varianten

De varianten zijn ontwikkeld vanuit de volgende invalshoeken:

- 1) preventie of adaptatie?
- 2) voor welke waterhoogte worden maatregelen getroffen?

Ad 1:

Is het ruimtelijk, technisch en financieel wenselijk om het gebied in de toekomst te beschermen met een preventieve voorziening (water buiten houden) of door het gebied integraal waterrobuust in te richten (leven met water)? Of is een combinatie van preventie en waterrobuuste inrichting verstandig (basisveilig)? Het gebied waterrobuust inrichten kan door in de architectuur van nieuwe panden of bij renovatie rekening te houden met een situatie van hoogwater. Een preventieve aanpak is het hoger maken van een deel van de laaggelegen kades, hiermee wordt het overstromingsrisico verkleind voor het gehele gebied.

Ad 2:

Het huidige gemeentelijke beleid is gebaseerd op een ophoogverplichting voor nieuwbouwlocaties tot het adviespeil dat afgegeven wordt door afdeling watermanagement van Stadsbeheer (voor uitgebreidere informatie over het beleid zie [bijlage 3](#)). Op dit moment is het uitgiftepeil vastgelegd op NAP +3,90 m. De provinciale oriëntatiewaarden voor het individueel overlijdensrisico en voor maatschappelijke ontwrichting betekenen voor Kop van Feijenoord een hoogte van minimaal NAP +3,40 m. Nieuwe gemeentelijke normen kiezen een midden positie en gaan uit van een veilige hoogte van NAP +3,60 m voor woningen en bedrijven en een hoogte van NAP +4,10 m voor vitale voorzieningen. Deze drie mogelijke beleidsuitgangspunten vormen de basis voor de varianten

De aspecten van de aangegeven invalshoeken zijn zodanig gerangschikt tot een aantal varianten dat de MKBA inzicht geeft in de kosten en baten van een bandbreedte aan maatregelen die gericht zijn op een beperking van de schade door klimaatverandering. Onderstaand tabel geeft een overzicht van de varianten.

Tabel 3.1 Overzicht varianten klimaatadaptatiestrategie casus Kop van Feijenoord

Varianten	Norm voor waterveilige waterhoogte			
Strategie	Sturen op Overlijdensrisico NAP +3,40 m	Sturen op beperken ontwrichting NAP +3,60 m	Sturen op voorkomen schade NAP +3,90 m	Altijd veilig NAP + 4,10 m
Variant 0 <i>Huidig beleid</i>			Variant 0	
Variant 1 <i>Water buiten houden</i>		Var. 1A	Variant 1B	
Variant 2 <i>Leven met water</i>		Var. 2A	Variant 2B	Variant 2A en 2B: Evacuateroute Vitale energie-infra
Variant 3 <i>Basisveilig</i>	Variant 3			Variant 3: Evacuateroute Vitale energie-infra

3.3 Beschrijving van de varianten

Er is in het kader van Kennis voor Klimaat (KvK) onderzoek gedaan naar effecten van overstroming, zoals fysieke schade aan bebouwing en uitval van nutsvoorzieningen. Vervolgens is een toolbox met mogelijke maatregelen samengesteld en onderzocht op

koppelingsmogelijkheden met geplande nieuwbouw, renovatie en investeringen in de buitenruimte [Veelen, 2013]. Samen met sleutelpartijen in de gebiedsontwikkeling van kwetsbare gebieden, zoals woningcorporaties, projectontwikkelaars, deelgemeente, bewoners en ondernemers(-verenigingen), is een pakket van maatregelen benoemd waarmee de kwetsbaarheid van bepaalde gebieden voor overstroming verkleind wordt. Voor Kop van Feijenoord leidde dit tot kansrijke maatregelen aan (1) kades (plaatselijk ophogen) en aanbrengen waterkering, (2) ophogen maaiveld onder nieuwbouwblokken of (3) stedelijke infrastructuur waterrobuust aanleggen. De opgedane kennis en ervaringen zijn benut voor het uitwerken en invullen van de varianten met maatregelen. De volgende paragrafen beschrijven de varianten en de bijhorende aannames. Voor de kostenraming is aangenomen dat, waar mogelijk, wordt meegelift op bestaande plannen voor onderhoud of renovatie om zo de kosten te beperken.

3.3.1 Variant o: huidig beleid

In deze variant worden maatregelen genomen conform het huidige beleid met een uitgifte peil van NAP +3,90 m.

Maatregelen

De volgende maatregelen maken deel uit van deze variant:

- ophogen bij nieuwbouw tot uitgiftepeil NAP +3,90 m;
- ophogen buitenruimte rond bouwblokken nieuwbouw tot uitgiftepeil NAP +3,90 m;
- early warning: risicocommunicatie, training rond risicobeheersing bewoners en crisiscommunicatie in situaties van hoog water.

Kosten

Ophogen woningen

Er wordt van uitgegaan dat in het gebied in de komende decennia 842 woningen in het overstromingsgevoelige gebied worden toegevoegd. Omdat in dit gebied veel gestapelde woningbouw is voorzien is in overleg met specialist wonen van de gemeente Rotterdam bepaald dat ca. 40 % van deze woningen een begane grond verdieping hebben. In totaal zijn dus 336 woningen kwetsbaar voor overstromen. Deze woningen liggen in de lagere delen van Kop van Feijenoord.

- Investeringskosten bij NAP +3,90 m: per woning gemiddeld 90 cm ophoging, gemiddelde woning van 10 m diep en 5,4 m breed, kosten € 300/ m³ (informatie Woonbron). Kosten per woning € 14.580 per woning. Investeringskosten voor 336 woningen = € 4.898.880;
- Fasering: tot 2020 168 woningen daarna tot 2030 nog eens 168 woningen;
- De maatregel is effectief als de woning gerealiseerd is;
- De onderhoudskosten bedragen 1% van de investeringskosten;
- De levensduur bedraagt 100 jaar.

Ophogen van de buitenruimte:

- Investeringskosten ophogen (totale investeringskosten): € 6.382.000;
- Fasering tot 2020 de helft, daarna tot 2030 nog eens de helft (gelijk oplopend met het investeringsbedrag van nieuwbouwwoningen);
- Onderhoudskosten 2% van de investeringskosten;
- Levensduur: 50 jaar.

Early warning:

De kosten van early warning bedragen gemiddeld € 4.000 per jaar. (Gebaseerd op kosten van Dordrecht [Dordrecht 2014]).

Effecten

Van de potentiële schade aan nieuwbouw wordt 100% voorkomen. Ingeschat is dat het ophogen van de buitenruimte rond nieuwbouw 2,5% van de schade oplost. Deze maatregelen hebben effect op een deel van het gebied. Voor Early warning is uitgegaan van 10% [Rebel 2013], deze maatregel heeft effect voor het gehele gebied (in het opgehoogde gebied voor kans op overstromingen boven NAP +3,90 m in het overige gebied voor kansen op overstromingen gelet op de huidige hoogteligging). In onderstaande tabel is de reductie ten opzichte van de totale schade weergegeven.

Tabel 3.2 Afname schade bij overstromingskansen in Kop van Feijenoord per klimaatscenario voor variant o (huidig beleid)

Overstromingskansen	Afname schade Huidig	Afname schade Klimaatscenario G	Afname schade Scenario W+
1x10 jaar	n.v.t.*	69%	55%
1x100 jaar	59%	55%	49%
1x1.000 jaar	51%	48%	35%

* Geen reductie van schade omdat in de huidige situatie geen schade optreedt

3.3.2 Variant 1A: water buiten houden NAP +3,60 m, Variant 1B: water buiten houden NAP +3,90 m

Het doel van deze variant is om te voorkomen dat het water het gebied binnenstroomt door het ophogen van kades, aanbrengen van muurtjes en het gebruiken van bestaande bebouwing als waterkering. Een groot deel van de kades en bebouwing aan de randen van het gebied is in de loop der tijd opgehoogd tot 3,90 – 4,10 m, waardoor de laaggelegen delen van de kades zich beperken tot de Nassaukade, Unileverkade, Persoonskade, Piketkade en het Mallegatspark. Deze strategie wordt uitgewerkt voor twee hoogten NAP +3,60 m (variant 1A) en NAP +3,90 m (variant 1B), waarbij de waterkering wordt verhoogd. In beide varianten wordt de belangrijkste hoofdinfrastructuur opgehoogd tot boven referentiehoogte (NAP +4,10 m).

Maatregelen

Voor het gehele gebied bescherming tot NAP +3,60 m / NAP +3,90 m door lokale ophoging van kades met een muurtje en door gebruik te maken van bestaande opgehoogde bouwblokken. [Rotterdam, 2013-2].

Kosten

De investeringskosten bedragen bij NAP +3,60 m: € 2.574.000 en bij NAP +3,90 m: € 2.800.000. In het rekenmodel is er vanuit gegaan dat de waterkerende functie gerealiseerd en effectief is in 2030. De verwachting is dat de aanpassingen en daarmee de investeringen gefaseerd plaats vinden waardoor de helft van de kering in 2020 gereed is en de rest in 2030, kan in het model niet meegenomen worden. Bij een dergelijke fasering zullen de kosten (netto contante waarde) van deze maatregel hoger uitvallen dan berekend. Gelet op de soort aanpassingen is voor de onderhoudskosten uitgegaan van 2% van de investeringskosten en van een levensduur van 50 jaar.

Effecten

De maatregel heeft effect voor het gehele gebied, 100% van de schade die optreedt bij een overstroming tot NAP +3,60 m (1A) respectievelijk NAP +3,90 m (1B) wordt voorkomen. Beide varianten hebben in scenario G hetzelfde effect omdat beide bij een situatie van 1x1.000 jaar voldoende hoogte hebben (NAP + 3,60 m geeft voldoende zekerheid; NAP +3,90 m geeft meer zekerheid voor extremere herhalingstijden). Bij scenario W+ is te zien dat in variant 1A deze maatregel 0% van de schade oplost bij een herhalingstijd 1x1.000 jaar; een kade van NAP +3,60 m is niet hoog genoeg om het water te keren. Een kade van NAP +3,90 m (variant 1B) zal deze bijbehorende waterhoogte wel kunnen keren en daarom de schade voor 100% reduceren. In onderstaande tabellen is de reductie ten opzichte van de totale schade weergegeven.

Tabel 3.3 Afname schade bij overstromingskans in Kop van Feijenoord per klimaatscenario voor variant 1A

Overstromingskans	Afname schade Huidig	Afname schade Klimaatscenario G	Afname schade Scenario W+
1x10 jaar	n.v.t.*	100%	100%
1x100 jaar	100%	100%	100%
1x1.000 jaar	100%	100%	0%

* Geen reductie van schade omdat in de huidige situatie geen schade optreedt

Tabel 3.4 Afname schade bij overstromingskans in Kop van Feijenoord per klimaatscenario voor variant 1B

Overstromingskans	Afname schade Huidig	Afname schade Klimaatscenario G	Afname schade Scenario W+
1x10 jaar	n.v.t.*	100%	100%
1x100 jaar	100%	100%	100%
1x1.000 jaar	100%	100%	100%

* Geen reductie van schade omdat in de huidige situatie geen schade optreedt

3.3.3 Variant 2A: leven met water NAP +3,60 m, Variant 2B: leven met water NAP +3,90 m

De strategie "leven met water" gaat uit van het beperken van de schade en het voorkomen van langdurige ontwrichting, door bij de inrichting van het gebied rekening te houden met een mogelijke overstroming. Daarnaast wordt ingezet op snel herstel na een overstroming. Deze strategie is uitgewerkt voor een variant, waarbij de referentiehoogte van waterrobuuste maatregelen ligt op NAP +3,60 m (variant 2A) en een referentiehoogte van NAP +3,90 m (variant 2B).

Maatregelen

De maatregelen die bij deze varianten passen en zijn meegenomen zijn:

- waterrobuuste inrichting (dryproof bouwen) van nieuwbouw tot referentie hoogte NAP +3,60 m / NAP +3,90 m;
- de bestaande woningen worden bij grootschalige renovatie waterbestendig (wetproof) ingericht:
 - elektrische installaties boven referentiehoogte;

- waterbestendige inrichting (tegels) tot referentiehoogte;
- afsluiten van gevelopeningen tot referentiehoogte;
- maatregelen om instromen van rioolwater te voorkomen;
- het ophogen van de hoofdinfrastructuur en toekomstige trambaan (tracé Willemsbrug – Rosestraat) tot boven NAP +4,10 m;
- het ophogen van elektriciteitskastjes tot boven NAP +4,10 m;
- Early warning: risicocommunicatie, training rond risicobeheersing bewoners en crisiscommunicatie in situaties van hoog water.

Kosten

Nieuwbouwwoningen

In variant 2A en 2B gaat het om 336 nieuwbouwwoningen (toelichting zie variant o). De kosten zijn gebaseerd op een eengezinswoning met een oppervlak van 12 x 5,4 m. En gaan uit van een gesloten kelderbak als fundatie van het huis met waterdichte doorvoeren. Daarnaast worden de ventilatievoorzieningen voor de kelder waterdicht gemaakt. Tevens zal waterinloop via de riolering worden tegengegaan door het aanbrengen van een terugslagklep. De bouwkosten voor het dryproof bouwen bedragen per woning € 37.000. Een referentieniveau van NAP +3,60 m geeft geen significante verlaging in de bouwkosten. [Rotterdam 2014-2] Totaal voor 336 woningen: €12.432.000. De maatregel wordt genomen bij realisatie nieuwbouw, fasering van de nieuwbouw is: tot 2020 168 woningen daarna tot 2030 nog eens 168 woningen. De onderhoudskosten bedragen 1% van de investeringskosten. De levensduur bedraagt 100 jaar.

Renovatie van woningen

Bij NAP +3,90 m wordt uitgegaan van grootschalige renovatie van 693 woningen overeenkomstig het aantal bestaande woningen dat volgens de inventarisatie, zie [bijlage 2](#), bij deze referentiehoogte zonder maatregelen schade zou oplopen bij overstrooming. Bij NAP +3,60 m betreft het 467 woningen. De kosten zijn gebaseerd op een eengezinswoning met een oppervlak van 12 x 5,4 m. En gaan uit van een afmeting van een bestaande woningen van standaard 12 x 5,4 m. De elektrakast en voedingen (WCDs) worden verhoogd aangelegd. Daarnaast zal de houten vloer worden vervangen voor een betonvloer. Tegelwerk zal worden aangebracht om waterschade zoveel mogelijk te beperken. Daarnaast worden de ventilatieschachten en de gevels waterdicht gemaakt om instroming in de spouw te voorkomen zodat het aanwezige hout niet zal gaan rotten. De inkomende kabels en leidingen worden waterdicht gemaakt en er zal een terugslagklep worden geplaatst in het riool. De bouwkosten voor het wetproof bouwen bedragen € 53.000,- per woning. Een referentieniveau van NAP +3,60 m geeft geen significante verlaging in de bouwkosten. [Rotterdam 2014-2]

De kosten bedragen bij variant 2A voor 467 woningen totaal € 24.751.000,- en bij variant 2B voor 693 woningen totaal € 36.729.000,-. Renovatie vindt plaats in cycli en loopt ca. 20-30 jaar, daarom is uitgegaan van een realisatie van 100% na 30 jaar waarvan 50% na 15 jaar. Onderhoudskosten 1% van de investeringskosten, levensduur 100 jaar. .

Op hoogte brengen hoofdinfra en elektra voorzieningen

De extra kosten voor het ophogen van de hoofdinfrastructuur en toekomstige trambaan (tracé Willemsbrug – Rosestraat) komen neer op € 160/m voor een lengte van 1,4 km. Hiermee komen de kosten op € 224.000. Het waterrobuust inrichten van de elektravoorzieningen in het gebied betreft 1 transformatorhuisje en 15 laagspanningskastjes. De kosten bedragen het op hoogte brengen van het transformatorhuisje € 100.000 en het op hoogte brengen van de laagspanningskasten, per stuk € 6000 zowel in variant 2A als 2B. De kosten zijn gebaseerd op

nieuwbouw. Uitgangspunt is dat kabels en leidingen niet aangepast hoeven te worden; deze zijn in principe waterdicht. Totaal € 130.000,- investeringskosten. Uitgegaan is van een fasering van het totaal van € 354.000,- aan investeringskosten als volgt, in 2014 en 2018 20%, in 2024 40% en in 2030 20%. De onderhoudskosten zijn op 1% van de investeringskosten geraamd.

Early warning

De kosten van Early warning bedragen gemiddeld € 4.000,- per jaar (gebaseerd op kosten van Dordrecht [Dordrecht 2014]).

Effecten

Door de waterrobuuste inrichting van nieuwbouw (dryproof) en de waterbestendige (wetproof) inrichting bij renovatie van bestaande woningen wordt 80% van de schade tot NAP +3,60 m respectievelijk NAP +3,90 m opgelost. Door het ophogen van de hoofdinfrastructuur en toekomstige trambaan (tracé Willemsbrug – Rosestraat) tot boven referentiehoogte (NAP +4,10 m) en door het ophogen van elektriciteitskastjes tot referentiehoogte wordt na inschatting nog eens 12,5 procent van de schade opgelost. Van de dan nog resterende schade is ervan uitgegaan dat Early warning nog 10 % oplost (10% van de resterende 7,5% schade = 0,75%).

In onderstaande tabellen is de reductie ten opzichte van de totale schade weergegeven.

Tabel 3.5 Afname schade bij overstromingskans in Kop van Feijenoord per klimaatscenario voor variant 2A

Overstromingskans	Afname schade Huidig	Afname schade Klimaatscenario G	Afname schade Scenario W+
1x10 jaar	n.v.t.*	93%	93%
1x100 jaar	93%	93%	93%
1x1.000 jaar	93%	93%	21%

* Geen reductie van schade omdat in de huidige situatie geen schade optreedt

Tabel 3.6 Afname schade bij overstromingskans in Kop van Feijenoord per klimaatscenario voor variant 2B

Overstromingskans	Afname schade Huidig	Afname schade Klimaatscenario G	Afname schade Scenario W+
1x10 jaar	n.v.t.*	93%	93%
1x100 jaar	93%	93%	93%
1x1.000 jaar	93%	93%	93%

* Geen reductie van schade omdat in de huidige situatie geen schade optreedt

3.3.4 Variant 3: basisveilig NAP +3,40 m

Deze variant is gebaseerd op een combinatie van preventie en adaptatie en richt zich op het zo optimaliseren van kansen om mee te kunnen koppelen met gebiedsontwikkeling en cyclische investeringen in nutsvoorzieningen en buitenruimte. De maatregelen bestaan uit het voorkomen van dodelijke slachtoffers door preventieve maatregelen tot NAP +3,40 m, conform het beleid van de provincie, in combinatie met maatregelen die grootschalige maatschappelijke

ontwrichting voorkomen na een overstroming. Schades als gevolg van een overstroming blijven voor risico van eigenaren en gebruikers.

Maatregelen

De maatregelen van deze variant zijn:

- ophogen van de randen van het gebied tot basisveilig NAP +3,40 m (net boven niveau oriëntatiewaarde Lokaal Individueel Risico provincie Zuid-Holland);
- het ophogen van de hoofdinfrastructuur en toekomstige trambaan (tracé Willemsbrug – Rosestraat) tot boven NAP +4,10 m;
- Het ophogen van elektriciteitskastjes tot NAP +4,10 m;
- Early warning: risicocommunicatie, training rond risicobeheersing bewoners en crisiscommunicatie in situaties van hoog water.

Kosten

Ophogen randen:

De investeringskosten van het ophogen van de randen bedragen bij NAP +3,40 m € 1.570.650. [Rotterdam, 2014-1] In het rekenmodel is er vanuit gegaan dat de waterkerende functie gerealiseerd en effectief is in 2030. De verwachting dat de aanpassingen en daarmee de investeringen gefaseerd plaats vinden waardoor de helft in 2020 gereed is en de rest in 2030 kan in het model niet meegenomen worden. Bij een dergelijke fasering zullen de kosten (netto contante waarde) van deze maatregel hoger uitvallen dan berekend. Voor de onderhoudskosten is uitgegaan van 2% van de investeringskosten, de maatregel heeft een levensduur van 50 jaar.

Op hoogte brengen hoofdinfra en elektravoorzieningen:

De extra kosten voor het ophogen van de hoofdinfrastructuur en toekomstige trambaan (tracé Willemsbrug – Rosestraat) komen neer op € 160/m. het gaat om een lengte van 1,4 km. Hiermee komen de kosten op € 224.000. Het waterrobuust inrichten van de elektravoorzieningen in het gebied betreft 1 transformatorhuisje en 15 laagspanningskastjes. De kosten bedragen het op hoogte brengen van het transformatorhuisje € 100.000 en het op hoogte brengen van de laagspanningskasten, per stuk € 6000,-. De kosten hiervan zijn gebaseerd op nieuwbouw. Uitgangspunt is dat kabels en leidingen niet aangepast hoeven te worden; deze zijn in principe waterdicht. Totaal € 130.000 investeringskosten. Uitgegaan is van een fasering van € 354.000 aan investeringskosten als volgt, in 2014 en 2018 20%, in 2024 40% en in 2030 20%. De onderhoudskosten zijn op 1% van de investeringskosten geraamd.

Early warning

De kosten van early warning bedragen gemiddeld € 4.000 per jaar. (Gebaseerd op kosten van Dordrecht [Dordrecht 2014])

Effecten

Door het ophogen van de randen wordt 100% van de schade tot NAP +3,40 m opgelost. Deze baten verschillen niet van de baten voor aanpassing van de waterkering in variant 2A (NAP +3,60 m). Dit komt omdat de waterstanden bij scenario G bij 1x1.000 jaar NAP +3,39 m wordt; voor scenario W+ geldt dat de waterstand bij 1x100 jaar NAP +3,37 m wordt.

Door het ophogen van de hoofdinfrastructuur en toekomstige trambaan (tracé Willemsbrug – Rosestraat) tot boven referentiehoogte (NAP +4,10 m) en door het ophogen van elektriciteitskastjes tot referentiehoogte wordt alleen bij W+ 1x1.000 jaar 12,5% van de schade

opgelost. Van de dan nog resterende schade bij W+ 1x1.000 jaar is ervan uitgegaan dat Early warning nog 10 % oplost van de resterende schade (10% van 87,5% = 8,75%). Dit betreft 21% bij de betreffende gebeurtenis.

Tabel 3.7 Afname schade bij overstromingskans in Kop van Feijenoord per klimaatscenario voor variant 3

Overstromingskans	Afname schade Huidig	Afname schade Klimaatscenario G	Afname schade Scenario W+
1x10 jaar	n.v.t.*	100%	100%
1x100 jaar	100%	100%	100%
1x1.000 jaar	100%	100%	21%

* Geen reductie van schade omdat in de huidige situatie geen schade optreedt

4 De resultaten

De berekening van de kosten en baten van de verschillende projectalternatieven is in meerdere stappen uitgevoerd. Eerst worden twee *basisscenario's* berekend (paragraaf 4.1) voor klimaatscenario G en W+, met 2% economische groei en geen ramingsonzekerheden op de kosten. Daarnaast zijn in de gevoeligheidsanalyse variaties op het basisscenario voor klimaatscenario G en W+ berekend met geen economische groei (paragraaf 4.2.1) of met 10% ramingsonzekerheid (paragraaf 4.2.2). In deze studie zijn nog geen baten of extra kosten door neveneffecten opgenomen maar de focus is gelegd op baten door vermeden hoogwaterschade. Potentiële neveneffecten zouden de resultaten ook nog in beide richtingen kunnen beïnvloeden maar staan buiten de scope van dit onderzoek. De baten die wel zijn meegenomen houden in de vermeden schade aan woningen en gebouwen, aan de buitenruimte, de infrastructuur en elektra, en het voorkomen van negatief effect op arbeidsproductiviteit.

4.1 Resultaten Kop van Feijenoord

Klimaatscenario G

In het basisscenario voor klimaatscenario G is met economische groei van 2% op de kosten en baten gerekend. Onderstaande tabel toont het resultaat per variant in Netto Contante Waarde¹.

Tabel 4.1 In het basisscenario (klimaatscenario G, 2% economische groei en geen ramingsonzekerheid) variëren de resultaten van € -28 mln. tot ca. € 6,6 mln.

2% groei; Klimaatscenario G	Variant 0 <i>huidig beleid</i>	Variant 1A <i>water buiten 3,60</i>	Variant 1B <i>water buiten 3,90</i>	Variant 2A <i>leven met water 3,60</i>	Variant 2B <i>leven met water 3,90</i>	Variant 3 <i>basisveilig 3,40</i>
Kosten						
Investerings (-restwaarde)	8.468	1.362	1.481	22.656	29.174	1.017
Onderhoud	3.221	587	639	5.500	7.045	475
Baten						
Waterveiligheid	6.754	8.080	8.080	8.386	8.251	8.080
Totaal						
Som Kosten	11.689	1.949	2.120	28.156	36.219	1.491
Som Baten	6.754	8.080	8.080	8.386	8.251	8.080
Resultaat	-4.935	6.131	5.960	-19.770	-27.968	6.589

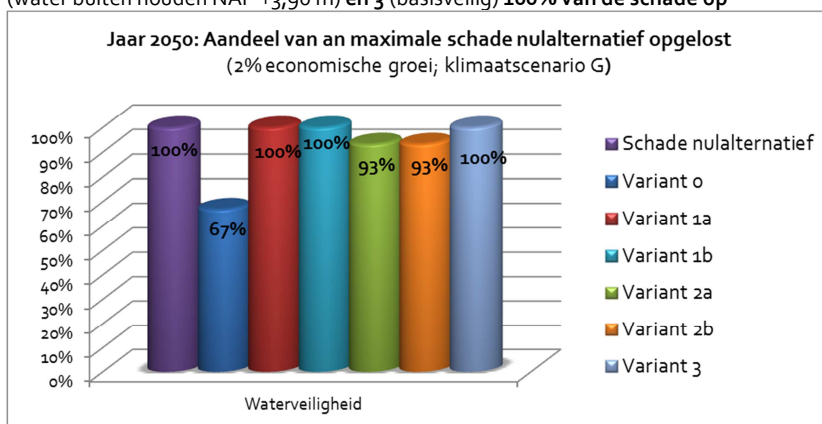
¹ Het resultaat is uitgedrukt in termen van netto contante waarde (NCW). Dat betekent dat de kosten en de baten over een periode van 50 jaar gecorrigeerd zijn voor tijd en risico door middel van een disconteringsvoet (van 5,5%) en vervolgens zijn opgeteld. Een NCW groter dan nul betekent dat de investering vanuit economisch perspectief aantrekkelijk is. NCW's zijn onderling niet vergelijkbaar – een sterk positieve NCW betekent niet dat een project aantrekkelijker is dan een project met een minder positieve NCW.

De helft van de varianten, namelijk variant 1A (water buiten houden NAP +3,60 m) variant 1B (water buiten houden NAP +3,90 m) en variant 3 (basisveilig) hebben een positief resultaat rond de € 6 mln.

Het lichte verschil tussen de resultaten van variant 1A en variant 1B is te verklaren door de extra investeringen die nodig zijn in variant 1B om de kade tot NAP +3,90 m op te hogen terwijl de baten niet toenemen. De baten zijn gelijk omdat in het model niet gerekend is met overstromingskansen kleiner dan 1/1000, waardoor er geen positieve baten ontstaan bij maatregelen die deze waterstanden keren. Daarbij moeten worden opgemerkt dat de baten bij deze hoge waterstanden in klimaatscenario G klein zijn omdat de kans op optreden ook zeer klein zijn. De verwachting is dat er dus ook bij een correctie van deze ontbrekende baten geen significant verschil ontstaat. Variant 1A met een kadehoogte van NAP +3,60 m lost in klimaatscenario G al alle schade op. Het extra ophogen van de kade op NAP +3,90 m in variant 1B veroorzaakt daarom alleen extra kosten, geen extra baten. Daarom is het resultaat van variant 1B minder goed (maar nog steeds positief) dan van variant 1A. Ook variant 3 met een hoogte van NAP +3,40 m lost alle schade op.

De varianten 2A (leven met water NAP +3,60 m) en 2B (leven met water NAP +3,90 m), even als variant 0 (huidig beleid) hebben een negatief resultaat. Voor alle drie varianten geldt dat de hoogtes van de baten wel vergelijkbaar zijn met de baten van de drie positieve varianten. Het negatief resultaat wordt vooral veroorzaakt door de kosten. De investering voor 1A en 1B en variant 3 zijn maar een fractie (5-10%) van de investering die in variant 2A en 2B worden gepleegd – waarbij alle ongeveer dezelfde baten bereiken: De investeringen 1A en 1B en 3 zijn kosteneffectiever. Bij de baten voor variant 2A en 2B valt op, dat de variant voor de hogere veiligheidsnorm (2B) minder baten heeft dan variant 2A. Dit lijkt in eerste instantie niet logisch maar valt modeltechnisch te verklaren met de fasering van de twee varianten. Het investeringsritme van de twee varianten kent een licht onderscheid die bevat dat variant 2A op een eerder moment sneller investeert, en variant 2B op een later moment. In een netto-contante-waardeberekening zijn waarden in te toekomst minder waard dan vandaag. Zo ontstaat in netto-contante-waardetermen een licht verschil tussen de varianten en hogere baten voor variant 2A.

Afbeelding 4.1 In 2050 in klimaatscenario G lost variant 1a (water buiten houden NAP +3,60 m), 1b (water buiten houden NAP +3,90 m) en 3 (basisveilig) 100% van de schade op



Afbeelding 4.1 toont het aandeel van de schade in het nulalternatief dat is opgelost per variant in klimaatscenario G in het jaar 2050. Dan zijn alle maatregelen geïmplementeerd. Variant 1A en 1B (de kades) lossen alle schade op, evenals variant 3. De varianten 2A en 2B (*leven met water*) lossen 93% van de schade op. Variant 0 (*huidig beleid*) lost 2/3 van de schade op.

Klimaatscenario W+

In het eerste basisscenario is uit gegaan van klimaatscenario G. In vergelijking met klimaatscenario G gaat het klimaatscenario W+ uit van een hogere kans op hoogwater wat een hogere verwachte schade veroorzaakt. Voor de varianten betekent dit dat de baten in klimaatscenario W+ in potentie hoger kunnen uitvallen dan in klimaatscenario G, omdat meer schade op te lossen valt. De kosten worden door klimaatscenario's niet beïnvloed en zijn dus hetzelfde als in klimaatscenario G. Tabel 4.2 toont de resultaten voor klimaatscenario W+.

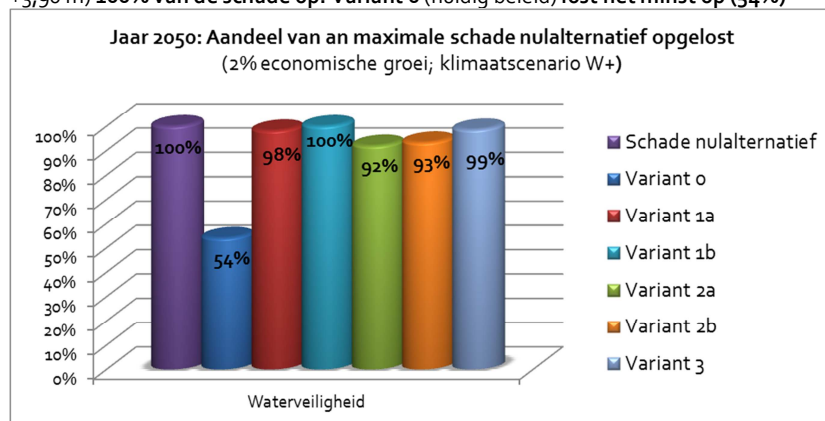
Tabel 4.2 In het klimaatscenario W+ hebben zoals in klimaatscenario G dezelfde varianten (1A, 1B (water buiten houden NAP +3,60 m/+3,90 m) en 3 (basisveilig)) een positief resultaat.

2% groei; Klimaatscenario W+	Variant 0 <i>huidig beleid</i>	Variant 1A <i>water buiten 3,60</i>	Variant 1B <i>water buiten 3,90</i>	Variant 2A <i>leven met water 3,60</i>	Variant 2B <i>leven met water 3,90</i>	Variant 3 <i>basisveilig 3,40</i>
Kosten						
Investerings (-restwaarde)	8.468	1.362	1.481	22.656	29.174	1.017
Onderhoud	3.221	587	639	5.503	7.045	475
Baten						
Waterveiligheid	7.113	10.278	10.465	10.649	10.618	10.327
Totaal						
Som Kosten	11.689	1.949	2.120	28.156	36.219	1.491
Som Baten	7.113	10.278	10.465	10.649	10.618	10.327
Resultaat	-4.576	8.329	8.345	-17.507	-25.601	8.835

Het resultaat van alle zes varianten verbeterd ten opzichte van het basisscenario G omdat de baten in klimaatscenario W+ hoger zijn dan in klimaatscenario G. Desalniettemin hebben in klimaatscenario W+ dezelfde varianten een positief resultaat als in klimaatscenario G, namelijk varianten 1A, 1B (*water buiten houden NAP +3,60 m/ +3,90 m*) en 3 (*basisveilig*). In klimaatscenario W+ is nu te zien dat variant 1B, die hoger is als 1A, een beter resultaat heeft. De kosten die moeten worden gemaakt voor de hogere norm worden in dit klimaatscenario meer dan gecompenseerd door de baten van extra schadebeperking. De variant 1B heeft daardoor een betere kosten-batenverhouding dan variant 1A.

De varianten 0 (*huidig beleid*), 2A en 2B (*leven met water NAP +3,60 m/ +3,90 m*) hebben nog steeds een negatief resultaat dat vooral wordt beïnvloed door de hoge kosten. De kosten zijn gelijk aan de kosten in het basisscenario G.

Afbeelding 4.2 In 2050 in klimaatscenario W+ lost alleen nog variant 1b (water buiten houden NAP +3,90 m) 100% van de schade op. Variant o (huidig beleid) lost het minst op (54%)



Afbeelding 4.2 toont het aandeel wat elk variant oplost van de schade die zou optreden, als geen interventie plaats vond in het jaar 2050 in klimaatscenario W+. Alleen variant 1B (*water buiten houden NAP +3,90 m*) lost 100% van de schade op. De variant 1A is alleen veilig tot NAP +3,60 m en lost in klimaatscenario W+ 98% van de schade op – in klimaatscenario G waren beide varianten nog in staat om 100% op te lossen. Het verschil voor deze varianten is niet van grote orde. In tegenstelling daartoe is de effectiviteit van variant o (*huidig beleid*) en variant 3 (*basisveilig*) sterker gedaald voor klimaatscenario W+, van 67% naar 54% voor variant o en van 100% naar 77% voor variant 3. De NAP-hoogte is in variant 3 niet meer voldoende in dit extremere klimaatscenario. In variant o ondervindt de bestaande bebouwing meer schade in dit extremere klimaatscenario. De varianten 2A en 2B blijven redelijk gelijk in hun effectiviteit voor de twee klimaatscenario's.

In de volgende paragraaf wordt geanalyseerd in hoeverre deze uitkomsten robuust zijn door het toepassen van een gevoeligheidsanalyse op de aannames in het basisscenario.

4.2 Gevoeligheidsanalyse

De berekeningen en dus de uitkomsten zijn gebaseerd op een aantal aannames. Om de robuustheid van de uitkomsten te testen worden in de gevoeligheidsanalyse de economische groei en de raming van de kosten gevarieerd en met het basisscenario vergeleken.

4.2.1 Economische groei

In het basisscenario wordt gerekend met een economische groei van 2%. Deze groei heeft een effect op zowel de kosten als ook de baten van de projectalternatieven. Door het verschil in de kaasstroom van de projectalternatieven kan het aanpassen van deze aanname een effect hebben op de verhouding van de resultaten. Tabel 4.3 toont de kosten en baten met de aanname van 0% economische groei.

Tabel 4.3 In het scenario met 0% economische groei hebben alle varianten een slechter resultaat maar dezelfde varianten hebben een positief saldo als in het basisscenario.

0% groei; Klimaatscenario G	Variant 0 huidig beleid	Variant 1A water buiten 3,60	Variant 1B water buiten 3,90	Variant 2A leven met water 3,60	Variant 2B leven met water 3,90	Variant 3 basisveilig 3,40
Kosten						
Investerings (-restwaarde)	7.353	972	1.058	18.523	23.712	741
Onderhoud	2.107	330	358	3.441	4.389	283
Baten						
Waterveiligheid	4.010	4.369	4.369	4.821	4.727	4.369
Totaal						
Som Kosten	9.460	1.302	1.416	21.964	28.101	1.024
Som Baten	4.010	4.369	4.369	4.821	4.727	4.369
Resultaat	-5.449	3.067	2.952	-17.143	-23.374	3.344

Tabel 4.4 In het scenario met 0% economische groei hebben ook voor klimaatscenario W+ alle varianten een slechter resultaat maar dezelfde varianten een positief saldo.

0% groei; Klimaatscenario W+	Variant 0 huidig beleid	Variant 1A water buiten 3,60	Variant 1B water buiten 3,90	Variant 2A leven met water 3,60	Variant 2B leven met water 3,90	Variant 3 basisveilig 3,40
Kosten						
Investerings (-restwaarde)	7.353	972	1.058	18.523	23.712	741
Onderhoud	2.107	330	358	3.441	4.389	283
Baten						
Waterveiligheid	4.224	5.549	5.649	6.098	6.056	5.577
Totaal						
Som Kosten	9.460	1.302	1.416	21.964	28.101	1.024
Som Baten	4.224	5.549	5.649	6.098	6.056	5.577
Resultaat	-5.235	4.247	4.233	-15.866	-22.045	4.553

Algemeen zijn de resultaten voor dezelfde varianten positief als in het basisscenario, namelijk voor variant 1A, 1B (water buiten houden NAP +3,60 m/ +3,90 m) en 3 (basisveilig). Maar de resultaten voor de varianten vallen allemaal negatiever uit met de aanname van 0% groei dan

met 2% groei. Dit heeft met het kasstroomprofiel van de varianten te maken. De fasering van de maatregelen is op meeliften ingericht. Dit betekent dat de kosten niet in een keer op de korte termijn vallen maar over een middellange termijn worden uitgesmeerd. Met een economische groei van 2% groeien ook de kosten die over de middellange termijn vallen. Met de aanname van economische groei van 0% zijn de kosten kleiner. Tegelijkertijd groeien ook de baten minder met 0% economische groei dan met 2% economische groei. Voor de baten geldt, dat deze samen met de investering vallen (dus op korte en middellange termijn), maar dan constant blijven doorlopen, ook op de lange termijn. Groeien de baten nu met 0% i.p.v. 2%, is het effect groter, relatief gezien, dan op hetzelfde effect op de kosten: het resultaat verslechtert.

Het valt op dat de hogere variant 1B die met 2% economisch groei alleen in klimaatscenario W+ beter scoorde dan variant 1A nu met 0% economisch groei in beide klimaatscenario's minder goed scoort dan de lagere variant 1A. De redenering hiervoor is te vinden in de ontwikkeling van de baten. De extra baten die door de extra hoogtebescherming in variant 1B ontstaan komen op de lange termijn tot stand omdat dan ook pas het klimaat extremer is (vooral in klimaatscenario W+). Als nu deze baten nog maar met 0% groeien wordt de netto contante waarde van de totale baten in die mate kleiner dat de extra kosten die moeten worden gemaakt voor de extra hoogte zich niet renderen: variant 1B heeft een (licht) minder goed saldo dan variant 1A.

4.2.2 Ramingsonzekerheden kosten

Ten opzichten van het basisscenario zijn in dit gevoeligheidsscenario de resultaten met een opslag op de kosten van 10% gerekend om rekening te houden met ramingsonzekerheden. Dit heeft een effect zowel op de investerings- als ook de onderhoudskosten. De baten blijven gelijk.

Tabel 4.5 In het scenario met een 10%-opslag op de kosten hebben alle varianten een minder goed resultaat maar dezelfde varianten zijn positief.

2% groei; Klimaatscenario G +10% kosten	Variant 0 huidig beleid	Variant 1A water buiten 3,60	Variant 1B water buiten 3,90	Variant 2A leven met water 3,60	Variant 2B leven met water 3,90	Variant 3 basisveilig 3,40
Kosten						
Investerings (-restwaarde)	9.315	1.498	1.629	24.921	32.092	1.118
Onderhoud	3.543	646	703	6.050	7.750	522
Baten						
Waterveiligheid	6.754	8.080	8.080	8.386	8.251	8.080
Totaal						
Som Kosten	12.858	2.144	2.332	30.971	39.841	1.641
Som Baten	6.754	8.080	8.080	8.386	8.251	8.080
Resultaat	-6.104	5.936	5.748	-22.585	-31.590	6.440

Tabel 4.6 In het scenario met een 10%-opslag op de kosten hebben alle varianten een minder goed resultaat maar dezelfde varianten zijn positief, ook in klimaatscenario W+.

2% groei; Klimaatscenario W+ +10% kosten	Variant 0 huidig beleid	Variant 1A water buiten 3,60	Variant 1B water buiten 3,90	Variant 2A leven met water 3,60	Variant 2B leven met water 3,90	Variant 3 basisveilig 3,40
Kosten						
Investerings (-restwaarde)	9.315	1.498	1.629	24.921	32.092	1.118
Onderhoud	3.543	646	703	6.050	7.750	522
Baten						
Waterveiligheid	7.113	10.278	10.465	10.649	10.618	10.327
Totaal						
Som Kosten	12.858	2.144	2.332	30.971	39.841	1.641
Som Baten	7.113	10.278	10.465	10.649	10.618	10.327
Resultaat	-5.745	8.135	8.133	-20.322	-29.223	8.686

De gevoeligheidsanalyse op de kosten laat zien dat de opslag op de kosten ertoe leidt dat alle resultaten minder goed worden. Desalniettemin blijven dezelfde varianten een positief resultaat hebben, namelijk variant 1A, 1B (*water buiten houden NAP +3,60 m/ +3,90 m*) en 3 (*basisveilig*). De resultaten zijn met betrekking tot de kostenraming robuust.

4.3 Mogelijke neveneffecten

In deze studie ligt de focus op het voorkomen van schade door hoogwater. De kosten en baten die zijn meegenomen in de analyse zijn beperkt tot waterveiligheid. De baten die wel zijn meegenomen houden in de vermeden schade aan woningen en gebouwen, aan de buitenruimte, de arbeidsproductiviteit, infrastructuur en elektra. Echter hebben grote investeringen in bijvoorbeeld infrastructuur en gebouwen ook maatschappelijke effecten buiten de baten voor waterveiligheid. Deze zogenaamde neveneffecten zijn in deze studie niet meegenomen en zouden de resultaten nog in beide richtingen kunnen beïnvloeden.

Mogelijke neveneffecten kunnen zowel van positieve als ook negatieve aard zijn. Bijvoorbeeld kan het ophogen van nieuwbouw of bestaand bouw tot hoogteverschillen in het landschap leiden, vooral in een gefaseerde aanpak. Dit kan impact hebben op de landschappelijke kwaliteit en de leefbaarheid, met name in de laaggelegen gedeeltes. Positieve voorbeelden van neveneffecten kunnen vooral worden bereikt als de varianten nog worden geoptimaliseerd. Zo is er in Rotterdam een gebrek aan groen in de stad. Recent is de gemeente gestart met het vergroenen van kades en het aantrekkelijker maken van de kades door investeren in de buitenruimte, zoals bijvoorbeeld op de Boompjes bij de Erasmusbrug. Deze groene omgeving kan een aantal positieve economische effecten met zich meebrengen, namelijk verhoging van de waarde van omliggend vastgoed, en recreatieve gebruikswaarde (bij de feitelijke waardering

overigens moet rekening gehouden worden met overlap tussen deze twee). In de huidige omschrijving van de varianten is geen rekening gehouden met vergroening van de kade en verbetering van de omliggende buitenruimte. De eerder uitgevoerde MKBA [Rebel 2013] laat zien dat de vaak beperkte meerkosten van vergroenen al snel worden terugverdiend door de baten die ontstaan. Naast optimalisatie kunnen de investeringen in waterveiligheid ook meeliftkansen bieden op het gebied van duurzaamheid en op het oplossen van andere klimaatproblematiek. Bijvoorbeeld kan het waterrobuust renoveren van oude panden als momentum worden benut om ook investeringen in isolatie van het gebouw of maatregelen tegen hittestress binnen gebouwen te stimuleren. Bij verdere uitwerking is het dus aan te bevelen om over optimalisatie met betrekking tot de neveneffecten na te denken.

4.4 Bij wie komen de baten en kosten terecht?

De MKBA rekent vanuit maatschappelijk perspectief en overstijgt (negeert) daarbij instituties en actoren. In werkelijkheid is er wel degelijk sprake van verschillende actoren met diverse belangen. Om inzicht te krijgen in deze belangen is in onderstaand tabel een overzicht gemaakt en de kosten en baten per actor uitgesplitst.

Tabel 4.7 De kosten en baten worden door verschillende actoren gedragen

Kosten	Actor
Kade	Geen/ Gemeente
Waterrobuust inrichten van energievoorzieningen	Eigenaar infrastructuur
Ophogen infrastructuur	Eigenaar/ontwikkelaar
Baten	Actor
Ontwrichting, schade aan boedel	Bewoner, bedrijf / verzekeraar
Schade aan woningen	Eigenaar / verzekeraar
Schade aan infrastructuur	Gemeente/ Stedin
Vastgoedwaarde (potentieel)	Eigenaar

Het grootste gedeelte van de schade bestaat uit de schade aan woningen (80%). Deze schadepost bestaat enerzijds aan schade aan het pand en anderzijds uit schade aan boedel. Deze schade aan boedel vormt het grotere deel van deze schadepost. Dat betekent dat bewoners en bedrijven de partijen zijn die het meeste te winnen hebben bij de investeringen. Toch zijn dit typisch niet de partijen die de kosten voor hun rekening nemen. Per alternatief ontstaat het volgende beeld:

- Ophogen nieuwbouw: de investeringen worden gedaan door de ontwikkelaar/eigenaar terwijl de baten maar gedeeltelijk bij deze partijen neerslaan (schade aan woningen). De overige baten slaan voornamelijk neer bij bewoners en bedrijven van de nieuwbouw. De ontwikkelaar zal trachten de kosten te verhalen op de kopers, maar is daarbij beperkt door de slechte marktcondities. In dit geval ontstaat dus een typische mismatch tussen eigendom en gebruik, die bijvoorbeeld ook vaak optreedt bij investeringen in energiebesparende maatregelen.
- Bij het ophogen van kades is het niet direct duidelijk waar de kosten vallen, omdat het buitendijks gebied betreft. De kosten van instandhouding van de kade (dus niet het ophogen) vallen bij gemeente (of het waterschap). Dit is het enige alternatief waar bewoners en bedrijven van bestaande bouw niet (scenario G) of nog zelden (scenario W+) schade ondervinden van overstroming. Omdat alle partijen profiteren is het ook

mogelijk dat de opgehoogde kade wordt betaald uit een gebiedsfonds dat gevuld wordt door een toeslag bij ruimtelijke ontwikkelingen en waterschapsheffing.

- Bij het waterrobuust inrichten van energievoorziening en de hoofdinfrastructuur zijn zowel de kosten als de baten voor gemeente en infrastructuur eigenaren.

5 Conclusies

Algemene conclusies

Uit de maatschappelijke kosten-batenafweging komt naar voren dat het omdijken en ophogen van kades tot veiligere hoogtes kosteneffectief is. Het waterrobuust inrichten van het gebied is niet kosteneffectief en zelfs minder gunstig dan het huidige beleid waarbij alleen de nieuwbouw wordt opgehoogd. Deze uitkomst is te verklaren door de bijzondere ruimtelijke condities van Feijenoord, waarbij een relatief groot verstedelijk gebied met betrekkelijk kleinschalige ingrepen kan worden beschermd. De kosten voor het ophogen van de kades zijn daardoor vele malen lager dan de kosten voor het waterrobuust ontwikkelen, renoveren en inrichten van een groot deel van de bebouwde omgeving in het studiegebied.

Deze uitkomst betekent echter niet dat in alle gevallen het omdijken van buitendijkse gebieden kosten-effectiever is. Hoewel deze studie geen onderzoek heeft gedaan naar andere locaties, is de verwachting dat voor locaties met relatief veel kadelengte ten opzichte van de te beschermen voorzieningen de afweging anders zal uitvallen.

Uit de kosten-batenanalyse blijkt verder dat er een optimalisatie mogelijk is van de veilige ontwerphoogte. In de varianten is uitgegaan van maatregelen die bescherming bieden tot een bepaalde waterhoogte. Daarbij is gevarieerd in de hoogten: NAP +3,40 m, NAP +3,60 m, NAP +3,90 m en NAP +4,10 m. Het referentieniveau van NAP +3,90 m (huidig uitgiftepeil) is vanuit kosten-batenafweging niet effectief. Dit is te verklaren doordat de extra baten (vermeden schade) boven NAP +3,60 m een kleine kans hebben op optreden waardoor de baten eveneens klein worden. De variant waarbij uitgegaan is van een basishoogte van NAP +3,40 m in combinatie met een early warning systeem is zelfs net iets effectiever doordat de kosten aanzienlijk lager liggen doordat een groot deel van de kades al op NAP +3,40 m liggen.

Ook onder de verschillende klimaatscenario's is dit effect zichtbaar. In klimaatscenario G zijn als gevolg van de verschillende beschermingshoogten nauwelijks of geen extra baten te verwachten bij een hogere beschermingshoogten. Dit komt doordat de kans dat een overstroming optreedt boven NAP +3,40 m kleiner is dan 1x1.000 jaar. De vermeden schade bij een overstroming met een lagere kans dan 1x1.000jaar (en een extremere waterstand) levert geen/ nauwelijks een contante baat op. Deze baten zijn in deze studie buiten beschouwing gelaten. Bij scenario W+ is een overstroming met een kans van 1x1.000 jaar aanwezig tot NAP +3,77 m en levert dus bij een NAP +3,90 m wel een extra baat ten opzichte van NAP +3,60 m. Investerings voor een waterveilige hoogte hoger dan afgerond NAP +3,80/3,90 m leiden uitgaande van een worst-cases scenario van klimaatverandering, scenario W+, niet of tot zeer geringe maatschappelijke baten.

Het grootste gedeelte van de schade bestaat uit de schade aan woningen (80%). Dat betekent dat bewoners, ontwikkelaars en bedrijven de partijen zijn die het meeste te winnen hebben bij de investeringen. Bij de varianten die vanuit economisch perspectief het beste scoren (de kadeverhoging, verhoging van de randen van het gebied) gaat het om de varianten die vanuit de diverse belangen van actoren het minst makkelijk tot stand komt, omdat de baten zijn verspreid en de kosten niet logischerwijs aan een actor zijn toe te schrijven.

Het bij elkaar brengen van partijen in Kop van Feijenoord is een manier om vanuit gezamenlijk belang een alternatief te kiezen dat maatschappelijk het beste uitpakt. Vanuit economisch

perspectief is dat het alternatief met de beste netto contante waarde van kosten en baten, maar andere perspectieven kunnen er nog voor zorgen dat een ander alternatief als aantrekkelijker wordt beschouwd. Als duidelijk is welk alternatief de voorkeur heeft, dan kan het inzicht in de verdeling van kosten en baten het mogelijk maken om een gesprek te voeren over bijdragen aan de oplossing.

Conclusies over methodes en aannames

Voor bepaling van de vermeden schade is uitgegaan van het optreden van waterstanden gebaseerd op de situatie in 2100 voor twee uiterste klimaatscenario's G en W+ en de zeespiegelrijzing die in deze scenario's verwacht wordt. Deze schade is geprojecteerd op de periode tot 2050. Dit betekent dat uitgegaan is van een robuuste inschatting van mogelijke schade door klimaatverandering tot 2050 en daarmee van de mogelijke baten door maatregelen. Duidelijk is dat zonder maatregelen vervult het grootste deel van de schade, schade aan woningen zal zijn. Voor de kosten van maatregelen is uitgegaan van thans beschikbare gegevens en inschattingen. De uitvoering, tijdstippen van investering van deze maatregelen zijn gefaseerd. Voor nieuwbouw van woningen en renovatie van woningen in diverse varianten is uitgegaan van een gefaseerde aanpak waarbij in variant 0 (*huidig beleid*) alle nieuwbouw in 2025 is gerealiseerd en in variant 2A en 2B (*leven met water*) alle nieuwbouw en bestaande woningen in 2044 klimaatadaptief zijn. De netto contante waarde van kosten en baten wordt beïnvloedt door het tijdstip van het treffen van de maatregel. Door het later realiseren van maatregelen worden de kosten in netto contante waarde gezien kleiner, maar worden ook nog geen baten gerealiseerd.

Op basis van de nu verkregen inzichten en het beschikbare model kan een optimalisering van de kosten, fasering en van extra baten snel worden doorgerekend.

Conclusies van de resultaten

De gevoeligheidsanalyse van de kosten en baten geeft inzicht in de robuustheid van de uitkomsten. Samengevat is dat:

- Variant 0 (*huidig beleid*) heeft in het basisscenario met 2% economische groei in beide klimaatscenario's een negatief resultaat. Bij 0% economische groei en bij een kostenopslag van 10% verslechtert het resultaat.
- Varianten 1A en 1B (*water buiten houden*) hebben in het basisscenario in beide klimaatscenario's een positief resultaat. Dit verandert niet als de economische groei van 2% op 0% wordt verlaagd. Het toepassen van een extra opslag op de kosten verslechtert het resultaat maar het blijft positief. In het merendeel van de robuustheidsscenario's heeft variant 1A een beter resultaat dan variant 1B omdat de extra baten die met de extra hoogte kunnen worden bereikt niet opwegen tegen de kosten voor variant 1B. In klimaatscenario G lossen beide varianten voor *water buiten houden* de schade volledig op, in klimaatscenario W+ lost de lagere variant 1A nog 98% op en variant 1B blijft bij 100%. Uit economisch perspectief is de extra investering in veiligheid voor 1B t.o.v. 1A alleen kosteneffectief met een verwachte economische groei van 2%. Bij 0% economische groei is variant 1A (ook met maar 98% schadebeperking) kosteneffectiever.
- Varianten 2A en 2B (*leven met water*) hebben in het basisscenario in beide klimaatscenario's een negatief resultaat. De resultaten verbeteren als 0% economische groei wordt aangenomen in plaats van 2% economische groei. De resultaten verslechteren als een 10% opslag op de kosten wordt toegepast. Al met al zijn de resultaten robuust negatief. In vergelijking met de andere varianten scoren de

varianten voor *leven met water* wat betreft de baten even goed. Het negatief resultaat wordt veroorzaakt door de veel hogere kosten. De varianten zijn niet kosteneffectief. In beide klimaatscenario's lossen de varianten meer dan 90% van de optredende schade op.

- Variant 3 (*basisveilig*) heeft in beide klimaatscenario's in het basisscenario een positief resultaat. Het resultaat verslechtert als 0% economische groei wordt toegepast in plaats van 2% economische groei en verslechtert ook als een 10% opslag op de kosten wordt toegepast. Al met al wijken de uitkomsten niet extreem af van het basisscenario: Het resultaat is robuust. Het effectiviteit van de variant neemt in klimaatscenario W+ duidelijk af t.o.v. klimaatscenario G. Wordt in klimaatscenario G nog 100% van de optredende schade opgelost, lost variant 3 in klimaatscenario W+ nog maar 77% van de schade op.
- Voor de kostenraming van de maatregelen is op hoofdlijnen van meeliften uitgegaan en van een fasering afgestemd op renovatiecycli. Echter dit is niet in bestudeerd en hier kunnen mogelijk nog optimalisatiemogelijkheden liggen. In de robuustheidsanalyse is niet gekeken naar het mogelijk effect op de kostenkant van maatregelen door te optimaliseren op meekoppelen met al geplande gebiedsinvesteringen. Deze kosten zijn alleen voor een deel te drukken bij grootschalige renovatie van bestaande woningen en waterrobuuste nieuwbouw. Het verschil in kosten en baten blijft echter ook bij een 50% reductie van de kosten nog aanzienlijk, waardoor de conclusie blijft staan dat varianten "leven met water" niet kosteneffectief zijn.

Bijlage 1: Kenmerken van het plangebied

Kenmerk	Aanname
Gebiedsoppervlak	620.000 m ²
Aantal woningen	3.333
Begane grondwoningen	40%
Gemiddelde waarde woning	€ 120.000
Aantal bedrijven	0,00028 per m ²
Aantal inwoners	7.650

Samenstelling woningen en bebouwing

Het gebied Kop van Feijenoord en Eiland van Feijenoord zijn oorspronkelijke havengebieden die in de loop der tijd zijn getransformeerd naar woongebieden. In Kop van Feijenoord staan bijna 3250 woningen, waarvan ruim 90% in eigendom is van Woonstad Rotterdam. Eigenaarsbewoners bewonen 8% van de woningen in de wijk. Het gebied bestaat uit woningen uit begin 1900 die in de periode 1970-80 zijn gerenoveerd of woningen die in die periode zijn nieuw gebouwd. Een klein deel van het gebied bestaat uit recente nieuwbouw. Ruim de helft van de woningen is een kleine portiek etage woning. De woningvoorraad is eenzijdig en de kwaliteit (casco en/of binnen) is vaak matig. Een deel van het gebied is nog in gebruik als bedrijventerrein. Met name het gebied rond de Piekstraat op het Feijenoord eiland zijn bedrijven actief. Een deel van de historische havenbebouwing is de afgelopen jaren herontwikkeld tot nieuwe bedrijfsruimtes. De afgelopen jaren is veel geïnvesteerd in de buitenruimte – onder andere zijn het Nassauhavenpark en Feijenoordhaven opgeknapt – maar er ligt ook nog een forse opgave. Veel kades zijn nog slecht toegankelijk en de staat van de buitenruimte is matig. Daarnaast blijft de bereikbaarheid van dit deel van het waterfront slecht, met name de oost-westverbindingen.

Hoogteligging van het gebied

Een groot deel van de kades en bebouwing zijn in de loop der tijd, met name tijdens de transformatie van haven naar woongebied in de jaren tachtig, opgehoogd. Het gebied tussen de Entrepothaven en de Nassauhaven is laaggelegen en heeft een relatief grote kans op instroming van rivierwater vanuit de laaggelegen Nassaukade en het terrein van Unilever. De kans dat water binnenstroomt wordt ingeschat op een jaarlijkse kans van 1/50 – 1/100. Deze kans neemt echter bij stijgende waterstanden als gevolg van een stijgende zeespiegel in de periode tot 2100 verder toe tot een kans van 1/10 - 1/50 per jaar.

Door de komvorm stroomt het water vanuit de Nassaukade naar het laaggelegen gebied rond de Oranjeboomstraat en Stampioenstraat tot een waterdiepte van 50 – 100 cm. Doordat het water niet onder vrij verval terug kan stromen naar de rivier blijft het water relatief lang in het gebied staan. Onduidelijk is nog of de overstorten en rioolgemalen tijdens de overstroming zullen blijven functioneren, zo niet dan zijn de kans en op een langere overstromingsduur en ontwrichtende gevolgen van een overstroming groter. De overstroming leidt tot stroomuitval en tot sanitatieproblemen door de uitval van het grotendeels nog gemengde rioolsysteem. Omdat elektriciteitsnetwerken en riool onderdeel uitmaken van gebiedsoverstijgende netwerken bestaat het risico dat een lokale overstroming ontwrichtende gevolgen heeft voor een groter gebied.

Bijlage 2: Uitgangspunten klimaatscenario's, schadeberekening, kosten

Uitgangspunten klimaatscenario's

In 2006 heeft het KNMI de meest recente klimaatscenario's gepresenteerd in vorm van vier even waarschijnlijke scenario's (G, G+, W en W+). Al deze scenario's geven aan, dat:

- De zachtere winters worden gemiddeld natter en ook de extreme neerslaghoeveelheden nemen toe;
- De hevigheid van extreme regenbuien in de warmere zomer neemt toe, maar het aantal zomerse regendagen wordt juist minder.

Afbeelding De vier klimaatscenario's G, G+, W en W+. zoals gepubliceerd door het KNMI [KNMI, 2012]

Code	Naam	Toelichting
G	Gematigd	1 °C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen West Europa
G+	Gematigd +	1 °C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind
W	Warm	2 °C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 geen verandering in luchtstromingspatronen West Europa
W+	Warm +	2 °C temperatuurstijging op aarde in 2050 t.o.v. 1990 + winters zachter en natter door meer westenwind + zomers warmer en droger door meer oostenwind

Een van de belangrijke parameters van de klimaatscenario's is de zeespiegelstijging. De zeespiegelstijging in scenario G en in scenario G+ bedraagt 15- 25 cm in het jaar 2050. In scenario W en in W+ bedraagt de zeespiegelstijging in 2050 20- 35 cm. Voor waterveiligheid wordt vanwege de lange levensduur van investeringen (dijken) meestal naar de situatie 2100 gekeken bij het treffen van maatregelen. Voor de situatie 2100 bedraagt de zeespiegelstijging in scenario G en in scenario G+ 35 - 60 cm. In scenario W en W+ bedraagt de zeespiegelstijging 40 -85 cm. [KNMI, 2012]

Voor de MKBA RAS en de casus Kop van Feijenoord worden, net als in het onderzoek over het Deltaprogramma, de bandbreedte van de scenario's beschouwd, d.w.z. G en W+ in 2100. Voor een situatie 2100 is gekozen, omdat investeringen van nu (woningen / waterkeringen) een levensduur en ruimtelijke inpakt hebben die eerder langer dan korter als 100 jaar zal zijn. Deze keuze is reeds gemaakt in de vorige MKBA RAS projecten.

De effecten worden bepaald op basis van een maximaal optredende hoogwaterstand. Daarbij is in deze studie gebruik gemaakt van gegevens uit Veerbeek (2013), tabel 14. Voor het bepalen van de vermeden schade is uitgegaan van zeespiegel en daarmee samenhangende waterstanden voor de klimaatscenario's G en W+ die in 2100 te verwachten zijn.

In overleg met de gemeente Rotterdam is bepaald van welke herhalingstijden wordt uitgegaan voor de Kop van Feijenoord bij de onderstaande hoogwatersituaties (kans op optreden tussen haakjes):

1. Regelmatig terugkerend hoog water (1 × 10 jaar)
2. Periodiek hoog water (1 × per 100 jaar)
3. Extreem hoog water (1 × per 1.000 jaar)

Tabel Gehanteerde optredende waterstand per klimaatscenario (gebaseerd op Verbeek [2013], tabel 14)

Frequentie hoog water nabij Feijenoord	Waterstand huidige situatie	Waterstand G (35 cm zeespiegelstijging)	Waterstand W+ (85 cm zeespiegelstijging)
1x10 jaar	2,84	2,99	3,19
1x100 jaar	3,11	3,20	3,37
1x1.000 jaar	3,30	3,39	3,77

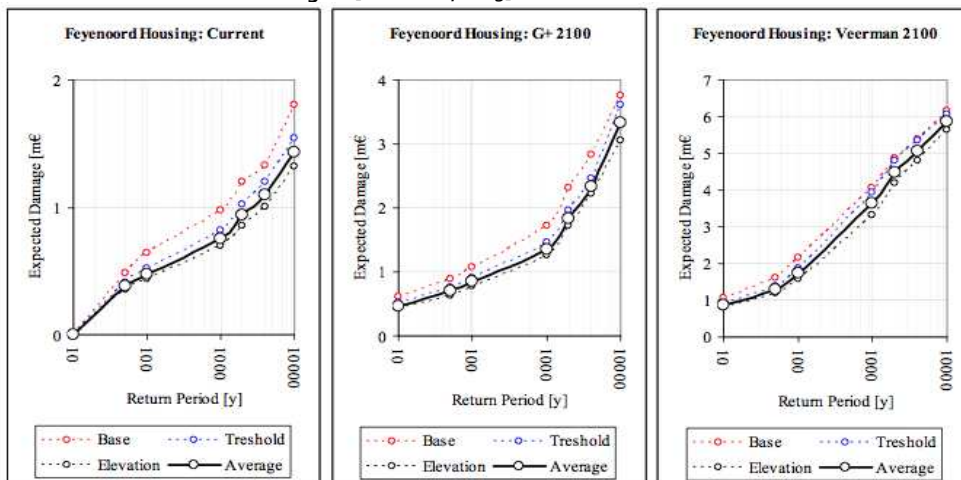
Hogere waterstanden die voor kunnen komen maar met een kans die kleiner is dan 1x1.000 jaar zijn in deze studie niet opgenomen omdat gelet op de geringe kans van voorkomen de netto contante waarde van de baten zeer gering zal zijn.

Uitgangspunten schadeberekening

In deze casus is gebruikt gemaakt van de studie van Veerbeek (2013). In deze studie worden de schadekosten bij de huidige situatie, bij een 60 cm zeespiegelstijging (G+ scenario) en bij een extreem scenario (Veerman) gepresenteerd.

In de studie naar de overstromingsrisico's is voor een aantal klimaatscenario's bepaald wat de optredende waterstand is bij 1x10, 1x100, 1x1.000 en 1x10.000 jaar. Hieraan is vervolgens gekoppeld welke schade er optreedt bij deze waterstanden waarbij onderscheid is gemaakt in woningen en infrastructuur. De klimaatscenario's waar dit voor bepaald is zijn de huidige situatie, G+ 2100 en Veerman 2100 (zie afbeelding hieronder). Het klimaatscenario Veerman wordt in de huidige MKBA-studie niet meegenomen, maar is gepresenteerd omdat ook hier is uitgezocht bij welke waterstand welke schade ontstaat. Door interpolatie tussen waarden is het vervolgens mogelijk om de schade voor het W-scenario te bepalen. In deze MKBA-studie wordt de bandbreedte van het klimaat beschouwd met de scenario's G en W+.

Afbeelding In alle klimaatscenario's stijgen de kosten door overstromingsschade ten opzichte van de huidige situatie. De afbeelding betreft de overstromingsschade aan bestaande woningen. [Veerbeek, 2013]



Onderstaande figuur laat de frequentie van overstroom zien voor de huidige situatie (links) en de situatie 2100 bij het scenario W+. Delen van het gebied stromen in de huidige situatie met een frequentie van eens per 50 jaar onder. Naar de toekomst toe laat het figuur zien de frequentie van overstroom toeneemt tot eens per 10 jaar van een vergelijkbaar gebied.

Afbeelding In 2100 in het klimaatscenario W+ (rechts) neemt de frequentie van overstrooming toe ten opzichte van de huidige situatie (links) [Veerbeek, 2013]



Aannames rond gebiedsontwikkeling en overstromingsfrequentie

In het gebied is ruimte aanwezig voor nieuwbouw van woningen op de laagste plekken van het gebied. Aangenomen voor deze casus is dat deze ruimte benut zal worden. In deze casus is rekening gehouden met de potentiële schade aan nieuwbouw. Aanname is dat in totaal 842 woningen in het overstromingsgevoelige gebied worden toegevoegd. Omdat in dit gebied veel gestapelde woningbouw is voorzien is in overleg met de specialist wonen van de gemeente Rotterdam bepaald dat ca. 40% van deze woningen zich op de begane grond bevinden. In totaal zijn dus 336 woningen kwetsbaar voor overstromen. Ten aanzien van deze casus wordt bewust niet aangesloten bij het huidige Rotterdamse beleid dat nieuwe woningen op een acceptabel veiligheidsniveau gebouwd worden (NAP +3,90 m drempelpeil); het huidige beleid is één van de uit te werken scenario's.

Tabel Totaaloverzicht gehanteerde basis gegevens voor bepaling optrededen schades voor zeespiegelstijging scenario G en W+

Frequentie hoog water nabij Feijenoord		1x10 jaar	1x100 jaar	1x1.000 jaar
Waterstanden t.ov. NAP:	Huidige situatie	2,84	3,11	3,30
	Scenario G	2,99	3,20	3,39
	Scenario W+	3,19	3,37	3,77
Aantal bestaande woningen dat overstroomt	Huidige situatie	0	167	267
	Scenario G	80	213	320
	Scenario W+	213	300	693
Aantal nieuwe woningen dat overstroomt	Huidige situatie	0	336	336
	Scenario G	336	336	336
	Scenario W+	336	336	336
Gehanteerde schade*	Huidige situatie	0	1.885.000	2.260.000
	Scenario G	1.56.000	2.060.000	2.460.000
	Scenario W+	2.060.000	2.385.000	3.860.000

*: aantal woningen x gemiddelde schade van € 3.000,- [Deltares, 2011 en 2012] per overstroomde woning per gebeurtenis x 1,25 gelet op directe en indirecte schades door uitval van elektriciteit, schade aan lokale en hoofdinfra en aan buitenruimte.

De effecten van het ophogen van de buitenruimte en het ophogen van de hoofdinfrastructuur zijn een aanname, gebaseerd op het uitgangspunt (zie paragraaf 2.3) dat de schade door overstroming aan buitenruimte en infrastructuur 5% bedraagt .

Uitgangspunten kosten

Voor het bepalen van de investeringskosten is uitgegaan van de volgende beschikbare gegevens.

- Voor de varianten 1A (water buiten houden NAP +3,60 m) en Variant 1B (water buiten houden NAP +3,90) zijn de kosten geraamd door het Ingenieursbureau van de gemeente Rotterdam. Het gaat om investeringskosten om te voorkomen dat het water het gebied binnenstroomt door het ophogen van kades, aanbrengen van muurtjes en het gebruiken van bestaande bebouwing als waterkering. [Rotterdam 2014-1]
- Ook voor waterrobuuste inrichting (dryproof bouwen) van nieuwbouw en bij renovatie waterbestendig (wetproof) inrichten van bestaande woningen is uitgegaan van een raming

van het Ingenieursbureau Rotterdam. Het gaat om extra investeringskosten bij nieuwbouw. [Rotterdam 2014 -2]

- De investeringskosten voor het ophogen van buitenruimte rond bouwblokken nieuwbouw tot uitgiftepeil NAP +3,90 m in variant o huidig beleid zijn gebaseerd op het kostenplan d'Oranjeboom bouwrijp - twee varianten 26-1-2009. Het betreft het inrichting van de buitenruimte op de juiste hoogte aansluitend bij de nieuwbouwblokken. Roentgenstraat (€ 4.255.000) Oranjeboomstraat (€ 125.000), Nassaukade (€ 1.659.000), Nassaustraat (€ 343.000). Van het integraal ophogen van de buitenruimte en infrastructuur rond de nieuwbouwblokken in het huidige Inrichtingsplan afgezien van het ophogen van de buitenruimte tot geadviseerde veilige hoogte, gezien de kosten die dit met zich meebrengt.
- De kosten voor ophogen bij nieuwbouw in variant o huidig beleid zijn gebaseerd op gegevens van woonbron Rotterdam.
- De investeringskosten voor waterrobuust inrichten van de elektravoorzieningen zijn gebaseerd op vervanging. Daarbij is uitgegaan van kosten gebaseerd op nieuwbouw informatie van Stedin.
- De extra kosten voor het ophogen van de hoofdinfrastructuur zijn gebaseerd op de kosten die zijn aangegeven in de Nota uitgangspunten MKBA RAS [Rebel 2013] maatregel 34, Verhoogde aanleg en ophogen van infrastructuur en essentiële voorzieningen. Daarin is voor de kosten aangegeven per kilometer € 1.500.000. Het tracé Willemsbrug – Rosestraat in Kop van Feijenoord ligt grotendeels al op hoogte. Uitgegaan is van (te) lage investeringskosten van € 160/m.

De fasering van bovenstaande investeringskosten is bij de beschrijving in hoofdstuk 3 aangegeven. Ten aanzien van de levensduur en de onderhoudskosten is een schatting gemaakt.

Bijlage 3: Uitgangspunten varianten

Huidige regeling overstroming

In de Waterwet is geregeld dat de verantwoordelijkheid voor overstromingsrisico van buitendijkse gebieden bij de gemeente en gebruikers ligt. De gemeente heeft de verantwoordelijkheid bij ruimtelijke ontwikkelingen te sturen op een acceptabel risico. Gebruikers en eigenaren zijn zelf verantwoordelijk voor schade.

Gemeentelijk beleid

Het huidige waterveiligheidsbeleid van de gemeente Rotterdam beperkt zich tot het vaststellen van een uitgiftepeil voor het ophogen van nieuwbouw. Het huidige gemeentelijke beleid is gebaseerd op een ophoogverplichting voor nieuwbouwlocaties tot het adviespeil dat afgegeven wordt door de gemeente Rotterdam afdeling watermanagement van Stadsbeheer. Op dit moment is het uitgiftepeil vastgelegd op NAP +3,90 m. Dit betekent dat voor de nieuwbouwlocaties aan de Nassaukade en Oranjeboomstraat de bouwkvavels moeten worden opgehoogd, in sommige gevallen betekent dit een ophoging van 1 – 1,3 meter. Deze ophoogverplichting leidt tot hoge kosten en tot ongewenste hoogteverschillen in de openbare ruimte. Het grootste deel van de huidige bebouwing zal gezien het huidige sloop- en nieuwbouw tempo, naar verwachting worden gerenoveerd, de omvang van vervangende nieuwbouw zal naar verwachting beperkt zijn. In het huidige beleid wordt niet gestuurd op een reductie van het overstromingsrisico van de bestaande laaggelegen bebouwing, van nutsvoorzieningen en andere vitale infrastructuur.

Provinciaal beleid

De provincie ziet het als haar rol om te zorgen dat gemeenten bij ruimtelijke ontwikkelingen een goede afweging maken van de hoogwaterisico's. Gemeenten worden gevraagd bij nieuwe ontwikkelingen en herstructureringen in buitendijkse gebieden een inschatting te maken van het slachtofferisico bij overstromingen en te verantwoorden hoe zij daarmee zijn omgegaan. Het beleidskader is opgenomen in de Provinciale Structuurvisie Ruimte (PSV) en in de Provinciale Verordening Ruimte (VR) die voorjaar 2013 in werking zijn getreden. De provincie heeft een Risico Applicatie Buitendijks (RAB) ontwikkeld, die gemeenten hierbij kunnen gebruiken. [PZH-2013]

Met deze risicomethodiek (RAB) worden de risico's voor de komende 50 tot 100 jaar (zichtjaar 2050 en 100) op slachtoffers en maatschappelijke ontwrichting inzichtelijk gemaakt op basis van gegevens over de geplande ontwikkeling, de hoogte van het aanwezige maaiveld en in de toekomst te verwachten waterstanden vanuit de (KNMI-)klimaatvoorspellingen. De oriëntatiewaarde van het risico op individueel overlijden (LIR) in deze methodiek bedraagt 1×10^{-5} . De oriëntatiewaarde van maatschappelijke ontwrichting bedraagt 10 getroffenendagen per jaar per hectare. [HKV 2013]

De oriëntatiewaarde voor individueel overlijdensrisico van 1×10^{-5} sluit aan op het Nationale risicobeleid dat momenteel door het Deltaprogramma wordt ontwikkeld. In dit beleid is het uitgangspunt dat er een basisveiligheid wordt gegarandeerd voor elke bewoner in bedijkte gebieden. Uit een analyse met het risicomodel blijkt dat kan worden voldaan aan oriëntatiewaarde van de provincie voor het individueel overlijdensrisico door het gebied op te hogen of waterrobuust in te richten tot een hoogte van minimaal NAP +3,30 m – NAP +3,40 m. [Rotterdam 2013-1]

Op weg naar nieuwe gemeentelijke normen?

Naar aanleiding van herontwikkeling van het Merwe-Vierhavensgebied heeft de gemeente Rotterdam afdeling watermanagement van Stadsbeheer een herijking uitgevoerd van de waterveiligheidsnormen [Rotterdam 2013-1]. Gebaseerd op een analyse van het Lokaal Individueel Risico (LIR) en de kans op ontwrichtende schade bij een overstroming is het voorstel om het gebied in te richten op een waterbestendige hoogte van NAP +3,60 m. Hiermee wordt rekening gehouden met:

- klimaatverandering
- zetting
- overlijdensrisico
- overstromingsschade (direct en indirect)
- maatschappelijke ontwrichting en overlast
- ontwikkelingen Deltaprogramma, Rotterdam Climate Proof City, integraal beleid

Voor overstromingsgevoelige functies zoals BRZO bedrijven en nutsvoorzieningen en vitale infrastructuur worden strengere eisen voorgesteld: voor deze functies geldt een aanleghoogte van NAP +4,00 m tot NAP+4,10 m.

Referenties

Deltares (2011)	K.Stone, R. van Duinen, W. Verbeek, S. Dopp. Sensitivity and Vulnerability of Urban Systems. 4 oktober 2011.Figuur 3.2
Deltares (2012)	Schades door watertekorten en –overschotten in stedelijk gebied. Maart 2012. Tabel 4.6
Dordrecht (2014)	Mail van Hulsebosch van de gemeente Dordrecht inzake inschatting kosten communicatie en calamiteitenbeheersing hoogwater,19 februari 2014
Geografisch Rdam (2014)	Geografisch informatiesysteem Gemeente Rotterdam
Gugten, R. (2013)	MER M4H deelstudie Waterveiligheid - Verslaglegging gebruik Risico Applicatie Buitendijks, gemeente Rotterdam, 2013
HKV (2013)	Handleiding buitendijkse waterveiligheid, deel A, B en C. Opdrachtgever Provincie Zuid-Holland. Opsteller HKV lijn in water. Evert van der Meide (provincie Zuid-Holland), Hanneke Vreugdenhil (HKV),Jan Huizinga (HKV) mei 2013
KNMI (2012)	Klimaatscenario's voor Nederland. KNMI, 2012 http://www.knmi.nl/klimaatscenario's/
PZH (2013)	Visie op Zuid-Holland. Verordening Ruimte. Tekst bijgewerkt tot en met Actualisering 2012 Provinciale Staten 30 januari 2013
Rebel (2012)	Nota uitgangspunten MKBA RAS eerste modelrun 05-12-2012
Rotterdam (2013-1)	Beleid- en risicoanalyse waterveiligheid Merwe-Vierhavens (Stadshavens) Input voor bestemmingsplan en MER, 28 oktober 2013. Nick van Barneveld (Watermanagement Rotterdam), gegevens berekeningen RAB: Roeland van der Gugten (Stedelijke Ontwikkeling Rotterdam) en Marja Houwen (Ingenieursbureau Rotterdam)
Rotterdam (2014-1)	Ingenieursbureau Rotterdam Prijsdrukraming IB 07-02-2014
Rotterdam (2014 -2)	Notitie gemeente Rotterdam, Stadsontwikkeling, ingenieursbureau waterbouw en civiele infra, Jaap Peters. Inzake waterrobuust bouwen, 13 februari 2014.
Veelen, van, P.(2013)	Adaptive strategies for the unembanked area in Rotterdam, synthesis report. KvK report HSRR3.1 2013

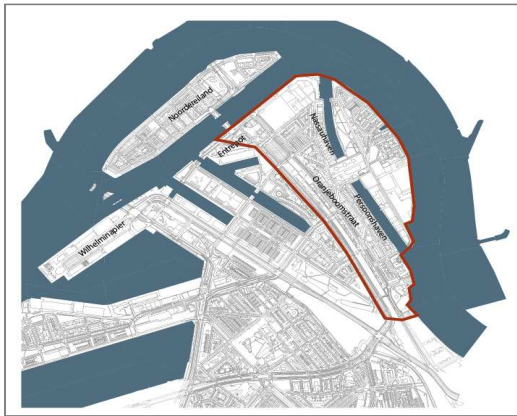
- Veerbeek, W. (2013) Flood impact assessment for the Rotterdam unembanked areas, KfC 89/2013-A, maart 2013
- Rotterdam (2013-2) Gemeente Rotterdam, Basisdocumenten: 20131126 verslag werkbijeenkomst waterveiligheid Feijenoord november 2013 en schema opties en traject en kostenoverzicht rapportage IB 24-01-2014

Executive Summary

Preparing the City for climate change on the basis of a strategic approach and well analyzed measures – that is the goal of the Rotterdam Climate Adaptation Strategy. One step in the development of this climate adaptation strategy is the economic underpinning. For this matter, an evaluation tool based on the social cost-benefit analysis (CBA) was developed by the City of Rotterdam in cooperation with Rebel, Royal Haskoning DHV (RHDHV) and Deltares. With the help of this tool, the costs of various climate adaptation measures are weighed against the benefits.

Initially, the tool has been filled with data for 43 adaptation measures looking at *Rotterdam in general*. In this report the application of the tool in a *specific area*, namely Kop van Feijenoord, is described.

Image Kop van Feijenoord is an urban area outside the dyke ring that is threatened by flooding.



In the long term it is expected there will be damage caused by flooding in the project area. The damage that has been taken into account is damage to real estate, (green) infrastructure, productivity and as a result of temporary blackout.

Current policy to deal with the threat of flooding focuses on the obligatory elevation of new buildings. This study looks at this current policy as one project alternative compared to “doing nothing” as well as five additional project alternatives:

- Alternative 0: current policy up to NAP +3.90 m
 - o Elevating new buildings
 - o Elevating outdoor area around new buildings
 - o Early warning system (risk and crisis communication, trainings)
- Alternative 1A / 1B: keeping water outside up to NAP +3.60 m/ +3.90 m
 - o Adjusting the height of (parts of) the embankment
- Alternative 2A/2B: Living with water up to NAP +3.60 m/ +3.90 m
 - o New buildings dryproof
 - o Renovated buildings wetproof

- o Elevating main infrastructure and future tramline
- o Elevating electrical boxes
- o Early warning system (risk and crisis communication, trainings)
- Alternative 3: Basic safety up to NAP +3.40 m
 - o Elevating edges of the area
 - o Elevating main infrastructure and future tramline
 - o Elevating electrical boxes
 - o Early warning system (risk and crisis communication, trainings)

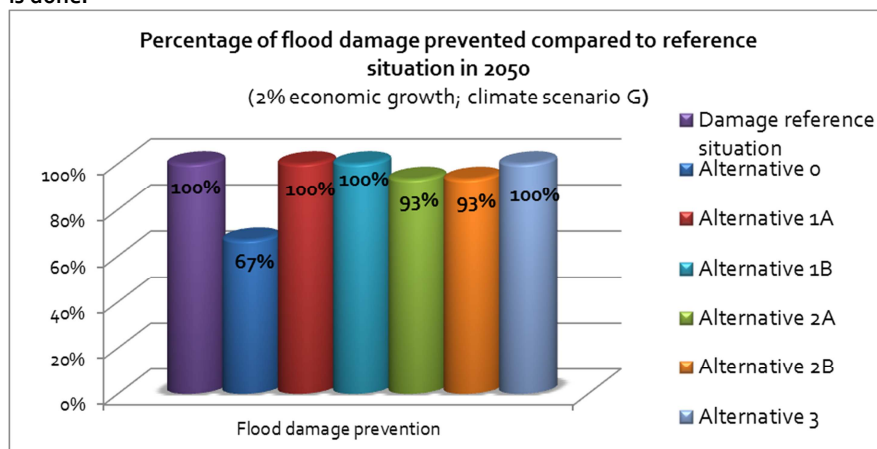
The table below shows the result for each alternative for the baseline scenario. This scenario considers the Dutch climate scenario "G", an economic growth scenario of 2% and a smart use of "piggy-backing" with current maintenance programs so that investment costs are optimized.

Table In the baseline scenario with 2% economic growth, three of the six alternatives show a positive result. The negative alternatives are influenced mostly by high costs.

2% growth; Climate scenario G (NPV in € 1,000)	Altern. 0 <i>Current policy</i>	Altern. 1A <i>water out 3,60</i>	Altern. 1B <i>water out 3,90</i>	Altern. 2A <i>living with water 3,60</i>	Altern. 2B <i>living with water 3,90</i>	Altern. 3 <i>basic safety 3,40</i>
Costs						
Investment (-residual value)	8.468	1.362	1.481	22.656	29.174	1.017
Maintenance	3.221	587	639	5.500	7.045	475
Benefits						
Flood prevention	6.754	8.080	8.080	8.386	8.251	8.080
Total						
Total costs	11.689	1.949	2.120	28.156	36.219	1.491
Total benefits	6.754	8.080	8.080	8.386	8.251	8.080
Result	-4.935	6.131	5.960	-19.770	-27.968	6.589

In the baseline scenario three out of six alternatives have a positive result, alternative 1A and 1B (*water out NAP +3.60m/ +3.90m*) and alternative 3 (*basic safety*). The other three alternatives have the same level of benefits but show costs that are up to 10 times higher than the ones from the positive alternatives.

Graph In 2050, alternative 1A/1B (water out NAP +3.60m/+3.90m) and 3 (basic safety) prevent 100% of flood damage compared to the scenario that no flood prevention is done.



The graph above shows the share of damage that is prevented by each alternative in climate scenario G, considered in the year 2050. In 2050 all of the alternatives have been implemented completely and effects of climate change are visible. Alternative 1A/1B (water out NAP +3.60m/+3.90m) and 3 (basic safety) prevent 100% of flood damage compared to the alternative in which no flood prevention is done. Alternatives 2A and 2B (living with water) prevent 93% of damage. The *current policy* (alternative 0) prevents 2/3 of the damage.

The analysis of the costs and benefits as well as the prevented damage lead to the conclusion that alternatives that focus on adjusting the height of the embankment of the case area have the best result. Individual adjusting of new and old buildings to realize wetproof/dryproof buildings is costly so that the costs outweigh the benefits. Furthermore, the elevation level of the embankments can be optimized from a cost-benefit perspective because the extra costs to heighten the embankment to the highest level are not outweighed by the extra benefits.

The biggest share of the damage that is prevented is damage to buildings (ca. 80%). That implies that real estate owners and companies that are situated in the area benefit the most from the studied flood prevention investments. The alternatives that score the best from a cost-benefit perspective (*keeping the water out*) are at the same time the alternatives that are hard to realize from a stakeholder perspective. For these alternatives, the benefits are spread among different stakeholders while at the same time the costs cannot be assigned directly to one single actor. Bringing stakeholders of Kop van Feijenoord together can be an effective way to make decisions about investments that are best from a social cost-benefit perspective.