

rivm

Rapport 607060001/2010

T. de Nijs | J. Claessens

Afsluitbaar Open Rijnmond - een eerste integrale verkenning: Effecten op natuur en milieu



ROTTERDAM.**CLIMATE**.INITIATIVE
Climate Proof

RIVM Rapport 607060001/2010
KvK-nummer : KvK029/2010-04

Afsluitbaar Open Rijnmond – een eerste integrale verkenning

Effecten op natuur en milieu

A.C.M. de Nijs, RIVM
J.W. Claessens, RIVM

Contact:
Ton de Nijs
MEV/LER
ton.de.nijs@rivm.nl

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van Rotterdam Climate Proof, Kennis voor Klimaat en DGM/LOK, in het kader van het project Afsluitbaar Open Rijnmond – een eerste integrale verkenning van de TU-Delft

Alle rapporten zijn te downloaden van: www.aor.tudelft.nl of www.kennisvoorklimaat.nl

© RIVM 2010

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: 'Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), de titel van de publicatie en het jaar van uitgave'.

Rapport in het kort

Afsluitbaar Open Rijnmond – een eerste integrale verkenning

Effecten op natuur en milieu

Als de waterstanden in Nederland door klimaatverandering stijgen, loopt een groot deel van het buitendijkse gebied in de regio Rijnmond kans om te overstromen. Uit verkennend onderzoek van het RIVM blijkt dat hierdoor risico's voor het milieu kunnen ontstaan. Daarnaast blijkt dat deze risico's slechts in geringe mate afnemen als het plan Afsluitbaar Open Rijnmond wordt uitgevoerd. Dit plan wil voorkomen dat de waterstanden in de regio Rijnmond te veel stijgen.

In het onderzoek heeft het RIVM de effecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond op natuur en milieu in kaart gebracht. De risico's voor het milieu komen voort uit de aanwezigheid van woongebieden, industrie- en bedrijfsterreinen in de buitendijkse gebieden van Rotterdam en Dordrecht, evenals een aantal bedrijven die vallen onder het Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO). Daarnaast ligt er een groot aantal potentieel ernstige en urgente bodemsaneringslocaties die nog moeten worden gesaneerd. Het RIVM adviseert de mogelijke milieurisico's in de buitendijkse gebieden als gevolg van de stijgende waterstanden nader te inventariseren.

Het plan Afsluitbaar Open Rijnmond is in 2008 in het rapport van de Deltacommissie gepresenteerd als mogelijk alternatief om de buitendijkse gebieden in Rotterdam en Dordrecht te beschermen. Om te voorkomen dat de regio Rijnmond overstroomt stelt het plan voor om alle rivieren en kanalen rond deze regio in geval van nood tijdelijk af te sluiten met behulp van beweegbare keringen. Het water van de Lek, dat normaal gesproken door Rotterdam naar zee stroomt, wordt in dit plan via een nieuwe waterverbinding omgeleid richting Hollands Diep en Haringvliet. Het RIVM heeft voor het onderzoek de toekomstige waterstanden geanalyseerd, zoals die door de TU-Delft en het adviesbureau HKV zijn berekend.

Trefwoorden:

buitendijkse gebieden, natuur- en milieueffecten, overstroming

Abstract

Rhine estuary ‘closeable but open’ – a multidisciplinary exploration

Effects on nature and environment

A major part of the area outside the dikes in the Rhine estuary is likely to flood when water levels increase due to climate change. An explorative study by RIVM shows that flooding of these areas may give rise to environmental risks. Implementation of the plan Rhine estuary ‘closeable but open’, which tries to reduce the water levels, limits these risks only to a small extent.

In the study RIVM has evaluated the effects on nature and environment of the plan Rhine estuary ‘closeable but open’. The environmental risks arise from residential and industrial areas as well as a number of industrial activities outside the dikes which have to comply with the Seveso Directive concerning the handling and storage of hazardous substances. Moreover, the old centres of Rotterdam and Dordrecht contain a large number of potentially serious and urgent soil sanitation sites. RIVM advises to make a survey of the potential environmental risks outside the dikes due to increasing water levels.

The plan Rhine estuary ‘closeable but open’ was presented in 2008 by the Dutch Delta commission as one of the alternatives to safeguard the residential and industrial areas outside the dikes in Rotterdam and Dordrecht. According to this the plan all major waterways in the Rhine estuary will be closed by adjustable dams when water levels become too high. In this plan the water of the river Lek, which normally flows into the sea through Rotterdam, is redirected via a new waterway towards Hollands Diep and Haringvliet. In this study RIVM analysed the future water levels in the Rhine estuary simulated by Delft Technical University and HKV consultants.

Key words:

environment, nature, flooding

Inhoud

Samenvatting		6
1	Inleiding	8
2	Effecten van overstroming op natuur en milieu	10
2.1	Verspreiding van diffuse verontreiniging	10
2.2	Verspreiding van bestaande verontreinigingen	11
2.3	Verspreiding van nieuwe verontreinigingen	12
2.4	Verslechterde waterkwaliteit	12
3	Milieueffecten Afsluitbaar Open Rijnmond	13
3.1	Bodemsaneringslocaties	14
3.2	BRZO-plichtige bedrijven	15
3.3	Woongebied	17
3.4	Industrie en bedrijfsterrein	18
3.5	De Optimale Variant	19
4	Natuureffecten Afsluitbaar Open Rijnmond	21
4.1	De Nieuwe Lek	21
4.2	De Nieuwe Merwede	22
5	Alternatieve oplossingsrichtingen	24
6	Discussie en conclusies	27
Literatuur		29

Samenvatting

In 2008 is in het rapport van de Deltacommissie het plan Afsluitbaar Open Rijnmond gepresenteerd als een mogelijk alternatief voor de bescherming van de buitendijkse gebieden in Rotterdam en Dordrecht. In dit plan wordt de regio Rijnmond tegen hoog water beschermd door afsluitbare keringen, teneinde een maximale bescherming te bieden terwijl de scheepvaart zo min mogelijk hinder ondervindt. Binnen dit onderzoeksproject zijn de effecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond onderzocht op onder meer de waterstanden, scheepvaart, stedenbouw en volkshuisvesting. Dit rapport beschrijft de potentiële effecten op natuur en milieu.

Overstroming van stedelijke gebieden, of die nu binnen- of buitendijks zijn gelegen, heeft grote gevolgen voor natuur en milieu. Bij de overstroming van New Orleans in 2005 door de orkaan Katrina is ernstige bacteriële vervuiling opgetreden door overstroming van het rioleringsysteem inclusief de zuiveringsinstallaties, zijn toxische stoffen vrijgekomen uit industriële activiteiten en is het drinkwater verontreinigd.

Gesimuleerde maximale hoogwaterstanden in de buitendijkse gebieden – zonder en met uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond – zijn gebruikt om de potentiële milieurisico's te bepalen. Het buitendijkse gebied in de Rijnmond omvat ruim 400 ha woongebied en 5500 ha industrie- en bedrijfsterrein. Een groot gedeelte van deze gebieden zal bij stijgende waterstanden in de toekomst overstromen. Daarnaast liggen een groot aantal BRZO-plichtige bedrijven en potentieel urgente en urgente bodemsaneringslocaties in de buitendijkse gebieden, die bij een overstroming extra risico's met zich meebrengen. Omdat het plan Afsluitbaar Open Rijnmond slechts een gering effect heeft op de maximale hoogwaterstanden neemt het areaal woon-, industrie- en bedrijfsterrein en het aantal BRZO-plichtige bedrijven en bodemsaneringslocaties dat in de buitendijkse gebieden overstromt niet veel af ten opzichte van de situatie waarbij er geen aanvullende maatregelen worden getroffen.

Gegeven het schetsmatige karakter van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond zijn de natuureffecten indicatief beoordeeld op basis van de ontwikkelingskosten en het areaal nieuwe natuur. Afhankelijk van de breedte van de Nieuwe Lek zou de gemiddelde prijs voor de nieuwe natuur dan variëren van 40 tot 75 euro/m². De kosten voor de aanleg van de nieuwe rivierdijken bepalen de relatief hoge kosten voor natuurontwikkeling. Afhankelijk van de uitwerking van de plannen voor de verbreding van de Nieuwe Merwede zal deze in meer of mindere mate ten koste gaan van de bestaande natuur. De natuur die hierbij verloren gaat dient volgens de Natura 2000-richtlijn elders gecompenseerd te worden. Ook bij verbreding van de Nieuwe Merwede zullen de kosten van de verbreding grotendeels bepaald worden door de kosten voor de aanleg van de nieuwe rivierdijken.

De oplossing van de waterproblemen in de regio Rijnmond kan niet los gezien worden van andere toekomstige ontwikkelingen. Centraal daarbij staat de vraag hoe in de toekomst onze vraag naar energie wordt vervuld. Niet alleen het potentiële tekort aan olie maar ook klimaatverandering maakt het noodzakelijk om het gebruik van fossiele brandstoffen te beperken. Het potentiële tekort aan olie beïnvloedt de transportkosten en de locatiefactoren van bedrijven die op hun beurt de ontwikkeling van de scheepvaartsector zullen bepalen. Daarnaast zou het in de toekomst voor de regio Rijnmond interessant kunnen worden om het zoete water te gebruiken om 'blauwe' energie te winnen.

Ten aanzien van de inrichting van het watersysteem zouden de voordelen van het plan Afsluitbaar Open Rotterdam gecombineerd kunnen worden met het plan Watersnelweg Waal. Door de beweegbare kering bij Lexmond verder stroomopwaarts te plaatsen, nabij de IJsselkop, zou de eerste decennia minder dijkverhoging noodzakelijk zijn en hoeft er geen Nieuwe Lek aangelegd te worden door de veenweidegebieden in de Alblasserwaard tussen Vianen en Gorinchem.

In het Nationaal Waterplan wordt een integrale, nationale visie voor de inrichting van het hoofdwatersysteem ontwikkeld. Het is daarbij belangrijk om rekening te houden met de potentiële

effecten van de energietransitie en andere relevante maatschappelijke ontwikkelingen, die een antwoord bieden op de vele vragen waarmee het waterbeheer in de toekomst geconfronteerd zal worden.

1 Inleiding

Door klimaatverandering en zeespiegelstijging neemt de kans op overstroming in het Rijnmondgebied de komende eeuw sterk toe. De kans op overstroming is het grootst als er zowel sprake is van een stormvloed op zee als van een verhoogde afvoer van de Rijn en/of Maas. Daar komt bij dat een aanzienlijk gedeelte van Rotterdam maar ook Dordrecht buitendijks ligt. Aanleg van dijken in deze verstedelijkte gebieden is een kostbare aangelegenheid en leidt vaak tot maatschappelijk ongewenste effecten. Als alternatief voor het aanleggen van dijken in het gebied is in het rapport van de Deltacommissie (2008) het plan ‘Afsluitbaar Open Rijnmond’ gepresenteerd (Figuur 1).



Figuur 1. Mogelijke invulling van de variant ‘afsluitbaar open’ voor het Rijnmondgebied.

In het plan Afsluitbaar Open Rijnmond wordt het Rijnmondgebied beschermd tegen overstromingen door het watersysteem af te sluiten met beweegbare keringen. Het water van de Rijn moet daarbij omgeleid worden via een nieuwe afwateringsverbinding tussen de rivieren Lek en Waal richting het Hollands Diep/Haringvliet. Het plan zou als bijkomend voordeel hebben dat binnen de beweegbare keringen enkele meters beneden ‘deltahoogte’ aan het water gebouwd kan worden (waterfront development) zonder op alle locaties ‘adaptief’ te hoeven bouwen. De nieuwe afvoerverbinding zou de ecologische hoofdstructuur kunnen versterken en plaatselijk nieuwe hoogwaardige multifunctionele land-waterovergangen opleveren.

In 2009 is door een consortium onder leiding van de TU-Delft een onderzoeksplan ingediend bij het programmabureau Kennis voor Klimaat om het plan Afsluitbaar Open Rijnmond nader te onderzoeken. De centrale vraag in het onderzoeksplan uit 2008 was: welke maatschappelijke meerwaarde levert de variant ‘Afsluitbaar Open’ in de regio Rijnmond? Volgens het oorspronkelijke projectplan zouden hiertoe verschillende combinaties van dijkverhoging, keringen, gemalen en nieuwe afvoerverbindingen worden onderzocht om het hoofdwatersysteem aan te passen aan de toenemende afvoer van de rivieren. De kansrijke combinaties zouden getoetst worden op fysische en wettelijke haalbaarheid en vervolgens op de gevolgen voor de veiligheid binnen- en buitendijks, waterfront development, de scheepvaart, de

ecologie en de investeringen voor waterbouwkundige en andere maatregelen, waar mogelijk uitgedrukt in economische termen. Daarna zou een evaluatie plaatsvinden vanuit verschillende (cultuurfilosofische en economische) visies op het hoofdwatersysteem.

Om de financiering van het project rond te krijgen is het onderzoeksplan eind 2009 aangepast. Volgens het nieuwe projectplan worden alleen (i) de situatie zonder maatregelen en (ii) die volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond aan de hand van twee klimaatscenario's onderzocht, namelijk het zogenoemde KNMI G+- (KNMI, 2006) en het Veerman-scenario van de Deltacommissie (2008). Het KNMI G+-scenario gaat voor de komende eeuw uit van een zeespiegelstijging van 35 cm in 2050 en 85 cm in 2100. De Deltacommissie stelde dat Nederland zich voor moet bereiden op nog hogere bovengrenzen. In het Veerman-scenario gaat men uit van een zeespiegelstijging van 130 cm in 2100. In allebei de klimaatscenario's is daarnaast aangenomen dat de maximale afvoer van de Rijn in de toekomst kan stijgen tot 18.000 m³/s.

Het RIVM zou binnen het project een 'indicative expert judgement' geven van de effecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond op natuur en milieu en optioneel 'expert judgements' geven voor andere alternatieven en varianten.

Leeswijzer

Hoofdstuk 2 beschrijft de mogelijke effecten op natuur en milieu van overstromingen in sterk verstedelijkte gebieden. In 2005 heeft de orkaan Katrina laten zien dat overstroming van stedelijke gebieden grote gevolgen kan hebben voor het milieu. Hoofdstuk 3 beschrijft de milieueffecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Het laat, afhankelijk van de maatregelen, zien welke activiteiten, risicovolle bedrijvigheid, saneringslocaties en urbane landgebruiksfuncties op basis van de berekende maximale hoogwaterstanden in de toekomst in meer of mindere mate zullen overstromen. Hoofdstuk 4 geeft een indicatieve beoordeling van de effecten op natuur van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Hoofdstuk 5 schetst alternatieve oplossingsrichtingen bij het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Hoofdstuk 6 blikt tot slot terug op de opzet en resultaten van het project en trekt een aantal conclusies ten aanzien van de effecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond op natuur en milieu.

2 Effecten van overstroming op natuur en milieu

Overstroming van sterk verstedelijkte gebieden zoals de regio Rijnmond, heeft, naast mogelijk persoonlijk leed, ook gevolgen voor natuur en milieu. Bij overstroming van stedelijke gebieden lopen huizen, winkels en industriegebieden onder water. Elektriciteit en telefoonverbindingen vallen uit. Het rioleringsstelsel inclusief de zuiveringsinstallaties stromen over. De drinkwatervoorziening komt in gevaar doordat de leidingen vervuild raken en er kunnen ook gevaarlijke situaties ontstaan door gebroken gasleidingen. Olie, benzine en andere chemische stoffen komen vrij uit auto's, benzinstations, drukkerijen, industriële activiteiten met eventueel opslag van gevaarlijke, giftige stoffen en andere risicovolle locaties. In de oudere stedelijke gebieden zijn de bodem en het grondwater vaak in meer of mindere mate verontreinigd door historische activiteiten. In het geval van een overstroming bestaat het risico op verspreiding van deze stoffen in het milieu en mogelijk ook in drinkwaterwingebieden (Claessens en Van der Wal, 2008)

Overstroming van stedelijk gebied kan leiden tot onacceptabele humane en ecologische risico's. New Orleans werd in augustus 2005 getroffen door de orkaan Katrina. Als gevolg van dijkdoorbraken liep 80% van New Orleans enkele meters onder water. Bij deze overstroming zijn verhoogde gehalten van pathogene bacteriën (*E. coli*), zware metalen (arsen, lood), bestrijdingsmiddelen (aldrin) en verschillende vluchtige koolwaterstoffen aangetroffen.

Een overstroming van de buitendijkse gebieden in de regio Rijnmond valt niet helemaal te vergelijken met de overstroming in New Orleans. In de buitendijkse gebieden kunnen specifieke maatregelen worden getroffen om effecten van overstromingen te reduceren. Zo kunnen er terugslagkleppen in het riool geplaatst worden, zodat het vervuilde rioolwater zich niet kan verspreiden.

De verspreiding van toxische stoffen in het milieu kan ernstige gevolgen hebben voor de ontwikkeling van de natuur. Door accumulatie, bioconcentratie van toxische stoffen, kan de structuur en het functioneren van het ecosysteem verstoord worden, waarbij de species aan het eind van de voedselketen de grootste risico's lopen. Onderstaande paragrafen gaan nader in op een aantal potentiële milieueffecten van overstroming van stedelijke gebieden in Nederland.

2.1 Verspreiding van diffuse verontreiniging

Het stedelijke gebied in Nederland is vaak diffuus verontreinigd met zware metalen en PAK (Polycyclische Aromatische Koolwaterstoffen). Ook het slib van rivieren en ander oppervlaktewater is vaak ernstig verontreinigd met zware metalen en pesticiden. Door overstromingen kan verontreinigd slib in het stedelijk gebied afgezet worden en kan al bestaande diffuse bodemverontreiniging verder worden verspreid.

Na het terugtrekken van het water zijn in New Orleans verschillende bodemonderzoeken uitgevoerd. Voor lood en arsen zijn uitloogconcentraties aangetroffen boven de drinkwaterstandaarden (Adams et al., 2007) en voor chroom en kwik boven de norm voor ecologische risico's (Harmon en Wyatt., 2008). Voor lood, arsen en cadmium zijn geen directe effecten op regenwormen en nematoden aangetoond maar wel bioaccumulatie van deze stoffen (Harmon en Wyatt., 2008). Daarmee bestaat dus het risico op doorvergiftiging. Omdat er ook veel sulfaat aanwezig is, bestaat onder zuurstofloze omstandigheden ook het risico op vorming van methylkwikverbindingen die vele malen giftiger zijn dan kwik. Dit zou bijvoorbeeld kunnen gebeuren tijdens een nieuwe overstroming (Harmon en Wyatt., 2008).

Ook afzetting van verontreinigd slib in huizen binnen het overstroomde gebied kan leiden tot humane risico's (Ashley et al., 2008). De blootstellingsniveaus voor huiseigenaren die terugkeerden naar hun

huis na het terugtrekken van het water in New Orleans zijn vaak onderschat. Het betreft voornamelijk de stoffen arseen, cadmium, vanadium, dieldrin en andere vluchtige organische componenten.

Arseen dat vaak van nature voorkomt in het sediment heeft in New Orleans geleid tot problemen tijdens de overstroming (Ashley et al., 2008; Pardue et al., 2005). In New Orleans komt arseen voor gebonden aan ijzeroxiden. Reductie van deze zuurstofrijke sedimenten leidt tot afbraak van ijzeroxiden en daarmee de mobilisatie van arseen. Bovendien moet bij herstel van het gebied rekening worden gehouden met onder welke redoxomstandigheden deze sedimenten terechtkomen (Ashley et al., 2008). Als deze arseenhoudende sedimenten onder zuurstofloze omstandigheden worden hergebruikt, kan arseen in grote hoeveelheden worden gemobiliseerd en leiden tot normoverschrijdingen in bodem en grondwater. De ondergrond in New Orleans is vergelijkbaar met die in West-Nederland. Daar komt arseen voor gebonden aan ijzeroxiden (zuurstofrijke omstandigheden) en gebonden aan sulfiden (zuurstofloze omstandigheden). Vooral het arseen gecomplexeed met ijzeroxiden vormt een gevaar bij overstromingen wanneer deze sedimenten gereduceerd worden. Ook het hergebruik van deze sedimenten is een belangrijk aandachtspunt.

In veel stedelijke gebieden is het diffuus voorkomen van lood in de bovengrond een probleem. In sommige gevallen zijn de concentraties lood zodanig hoog dat deze leiden tot humane risico's voor vooral kinderen. In verschillende studies is onderzocht wat de gevolgen waren van de orkaan Katrina op het (diffuus) voorkomen van lood in de bodem (Mielke et al., 2006). Een leeflaag van 15 cm, aangebracht op een aantal percelen met een ernstige loodverontreiniging, bleek niet geheel verstoord door de orkaan. De loodconcentraties na de orkaan vergeleken met de concentraties van voor de orkaan zijn echter wel hoger.

2.2 Verspreiding van bestaande verontreinigingen

De Randstad is een stedelijk gebied waar veel bodemsaneringslocaties aanwezig zijn. Deze meestal historische verontreinigingen bestaan vaak uit een emissiebron van verontreiniging in de (boven)grond en een grondwaterpluim. Sommige van deze grondwaterpluimen zijn al in kaart gebracht en worden gesaneerd of beheerd. Van andere pluimen is de omvang nog niet duidelijk. Grootschalige overstromingen kunnen de geohydrologie en chemie van deze bodemsaneringslocaties beïnvloeden.

Veranderingen in de verspreiding van de grondwaterpluimen en eventueel aanwezige drijf- of zaklagen worden veroorzaakt door veranderingen in het verhang van het grondwater. Overstromingen zorgen niet altijd voor een verandering in het verhang en als gevolg daarvan zal de verspreiding van de grondwaterpluimen vaak dan ook niet veranderen. Tot nu toe is echter weinig onderzoek gedaan naar het effect van overstromingen op de geohydrologie van deze grondwaterpluimen. Geohydrologische modellering zou kunnen aantonen wat de effecten zijn van overstromingen op grondwaterpluimen.

Tijdens grootschalige overstromingen, maar ook door de toenemende kwel in West-Nederland als gevolg van de zeespiegelstijging en/of bodemdaling, zal het grondwater in het algemeen zuurstofarmer worden. Voor bijvoorbeeld verontreinigingen van chloorhoudende oplosmiddelen kan dit gunstig zijn omdat natuurlijke afbraak plaatsvindt onder zuurstofloze omstandigheden. Voor aromatische verontreinigingen is dit juist ongunstig, omdat aromaten beter afbreken onder zuurstofrijke omstandigheden. Geohydrologische modellering van deze processen zou kunnen helpen om te zien of deze effecten significant zijn voor grondwaterpluimen.

In West-Nederland is ook een aantal verontreinigingen ingedamd. De vraag is of de damwanden bestand zijn tegen de druk van het water bij een grootschalige overstroming. Ook de effecten van overstromingen op stortplaatsen zijn op dit moment niet duidelijk. Deze leiden waarschijnlijk wel tot risico's, voornamelijk als het gaat om chemisch afval.

2.3 Verspreiding van nieuwe verontreinigingen

Een ander risico van overstromingen is het lek slaan van opslagtanks met giftige stoffen. In het Rijnmondgebied is veel industrie aanwezig met de bijbehorende opslag van giftige stoffen. Ook zijn in West-Nederland veel BRZO-(Besluit risico's zware ongevallen)bedrijven aanwezig. Voor deze bedrijven geldt de Europese Seveso II-richtlijn ter voorkoming van het verspreiden van giftige stoffen in het milieu. Bij calamiteiten (zoals overstromingen) kunnen echter toch extreem toxische stoffen in het milieu terechtkomen. Of en welke opslagplaatsen tijdens een overstroming giftige stoffen zullen lekken naar het milieu is niet duidelijk.

Stout et al. (2007) beschrijven de gevolgen van een olieopslagtank van ongeveer 40.000 m³ in een woonwijk in New Orleans die tijdens de orkaan Katrina is lek geslagen. De ruwe olie heeft zich met het water verspreid naar onder andere woongebieden. Na het terugtrekken van het water was een groot gebied met olie verontreinigd. Uit dit onderzoek bleek ook dat in veel grondmonsters koolwaterstoffen aanwezig zijn afkomstig van de brandstof in voertuigen in het overstroomde gebied. Ruwe olie kan tot zowel ecologische als humane risico's leiden in het stedelijk gebied.

2.4 Verslechterde waterkwaliteit

Een ander groot probleem tijdens overstromingen is dat ondanks het vele water er bijna geen water van een goede kwaliteit beschikbaar is. Dit bleek ook uit de waterkwaliteit van het overstromende water in New Orleans (Presley et al., 2006; Pardue et al., 2005).

In het water zijn bacteriën (*E. coli*) maar ook toxische stoffen (aldrin, arseen, lood en semi-vluchtige organische componenten) aangetroffen met concentraties die leiden tot humane risico's. Vooral pathogene organismen kunnen bij contact met dit water tot directe gezondheidsrisico's leiden. Voor toxische stoffen zullen eventuele effecten pas later duidelijk worden.

Op het moment dat het water is teruggetrokken is het probleem echter niet opgelost. Het verontreinigde water kan een groot gebied diffuus verontreinigen. Dat deze stoffen potentieel in hoge concentraties in de bodem voorkomen, moet worden meegenomen bij de planning van werkzaamheden en de bescherming van werklieden.

Volgens Pardue et al. (2005) zijn de concentraties stoffen niet echt verhoogd, maar schuilt het risico in de grote contactmogelijkheden van mensen met dit verontreinigde water.

3 Milieueffecten Afsluitbaar Open Rijnmond

Alle varianten van Afsluitbaar Open Rijnmond beogen het waterpeil binnen de beweegbare keringen te beperken, zodat de stedelijke functies in de buitendijkse gebieden niet onder water lopen. De varianten van Afsluitbaar Open Rijnmond leiden, bij verschillende klimaatscenario's, tot verschillende maximale waterdieptes in het buitendijkse gebied. De maximale waterdieptes, berekend door HKV Consultants (Huizinga, 2010), zijn gebruikt om de milieurisico's van overstroming van de buitendijkse stedelijke gebieden te bepalen.

Voor de berekening van de waterdieptes is gebruikgemaakt van de waterstandgegevens die in het project zijn uitgerekend voor waterstandsvakken van 2000 m en waarbij is uitgegaan van een debiet van 18.000 m³/s Lobith, een stormduur van 35 uur en een faalkans van 1/1000 voor de Maeslantkering. Verder is gebruikgemaakt van een nieuw Digital Terrain Model (DTM) van 5x5m dat is opgebouwd op basis van 0,5*0,5m grids die door de waterschappen met laser-altimetrie zijn ingewonnen. Omdat het DTM wordt gebruikt voor overstromingsberekeningen is bij het omzetten van 0,5x0,5m naar 5x5m grids steeds de laagst voorkomende waarde aangehouden. Laagtes die niet overstromen, omdat ze bijvoorbeeld door een kleine dijk beschermd worden tegen het rivierwater, zijn uit de waterdieptekaarten verwijderd. Voor de hanteerbaarheid zijn de 5x5m grids geresampled naar 25x25m grids. Binnen het project zijn onderstaande situaties doorgerekend voor herhalingsjaren 1000 jaar (waterhoogte die eens in de 1000 jaar optreedt):

1. EPK100: Referentie situatie 2010
De huidige situatie waarbij het Rijnmondgebied alleen wordt beschermd tegen hoogwater vanaf zee door de huidige Maeslantkering met een faalkans 1 op 100 onder de huidige klimatologische omstandigheden.
2. EPK1000: Geen maatregelen 2050 volgens het G+-scenario van het KNMI
De situatie in 2050 waarbij het Rijnmondgebied alleen wordt beschermd tegen hoogwater vanaf zee door een nieuwe Maeslantkering met een faalkans 1 op 1000 onder de klimatologische omstandigheden van het G+-scenario van het KNMI.
3. EPK1000: Geen maatregelen 2100 volgens het Veerman-scenario
De situatie in 2100 waarbij het Rijnmondgebied alleen wordt beschermd tegen hoogwater vanaf zee door een nieuwe Maeslantkering met een faalkans 1 op 1000 onder de klimatologische omstandigheden van het Veerman-scenario.
4. EPK+RK1000: Afsluitbaar Open Rijnmond 2050 volgens het G+-scenario van het KNMI
De situatie in 2050 waarbij het Rijnmondgebied wordt beschermd tegen hoogwater volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond inclusief een nieuwe Maeslantkering met een faalkans 1 op 1000 onder de klimatologische omstandigheden van het G+-scenario van het KNMI.
5. EPK+RK1000: Afsluitbaar Open Rijnmond 2100 volgens het Veerman-scenario
De situatie in 2100 waarbij het Rijnmondgebied wordt beschermd tegen hoogwater volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond inclusief een nieuwe Maeslantkering met een faalkans 1 op 1000 onder de klimatologische omstandigheden van het Veerman-scenario.

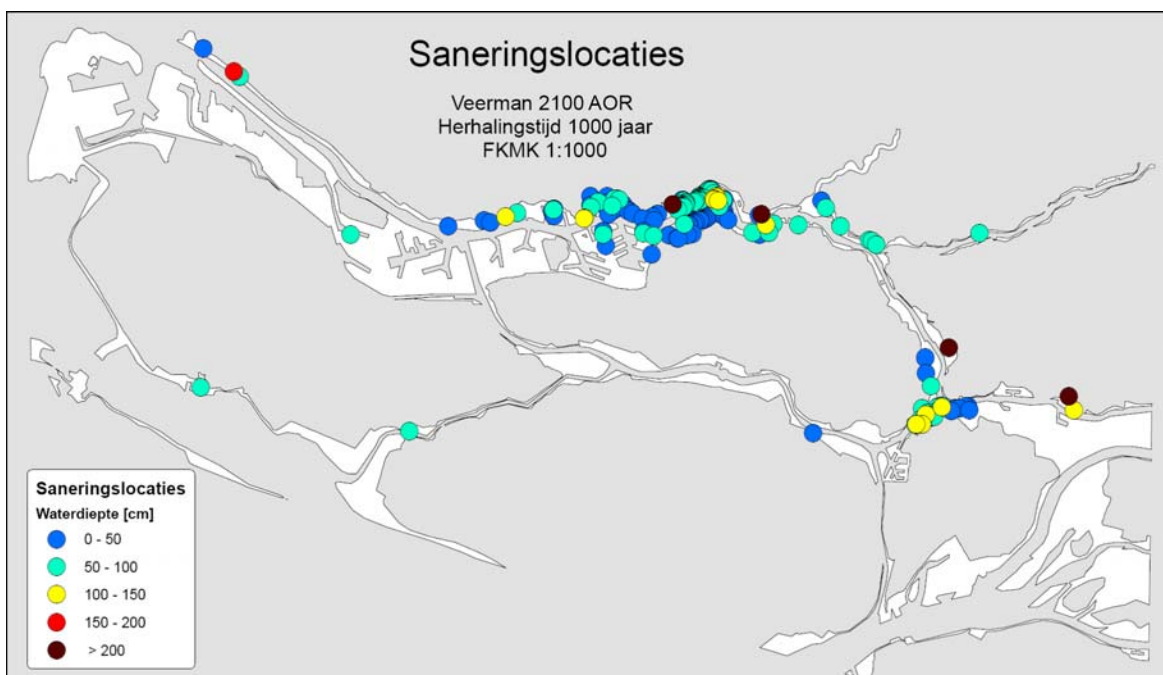
Naast deze situaties is er een extra variant doorgerekend, een Optimale Variant om de maximale daling in de maximale hoogwaterstand van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond te bepalen. Voor deze variant zijn geen waterdieptes berekend.

Onderstaande paragrafen beschrijven de waterdieptes die mogelijk in bovengenoemde situaties op zouden kunnen treden op de bodemsaneringslocaties, bij BRZO-plichtige bedrijven (Besluit Risico Zware Ongevallen) en voor de stedelijke functies wonen, industrie- en bedrijfsterrein in het buitendijkse gebied. Overstroming van deze gebieden brengen potentiële milieurisico's met zich mee.

Op voorhand valt echter niet precies aan te geven hoe ernstig deze milieurisico's zullen zijn. De kans op verspreiding van toxische stoffen wordt mede bepaald door eventuele maatregelen om de risico's te verkleinen.

3.1 Bodemsaneringslocaties

De basisinformatie ten aanzien van de bodemsaneringslocaties is verzameld in het Geografisch Landelijk Overheids Bodem Informatie Systeem (GLOBIS; www.globis.nl). GLOBIS is ontwikkeld voor het ondersteunen van de dagelijkse werkzaamheden rondom bodemtaken van provincies en een aantal gemeenten, de zogenoemde 'bevoegde overheden Wet Bodembescherming'.



Figuur 2. Voorspelde waterdieptes [cm] op de potentieel ernstige en urgente bodemsaneringslocaties in de buitendijkse gebieden bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond, uitgaande van het Veerman-scenario in 2100 bij een herhalingstijd van 1000 jaar en een faalkans van de (nieuwe) Maeslantkering van 1/1000.

Door de informatie uit het GLOBIS-bestand te combineren met de waterdieptes in de verschillende situaties is een overzicht gemaakt van de bodemsaneringslocaties die, op basis van de huidige simulaties, bij hoogwater in de buitendijkse gebieden zullen overstromen. De geselecteerde bodemsaneringslocaties omvatten alle potentieel ernstige en urgente locaties in de buitendijkse gebieden in de regio Rijnmond. Figuur 2 geeft een overzicht van de voorspelde waterdieptes op deze bodemsaneringslocaties bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond, uitgaande van het Veerman-scenario in 2100, bij een herhalingstijd van 1000 jaar. Tabel 1 geeft het aantal locaties per waterdiepte in de verschillende situaties die zijn doorgerekend bij een herhalingstijd van 1000 jaar.

Figuur 2 laat zien dat de bodemsaneringslocaties geconcentreerd zijn in de oude stedelijke kernen van Rotterdam en Dordrecht. Tabel 1 laat zien dat in de huidige referentiesituatie 100 saneringslocaties eens in de 1000 jaar zullen overstromen. Wanneer er geen maatregelen worden genomen neemt het aantal saneringslocaties dat overstroomt in 2100 toe tot 245, uitgaande van het Veerman-scenario bij

een herhalingsjijd van 1000 jaar. Implementatie van beweegbare keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond leidt tot een geringe afname van het aantal saneringslocaties dat overstroomt. De waterdieptes blijven veelal beperkt tot 1,0 m.

Tabel 1. Aantal locaties per waterdiepte in de verschillende situaties die zijn doorgerekend bij een herhalingsjijd van 1000 jaar.

van – tot in cm	EPK100 Ref. 2010	EPK1000 GM 2050 KNMI G+	EPK1000 GM 2100 Veerman	EPK+RK1000 AOR 2050 KNMI G+	EPK+RK1000 AOR 2100 Veerman
0 - 25	37	45	46	40	57
25 - 50	37	45	67	49	50
50 - 75	14	31	48	31	51
75 - 100	8	16	36	10	37
100 - 125		6	23	4	12
125 - 150		1	15	1	4
150 - 175	2		5	1	1
175 - 200	1	3		1	1
200 - 225			1		3
225 - 250	1	1	2	1	
> 250			2		1
Totaal	100	148	245	138	217

Ref. 2010 staat voor referentiesituatie in 2010, GM voor de situatie in 2050 en 2100 zonder aanvullende maatregelen en AOR in 2050 en 2100 voor de situatie met bewegende keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Voor 2050 is het klimaatscenario G+ van het KNMI gebruikt en voor 2100 het Veerman-scenario.

3.2 BRZO-plichtige bedrijven

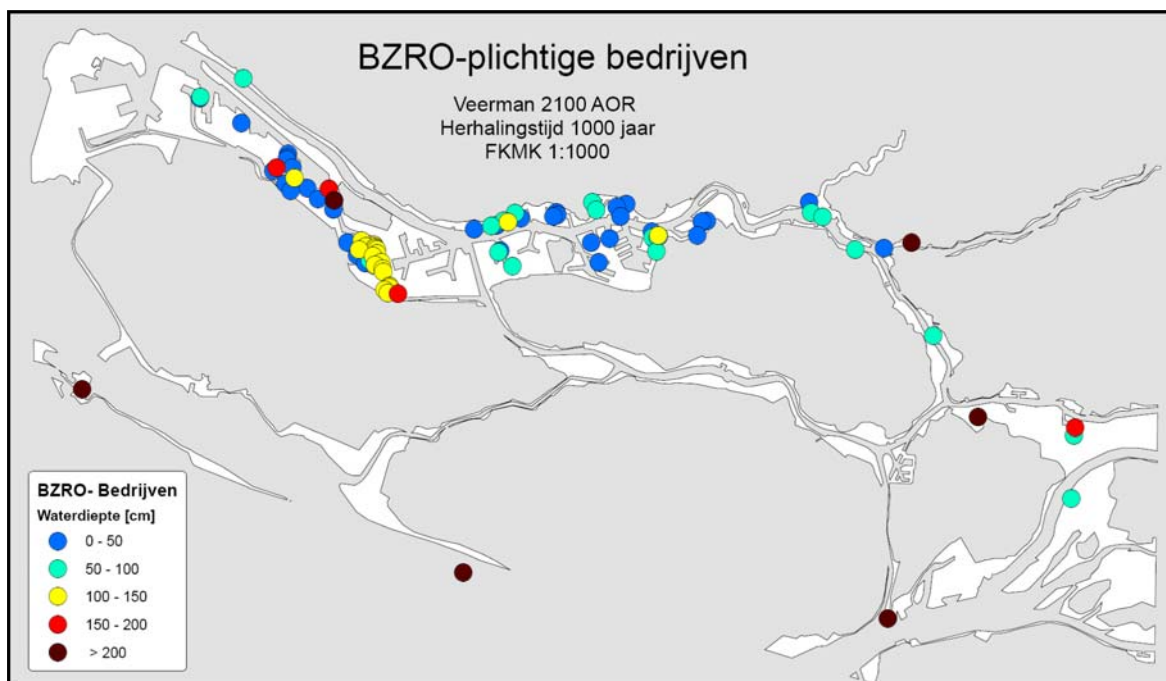
In 1997 is voor ongevallen met gevaarlijke stoffen een nieuwe Europese richtlijn van kracht geworden (Seveso-II-richtlijn). In 1999 is deze Europese regelgeving in Nederland geïmplementeerd in een nieuw Besluit Risico's Zware Ongevallen (BRZO, 1999). Alle bedrijven met grote hoeveelheden gevaarlijke stoffen op hun terrein vallen onder dit besluit. Het RIVM maakt jaarlijks een inventarisatie van deze BRZO-plichtige bedrijven voor onder meer de nationale risicokaart (www.risico.nl). Afhankelijk van de situatie en voorzorgsmaatregelen zouden bij overstroming van BRZO-bedrijven gevaarlijke stoffen vrij kunnen komen.

Figuur 3 geeft een overzicht van de voorspelde waterdieptes op het terrein van de BRZO-bedrijven bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond, uitgaande van het Veerman-scenario in 2100, bij een herhalingsjijd van 1000 jaar. Tabel 2 geeft het aantal BRZO-bedrijven per waterdiepte in de verschillende situaties die zijn doorgerekend bij een herhalingsjijd van 1000 jaar.

Figuur 3 laat zien dat de meeste BRZO-bedrijven in het havengebied van Rotterdam liggen. Volgens de berekende waterdieptes zou een beperkt aantal BRZO-bedrijven in de huidige situatie het risico lopen om te overstroomden. Wanneer er geen maatregelen worden genomen neemt het aantal BRZO bedrijven dat mogelijk overstromt toe tot 31 in 2050 en 94 in 2100 bij een herhalingsjijd van 1000 jaar. Uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond vermindert het aantal bedrijven dat mogelijk overstromt volgens deze berekeningen slechts marginaal.

Een gedeelte van deze BRZO-plichtige bedrijven zal bij herstructurering van het Rotterdams havengebied uitgeplaatst worden richting de 2^e Maasvlakte of elders. Op dit moment is het niet duidelijk hoe het verloop van de bedrijvigheid in het Rotterdamse havengebied zal zijn. Er wordt

geadviseerd een nadere analyse uit te voeren naar de toekomstige, potentiële milieurisico's van de BZRO-plichtige bedrijven in de regio Rijnmond.



Figuur 3. Voorspelde waterdieptes op het terrein van de BZRO-plichtige bedrijven in de buitendijkse gebieden bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond uitgaande van het Veerman-scenario in 2100 bij een herhalingstijd van 1000 jaar en een faalkans van de (nieuwe) Maeslantkering van 1/1000.

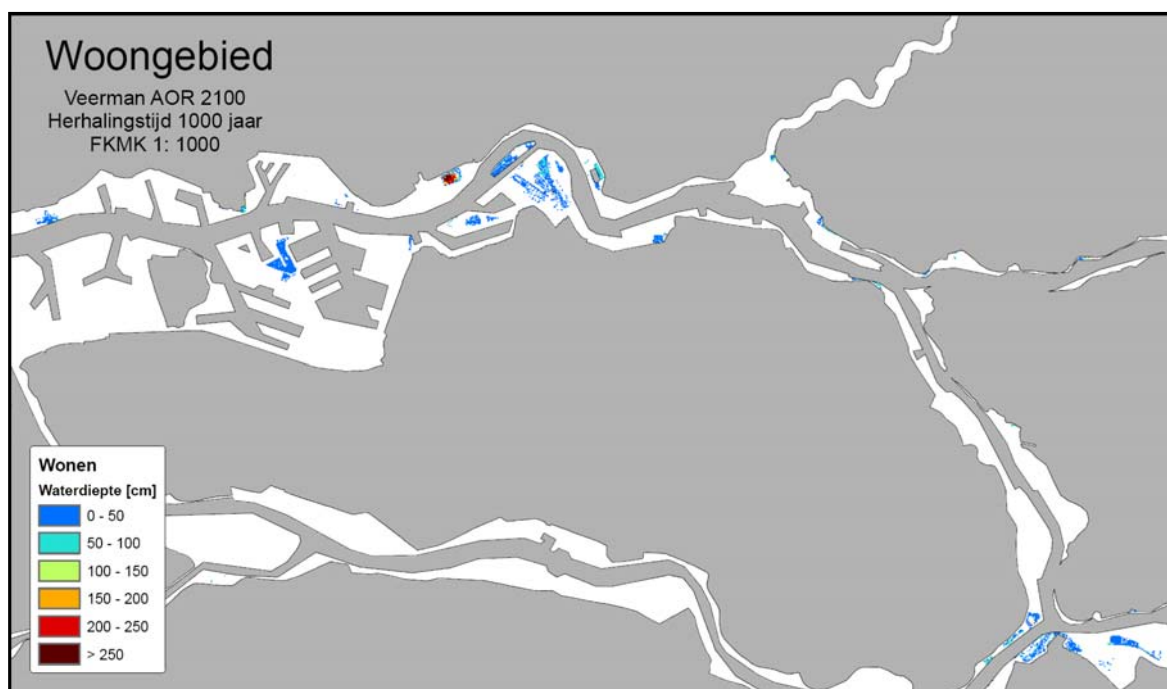
Tabel 2. Aantal BZRO-plichtige bedrijven per waterdiepte in de verschillende situaties die zijn doorgerekend bij een herhalingstijd van 1000 jaar.

van – tot in cm	EPK100 Ref. 2010	EPK1000 GM 2050 KNMI G+	EPK1000 GM 2100 Veerman	EPK+RK1000 AOR 2050 KNMI G+	EPK+RK1000 AOR 2100 Veerman
0 - 25	3	9	11	12	16
25 - 50	2	7	26	6	20
50 - 75	2	7	10	7	10
75 - 100		3	10	1	11
100 - 125	1	2	20	1	14
125 - 150			6	1	6
150 - 175		1	2	1	1
175 - 200			2	1	3
> 200		3	7	2	6
Totaal	8	32	94	32	87

Ref. 2010 staat voor referentiesituatie in 2010, GM voor de situatie in 2050 en 2100 zonder aanvullende maatregelen en AOR in 2050 en 2100 voor de situatie met bewegende keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Voor 2050 is het G+-scenario van het KNMI gebruikt en voor 2100 het Veerman-scenario.

3.3 Woongebied

Het woongebied in de buitendijkse gebieden in de regio Rijnmond is gebaseerd op de Basisbestand Bodemgebruik 2003 van het CBS (2005) en omvat naast de huizen en flats ook de lokale wegen. Het totale buitendijks gelegen woongebied in de regio Rijnmond bedraagt ongeveer 420 ha.



Figuur 4. Voorspelde waterdieptes in de buitendijks gelegen woongebieden bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond uitgaande van het Veerman-scenario in 2100 bij een herhalingstijd van 1000 jaar en een faalkans van de (nieuwe) Maeslantkering van 1/1000.

Tabel 3. Aantal hectare buitendijks gelegen woongebied per waterdiepte in de verschillende situaties die zijn doorgerekend bij een herhalingstijd van 1000 jaar.

van – tot in cm	EPK100 Ref. 2010	EPK1000 GM 2050 KNMI G+	EPK1000 GM 2100 Veerman	EPK+RK1000 AOR 2050 KNMI G+	EPK+RK1000 AOR 2100 Veerman
0 - 50		45	59	90	85
50 - 100		21	32	64	48
100 - 150		5	10	30	23
150 - 200		3	4	9	6
200 - 250		3	3	4	3
250 - 300		2	3	4	3
> 300		1	1	3	3
Totaal		80	112	204	171
Perc. totale areaal woongebied		19	26	48	40

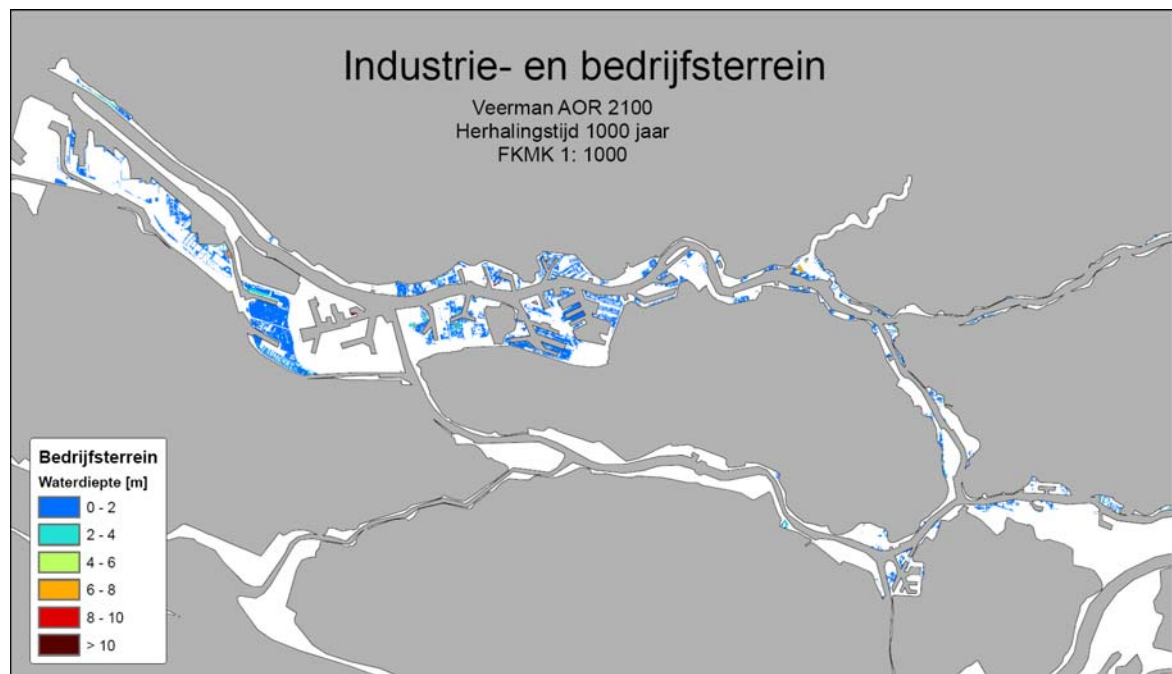
Ref. 2010 staat voor referentiesituatie in 2010, GM voor de situatie in 2050 en 2100 zonder aanvullende maatregelen en AOR in 2050 en 2100 voor de situatie met bewegende keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Voor 2050 is het G+-scenario van het KNMI gebruikt en voor 2100 het Veerman-scenario.

Figuur 4 laat de woongebieden zien die bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond in 2100 volgens het Veerman-scenario mogelijkserwijs zouden kunnen overstroomd. Het gaat daarbij vooral om locaties in de binnensteden van Rotterdam en Dordrecht. Volgens de huidige, referentiesituatie loopt 19% van dit gebied kans te overstroomd waarbij de waterdieptes, veelal beperkt blijven tot 1 m. Zonder maatregelen zal 48% van het woongebied in 2100 volgens het Veerman-scenario overstroomd bij een herhalingstijd van 1000 jaar. Het plaatsen van beweegbare keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond heeft slechts een geringe invloed. Het woongebied dat overstroomd daalt slechts met 3% in 2050 en 8% in 2100.

3.4 Industrie en bedrijfsterrein

De industrie- en bedrijfsterreinen in de buitendijkse gebieden in de regio Rijnmond zijn gebaseerd op de Basisbestand Bodemgebruik 2003 van het CBS. Het totale buitendijks gelegen industrie- en bedrijfsterrein in de regio Rijnmond bedraagt ongeveer 5500 ha.

Figuur 5 toont de industrie- en bedrijfsterreinen die bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond in 2100 volgens het Veerman-scenario mogelijkserwijs zouden kunnen overstroomd. Het gaat daarbij veelal om locaties in de oude havengebieden van Rotterdam. In de huidige, referentiesituatie loopt 6% van de buitendijks gelegen industrie- en bedrijfsterreinen kans te overstroomd, waarbij de waterdieptes veelal beperkt blijven tot 1 m. Zonder maatregelen zal 30% van deze industrie- en bedrijfsterreinen in 2100 volgens het klimaatscenario van Veerman overstroomd bij een herhalingstijd van 1000 jaar. Ook voor de buitendijks gelegen industrie- en bedrijfsterreinen leidt implementatie van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond niet tot een grote afname van het areaal industrie- en bedrijfsterrein dat overstroomd.



Figuur 5. Voorspelde waterdieptes in de buitendijks gelegen industrie- en bedrijfsterreinen bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond uitgaande van het Veerman-scenario in 2100 bij een herhalingstijd van 1000 jaar en een faalkans van de (nieuwe) Maeslantkering van 1/1000.

Tabel 4. Aantal hectare buitendijks gelegen industrie- en bedrijfsterrein per waterdiepte in de verschillende situaties die zijn doorgerekend bij een herhalingsjijd van 1000 jaar.

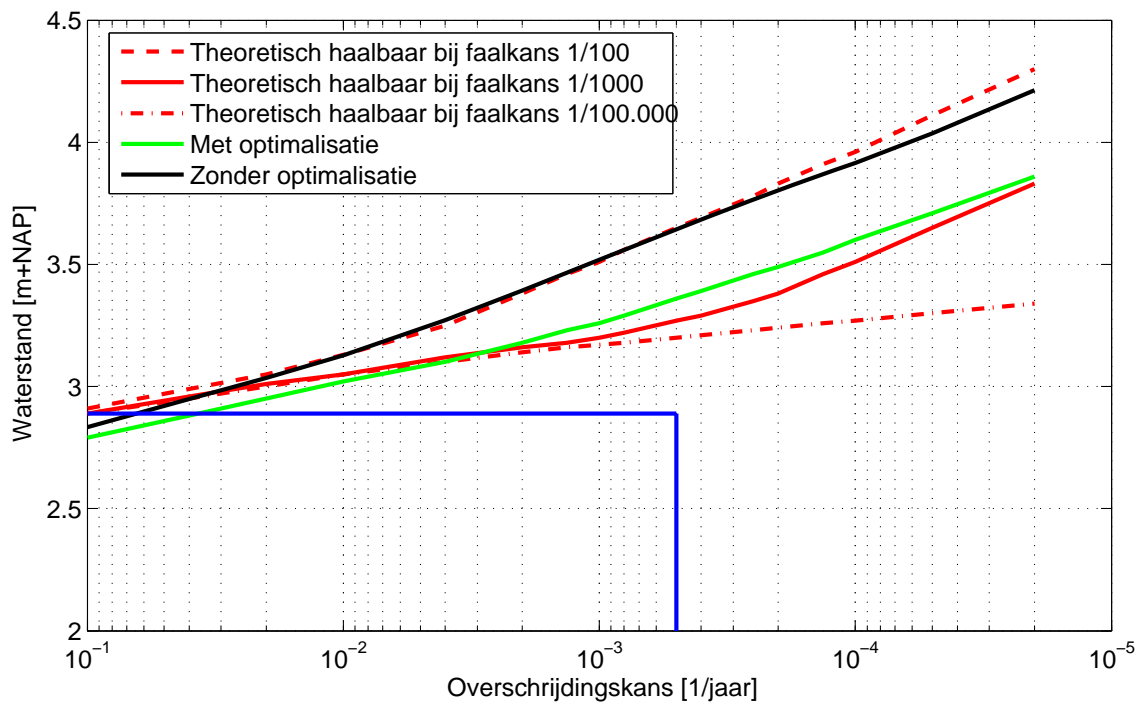
van – tot in cm	EPK100 Ref. 2010	EPK1000 GM 2050 KNMI G+	EPK1000 GM 2100 Veerman	EPK+RK1000 AOR 2050 KNMI G+	EPK+RK1000 AOR 2100 Veerman
0 - 50	318	834	307	731	318
50 - 100	110	383	102	301	110
100 - 150	48	287	43	251	48
150 - 200	16	68	13	61	16
200 - 250	5	32	4	27	5
250 - 300	4	11	2	7	4
300 - 350	2	5	2	3	2
350 - 400	4	6	4	5	4
400 - 450	2	11	1	3	2
450 - 500	0	7	0	1	0
> 500	4	7	4	6	4
Totaal	513	1651	482	1396	513
Perc. tot areaal industrie	6	9	30	9	25

Ref. 2010 staat voor referentiesituatie in 2010, GM voor de situatie in 2050 en 2100 zonder aanvullende maatregelen en AOR in 2050 en 2100 voor de situatie met bewegende keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Voor 2050 is het G+-scenario van het KNMI gebruikt en voor 2100 het Veerman-scenario.

3.5 De Optimale Variant

Gegeven de geringe effecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond is een Optimale Variant doorgerekend waarbij het waterpeil zo effectief mogelijk wordt verlaagd. In deze Optimale Variant is een aantal aanpassingen aan de modelsimulaties doorgevoerd zoals de mogelijkheden om extra water te bergen op het Volkerak-Zoommeer en de Grevelingen, maar ook een reductie van het aangenomen lekdebiet tot 0 m/s. Voor de exacte uitwerking van de Optimale Variant wordt verwezen naar de rapportages van HKV binnen dit project.

Figuur 6 toont de maximale hoogwaterstand bij Dordrecht ten opzichte van de overschrijdingskans die theoretisch haalbaar is bij een faalkans van de Europoortkering van 1/100, 1/1000 en 1/100.000. Als de faalkans van de Europoortkering daalt, neemt de maximale hoogwaterstand bij Dordrecht af. Naast de theoretische waterstanden bij verschillende faalkansen van de Europoortkering wordt ook de waterstand bij Dordrecht gegeven voor de huidige uitwerking van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond, zonder optimalisatie maar ook met optimalisatie. Door de optimalisatie neemt de maximale hoogwaterstand bij Dordrecht af, bij een herhalingsjijd van 100 jaar is dit ongeveer 10 à 15 cm en bij een herhalingsjijd van 1000 jaar ongeveer 25 cm.



Figuur 6. Maximale hoogwaterstand bij Dordrecht ten opzichte van de overschrijdingskans voor de Optimale Variant.

Als wordt aangenomen dat de daling van de maximale hoogwaterstand in het hele Rijnmondgebied in de Optimale Variant ongeveer even groot is als bij Dordrecht, dan neemt het aantal saneringslocaties en BRZO-bedrijven, het areaal woongebied en industrie- en bedrijfsterrein dat overstroomt gemiddeld grofweg met ongeveer 20% af.

4 Natuureffecten Afsluitbaar Open Rijnmond

Binnen dit project worden de natuureffecten van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond bekeken. Binnen het project worden twee situaties doorgerekend: de situatie zonder maatregelen versus de situatie waarbij er een nieuwe afwateringsverbinding tussen de Lek en de Waal wordt aangelegd. De Nieuwe Lek, maar ook de Nieuwe Merwede moeten beide verbreed te worden om het extra water dat van de Lek komt te kunnen verwerken.

Afhankelijk van het ontwerp en de inrichting kunnen de aanleg van de Nieuwe Lek en de verbreding van de Nieuwe Merwede in meer of mindere mate extra natuurwaarde opleveren. Als de Nieuwe Lek een kanaal wordt, vergelijkbaar met het Amsterdam-Rijnkanaal, dan is de natuurwaarde aanzienlijk minder dan wanneer een natuurlijke rivier met verschillende stroomgeulen en eventueel oobossen wordt ontwikkeld. De natuurwaarde wordt daarbij primair bepaald door de ruimte die voor de ontwikkeling of verbreding van bestaande verbindingen wordt uitgetrokken. Gegeven de grote hoeveelheid ruimte die voor de aanleg van de Nieuwe Lek en de verbreding van de Nieuwe Merwede nodig is, levert dat al snel een aanzienlijke hoeveelheid natuur op. De natuurwaarde dient dan ook relatief beoordeeld te worden ten opzichte van de middelen die voor de aanleg van deze verbindingen nodig zijn.

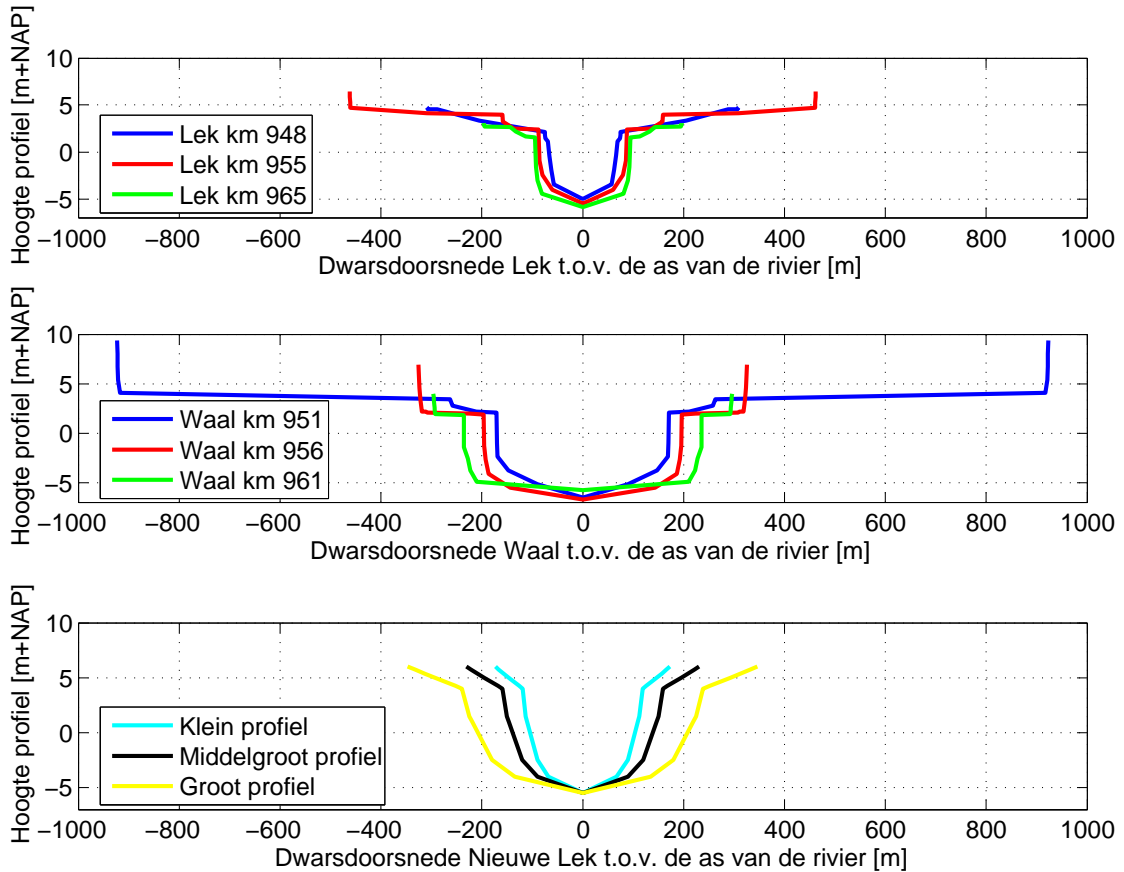
De ligging van de nieuwe rivier in het plan Afsluitbaar Open Rijnmond alsook de aanpassingen aan de Nieuwe Merwede zijn vooralsnog niet gespecificeerd. Gegeven het schetsmatige karakter van het plan zijn zowel de kosten als de natuurwaarde slechts op hoofdlijnen te bepalen. Voor de kosten wordt daarbij gebruikgemaakt van eenvoudige kentallen voor het aanleggen van dijken, bruggen en kunstwerken. In onderstaande paragrafen wordt het effect op de natuurwaarde beschreven, uitgaande van de huidige plannen voor de Nieuwe Lek en de verbreding van de Nieuwe Merwede.

4.1 De Nieuwe Lek

In het plan Afsluitbaar Open Rijnmond wordt een nieuwe afwateringsverbinding aangelegd tussen de Lek en de Waal: de Nieuwe Lek. De beste ligging van deze verbinding is niet onderzocht maar het idee is dat deze van Vianen richting Gorinchem parallel aan de A27 zou lopen (Figuur 1). De dwarsdoorsnede van de verbinding moet voldoende breed zijn om al het water van de Lek richting de Waal af te kunnen voeren op het moment dat de beweegbare keringen gesloten zijn. De capaciteit van de nieuwe afvoerverbinding dient minimaal even groot te zijn als die van de Lek (HKV, 2010). Figuur 7 toont een aantal dwarsdoorsneden van de Lek, de Waal en de Nieuwe Lek. Afhankelijk van de dwarsdoorsnede is de Nieuwe Lek 400 tot 700 m breed. De natuurwaarde zal relatief gezien minder zijn naarmate de ruimte voor de uiterwaarden kleiner is.

De kosten voor de ontwikkeling van de Nieuwe Lek worden in de 'Bijlage Benedenrivieren' van het rapport van de Deltacommissie (2008) geschat op 900 miljoen euro. In deze schatting is aangenomen dat aan de oostzijde een basisdijk wordt ontwikkeld en aan de westzijde een eco-dijk. In totaal zou 1200 ha landbouwgrond benodigd zijn volgens deze ruwe kostenschatting. Los van de inrichting van het gebied zou de gemiddelde prijs voor de nieuwe natuur 75 euro/m² bedragen. Afhankelijk van de locatie kost landbouwgrond gemiddeld 4 à 5 euro/m². De relatief hoge kosten kunnen gereduceerd worden door meer landbouwgrond aan te kopen, zodat de uiterwaarden van de Nieuwe Lek breder worden. Los van de eventueel extra kosten voor de verwerving van huizen en boerderijen en de aanleg van tunnels en bruggen zou de gemiddelde prijs voor de nieuwe natuur dalen tot circa 50 euro/m² bij een gemiddelde breedte van de Nieuwe Lek van 900 m en circa 40 euro/m² bij een gemiddelde breedte

van 1200 m. De relatief hoge kosten voor nieuwe natuur worden praktisch bepaald door de kosten voor de aanleg van de dijken van de Nieuwe Lek.



Figuur 7. Dwarsdoorsnede van de Lek, de Waal en de Nieuwe Lek.

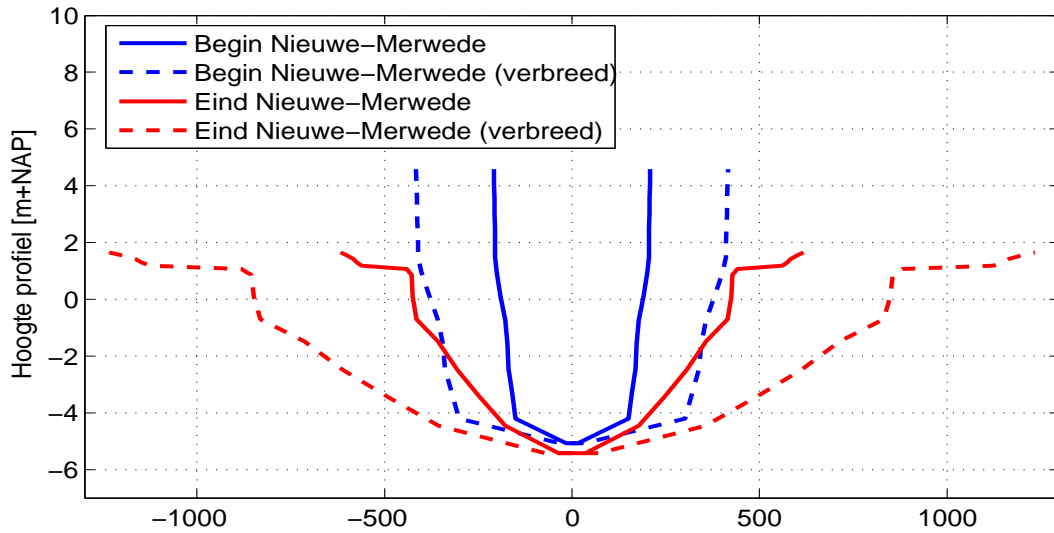
4.2 De Nieuwe Merwede

Voor de verwerking van het water dat afkomstig is uit de Nieuwe Lek dient de Nieuwe Merwede verbreed te worden. Figuur 8 toont de dwarsdoorsnede aan het begin en het eind van de Nieuwe Merwede alsook de noodzakelijke verbreding. Aan het begin verdubbelt de breedte van de Nieuwe Merwede van circa 400 m tot 800 m. Bij het eind, waar de Nieuwe Merwede en de Amer overgaan in het Haringvliet, neemt de breedte toe van circa 1250 m tot 2500 m.

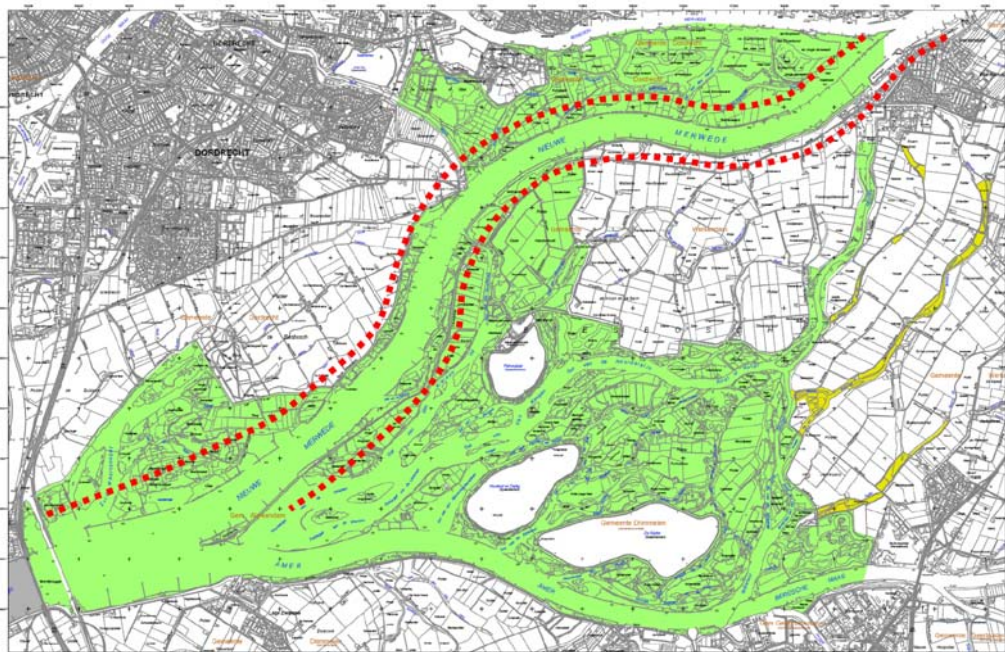
Deze verbreding van de Nieuwe Merwede is schematisch weergegeven in Figuur 9 op de ontwerpkaart behorende bij het ontwerpbesluit van het Natura 2000-gebied Biesbosch (LNV, 2010). Een groot gedeelte van de verbreding komt naar verwachting in het Natura 2000-gebied te liggen en zal ten koste gaan van de huidige natuur. Afhankelijk van de uiteindelijke ligging gaat 500 à 800 ha natuur verloren door de verbreding van de Nieuwe Merwede. Op basis van de Natura 2000-richtlijn zal dit verlies aan natuur gecompenseerd moeten worden, vergelijkbaar met de natuurcompensatie die voor de verdieping van de Schelde noodzakelijk was. Voor het behoud van de Biesbosch zou verwerven en ontpoldering van nabijgelegen landbouwgronden het beste zijn.

De kosten voor de verbreding van de Nieuwe Merwede zijn niet meegenomen in de kostenraming van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Gegeven dat de totale lengte van de verbreding ongeveer gelijk is

aan de lengte van de Nieuwe Lek en het feit dat het verlies aan natuur gecompenseerd moet worden zullen de kosten voor de verbreding van de Nieuwe Merwede dezelfde orde van grootte hebben als die voor de ontwikkeling van de Nieuwe Lek. Vergelijkbaar met de ontwikkeling van de Nieuwe Lek zullen de relatief hoge kosten voor nieuwe natuur praktisch bepaald worden door de kosten voor de aanleg van de dijken rond de verbrede Nieuwe Merwede.



Figuur 8. Dwarsdoorsnede aan het begin en het eind van de Nieuwe Merwede als ook de noodzakelijke verbreding.



Figuur 9. Schematische weergave van de verbreding van de Nieuwe Merwede (rode stippellijn) in de ontwerpkaart behorende bij het ontwerpbesluit van het Natura 2000-gebied Biesbosch (groen).

5 Alternatieve oplossingsrichtingen

Binnen dit hoofdstuk wordt een aantal alternatieve oplossingsrichtingen aangegeven voor de inrichting van het hoofdwatersysteem. Het is hierbij niet de bedoeling om een compleet overzicht van alle mogelijke oplossingsrichtingen te schetsen, maar om slechts een aantal varianten, opties en aandachtspunten te geven die tijdens het project aan de orde zijn geweest.

In de oorspronkelijke opzet van het project zouden op 'ontwerpde wijze in onder meer gecombineerde en multidisciplinaire ateliers' verschillende varianten ontwikkeld worden waarbij er meer ruimte zou zijn geweest om de toekomstige maatschappelijke, demografische en economische ontwikkelingen, in de scenario's te verwerken. Om budgettaire redenen zijn er geen varianten ontwikkeld maar is het project gefocust op de te verwachten maximale waterhoogtes in de regio Rijnmond bij uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond versus de situatie dat er geen maatregelen worden genomen.

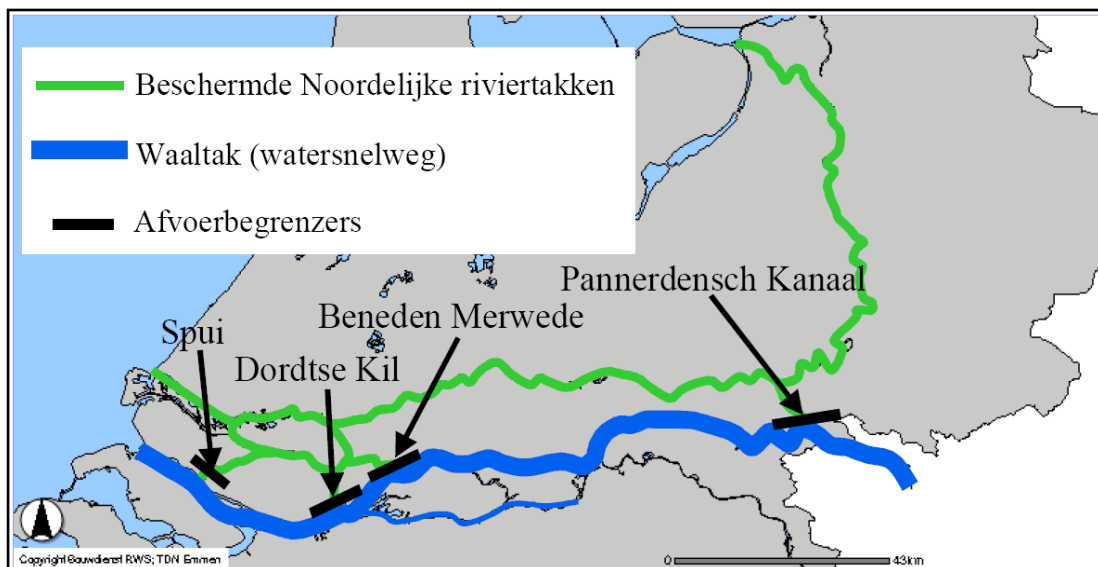
Deze beperking van het project heeft voor- en nadelen. De huidige opzet van het project laat precies zien in welke mate het plan Afsluitbaar Open Rijnmond de maximale waterhoogte reduceert. Het plan Afsluitbaar Open Rijnmond is echter slechts een van de vele mogelijkheden om de Rijnmond te beschermen tegen de stijgende maximale waterstanden. Naast veiligheid tegen overstromingen moeten strategische beleidskeuzes gemaakt worden ten aanzien van toekomstige wateroverlast, en -tekorten, zoutindringing en de drinkwatervoorziening. In dit soort verkennende studies is het van belang om deze toekomstige ontwikkelingen in samenhang te bekijken en de oplossingsrichtingen af te wegen tegen het licht van de toekomstige demografische en economische ontwikkelingen en maatschappelijke trends.

De meest relevante toekomstige ontwikkelingen voor het waterbeheer in relatie tot het ruimtegebruik zijn in beeld gebracht in het rapport Nederland in Zicht (V&W, 2009). Dit rapport schetst enerzijds de wateropgave met de ontwikkelingen in de watersystemen als gevolg van het huidige beheer en de klimaatverandering. Anderzijds is er de ruimtelijke ontwikkeling in een aantal voor water belangrijke sectoren zoals wonen en werken, scheepvaart, natuur, recreatie, landbouw en energievoorziening. Deze verkennende analyse geeft een goed beeld van de samenhang tussen de watergerelateerde problemen waar Nederland in de toekomst mee te maken kan krijgen.

De scheepvaart vormt een van de belangrijke sectoren voor het waterbeheer. Voor de scheepvaart is een open doorgang van de Rotterdamse haven naar het achterland van belang. De groei van de scheepvaartsector wordt in de studie Nederland in Zicht mogelijkwijs te hoog geschat. De scheepvaart zal in de toekomst sterk afhankelijk blijven van vloeibare energiebronnen zoals olie (McCollum en Yang, 2009). De fossiele olievoorraden raken vroeg of laat echter op. Verschillende bronnen geven aan dat vanaf 2015 de kans bestaat dat de vraag naar olie groter wordt dan het aanbod (ASPO, 2008; JOE, 2010). Als dat gebeurt, zullen de olieprijsen en transportkosten stijgen. Stijgende transportkosten zullen de locatiefactoren van alle economische sectoren beïnvloeden: landbouw, industrie, handel en transport (Moriarty en Honnery, 2008) doordat de productie zich zal verplaatsen richting de afnemers. De geschetste groei van de scheepvaart zou op de langere termijn aanmerkelijk lager kunnen zijn dan verwacht.

Niet alleen vanwege het potentiële tekort aan fossiele brandstoffen maar ook om de effecten van klimaatverandering te beperken zal de vraag naar alternatieve energiebronnen toenemen. Een van de opties is om uit de menging van zoet en zout water zogenaamde blauwe energie te winnen. De winning van blauwe energie zou in de toekomst economisch gezien belangrijker kunnen worden. Post (2009) schat de technische potentie van de energie in de Rijn en Maas op 2,4 gigawatt, waarvan 1,6 gigawatt economisch haalbaar is, genoeg voor 4 miljoen huishoudens. Centrales van 200 tot 500 megawatt zouden ontwikkeld kunnen worden aan de Afsluitdijk, het Haringvliet en de Nieuwe Waterweg. Het

voordeel van blauwe energie boven zonne- en windenergie is dat de Rijn altijd water aanvoert. De hoeveelheid zal in de zomer en het najaar wat minder zijn, maar deze varieert niet van dag tot dag. Rotterdam zou het potentieel aan blauwe energie in de Nieuwe Waterweg kunnen benutten. Nederland in Zicht geeft een uitgebreid beeld van de toekomstige watergerelateerde problemen. De toekomstige inrichting van het watersysteem zal voor al deze problemen een zo goed mogelijke oplossing moeten bieden. Het toekomstige hoofdwatersysteem kan op vele manieren ingericht worden. In de loop van de tijd zijn er verschillende plannen ontwikkeld voor de regio Rijnmond. Naast het rapport van de Deltacommissie (2008) is er onlangs nog een integrale ruimtelijke verkenning door de Provincie Zuid-Holland uitgevoerd (Piek, 2009). Daarnaast vinden er ook nieuwe studies plaats, zo heeft de DG Water eind vorig jaar opdracht verleend voor het schrijven van een plan van aanpak voor het uitvoeren van een waterstaatkundige en ruimtelijke verkenning Rijnmond en Drechtsteden. Het plan Afsluitbaar Open Rijnmond betreft slechts één van de opties. In dit plan wordt een nieuwe afwateringsverbinding tussen de Lek en de Waal voorgesteld. Zoals tevens is aangegeven in het rapport van de Deltacommissie (2008) is deze nieuwe rivier misschien niet nodig en kan het overtollige water verder stroomopwaarts al naar de Waal worden gestuwd. De verdeling van het water tussen Lek en Waal wordt primair bepaald door de inrichting van de Pannerdense Kop bij Pannerden. Een van de opties is om direct bij Pannerden de verdeling van het water bij te sturen zoals in het plan 'Watersnelweg Waal' (Figuur 10), waarbij er meer water richting de Waal gaat. (<http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/bwd/home/wis/063WatersnelwegWaal.pdf>).



Figuur 10. Plan Watersnelweg Waal.

Het verschil in het ontwerp tussen het plan Afsluitbaar Open Rijnmond en Watersnelweg Waal is niet groot. In het plan Afsluitbaar Open Rijnmond zit een beweegbare kering ter hoogte van Vianen, terwijl in de Watersnelweg Waal gebruik wordt gemaakt van een afvoerbegrenzer bij de Pannerdense Kop. Het voordeel van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond is de volledige afsluiting van het watersysteem binnen de beweegbare keringen waardoor de buitendijkse woon- en industrieterreinen niet zo snel onder water lopen als er tegelijkertijd sprake is van een stormvloed op zee en een extreme afvoersituatie op de Rijn.

De beweegbare kering in het plan Afsluitbaar Open Rijnmond bij Lexmond kan ook bij de IJsselkop worden neergelegd. Dit ontwerp zou de voordelen van beide plannen combineren. Het benedenrivierengebied kan volledig afgesloten worden als er sprake is van een stormvloed en hoge

rivierafvoer. Tevens zouden 700 km dijk langs de Nederrijn, Lek en IJssel de eerste decennia niet versterkt hoeven te worden en hoeft er geen nieuwe waterverbinding aangelegd te worden tussen de Lek en de Waal. Er dient echter wel rekening gehouden te worden met extra kosten voor de aanpassing van de Waaltak om de grotere hoeveelheden water aan te kunnen. Naast verbreding van het rivierbed zal circa 100 km dijk aan weerszijden van de Waal versterkt moeten worden. De extra kosten voor deze ingrepen zouden relatief beperkt kunnen zijn, aangezien de meeste dijken langs de Waal al versterkt moeten worden omdat deze nog niet voldoen aan de norm (V&W, 2006).

6 Discussie en conclusies

Door klimaatverandering en zeespiegelstijging zal de kans op overstroming van de buitendijks gelegen stedelijke gebieden in het Rijnmondgebied de komende eeuw toenemen. Om overstroming van deze stedelijke gebieden te voorkomen zouden nieuwe dijken aangelegd moeten worden, wat behalve kostbaar ook vaak maatschappelijk een ongewenste situatie is. Als alternatief voor de dijken is in het rapport van de Deltacommissie (2008) het plan ‘Afsluitbaar Open Rijnmond’ gepresenteerd. In dit plan wordt de Rijnmondregio beschermd tegen hoogwater met beweegbare keringen. Het water uit de Nederrijn moet daarvoor via een nieuwe afwateringsverbinding, de Nieuwe Lek, omgeleid worden naar de Nieuwe Merwede. Doordat de maximale hoogwaterstanden in het gebied binnen de keringen dalen zou ‘waterfrontontwikkeling’ beneden de ‘deltahoogte’ plaats kunnen vinden.

In dit onderzoek is een integrale verkenning uitgevoerd van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Binnen het projectplan lag de focus op het plan Afsluitbaar Open Rijnmond versus de situatie waarin er geen maatregelen genomen zouden worden. Naast de simulatie van de toekomstige waterstanden in de buitendijkse gebieden onder verschillende klimatologische omstandigheden zijn deelstudies uitgevoerd naar de scheepvaart, waterfrontontwikkeling en beweegbare keringen. Dit rapport schetst een overzicht van de te verwachten natuur- en milieueffecten.

Overstroming van stedelijke gebieden kan grote gevolgen hebben voor natuur en milieu. Afhankelijk van de inrichting van buitendijkse stedelijke gebieden kan het rioleringsstelsel inclusief de waterzuiveringsinstallaties overstromen, waarbij ernstige bacteriële vervuiling op zal treden. Toxische stoffen kunnen vrijkomen door overstroming van bodemsaneringslocaties en BZRO-plichtige bedrijven. De drinkwatervoorziening loopt gevaar omdat de leidingen vervuild raken. In 2005 overstromde 80% van New Orleans door orkaan Katrina, waarbij verhoogde gehalten aan bacteriën (*E. coli*), zware metalen (arsen, lood), bestrijdingsmiddelen en vluchtige koolwaterstoffen zijn aangetroffen. De bodem zal diffuus verontreinigd worden, wat een negatieve invloed zal hebben op de structuur, functie en biodiversiteit van het bodemecosysteem.

Tabel 5. Aantal bodemsaneringslocaties, BZRO-plichtige bedrijven en het areaal woongebied en industrie- en bedrijfsterrein die bij een herhalingstijd van 1000 jaar zullen overstromen.

		EPK100 Ref. 2010	EPK1000 GM 2050 KNMI G+	EPK1000 GM 2100 Veerman	EPK+RK1000 AOR 2050 KNMI G+	EPK+RK1000 AOR 2100 Veerman
Bodemsaneringslocaties	[N]	100	148	245	138	217
BZRO-plichtige bedrijven	[N]	8	32	94	32	87
Woongebied	[ha]	79	112	203	97	171
Industrie- en bedrijfsterrein	[ha]	197	292	536	267	375

Ref. 2010 staat voor referentiesituatie in 2010, GM voor de situatie in 2050 en 2100 zonder aanvullende maatregelen en AOR in 2050 en 2100 voor de situatie met bewegende keringen volgens het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. Voor 2050 is het G+-scenario van het KNMI gebruikt en voor 2100 het Veerman-scenario.

De berekende maximale hoogwaterstanden zijn gebruikt om de potentiële milieurisico's in de buitendijkse gebieden in de regio Rijnmond te bepalen. Tabel 5 geeft het aantal bodemsaneringslocaties, BZRO-plichtige bedrijven en het areaal aan woongebied en industrie- en bedrijfsterrein dat in de huidige situatie en in de toekomst met en zonder uitvoering van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond zullen overstromen. In de buitendijks gelegen oude binnensteden van zowel Rotterdam als Dordrecht liggen een groot aantal potentieel ernstige en urgente bodemsaneringslocaties. Daarnaast bevat het havengebied een groot aantal BZRO-plichtige bedrijven. Als de maximale hoogwaterstand stijgt, neemt het gebied en het aantal locaties dat potentieel

overstroomt toe. Het plan Afsluitbaar Open Rijnmond reduceert de milieurisico's in de buitendijkse gebieden slechts in geringe mate. De milieurisico's van een overstroming worden bepaald door de maatregelen die worden genomen om verspreiding van toxische stoffen op de verschillende locaties te beperken en de mate waarin het buitendijkse gebied is aangepast aan een overstroming.

De natuureffecten van de nieuwe afwateringsverbinding tussen de Lek en de Waal, de Nieuwe Lek, alsook de noodzakelijke verbreding van de Nieuwe Merwede hangen sterk af van de wijze waarop de verbinding wordt uitgevoerd. Als de Nieuwe Lek wordt uitgevoerd als een kanaal, is de natuurwaarde aanzienlijk minder dan wanneer een nieuwe rivier wordt ontwikkeld met verschillende stroomgeulen en ooibossen. De natuurwaarde wordt daarbij praktisch bepaald door de ruimte die voor de ontwikkeling, verbreding van de verbinding wordt uitgetrokken. De toename van de natuurwaarde kan daarbij beoordeeld worden aan de hand van de gemiddelde prijs per vierkante meter natuur. Op basis van de ruwe kostenschatting voor de aanleg van de Nieuwe Lek zou de nieuwe natuur gemiddeld 75 euro/m² bedragen bij een breedte van 600 m en 40 euro/m² bij een breedte van 1200 m. Afhankelijk van de locatie kost landbouwgrond gemiddeld 4 euro/m². De relatief hoge kosten voor nieuwe natuur worden praktisch bepaald door de kosten voor de aanleg van de dijken.

De verbreding van de Nieuwe Merwede zal afhankelijk van de exacte locatie in meer of mindere mate ten koste gaan van bestaande natuur in het Natura 2000-gebied de Biesbosch. Op basis van de Natura 2000-richtlijn zal dit verlies aan natuur gecompenseerd moeten worden. De kosten voor de verbreding van de Nieuwe Merwede zijn niet meegenomen in de ruwe kostenraming van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond. De totale lengte van de verbreding van de Nieuwe Merwede is ongeveer gelijk aan de lengte van de Nieuwe Lek. Als de kosten voor verbreding van de Nieuwe Merwede ongeveer even groot zijn als voor de ontwikkeling van de Nieuwe Lek dan zullen de kosten voor de nieuwe natuur per vierkante meter gemiddeld even groot zijn en bepaald worden door de kosten voor de aanleg van de dijken.

In het project is slechts één oplossingsrichting, het plan Afsluitbaar Open Rijnmond, in beschouwing genomen. Klimaatverandering, zeespiegelstijging en de daaruit voortvloeiende stijgende waterstanden in het Rijnmondgebied kunnen niet los gezien worden van de overige toekomstige ontwikkelingen van de maatschappij. Nederland in Zicht (V&W, 2009) geeft een goed overzicht van de meest relevante toekomstige ontwikkelingen voor het waterbeheer in relatie tot het ruimtegebruik. De studie is mogelijkserwijs te optimistisch over de groei van de scheepvaart. De groei van de scheepvaart zou in de toekomst lager uit kunnen pakken. Vroeg of laat raken de olievoorraden op, waardoor de prijzen voor fossiele brandstoffen en de transportkosten toe zullen nemen en de productie zich kan verplaatsen. Naarmate de prijs voor fossiele brandstoffen in de toekomst zou stijgen, wordt het voor Rotterdam interessanter om het potentieel aan blauwe energie in de Nieuwe Waterweg te benutten.

Ten aanzien van de inrichting van het hoofdsysteem zou het interessant kunnen zijn om de voordelen van het plan Afsluitbaar Open Rijnmond te combineren met de voordelen van het plan Watersnelweg Waal. Door de beweegbare kering bij Lexmond verder stroomopwaarts, bij de IJsselkop, te plaatsen zou 700 km dijkverhoging langs de noordelijke riviertakken (Nederrijn, Lek en IJssel) de eerste decennia niet meer noodzakelijk zijn en hoeft er geen 'Nieuwe Lek' aangelegd te worden door de veenweidegebieden in de Alblasserwaard tussen Vianen en Gorinchem.

Het wordt aanbevolen om in een vervolg onderzoek de onderzoeksvraag te verbreden waarbij de toekomstige energievoorziening naast alle andere relevante maatschappelijke ontwikkelingen alsook de specifieke ontwikkelingen met betrekking tot het waterbeheer in beeld gebracht zouden moeten worden.

Literatuur

- Adams, C.G., Witt, E.C., Wang, J., Shaver, D.K., Summers, D., Filali-Meknassi, Y., Shi, H., Luna, R., Anderson, N. (2007) Chemical quality of depositional sediments and associated soils in New Orleans and the Louisiana peninsula following Hurricane Katrina. *Environmental Science and Technology* 41: 3437-3443.
- Ashley, N.A., Valsaraj, K.T., Thibodeaux, L.J. (2008) Elevated in-home sediment contaminant concentrations – The consequence of a particle settling–winnowing process from Hurricane Katrina floodwaters. *Chemosphere* 70:833-840.
- ASPO (2008) Association for the Study of Peak Oil and Gas, ASPO Newsletter 85.. (2008) (Also earlier newsletters). Accessed on 28-05-2010 at www.peakoil.net.
- BRZO (1999) http://wetten.overheid.nl/BWBR0010475/geldigheidsdatum_28-05-2010
- CBS (2005) [Bodemgebruik](#). CBS, Den Haag / Heerlen.
- Claessens, J. en van der Wal, A. (2008). Verkenning effecten hoogwaterstanden op de bodemkwaliteit in het landelijke en stedelijke gebied. Briefrapport 607050003/2008. RIVM, Bilthoven.
- Deltacommissie (2008) Samen werken aan water. Een land dat leeft, bouwt aan zijn toekomst. ISBN/EAN 978-90-9023484-7
- Harmon, S.M. en Wyatt, D.E. (2008) Evaluation of post-Katrina flooded soils for contaminants and toxicity to the soil invertebrates *Eisenia fetida* and *Caenorhabditis elegans* *Chemosphere* 70: 1857-1864.
- HKV (2010) Eerste verkenning Waterveiligheid Rijnmond-Drechtsteden. (in voorbereiding)
- Huizinga, H.J. (2010) Water safety: Flood depth and extent. HKV Consultants (in voorbereiding)
- JOE (2010) U.S. Joint Forces Command's Joint Operating Environment. Ready for today, preparing for tomorrow. www.jfcom.mil/newslink/storyarchive/2010/JOE_2010_o.pdf Accessed on 28-05-2010
- KNMI (2006) KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-01
- LNv (2010) Ontwerpkaart bij het ontwerpbesluit van het Natura 2000-gebied Biesbosch. http://www.synbiosys.alterra.nl/Natura2000/documenten/gebieden/112/n2k_112_00_biesbosch.pdf accessed on 28-5-2010.
- McCollum, D. en Yang, C. (2009) Achieving deep reductions in US transport greenhouse gas emissions: Scenario analysis and policy implications. *Energy Policy* 37, p.5580–5596
- Mielke, H.W., Powell, E.T., Gonzales, C.R., Mielke, Jr, P.W. (2006) Hurricane Katrina's impact on New Orleans soils treated with low lead Mississippi river alluvium. *Environmental Science and Technology* 40: 7623-7628.
- Moriarty, P. en Honnery, D. (2008) Low-mobility: The future of transport. *Futures* 40, 865–872
- Pardue, J.H., Moe, W.M., Mcinnis, D., Thibodeaux, L.J., Valsaraj, K.T., Maciasz, E., van Heerden, I., Korevec, N., Yuan, Q.Z. (2005) Chemical and microbiological parameters in New Orleans floodwater following Hurricane Katrina. *Environmental Science and Technology* 39: 8591-8599.

- Piek, R. (2009) Integrale ruimtelijke verkenning afsluitbaar openhouden van de regio Rijnmond/Drechtsteden. Rapport PZH-2009-243880 Provincie Zuid-Holland, Rotterdam.
- Post, J. M. (2009) Blue Energy. Electricity Production from Salinity Gradients by Reverse Electrodialysis. PhD-thesis WUR. <http://library.wur.nl/WebQuery/wda/lang/1920550> last accesses on 28-05-2010.
- Presley, S.M., Rainwater, T.R., Austin, G.P., Platt, S.G., Zak, J.C., Cobb, G.P., Marsland, E.J., Tian, K., Zhang, B., Anderson, T.A., Cox, S.B., Abel, M.T., Leftwich, B.D., Huddleston, J.R., Jeter, R.M., Kendall, R.J. (2006) Assessment of pathogens and toxicants in New Orleans, LA following Hurricane Katrina. *Environmental Science and Technology* 40: 468-474.
- Stout, S.A., Liu, B., Millner G.C., Hamlin, D., Healey, E. (2007) Use of chemical fingerprinting to establish the presence of spilled crude oil in a residential area following Hurricane Katrina, St. Bernard Parish, Louisiana. *Environmental Science and Technology* 41: 7242-7251.
- V&W (2006) Primaire waterkeringen getoetst: landelijke rapportage toetsing 2006. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Inspectie Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Lelystad.
- V&W (2009) Nederland in Zicht. Water en ruimtelijke ontwikkeling in Nederland: de diagnose.

