

TNO-rapport**TNO-060-DTM-2011-02475****Eerste generatie oplossingen voor
de lange termijn waterveiligheid in
de Rijn-Maasmonding*****Deelrapport verkenning effecten haven en
scheepvaart*****Behavioural and Societal
Sciences**Van Mourik Broekmanweg 6
2628 XE Delft
Postbus 49
2600 AA Delftwww.tno.nl

T +31 88 866 30 00

F +31 88 866 30 10

infodesk@tno.nl

Datum	20 juli 2011
Auteur(s)	Wouter Jonkhoff Tsjitske Groen
Oplage	35
Aantal pagina's	85 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	2
Opdrachtgever	Stichting Deltares
Projectnaam	Handhaven waterveiligheid en scheepvaart
Projectnummer	054.01270

Alle rechten voorbehouden.

Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belang-hebbenden is toegestaan.

© 2011 TNO

Samenvatting

In deze rapportage staat de invloed van de gevolgen van klimaatverandering op de scheepvaart in de regio Rijnmond centraal. De studie richt zich op de hoekpunten 'Afsluitbaar open zeezijde' (hoekpunt 1), 'Afsluitbaar open ze- en rivierzijde' (hoekpunt 2) en 'Gesloten' (hoekpunt 3, met varianten a, b en c). De economische effecten van het waterbeheer volgens deze hoekpunten op de scheepvaart komen in beeld voor twee scenario's: GE/W+ en RC/G.

Recente ontwikkeling

De havens in de regio Rijnmond-Drechtsteden realiseren ongeveer de helft van de toegevoegde waarde in de Nederlandse scheepvaart. Zee- en binnenvaart in deze regio behaalden in 2008 gezamenlijk ruim een miljard euro aan toegevoegde waarde, ongeveer een zesde procent van het bruto nationaal product (Nijdam e.a., 2010).

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft voor 2010 tellingen van de kadebezoeken van de zeevaart per kade in het havengebied beschikbaar gesteld. In een eerste stap zijn deze kades ingedeeld naar de havengebieden Maasvlakte, Europoort, Botlek, Pernis, Waal-Eemhaven en Overige rechteroever. Vervolgens is er gecorrigeerd voor het aantal dubbeltellingen. Een deel van de zeevaart doet namelijk meerdere kades per keer aan. Soortgelijke informatie is niet beschikbaar voor de binnenvaart. Op basis van het Basisbestand Goederenvervoer 2004, met een ophoging naar 2008 en de groeicijfers voor de zeevaart tussen 2008 en 2010 is door TNO een schatting gemaakt van de binnenvaart in 2010.

Naar schatting deden in 2010 dagelijks 83 zeevaartschepen en 558 binnenvaartschepen de Rotterdamse haven aan (op jaarbasis: circa 30.000 zeeschepen en 200.000 binnenvaartschepen). Dit betekent dat er respectievelijk 166 en 1.116 scheepsbewegingen hebben plaatsgevonden: een keer het Rijnmondgebied in, een keer het gebied uit.

Scenario's voor de scheepvaart

Bij het inschatten van de toekomstige scheepvaart tot 2050 zijn drie verschijningsvormen onderscheiden: natte bulk, droge bulk en stukgoed. Stukgoed is onderverdeeld in los stukgoed, roll-on-roll-off (RoRo) en containers. Het containervervoer is onderverdeeld in herkomst: short sea, deep sea en feeder. Voor de periode daarna, tot 2100, nemen we de verwachte groei voor container- en niet-containervervoer als uitgangspunt.

Er zijn twee combinaties van klimaatscenario's en sociaaleconomische scenario's aangewezen om tempo en impact van toekomstige sociaal-economische ontwikkelingen en klimaatverandering in te schatten: Global Economy / W+ (GE/W+) en Regional Communities / G (RC/G). Deze gecombineerde scenario's geven de marges waarbinnen tempo en impact van klimaatverandering en economische ontwikkeling tot 2100 met een bepaalde waarschijnlijkheid zullen plaatsvinden. Daarbinnen is een grote bandbreedte mogelijk. Voor sluitfrequenties van de waterkeringen in Rijnmond-Drechtsteden zijn schattingen van Deltares op basis van de KNMI-scenario's voor de zeespiegelstijging gebruikt (bijlage B).

Voor projecties per verschijningsvorm tot 2050 zijn CPB-aanvullingen op WLO (2006) gebruikt. Verder is aangenomen dat schaalvergroting optreedt, waardoor het gemiddelde tonnage van schepen stijgt en minder schepen nodig zijn voor het vervoer van een gegeven lading.

In scenario GE/W+ worden voor 2050 ongeveer 300 zeevaartschepen verwacht dagelijks de Rotterdamse haven te bevaren. Een groot deel hiervan doet de Maasvlakte aan. Voor de binnenvaart, waar het om dagelijks circa 1.130 havenbezoeken gaat, geldt dat de meeste schepen de Waal-Eemhaven aandoen. Dit houdt een forse stijging in ten opzichte van 2010, die grotendeels op het conto van het containervervoer komt. De snellere groei in de zeevaart vergeleken met de binnenvaart wordt eveneens verklaard uit de hogere groeicijfers voor containervervoer in de zeevaart.

In 2100 is de zeevaart gegroeid tot circa 1.127 schepen per dag (een factor veertien ten opzichte van 2010). De binnenvaart groeit naar ongeveer 5.650 schepen per dag in 2100 (een factor tien ten opzichte van 2010, ofwel een gemiddelde jaarlijkse groei van ongeveer drie procent). Extrapolatie van de verwachte groei van de economie laat zien dat deze in het GE/W+-scenario met een factor tien zal zijn gegroeid, ofwel met gemiddeld rond 2,6 procent per jaar (Jonkhoff e.a., 2008). De groei van de scheepvaart blijft dus in lijn met de economische groei. Niettemin wordt door betrokkenen van het Havenbedrijf Rotterdam verwacht dat een groei van de scheepvaart verder dan de omvang in 2050 niet realistisch is. Om deze reden gebruiken we bij de kwantificering voor scenario GE/W+ de verwachte scheepspassages voor 2050 als uitgangspunt en niet die voor 2100.

In het RC/G-scenario ontwikkelt de scheepvaart in de Rotterdamse haven zich aanzienlijk minder snel. In 2050 wordt een dagelijks bezoek van 77 zeevaartschepen en van 416 binnenvaartschepen verwacht. De zeevaart (met name de containers) maakt in dit scenario niet de inhaalbeweging die in GE/W+ wel wordt verwacht.

In RC/G blijft het aantal schepen dat in 2100 de Rotterdamse haven aandoet bescheiden ten opzichte van 2010: rond 62 zeeschepen en rond 394 binnenvaartschepen per dag. Dit komt neer op circa 124 en 788 scheepvaartbewegingen per dag.

Kwantificering hoekpunten

Als een afsluitbaar open waterkering wordt gesloten, kunnen schepen ervoor kiezen te wachten of in te halen. Wachten levert kosten op uit hoofde van extra personeelskosten, het niet nakomen van leveringsafspraken, enzovoort. Inhalen levert kosten op omdat extra benzine moet worden gebruikt. De kosten van inhalen zijn fors hoger dan van wachten. In hoekpunt 1 blijken voor scenario GE/W+ de aantallen gestremde schepen veel sneller te groeien dan in RC/G. Deze stremmingen treffen met name de binnenvaart. Zo levert een sluiting van de Hartelkering in 2100 in dit scenario ruim 3.200 gestremde binnenvaartschepen op, een sluiting van de Hollandse IJsselkering ruim 2.800.

De Rijnmond Ring voegt in hoekpunt 2 (Afsluitbaar open zee- en rivierzijde) een fors aantal wachtende en inhalende schepen toe. In scenario RC/G is het aantal stremmingen veel lager dan in GE/W+. Wederom is het de Rijnmond Ring die verantwoordelijk is voor een groot aantal stremmingen in de binnenvaart: zo'n 238 in zichtjaar 2100.

Scheepvaart door dammen met schutsluizen (hoekpunt 3) impliceert meerdere kostenposten. Ten eerste treedt een verlies aan reistijd op voor de schepen die wachten om te worden geschut door de sluizen en (in hoekpunt 3c) de schepen die bij een sluiting van de Hollandse IJsselkering ervoor kiezen om te wachten. Ten tweede zal een aandeel van de te schutten schepen bij het ontstaan van wachtrijen voor de sluizen kiezen voor een andere haven. Er wordt de aanname gedaan dat alle schepen die niet kunnen worden geschut, een alternatieve haven in het buitenland kiezen. Dit kost toegevoegde waarde in de regio Rijnmond-Drechtsteden, en heeft mogelijk nadelige indirecte effecten tot gevolg. Ten derde kiest een aandeel van de binnenvaartschepen die geconfronteerd worden met een sluiting van de Hollandse IJsselkering ervoor om de verloren tijd in te halen.

In de hoekpunten 3a en 3b treedt ondercapaciteit overwegend op in scenario GE/W+. In zowel 2050 als 2100 gaat het daarbij voor de zeevaart om ruim 19.000 schepen, in de binnenvaart om ruim 240.000 schepen.

In scenario RC/G ontstaat er alleen voor 2050 in het Hartelkanaal een bescheiden ondercapaciteit van rond 1.300 schepen.

In hoekpunt 3c moeten de reistijdverliezen van de dammen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal worden opgeteld bij de wacht- en inhaalverliezen door de afsluitbaar open Hollandse IJsselkering.

Ook in deze variant treedt een forse ondercapaciteit op in GE/W+, maar door de afwezigheid van dammen met sluizen in de Rijnmond Ring is de totale omvang hiervan ongeveer de helft van de omvang in de varianten 3a en 3b.

Monetarisering

De kostenomvang in hoekpunt 1 volgt uit een optelling van de wacht- en inhaalkosten rond de Maeslantkering, Hartelkering en Hollandse IJsselkering. Voor hoekpunt 2 wordt hier dan nog het schadebedrag voor de Rijnmond Ring bij opgeteld.

Het zichtjaar 2010 geeft zeer bescheiden kosten te zien omdat de veronderstelde sluitfrequentie van de waterkeringen in de Rijnmond nog heel laag is. Het verschil tussen hoekpunt 1 (0,2 miljoen) en 2 (0,4 miljoen) wordt verklaard door de Rijnmond Ring die in hoekpunt 2 aanwezig zou zijn. De kosten komen voor het grootste deel terecht bij de binnenvaart omdat deze meer dan de zeevaart gebruik maakt van de waterkeringen rond de Rijnmond.

Het jaar 2050 geeft voor GE/W+ hogere bedragen te zien, 3 miljoen voor hoekpunt 1 en 6 miljoen voor hoekpunt 2. Het grootste deel hiervan komt terecht bij binnenvaartschepen die gebruik maken van de Rijnmond Ring.

In 2100 zijn de kosten van sluiting van de waterkeringen rond de Rijnmond opgelopen tot 24 miljoen euro in hoekpunt 1 en 44 miljoen euro in hoekpunt 2.

In scenario RC/G zijn de schadebedragen fors lager omdat er minder schepen gebruik maken van de keringen die bij sluiting stremmingen veroorzaken. In 2050 gaat het om 0,4 miljoen euro in hoekpunt 1 en 0,8 miljoen euro in hoekpunt 2. In 2100 zijn de kosten in hoekpunt 1 opgelopen tot 1,8 miljoen euro. Voor hoekpunt 2 is dit door toedoen van de Rijnmond Ring 3,7 miljoen euro. Daarvan maken de kosten door sluiting van de Rijnmond Ring, evenals in het GE/W+-scenario, meer dan de helft uit. Deze kosten komen allemaal bij de binnenvaart terecht.

Vervolgens beschouwen we hoekpunt 3. De monetarisering van alternatieve havenkeuze die het gevolg is van wachtrijen is vastgesteld door per zeeschip en

binnenvaartschip de toegevoegde waarde te schatten. Er is verondersteld dat alle schepen die niet worden geschut uitwijken naar een buitenlandse haven. Het is overdreven om deze mate van marktwerking aan te nemen. Andere havens ervaren eveneens nadelige gevolgen van klimaatverandering en niet voor alle schepen is uitwijken voordeliger dan wachten. Bovendien kan men ook uitwijken naar havens binnen Nederland. Wel geeft een dergelijke benadering bovengrenzen aan. Zo wordt, in de geest van de hoekpuntenbenadering, de marge waarbinnen de mogelijke uitkomsten kunnen liggen duidelijk.

In de varianten 3a en 3b blijkt vooral de ondercapaciteit om binnenvaart te schutten een grote kostenpost. In scenario GE/W+ kan dit tot anno 2100 tot zo'n 7 miljard euro aan verloren toegevoegde waarde leiden. De zeevaart, die minder gebruik maakt van de sluizen vanwege de Maasvlakte en de Europoort havens, heeft tevens minder last van de vertraging die het gevolg is van het schutten van schepen. In scenario RC/G zijn de effecten in de varianten 3a en 3b veel bescheidener, met ongeveer zestig miljoen euro aan totale kosten.

In hoekpunt 3c vallen de kosten lager uit dan in de hoekpunten 3a en 3b. De belangrijkste reden hiervoor is het afsluitbaar open houden van de rivierzijde van Rijnmond-Drechtsteden, waarvan vooral de binnenvaart profiteert in vergelijking tot de hoekpunten 3a en 3b.

Indirecte effecten

Het veranderen van transportstromen en reistijden zorgt voor strategische welvaartseffecten, de zogeheten indirecte effecten die optreden op markten buiten de haven. Deze effecten betreffen tweede orde effecten op markten waarin de scheepvaart op directe of indirecte wijze deel uitmaakt van de waardeketen. Als in de zeetoegangen tot de Rijnmond dammen met sluizen worden gelegd die de reistijd van schepen beïnvloeden, heeft dit gevolgen voor de kostenstructuur van bedrijven die van deze scheepvaart gebruik maken. Dit geldt ook voor effecten op de arbeidsmarkt (meer mensen aan het werk) en (hiervan afgeleid) de woningmarkt (verhuisgedrag vanwege scheepvaartveranderingen). Een belangrijk aandachtspunt hierbij is of deze effecten herverdelingseffecten zijn, of dat ze de welvaart veranderen. Alleen in het laatste geval moeten indirecte effecten bij de directe effecten worden opgeteld. Hiervoor moet sprake zijn van marktimperfecties of weglekken van welvaart naar het buitenland.

Op basis van Elhorst e.a. (2004, blz. 27-32) gaan we ervan uit dat in de hoekpunten 1 en 2 geen indirecte effecten optreden en in de hoekpunten 3a, 3b en 3c wel, ter grootte van dertig procent van de schepen die uitwijken naar het buitenland. Het uitgangspunt is dat sluiting van afsluitbaar open waterkeringen niet tot verandering op markten leidt, en de permanente vertraging die het gevolg is van sluizen wel.

Conclusies

Het frequenter sluiten van de waterkeringen in het gebied volgens de hoekpunten 1 en 2 kan bij snelle klimaatverandering en snelle economische groei tot ruim 44 miljoen euro aan kosten leiden in 2100 (hoekpunt 2). Bij een meer gematigde klimaatverandering en lage economische groei zijn de kosten bescheidener, tot bijna 4 miljoen euro in 2100.

Het vervangen van de waterkeringen door dammen met sluizen zorgt voor een zekere vertraging van ruim een uur voor zeeschepen en tachtig minuten voor binnenvaartschepen. Afhankelijk van de geprognosticeerde groei in het gebruik van de haven leidt dit tot congestie in de vorm van oneindige wachtrijen, die alternatieve

haven- en modaliteitkeuze tot gevolg zullen hebben. De gesloten varianten waarin ook de rivierzijde dammen met sluizen bevat, leiden tot opgetelde schadebedragen van bijna 7 miljard euro in zichtjaar 2100 onder scenario GE/W+ (met gebruik van scheepvaartcijfers voor 2050). In de variant met een open rivierzijde gaat het om ruim 3 miljard euro. In scenario RC/G zijn de kosten van sluizen door de veel geringere aanspraak erop fors kleiner, met zowel in 2050 als 2100 rond 60 miljoen kosten in de varianten 3a en 3b, en rond 20 miljoen voor variant 3c.

De hoekpunten 3a en 3b komen bij gunstige groei en snelle klimaatverandering ongunstig uit de bus. Belangrijk is te bedenken dat het bij de bedragen gaat om europrijzen van 2011, die moeten worden vergeleken met omstandigheden van het zichtjaar waarin ze zich voordoen. Zo hoort bij scenario GE/W+ een vertienvoudiging van het BNP ten opzichte van het 2002. De schade in hoekpunten 3a en 3b maakt ongeveer een promille uit van het verwachte BNP van 2100 volgens scenario GE/W+. In de genoemde bedragen is bovendien nog geen tijdsvoorkeur opgenomen.

Het is belangrijk de gebruikte aannames in beeld te hebben. Al eerder wezen we op de veronderstelling van onmiddellijk uitwijken naar andere havens bij wachtrijen rond de sluizen in de gesloten varianten. Dit zorgt voor een overschatting; ook andere havens ondervinden de gevolgen van klimaatverandering en niet alle scheepvaart zal uitwijken naar het buitenland. Het is belangrijk te bezien hoe wachten bijdraagt tot de gegeneraliseerde kosten van de gebruiker.

Er is voorts aangenomen dat in de afsluitbaar open varianten geen indirecte effecten optreden, terwijl volgens Witteveen + Bos (2008) vanaf 2 tot 3 keer sluiten per jaar weldegelijk alternatieve havenkeuze volgt. De capaciteit van de sluizen is met een aanname vastgesteld. De mate waarin schaalvergroting optreedt in de scheepvaart is geraamd op basis van historische gegevens, die geen zekerheden bieden voor de toekomst. De projecties voor 2100 zijn grotendeels gebaseerd op extrapolaties van scenario's tot 2040.

Er zijn geen expliciete projecties gemaakt van de toekomstige capaciteit van de Rotterdamse haven en de bijbehorende investeringen. De vergelijkbaarheid van de scenario's wordt bemoeilijkt omdat in scenario GE/W+ een dusdanige uitbreiding van de scheepvaart optreedt dat hier investeringen in de havencapaciteit benodigd zijn, terwijl dit in scenario RC/G niet het geval zou zijn. De omvang en timing van dergelijke investeringen zou expliciet moeten worden gemaakt.

De additionele indirecte effecten die optreden vanwege uitval van scheepvaartbezoeken door schepen in de varianten van hoekpunt 3 zijn op dertig procent gesteld. De werkelijke effecten zullen naar verwachting negatief zijn, maar kunnen meer of minder dan dertig procent van de directe kosten bedragen, afhankelijk van de invloed van marktimperfecties en landsgrenzen.

Ook milieueffecten van de hoekpunten zijn niet meegenomen. Deze effecten verlagen de leefomgevingkwaliteit in de gehele regio Rotterdam. Met het stijgen van het inkomen gaan huishoudens de leefomgeving steeds belangrijker vinden.

Emissies, geluidhinder, luchtkwaliteit, doorsnijding en horizonvervuiling houden naar verwachting een grote, groeiende en vaak onomkeerbare beperking in van de maatschappelijke welvaartsbijdrage van de scheepvaart en het havenindustriële complex. Tot slot is het expliciet beschouwen van verandering in de modal split (weg, spoor, binnenvaart, pijpleiding) van belang.

Inhoudsopgave

	Samenvatting	3
1	Inleiding	11
	Verantwoording.....	13
2	Scenario's voor de scheepvaart	15
2.1	Scheepvaart sinds 1996	15
2.2	Scenariokeuze	17
2.3	Scenarioverwachtingen Rijnmond	21
2.4	Scheepvaartprognose Rijnmond	25
3	Kwantificering	35
3.1	Hoekpunten 1 en 2	35
3.2	Hoekpunt 3	42
4	Monetarisering	53
4.1	Hoekpunten 1 en 2	53
4.2	Hoekpunt 3	58
5	Over indirecte effecten.....	65
5.1	Leveringen tussen bedrijven.....	65
5.2	Omvang in de hoekpunten	67
6	Conclusies.....	71
6.1	Kostentabellen	71
6.2	Vervolgstappen	73
	Bronnen	75
	Bijlage A Oplossingsrichtingen en varianten	77
	Bijlage B Sluitfrequentie als functie van de zeespiegelstijging	83
	Ondertekening	85

1 Inleiding

Klimaatverandering leidt op verschillende manieren tot maatschappelijke effecten. Een van deze effecten is dat het handhaven van de waterveiligheid tot grotere noodzakelijke investeringen leidt, of tot meer belemmering van economische functies zoals de scheepvaart. Het vaker optreden van hoge waterstanden leidt in het Rijnmondgebied tot hogere sluitfrequenties van de Maeslantkering en andere waterkeringen. Rijkswaterstaat en het Havenbedrijf Rotterdam onderzoeken de maatschappelijke gevolgen van diverse strategieën in het waterbeheer. In het kader van het Deltaprogramma vindt een kengetallen kosten-batenanalyse plaats van de gevolgen van vier zogeheten hoekpunten waarbinnen het waterbeheer zich kan ontwikkelen. Daarbinnen zijn de ontwikkelingen voor de scheepvaart een belangrijke beslisvariabele.

In deze deelrapportage staat de invloed van de gevolgen van klimaatverandering op de scheepvaart in de regio Rijnmond-Drechtsteden centraal. Wat is de schade aan de bereikbaarheid voor de scheepvaart door het vaker of permanent sluiten van de waterkeringen in de Rijnmond? De volgende deelvragen worden geadresseerd om deze vraag te beantwoorden:

Welke effecten van klimaatverandering worden voor de scheepvaart in Nederland, met name voor de Rotterdamse haven, verwacht?

Welke invloed heeft dit op de reistijd van de scheepvaart onder verschillende oplossingsrichtingen van de waterkeringen in het Rijnmondgebied?

Tot welke veranderingen in de modaliteitkeuze voor de scheepvaart leiden reistijdveranderingen?

Welke indirecte effecten kunnen worden aangewezen?

De uitkomsten van de rapportage worden gebruikt als input voor het in kaart brengen van oplossingsrichtingen en het bijdragen aan toekomstverkenning. De analyse gaat uit van bestaande bronnen en kengetallen, en is opgezet volgens de aanpak van kengetallen kosten-batenanalyse (KKBA). Hiermee wordt beoogd realistische opties in beeld te brengen, en kansen en bedreigingen te verkennen. In deze kengetallenaanpak gaat het echter om het schetsen van een globaal beeld.

In de toekomst zullen de waterkeringen in de Rijnmond vanwege klimaatverandering frequenter sluiten. Het ingrijpen in de waterafvoer (bijvoorbeeld het afsluiten van de Nieuwe Waterweg) leidt tot een andere haven- dan wel modaliteitkeuze door logistieke partijen of mogelijk zelfs tot het uitvallen van scheepvaart. De eerste generatie oplossingsrichtingen ('hoekpunten') varieert in de mate waarin hogere sluitfrequenties worden geacommodeerd of voor meer permanente oplossingen wordt gekozen. In deze rapportage beschouwen we twee van de vier *hoekpunten* van oplossingsrichtingen (bijlage A):

0. Afsluitbaar open zeezijde (nulalternatief)
1. (Verbeterd) 'Afsluitbaar open zeezijde'
2. 'Afsluitbaar open zee- en rivierzijde' (twee varianten)
3. 'Gesloten zee- en rivierzijde' (drie varianten)
4. 'Open'.

Deze studie richt zich op de hoekpunten 1 (Afsluitbaar open zeezijde), 2 (Afsluitbaar open zee- en rivierzijde) en 3 (Gesloten). De hoekpunten 0 en 4 zijn buiten beschouwing gelaten. Hoekpunt 0 is een soort nulalternatief dat sterk lijkt op hoekpunt 1. Hoekpunt 4 ('Open') levert geen verwachte belemmeringen voor de scheepvaart op. Het vergelijken van de hoekpunten 1, 2 en 3 geeft derhalve naar de verwachting van het Havenbedrijf een redelijk compleet beeld van de voor de scheepvaart relevante waterbeheer opties.

Om de onderzoeksvragen te beantwoorden, inventariseren we aanwezige bronnen. Om relevante drijvende krachten voor toekomstige ontwikkelingen op het gebied van klimaat en economie aan te wijzen, gebruiken we de Deltascenario's als beginpunt. Vervolgens worden voor toekomstprojecties voor de drijvende krachten de WLO-scenario's (met aanvulling voor de scheepvaart door het CPB) en de KNMI'06-scenario's gebruikt. We beschrijven de relevante scenario's op hun implicaties voor de beleidsarme ontwikkeling van de scheepvaart en waterveiligheid in het Rijnmondgebied, gebaseerd op scheepvaartgegevens van het Havenbedrijf en bewerkingen met het Basisbestand Goederenvervoer 2004, en BIVAS ophoging 2008.

Aangezien de WLO-scenario's tot 2040 zijn opgesteld, maken we voor de gekozen zichtjaren 2050 en 2100 een vereenvoudigde doorvertaling van de WLO- en CPB-cijfers voor economie en scheepvaart. De klimaatscenario's gelden tot 2100. Op basis van de scenario's brengen we de scheepvaart en waterveiligheid voor de jaren 2010 (huidig), 2050 en 2100 in beeld. Voor de binnenvaart zijn daarbij de volgende typen ('verschijningsvormen') scheepvaart geselecteerd: containers, natte bulk, droge bulk en overig cargo. Voor de zeevaart worden ook short sea, deep sea en feeder in beeld gebracht, en wordt er ook gekeken naar roll on roll of (RoRo). Voor 2100 maken we uitsluitend een onderscheid naar containervervoer en niet-containervervoer. Voor de monetaarisering van reistijdverlies in de hoekpunten 1 en 2 zijn de studie van Witteveen + Bos (inhaalcosten) en kengetallen reistijdwaardering van RWS (wachten) gebruikt. Voor de monetaarisering van hoekpunt 3 zijn toegevoegde waarde statistieken van het CBS voor de zeevaart en binnenvaart gebruikt, zoals opgenomen in de Havenmonitor van de Nationale Havenraad (2010).

In ruimtelijke zin beschouwen we de gehele regio Rijnmond-Drechtsteden, voor zover relevant voor de hoekpunten.

Na een beschouwing van de recente ontwikkelingen in de Rotterdamse haven volgt een scenariokeuze. Deze wordt gebruikt om de huidige en toekomstige omvang van de scheepvaart in te schatten. Op basis hiervan wordt de hoeveelheid getroffen schepen in relatie tot de hoekpunten geschat. De gevonden aantallen getroffen schepen per hoekpunt worden vervolgens gewaardeerd op geld om vergelijkbaarheid te bereiken. Hierna volgt een overwegend kwalitatieve inschatting van de omvang van de indirecte effecten die op basis van de hoekpunten mogen worden verwacht.

In schema ziet de gevolgde aanpak er als volgt uit:

Onderdeel Bouwstenen

1. Recente ontwikkeling haven	Scheepstellingen zee- en binnenvaart HBR/BIVAS/CBS	Verschijningsvormen Scheepvaart CBS		
2. Toekomstscenario's	GE/W+, RC/G Deltasenario's	KNMI'06 (W+, G), -2100	CPB-aanvulling WLO (-2050), per verschijningsvorm	WLO (2050-2100), containers/overig
3. Kwantificering	1: #wachten #inhalen MK, HK, HIJK	2: #wachten #inhalen MK, HK, HIJK, RR		
	3a: #wachten #ondercapaciteit NWW, HK, RR	3b: #wachten #ondercapaciteit NWW, HK, RR	3c: #wachten #ondercapaciteit NWW, HK #wachten #inhalen HIJK	
4. Monetarisering	1: #wachten DVS #inhalen WiBo	2: #wachten DVS #inhalen WiBo		
	3a: #wachten DVS #ondercapaciteit NHR	3b: #wachten DVS #ondercapaciteit NHR	3c: #wachten DVS #ondercap. NHR #wachten HIJK DVS #inhalen WiBo	
5. Indirecte effecten	Kwalitatieve inschatting obv regionale sectordata Groot-Rijnmond CBS			

Figuur 1.1 Opzet van de kengetallen-analyse

Verantwoording

De rapportage is opgesteld door Wouter Jonkhoff (TNO Innovatie en Ruimte) en Tsjitske Groen (TNO Mobiliteit en Logistiek). Een eerste concept van het rapport is reviewed door prof. dr Piet Rietveld (VU) en Jaco van Meijeren (TNO Mobiliteit en Logistiek). Ook dr Robert Vos (Waterdienst), dr ir Ad Jeuken en Jarl Kind (Deltares) hebben nuttig commentaar geleverd op het eerste concept. Graag danken wij hen voor de verbeteringen die hierdoor mogelijk waren. Tijdens het onderzoek hebben wij voorts constructieve discussies gehad met diverse personen binnen en buiten het Havenbedrijf en RWS. Graag willen wij Jan Konter, Jan Willem Koeman, Henk Merkus en Roelof Weekhout (Havenbedrijf Rotterdam) vermelden. Wij zijn hen erkentelijk voor hun opmerkingen en aanvullingen. Uiteraard berust de verantwoordelijkheid voor de inhoud van het rapport geheel bij de auteurs.

2 Scenario's voor de scheepvaart

In deze paragraaf behandelen we eerst de recente ontwikkeling van de scheepvaart in Nederland. Hierna beschrijven we scenario's en bronnen voor prognoses omtrent de toekomstige scheepvaart, gevolgd door een inschatting van de scheepvaart voor twee scenario's in 2050 en 2100.

2.1 Scheepvaart sinds 1996

Nederland heeft een rijke scheepvaarthistorie. Ook nu nog is de scheepvaart een belangrijke economische activiteit. De havens in de regio Rijnmond-Drechtsteden realiseren ongeveer de helft van de toegevoegde waarde in de Nederlandse scheepvaart. Zee- en binnenvaart in deze regio behaalden in 2008 gezamenlijk ruim een miljard euro aan toegevoegde waarde, ongeveer een zesde procent van het bruto nationaal product (Nijdam e.a., 2010). De scheepvaart valt op verschillende manieren onder te verdelen. We volgen hierbij in principe de indeling van het goederenvervoer door het CBS (zie voor een beschrijving Kuipers e.a., 2003). De binnenvaart en de zeevaart die de Rijnmond aandoen, kunnen zowel goederen binnen of door Nederland vervoeren die in ons land een economische bewerking (handel, gebruik als grondstof, halffabricaat of ingrediënt) ondergaan, als goederen die louter worden getransporteerd (doorvaart). Het CBS houdt deze goederenstromen in de zee- en binnenvaart bij volgens de NSTR-indeling (Nomenclature uniforme des marchandises pour les Statistiques de Transports, Revisee, 1967). Deze indeling gaat uit van 99 goederensoorten ingedeeld in negen hoofdcategorieën. Goederen komen voor in drie zogeheten verschijningsvormen: stukgoed, droge bulk en natte bulk. Op basis van de goederensoorten kan een onderverdeling naar verschijningsvormen worden gemaakt. We nemen de NSTR1-indeling als uitgangspunt. Daarbij vallen de categorieën 0 (Landbouwproducten; levende dieren), 1 (Andere voedingsproducten), 2 (Vaste brandstoffen), 4 (Ertsen en metaalresiduen), 6 (Ruwe mineralen; bouwmaterialen) en 7 (Meststoffen) onder de droge bulk. De categorieën 3 (Aardolie en aardolieproducten) en 8 (Chemische producten) vallen onder de natte bulk. Het stukgoed betreft de categorieën 5 (Metalen; halffabricaten) en 9 (Overige goederen en fabricaten). Stukgoed valt onder te verdelen in los stukgoed, roll-on-roll-off (RoRo) en containers. Containers kunnen van het type short sea, deep sea of feeder zijn. Deze laatste kenmerken duiden op de vervoersafstand en havenlocatie. Totaal gaat het derhalve om drie hoofdcategorieën, waarvan de laatste hoofdcategorie (stukgoed) is onderverdeeld naar vervoerwijze. Een van de subcategorieën (containers) is onderverdeeld op grond van vervoersafstand en havenlocatie.

Tabel 2.1 Scheepvaartvervoer in categorieën

Versrijningsvorm	Subcategorie stukgoed	Subcategorie containers
Natte bulk		
Droge bulk		
Stukgoed	Los stukgoed	
	Rollo n roll off	
	Containers ^a	Short sea
		Deep Sea
		Feeder

De subcategorieën voor containers zijn voor de binnenvaart niet relevant

Bron: TNO

Om scenarioverwachtingen op te stellen, beschouwen we eerst de recente ontwikkeling van de diverse versrijningsvormen voor Nederland totaal. Hiermee sluiten we aan bij de WLO-scenario's die gelden voor Nederland als geheel. Voor short sea, deep sea en feeder stromen gebruiken we CPB-cijfers uit 2006.

Tabel 2.2 Ontwikkeling Nederlandse zeevaart, 1996-2008

Versrijningsvorm	Eenheid ^a	2008	Gem. groei 1996-2008
Natte bulk	mln ton	240,5	3,6
Droge bulk	mln ton	170,5	1,8
Stukgoed	mln ton	149,4	5,1
RoRo	Eenheden	1.253.441	7,4
Containers	TEU	11.206.053	6,8
		2005	Gem. groei 2002-2005
Short sea	mln ton	23	6,6
Deep sea	mln ton	57	10,7
Feeder	mln ton	12	26,0

a. Gewichtmaten luiden in brutoplusgewicht: lading plus verpakking

Bron: TNO o.b.v. CBS/CPB

Tabel 2.3 Ontwikkeling Nederlandse binnenvaart, 1996-2008

Versrijningsvorm	Eenheid ^a	2008	Gem. groei 1996-2008
Natte bulk	mln ton	87,0	1,8
Droge bulk	mln ton	177,6	-0,5
Stukgoed	mln ton	66,2	7,9
Containers	TEU	3.195.132	15,8

a. Gewichtmaten luiden in brutoplusgewicht: lading plus verpakking

Bron: TNO o.b.v. CBS/CPB

De zeevaart vervoerde in 2008 meer natte dan droge bulk. Er werd nog iets minder stukgoed vervoerd. Er werden ruim 1,2 miljoen stuks RoRo-voertuigen vervoerd en ruim 11,2 miljoen containers. De snelste groei binnen de zeevaart tussen 1996 en 2008 vond plaats in het segment RoRo met ruim zeven procent gemiddeld per jaar. Het containervervoer groeide bijna even snel. Daarbij ging het in hoge mate om deep sea en feeder stromen, die met dubbele cijfers groeiden. Vooral de droge

bulk groeide minder snel dan het containervervoer, terwijl de natte bulk een middenpositie innam.

In de binnenvaart vormt de droge bulk de grootste verschijningsvorm, met in 2008 ruim 177, 6 miljoen ton vervoerd gewicht. Dit segment kromp tussen 1996 en 2008 evenwel met gemiddeld een half procent per jaar. De natte bulk is maar half zo groot in omvang maar groeide sinds 1996 met gemiddeld zo'n 1,8 procent per jaar. Het stukgoed groeide fors sneller, met bijna acht procent per jaar. Wederom groeide het containervervoer met dubbele cijfers – al moet bedacht worden dat bij meting in TEU ook lege containers worden meegenomen, zodat niveau en groei van de vervoerde lading kunnen worden overschat (Besseling e.a., 2006). Veel containers komen vol uit landen als China naar Nederland en gaan leeg terug. Als het aandeel leeg vervoerde containers in het totaal toeneemt, lopen de groeicijfers voor TEU en lading uiteen.

2.2 Scenariokeuze

Economische scenario's kunnen een indicatie bieden van de mogelijke ontwikkeling van de scheepvaart op de lange termijn. Zo kan worden bekeken hoeveel schepen naar verwachting gebruik zullen maken van het Rijnmondgebied. Klimaatscenario's geven een indruk van de mogelijke klimaatverandering gedurende de 21^e eeuw. Deze scenario's zijn nodig om een idee te krijgen van de mogelijke stijging van de zeespiegel en de mogelijke gevolgen hiervan voor het sluitingsregime van de Maeslantkering. Er zijn twee combinaties van klimaatscenario's en sociaaleconomische scenario's aangewezen om tempo en impact van toekomstige sociaaleconomische ontwikkelingen en klimaatverandering in te schatten: Global Economy/W+ en Regional Communities/G. Deze gecombineerde scenario's geven de marges waarbinnen tempo en impact van klimaatverandering en economische ontwikkeling tot 2100 met een bepaalde waarschijnlijkheid zullen plaatsvinden. Daarbinnen is een grote bandbreedte mogelijk. Hierna bespreken we kort drijvende krachten en de gebruikte scenario's in algemene zin, waarna we ze toepassen voor de scheepvaart in het Rijnmondgebied en het sluitingsregime van de Maeslantkering.

2.2.1 Drijvende krachten

De drijvende krachten zijn de indicatoren die richtinggevend zijn voor scenario-uitkomsten. Drijvende krachten kunnen tentatief worden vergeleken op de mate waarin zij impact hebben op de toekomstige samenleving, en de mate waarin hun toekomstige ontwikkeling onzeker is. De Deltascenario's (Deltares, 2011) beschouwen de impact en onzekerheid van drijvende krachten voor het waterbeheer in het algemeen. Hierin worden vier kwadranten onderscheiden: Fysische ontwikkelingen zoals bodemdaling en erosie alsmede culturele perspectieven gezien als drijvende krachten met een hoge impact en een lage onzekerheid.

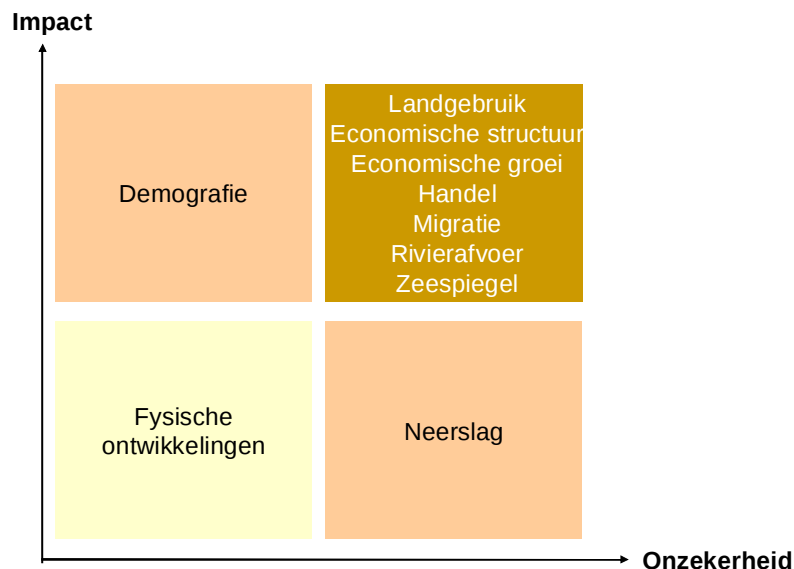
Klimaatverandering (neerslag, zeespiegelstijging enzovoort), landgebruik (verstedelijking, suburbanisering) en scheepvaart worden tot de drijvende krachten met een hoge impact en een hoge onzekerheid gerekend

Sociaaleconomische ontwikkelingen (demografie, economie, migratie, energievoorziening enzovoort) worden als ontwikkelingen met een lage impact en een hoge mate van onzekerheid beschouwd

ICT en het geboorte/sterftecijfer worden als ontwikkelingen met een lage impact en een lage onzekerheid beschouwd.

Er is een verschil nodig met deze classificatie. In onze analyse wordt scheepvaart niet als drijvende kracht maar als doelvariabele voor de scenario's genomen. Sociaaleconomische ontwikkelingen hebben in deze aanpak niet een lage maar een hoge impact op de toekomstige scheepvaart. Het geboorte/sterftecijfer heeft naar ons inzicht op de zeer lange termijn weliswaar een lage onzekerheid maar een hoge impact op sociaaleconomische ontwikkelingen die bepalend zijn voor de welvaart. Te denken valt aan arbeidsparticipatie, fiscaliteit en consumptie.

We kiezen hier voor een beperkt aantal drijvende krachten en rangschikken deze op hun impact voor de scheepvaart in het Rijnmondgebied. Sociaaleconomische drijvende krachten omvatten voornamelijk de bevolkingsontwikkeling, migratie, de ontwikkeling van de economische structuur, handel en economische groei. Deze factoren zijn bijna allemaal onderhevig aan een hoge mate van onzekerheid omdat maatschappelijke trends en politieke keuzes er een grote invloed op hebben. Tegelijkertijd hebben ze een maatgevende impact op het Rijnmondgebied. Een uitzondering is de bevolkingsontwikkeling, die vrij goed kan worden geprojecteerd en daardoor onderhevig is aan minder onzekerheid, bij een hoge impact. Een impact-onzekerheidsmatrix zou er als volgt uit kunnen zien:



Figuur 2.1 Impact-onzekerheidsmatrix

Bron: TNO o.b.v. Deltares (2011)

De hoge groeiscenario's 'Stoom' en 'Vol' in de Deltascenario's gaan uit van een economie die in 2100 3,6 maal zo groot is als in 2000 (Deltascenario's, blz. 35). Gaan we ervan uit dat in dit scenario de economische groei tot 2020 2,6 procent gemiddeld bedraagt en voor de periode 2020-2040 2,2 procent gemiddeld per jaar

(conform WLO), dan zou dit na 2040 een gemiddelde jaarlijkse groei met 0,7 procent impliceren (Jonkhoff e.a., 2008). Dit zou een hoog groeiscenario voor de scheepvaart niet rechtvaardigen, terwijl men dit in een hoog groeiscenario met veel internationale handel wel zou verwachten. Mogelijk houdt deze aanname verband met de veronderstelde lage impact van sociaaleconomische en demografische ontwikkelingen op vraagstukken rond waterbeheer.

Anderzijds is door de aanname van hoge economische groei (meer dan twee procent) over een lange periode het gevaar aanwezig dat vergeleken met de huidige economische situatie er sprake kan zijn van moeilijk voorstelbare situaties. Het is goed te bedenken dat dit ook in historisch perspectief geldt. Zo verzesvoudigde de omvang van de Nederlandse economie tussen 1950 en 2000. De groeiveronderstellingen in WLO-scenario GE liggen beneden dit historische groeitempo.

We kiezen er voor projecties voor de scheepvaart tot 2040/50 te extrapoleren naar 2100 volgens de gecombineerde scenario's GE/W+ en RC/G (WLO, 2006; KNMI, 2006). We gebruiken CPB-aanvullingen op WLO (2006) voor de scheepvaart om tot projecties voor 2050 te komen, en algemene WLO-projecties voor de groei tot 2100. Deze bronnen worden hieronder toegelicht. Voor de sluitfrequenties van de waterkeringen gebruiken we schattingen van Deltares op basis van de KNMI-scenario's voor de zeespiegelstijging (opgenomen in bijlage B).

2.2.2 *Verwachte vervoersontwikkeling in sociaal-economische scenario's*

De WLO-scenario's bevatten prognoses voor het goederenvervoer tot 2040 (CPB, MNP en RPB 2006, blz. 90-92; WLO Achtergrondrapportage, 2006). De toekomstige economische ontwikkeling is volgens deze scenario's de meest bepalende factor voor het goederenvervoer. Transport wordt dan ook veelal gezien als afgeleide van de vraag op product- en arbeidsmarkten. Het is nuttig onderscheid te maken naar vraaggerelateerde ontwikkelingen en aanbodgerelateerde ontwikkelingen.

Aan de vraagzijde verwacht WLO dat de bevolking in het Regional Communities-scenario licht zal krimpen tot 2040, tot zo'n 15,8 miljoen mensen. In Global Economy zal de bevolking juist in omvang toenemen, tot zo'n 19,7 miljoen mensen. Dit heeft te maken met verschillen in geboorten en sterfte en met verschillen in migratiebewegingen en –beleid. Omdat in Global Economy zowel het aantal mensen als het inkomen per hoofd veel sterker toeneemt als in Regional Communities, wordt een sterkere ontwikkeling van de vraag naar transport voorzien. In de Deltascenario's 'Stoom' en 'Vol' groeit de bevolking tot 23,5 miljoen in 2100. De lage groeiscenario's 'Warm' en 'Rust' gaan uit van een forse daling van de bevolking tot 12,5 miljoen in 2100 (mede door migratie).

Aan de aanbodzijde is handelsliberalisering een belangrijke reden waarom in WLO-scenario Global Economy een forse groei van de sector transport optreedt, terwijl de handel in Regional Communities onderhevig wordt aan beperkingen (handelsblokken en heffingen). Als belangrijke economische determinant wordt een verschuiving naar meer hoogwaardige productie als bepalende ontwikkeling aangewezen, geholpen door snelle technologische vooruitgang. De handelsliberalisering leidt tot een forse groei van de internationale transporten. Deze hoge uitvoergroei is hoofdverantwoordelijke voor de groei van de toegevoegde waarde in deze sector. Het aandeel van de transportsector in de

werkgelegenheid stijgt door de technologische ontwikkeling niet maar blijft in beide scenario's gelijk (Huizinga en Smid 2004, blz. 75-76).

In het Regional Communities-scenario groeit de personenmobiliteit sneller dan de goederenmobiliteit; in het scenario Global Economy is dit andersom verondersteld. Nederland zal meer laagwaardige halffabricaten en eindproducten importeren en minder grondstoffen. Dit zorgt ervoor dat de snelste groei in het containervervoer wordt voorzien. Het meer vervoeren van halffabricaten en eindproducten zorgt er tevens voor dat het aandeel wegvervoer zal stijgen, geholpen door uitbreiding van het wegennet. Het (geringe) aandeel van het spoorvervoer zal ook iets toenemen, vooral doordat meer containers worden vervoerd. Het aandeel van de binnenvaart en pijpleidingen daalt. Door de verdienstelijking van de economie zal volgens de WLO-scenario's het goederenvervoer als geheel minder snel toenemen dan de economische groei (WLO 2006, blz. 90-92).

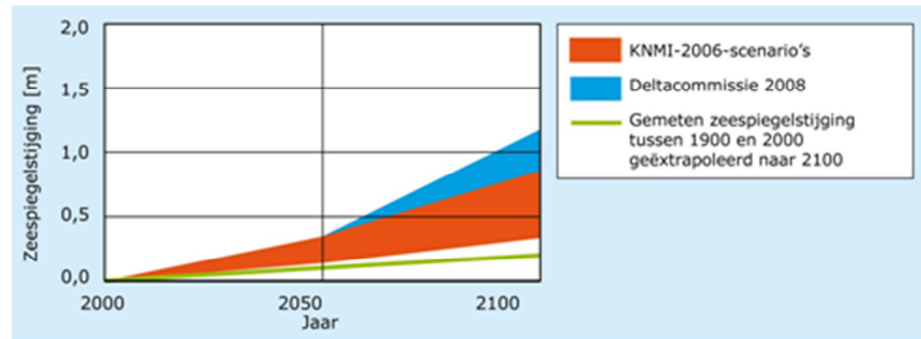
Het totale goederenvervoer wordt verwacht in 2040 ten opzichte van 2002 iets te krimpen in Regional Communities (107 miljard tonkilometer), na een kleine groei tot 2020 (113 miljard tonkilometer). Voor Global Economy wordt een ruime verdubbeling verwacht: 171 miljard tonkilometer in 2020, 243 miljard tonkilometer in 2040. Voor de binnenvaart wordt daarbinnen een lagere groei verwacht dan voor het goederenvervoer totaal.

2.2.3 *Klimaatscenario's*

Volgens KNMI-scenario G stijgt de zeespiegel tot 2100 met 15 tot 35 centimeter. Volgens scenario W+ bedraagt de stijging in 2100 35 tot 85 centimeter. Volgens het scenario dat de commissie-Veerman heeft gehanteerd gaat het om 60 tot 130 centimeter (Deltacommissie, 2008).

Tot het jaar 2060 bedraagt de zeespiegelstijging in alle scenario's minder dan 50 centimeter. Pas na 2050 gaat de zeespiegelstijging volgens het Veerman-scenario (dat hier niet is meegenomen) versnellen ten opzichte van de bovengrens van de KNMI scenario's.

Andere effecten die van belang zijn voor de scheepvaart zijn in deze beknopte analyse niet meegenomen. Een voorbeeld van een dergelijk effect is een mindere bevaarbaarheid van de rivieren door frequenter optredende lage dan wel hoge waterstanden (Van Meijeren en Groen, 2010). We richten ons hier op de zeespiegelstijging en de frequentie waarmee in de gekozen beleidsalternatieven voor de waterveiligheid de scheepvaart in het Rijnmondgebied zal moeten worden onderbroken vanwege een te hoge waterstand.



Figuur 2.2 Bandbreedte zeespiegelstijging op basis van klimaatscenario's KNMI'06 en commissie-Veerman, en geëxtrapoleerde gemeten zeespiegelstijging op basis van metingen in de periode 1900-2000

Bron: Deltares (2010)

2.3 Scenarioverwachtingen Rijnmond

2.3.1 Verschijningsvormen Nederland

WLO verwacht voor het bulkgoederenvervoer in GE/W+ een bescheiden groei en in RC/G een krimp. Er vindt een verschuiving plaats richting meer containervervoer. Er bestaat wel een flinke bandbreedte in de verwachte groeipercentages: zestig procent in RC/G, en zo'n 460 procent in GE/W+. Dit leidt in RC/G tot een aandeel van 28 procent voor de containeroverslag ten opzichte van de totale overslag van de Nederlandse zeehavens. In GE/W+ is dit percentage 38 (WLO Achtergronddocument 2006, blz. 150).

Vanwege de hoge groei in het containervervoer in de periode tot 2005 heeft het CPB een aanvulling gemaakt op de scenarioverwachtingen voor het containervervoer in WLO (CPB, 2006). De forse groei van de import uit China en andere overzeese gebieden was hiertoe aanleiding. In deze aanvulling wordt 2005 en niet 2002 als basisjaar genomen, zodat de groeivoeten uit WLO geldig zijn vanaf dit jaar. Voor de containerstromen worden de groeivoeten voor 2005-2020 aangepast. Tot slot wordt aangenomen dat de feederstromen (voornamelijk containers die in Rotterdam worden overgeslagen en verder vervoerd over zee naar een Europese eindbestemming) niet de short sea-stromen volgen maar de deep sea-stromen. Intercontinentale feederstromen zijn veel omvangrijker dan intra-Europese feederstromen (Kiel, 2007).

Tabel 2.4 Scenarioverwachtingen zeevaart voor 2020 en 2040, gemiddelde jaarlijkse groeivoeten

Verschijnings-vorm	Indicator	Gemiddel de groei 1996-2008	WLO 2005-2020		WLO 2020-2040	
			GE/W+	RC/G	GE/W +	RC/G
Natte bulk	brutoplusgewicht t	3,6	1,7	-0,7	1,0	-0,9
Droge bulk	brutoplusgewicht t	1,8	1,7	-0,7	1,0	-0,9
Stukgoed	brutoplusgewicht t	5,1	6,9	3,5	4,6	0,8
RoRo	eenheden	7,4	6,9	3,5	4,6	0,8
Containers	TEU	6,8	6,9	3,5	4,6	0,8
Short sea			4,7	1,6	3,9	0,6
Deep sea			7,2	3,7	4,7	0,8
Feeder			10,3	6,7	4,7	0,8
Totaal			2,4	-0,2	2,0	-0,5

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB

In vergelijking tot de WLO-cijfers voor het container- en niet-containervervoer is het groeicijfer na 2020 voor containers in scenario GE/W+ hoger: 4,6 procent gemiddeld per jaar in plaats van 4,2 procent. Omdat we voor 2010 niet de beschikking hebben over gegevens rond de herkomsten en bestemmingen van het containervervoer, verbijzonderen we de groeicijfers niet naar short sea, deep sea en feederstromen.

Tabel 2.5 Scenarioverwachtingen binnenvaart voor 2020 en 2040, gemiddelde jaarlijkse groeivoeten

Verschijnings-vorm	Indicator	Gemiddel de groei 1996-2006	WLO 2005-2020		WLO 2020-2040	
			GE/W+	RC/G	GE/W +	RC/G
Natte bulk	brutoplusgewicht t	1,8	1,5	-0,6	1,0	-0,6
Droge bulk	brutoplusgewicht t	-0,5	1,5	-0,6	1,0	-0,6
Stukgoed	brutoplusgewicht t	7,9	1,5	-0,6	1,0	-0,6
Containers	TEU	15,8	5,7	2,4	4,1	0,6

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB

Wij hanteren deze groeivoeten voor het zichtjaar 2050. De groeivoeten zijn grotendeels ontleend aan Besseling e.a. (2006), en gezet naast de recente ontwikkeling van de verschijningsvormen. Vanwege de hoge vlucht die het vervoer van stukgoed in de periode tot 2006/08 heeft genomen in zowel zeevaart als binnenvaart, wijken we op dit punt af van de CPB-aanvulling. We nemen aan dat de ontwikkeling van het stukgoed- en RoRo-vervoer het containervervoer volgt, in lijn met de algemene verwachting in WLO naar hoogwaardiger productie in Nederland, zodat meer halffabricaten in plaats van grondstoffen worden

geïmporteerd, en meer eindproducten geëxporteerd. De verwachting is dat dit een opwaartse invloed zal hebben op het vervoer van stukgoed.

De impact van demografische en sociaaleconomische factoren op de scheepvaart wordt verondersteld hoog te zijn. Dit is in lijn met de CPB-aanvullingen op WLO (Besseling e.a., 2006), waarin de scenario's een forse onderlinge bandbreedte laten zien.

Zal de groei van het (container)transport ook op de zeer lange termijn na 2050 doorgaan? Hierbij kunnen kanttekeningen worden gezet vanuit demografie, sociaaleconomische ontwikkelingen en landgebruik. Ten eerste neemt de behoefte aan tastbare goederen minder dan proportioneel toe met de stijging van het inkomen. De Europese landen vergrijzen en bevolkingsprognoses zijn bescheiden. Meer consumptie van tastbare goederen per persoon is slechts tot op zekere hoogte mogelijk. Dit ligt anders in de nieuwe groeilanden als China en India, waar mensen vanuit een laag niveau meer inkomen gaan verdienen en zich nieuwe duurzame consumptiegoederen kunnen veroorloven. Het containervervoer vanuit China gaat gepaard met hoge transactiekosten. Werkkapitaal is lang op zee en fouten in de planning goedmaken kost veel tijd. Met het stijgen van de lonen in de opkomende landen en het kleiner worden van intercontinentale loonverschillen ligt het in de rede dat de opkomende landen minder zullen exporteren naar Europa en dat zij goederen eerder uit aangrenzende landen zullen importeren (bijvoorbeeld India uit China) dan uit de westerse wereld. Omgekeerd zullen westerse landen bij hogere lonen in de opkomende landen minder uit deze landen importeren vanwege het hogere loonkostenniveau van de import. Demografische ontwikkelingen in deze landen zijn dan ook van grote invloed.

Ten tweede wordt verwacht dat energieprijzen in de toekomst verder zullen stijgen. Daarvan is de scheepvaart in hoge mate afhankelijk (Van Meijeren en Burgess, 2008).

Ten derde wordt verwacht dat de trend van schaalvergroting zal doorzetten, zodat een gelijke lading minder scheepvaartbewegingen nodig maakt. Deze trend zal echter afvlakken. Op de zeer lange termijn is tevens de opkomst van nieuwe, innovatieve verschijningsvormen mogelijk. Daarom is het bezwaarlijk om gedetailleerde uitspraken over bestaande verschijningsvormen te doen voor de zeer lange termijn.

Ten vierde geldt vooral voor de binnenwateren dat bij het intensieve ruimtegebruik in Nederland de grenzen aan de vervoerscapaciteit op een gegeven moment worden bereikt. Frequentere schommelingen in de waterstanden versterken dit nog.

Om deze redenen hanteren we voor zichtjaar 2100 niet de CPB-groeivoeten per verschijningsvorm, maar de meer algemene WLO-groeivoeten voor containers en niet-containers (tabel 2.4). Deze prognoses, die we zowel op de zeevaart als de binnenvaart toepassen, tonen ten opzichte van de CPB-aanvulling een iets bescheidener groei, vooral voor containers in het GE/W+-scenario.

Tabel 2.6 Ontwikkeling container en niet-containervervoer tot 2040, gemiddelde groei per jaar in %

	GE/W+ 2020-2040	RC/G 2020-2040
Containers	4,2	0,8
Niet-containers	1,0	-0,9
Totaal	2,0	-0,5

Bron: WLO

Onderstaande tabel vat de gebruikte groeipercentages per zichtjaar samen. Merk hierbij op dat het uiteindelijke aantal scheepvaartbezoeken tevens afhankelijk is van schaalvergroting.

Tabel 2.7 Gemiddelde jaarlijkse groeipercentages voor prognoses van het aantal scheepvaartbezoeken scenario GE/W+ in de zichtjaren 2050 en 2100

	Telling 2010	2050		2100
		2010-2020	2020-2050	
Zeevaart				
Natte bulk	HBR	1,7	1,0	1,0
Droge bulk	HBR	1,7	1,0	1,0
Stukgoed	HBR	6,9	4,6	1,0
RoRo	HBR	6,9	4,6	1,0
Containers	HBR	6,9	4,6	4,2
Binnenvaart				
Natte bulk	TNO o.b.v. HBR	1,5	1,0	1,0
Droge bulk	TNO o.b.v. HBR	1,5	1,0	1,0
Stukgoed	TNO o.b.v. HBR	1,5	1,0	1,0
Containers	TNO o.b.v. HBR	5,7	4,1	4,2

Bron: TNO o.b.v. HBR/CPB/WLO

Tabel 2.8 Gemiddelde jaarlijkse groeipercentages voor prognoses van het aantal scheepvaartbezoeken scenario RC/G in de zichtjaren 2050 en 2100

	Telling 2010	2050		2100
		2010-2020	2020-2050	
Zeevaart				
Natte bulk	HBR	-0,7	-0,9	-0,9
Droge bulk	HBR	-0,7	-0,9	-0,9
Stukgoed	HBR	3,5	0,8	-0,9
RoRo	HBR	3,5	0,8	-0,9
Containers	HBR	3,5	0,8	0,8
Binnenvaart				
Natte bulk	TNO o.b.v. HBR	-0,6	-0,6	-0,9
Droge bulk	TNO o.b.v. HBR	-0,6	-0,6	-0,9
Stukgoed	TNO o.b.v. HBR	-0,6	-0,6	-0,9
Containers	TNO o.b.v. HBR	2,4	0,6	0,8

Bron: TNO o.b.v. HBR/CPB/WLO

2.4 Scheepvaartprognose Rijnmond

De huidige gegevens van de scheepvaart in het Rotterdamse havengebied¹ in combinatie met de groei uit de in het vorige hoofdstuk besproken scenario's resulteren in scheepvaartprognoses voor de gekozen zichtjaren 2050 en 2100. Gegevens per havengebied en per verschijningsvorm maken het mogelijk te analyseren welk deel van de (toekomstige) scheepvaart door welke kering worden gestremd. Eerst wordt in de volgende paragraaf uiteengezet hoe de havengebieden relateren aan de hoekpunten, daarna zal verder worden ingegaan op de huidige en toekomstige scheepvaart.

2.4.1 Havengebieden

Vanuit het oogpunt van de scheepvaart en mogelijke stremmingen die de hoekpunten veroorzaken, verschillen de varianten maar in een paar opzichten van elkaar: de verschillende combinaties van beweegbare of permanente waterkeringen. In hoekpunt 1 ('Afsluitbaar open zeezijde') wordt uitgegaan van de huidige situatie met de al bestaande Maeslantkering, de Hartelkering en de Hollandse IJsselkering. De norm voor de overstromingskans wordt gehaald. In hoekpunt 2 ('Afsluitbaar open zee- en rivierzijde') wordt ook uitgegaan van de aanwezigheid van de Maeslantkering, de Hartelkering en de Hollandse IJsselkering, maar nu aangevuld met keringen in de zogeheten Rijnmond Ring. Deze Rijnmond Ring bestaat uit keringen in de Lek, het Spui, de Dordtse Kil en de Beneden Merwede. Een indicatie van de mogelijke locaties van deze keringen is weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 2.3 Indicatie van de mogelijke locaties van de waterwerken in het Rijnmondgebied (voor alle hoekpunten)

Bron: GoogleMaps

Ook hoekpunt 3 (Gesloten) is gebaseerd op variaties van waterwerken. Echter is er nu geen sprake van keringen die in principe open staan en gesloten kunnen worden bij een te hoge waterstand. In dit hoekpunt wordt er uitgegaan van het vervangen van de keringen door dammen - vandaar de naamgeving Gesloten. Dit

¹ Voor Drechtsteden waren geen cijfers beschikbaar.

betekent echter niet dat er geen scheepvaart meer mogelijk is in het Rotterdamse havengebied. De dammen worden voorzien van scheepvaartsluizen. De verschillende oplossingsrichtingen van dit hoekpunt hebben met elkaar gemeen dat er in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal dammen zullen liggen. De varianten 3a en 3b gaan daarbij uit van het vervangen van de Hollandse IJsselkering door dammen in de Lek, het Spui, de Dordtsche Kil en de Beneden Merwede. In variant 3c blijft deze Rijnmond Ring van dammen met sluizen achterwege en blijft de bestaande Hollandse IJsselkering gehandhaafd als afsluitbaar open kering.

Om de stremming van de (toekomstige) scheepvaart voor alle varianten van de hoekpunten te kunnen bepalen, is het belangrijk per kunstwerk (kering of dam) inzicht te verkrijgen welk deel van de zeevaart en welk deel van de binnenvaart erlangs zal varen.

Het havengebied is grofweg in de volgende gebieden onder te verdelen:

- Maasvlakte
- Europoort
- Botlek
- Pernis
- Waal-Eemhaven
- Overige rechteroever

Deze gebieden zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 2.4 Havengebieden in de Rotterdamse haven

Bron: GoogleMaps

Zoals uit deze figuur naar voren komt, liggen de Maasvlakte en de Europoort vanuit de zeevaart geredeneerd vóór de keringen. De zeevaart met herkomst of bestemming in deze twee deelhavens zullen niet gehinderd worden door de waterwerken. De deelhavens Botlek, Pernis, Waal-Eemhaven en de overige

rechteroever liggen echter dieper landinwaarts en daarmee wel achter de keringen. Alle zeevaart met herkomst of bestemming in deze gebieden zal over de Nieuwe Waterweg langs de Maeslantkering moeten varen. Het is voor zeeschepen niet mogelijk via de Hartelkering in het Hartelkanaal te varen. Bovendien doet de zeevaart alleen de haven aan, en vaart terug richting zee. Daarmee heeft de zeevaart niets te maken met stremmingen veroorzaakt door de Hollandse IJsselkering of de Rijnmond Ring.

Voor de binnenvaart werkt het precies andersom. De binnenvaart verbindt de haven met het achterland. Alle binnenvaart die de haven aan wil doen of juist wil verlaten zal langs de Hollandse IJsselkering of een van de punten van de Rijnmond Ring moeten varen: de Hollandse IJsselkering en de Rijnmond Ring tezamen sluiten de haven volledig af van het achterland. De Hollandse IJsselkering ligt op de belangrijke route die de haven van Rotterdam verbindt met Duitsland. Dit is de grootste stroom binnenvaart vanuit de haven. Waar het in deze rapportage de Hollandse IJsselkering betreft, zal dan ook gerekend worden met het aantal binnenvaartschepen dat tussen Rotterdam en Duitsland vaart. De Rijnmond Ring op zijn beurt stremt alle overige binnenvaart: alles wat niet langs de Hollandse IJsselkering gaat.

Vanuit het perspectief van de binnenvaart dat op de Maasvlakte of de Europoort moet zijn, liggen deze deelhavens juist achter de keringen. De binnenvaart zal voorbij de Hartelkering of de Maeslantkering moeten varen om deze deelhavens aan te kunnen doen. Een en ander staat weergegeven in onderstaand schema.

Tabel 2.9 Havengebieden en passage van keringen

	Zeevaart	Binnenvaart
Maasvlakte	-	Maeslantkering of Hartelkering
Europoort	-	Hartelkering
Botlek	Maeslantkering	Hollandse IJsselkering of Rijnmond Ring
Pernis	Maeslantkering	Hollandse IJsselkering of Rijnmond Ring
Waal- Eemhaven	Maeslantkering	Hollandse IJsselkering of Rijnmond Ring
Overige rechteroever	Maeslantkering	Hollandse IJsselkering of Rijnmond Ring

Bron: TNO

In de analyse van het aantal gehinderde schepen in de verschillende hoekpunten en varianten, speelt de definitie van de volgende termen een belangrijke rol:

- Kadebezoeken
- Scheepvaartbezoeken
- Scheepspassages of scheepsbewegingen

Het aantal *kadebezoeken* is een optelling over alle kades van het aantal schepen dat zij aan de kade hebben ontvangen. Er zijn echter schepen die meerdere kades aandoen voordat zij de haven weer verlaten. Bij elke kade afzonderlijk worden zij geteld als een kadebezoek. Daarmee komt het aantal kadebezoeken veel hoger te liggen dan het werkelijke aantal schepen dat in de haven is geweest. Het aantal kadebezoeken moet daarom gecorrigeerd moeten worden voor het aantal

dubbeltellingen, alvorens een uitspraak gedaan kan worden over het aantal schepen.

Het aantal schepen dat de haven aandoet, oftewel het aantal *scheepvaartbezoeken* is een telling van het aantal verschillende schepen dat naar de haven komt.

De term *scheepspassages* of *scheepsbewegingen* wordt gedefinieerd als het aantal keren dat op een specifiek punt een passerend schip geteld wordt. Een zeeschip dat de haven aandoet met bijvoorbeeld bestemming Waalhaven zal één keer de Maeslantkering passeren bij het binnenvaren van de haven en één keer bij het verlaten van de haven. Het betreft dus één scheepvaartbezoek, maar het telt twee scheepspassages bij de waterkering.

2.4.2 *Huidige situatie*

Voor het opstellen van de huidige omvang van de scheepvaart gerelateerd aan het Rotterdamse havengebied wordt gebruik gemaakt van recente tellingen. Het Havenbedrijf Rotterdam heeft van 2010 tellingen van de kadebezoeken van de zeevaart per kade in het havengebied beschikbaar gesteld. In een eerste stap zijn deze kades ingedeeld naar de havengebieden Maasvlakte, Europoort, Botlek, Pernis, Waal-Eemhaven en Overige rechteroever. Vervolgens is er gecorrigeerd voor het aantal dubbeltellingen. Van de zeevaart kwamen er in 2010 rond de 12.000 schepen langs de Maeslantkering, hetgeen betekent dat er totaal rond de 30.000 schepen het havengebied aan hebben gedaan.

Voor het opstellen van de omvang van de binnenvaart in het Rotterdamse havengebied is een andere methode vereist, omdat tellingen ten tijde van deze studie niet beschikbaar waren. Wel is bekend dat er ongeveer 58.000 binnenvaartschepen in 2010 langs de Maeslantkering en de Hartelkering tezamen zijn gevaren. Om een onderverdeling te kunnen maken naar de verschijningsvormen en de deelhavens is gebruik gemaakt van het Basisbestand Goederenvervoer 2004 en de ophoging daarvan naar 2008 zoals dat in BIVAS 2008 ter beschikking staat. Daarna is de groei van de zeevaart van 2008 tot 2010 toegepast op de binnenvaart om tot het aantal binnenvaartschepen in 2010 te komen. De verhoudingen van de verschillende verschijningsvormen en deelhavens zijn vervolgens toegepast om het totaal aantal binnenvaartschepen te bepalen. Totaal voor de hele haven komt dit uit op rond de 200.000 binnenvaartschepen in 2010.

Tabel 2.10 Scheepvaartbezoeken per dag, zeevaart en binnenvaart, 2010

	Maasvlakte	Europoort	Botlek	Pernis	Waal-Eemhaven	Overig rechteroever	Totaal
Zeevaart							
Natte bulk	1	8	6	2	0	1	19
Droge bulk	1	0	0	0	0	0	2
Stukgoed	2	2	2	0	4	2	13
RoRo	2	14	0	0	0	0	16
Containers	19	0	0	0	14	0	33
Totaal	25	25	8	2	19	3	83
Binnenvaart							
Natte bulk	0	41	36	26	22	-	125
Droge bulk	3	34	14	14	86	-	150
Stukgoed	0	45	26	17	60	-	150
Containers	2	34	31	11	56	-	134
Totaal	5	154	107	68	224	-	558

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB/HBR/BIVAS

Naar schatting deden in 2010 dagelijks 83 zeevaartschepen en 558 binnenvaartschepen de Rotterdamse haven aan (op jaarbasis: circa 30.000 zeeschepen en 200.000 binnenvaartschepen). Dit betekent dat er respectievelijk 166 en 1.116 scheepsbewegingen hebben plaatsgevonden. Immers, een schip dat de haven invaart om een kade te bezoeken, verlaat uiteindelijk de haven ook weer. De Maasvlakte en Europoort trekken veel zeevaartschepen, Europoort en Waal-Eemhaven veel binnenvaartschepen. Overigens is er ook een kleine categorie schepen die de haven bevaart zonder deze te verlaten. Hierbij gaat het naar schatting om gemiddeld drie schepen per dag. Deze categorie schepen is belangrijk voor de interne havenlogistiek maar passeert geen keringen of dammen. Daarom wordt ze hier buiten beschouwing gelaten. Voor de overige rechter Maasoever ontbreken helaas gegevens. Gelet op het kleine aantal zeeschepen dat deze havens bezoekt, zal het naar verwachting ook bij de binnenvaart gaan om kleine aantallen.

2.4.3 Schaalvergroting

De ontwikkeling van het aantal schepen volgt niet één-op-één de ontwikkelingen van de overslag in tonnen. Deze ontwikkelingen worden beïnvloed door de vlootontwikkeling, oftewel de schaalvergroting. In zowel de zee- als de binnenvaart worden de kleine scheepstypes meer en meer vervangen door grote scheepstypes. De laadvermogens van de schepen worden steeds groter, dus er zijn minder schepen nodig om dezelfde lading te vervoeren. Daardoor groeit de overslag in tonnen sneller dan het aantal schepen dat het tonnage vervoert. Bij het opstellen van de scheepvaartprognoses wordt hier rekening mee gehouden.

De schaalvergroting wordt voor de zeevaart bepaald aan de hand van historische gegevens van het aantal schepen en het overgeslagen gewicht in de Rotterdamse haven. In een overzicht beschikbaar gesteld door het Havenbedrijf Rotterdam staat voor alle jaren tussen 1900 en 2010 het aantal schepen en het totaal overgeslagen gewicht in tonnen aangegeven. In onderstaande tabel zijn de gegevens van enkele jaren overgenomen. Zoals zichtbaar is in deze tabel neemt het tonnage duidelijk toe, terwijl de groei van de schepen minimaal is. Dit wordt veroorzaakt door de

schaalvergroting. Voor de binnenvaart gerelateerd aan de Rotterdamse haven is deze informatie over het aantal schepen en het tonnage over de jaren niet beschikbaar.

Tabel 2.11 Ontwikkeling laadvermogen per schip, 1990-2010

Jaar	Aantal schepen	Tonnage (*1.000)	Gemiddeld laadvermogen per schip
1990	32.165	287.867	8,9
1995	29.319	293.355	10,0
2000	29.769	322.348	10,8
2005	30.778	370.263	12,0
2010	29.802	429.926	14,4
Totale groei gemiddeld laadvermogen/schip (%)			61,2
Jaarlijkse gemiddelde groei laadvermogen/schip (%)			2,4

Bron: TNO o.b.v. HBR

Uit deze tabel volgt dat de schaalvergroting tussen 1990 en 2010 gemiddeld ongeveer 2,4 procent per jaar bedroeg. Er wordt aangenomen dat de schaalvergroting in de loop der tijd zal afvlakken omdat de fysieke mogelijkheden hiervoor steeds beperkter worden. Daarom worden bij het vaststellen van de aantallen scheepvaartbezoeken de percentages zoals weergegeven in tabel 2.12 aangehouden.

Voor de binnenvaart was er geen soortgelijke informatie beschikbaar. Uit het rapport *Vlootontwikkeling binnenvaart* (Groen en Van Meijeren, 2010) komt naar voren dat de vlootontwikkeling voor de binnenvaart tot 2020 op een procent schaalvergroting per jaar wordt geschat. Bovendien wordt er ook van deze vlootontwikkeling verwacht dat deze afvlakt. Daarvoor zijn drie redenen aan te wijzen.

1. De schepen kunnen niet oneindig groter worden in verband met de dimensies van te passeren sluisen.
2. Er zal altijd scheepvaart nodig blijven op de kleine vaarwegen ('haarvaatjes')
3. Klimaatverandering veroorzaakt perioden van lage waterstanden op de rivieren waardoor onder andere de diepgang een beperkende factor is en juist schaalverkleining zou kunnen ontstaan.

Deze afvlakking wordt meegenomen door voor de binnenvaart eenzelfde stramien te volgen als voor de zeevaart.

Tabel 2.12 Schaalvergroting als toename van het bruto tonnage per schip gemiddeld per jaar

Periode	Schaalvergroting	
	Zeevaart	Binnenvaart
2010 - 2020	2,0% p.j.	1,0% p.j.
2020 - 2050	1,0% p.j.	0,5% p.j.
2050 - 2100	0,5% p.j.	0,0% p.j.

Bron: TNO o.b.v. Groen en Van Meijeren (2010)

De groei zoals deze in hoofdstuk 2 bepaald is voor de WLO scenario's GE/W+ en RC/G voor de zichtjaren 2050 en 2100 wordt toegepast op het tonnage van 2010. Hiermee worden de groeicijfers van het tonnage op basis van de schaalvergroting omgezet naar groeicijfers voor het aantal te verwachten schepen in 2050 en 2100. Vervolgens wordt het aantal zeeschepen voor beide zichtjaren berekend.

2.4.4 Global Economy

In hoofdstuk 2 zijn de groeiverwachtingen voor het WLO GE/W+ scenario bepaald per verschijningsvorm voor de zichtjaren 2050 en 2100. Deze worden in combinatie met de schaalvergroting op de huidige scheepvaart per havengebied toegepast. In onderstaande tabel staat de omvang van de scheepvaart 2050 weergegeven.

Tabel 2.13 Verwachting scheepvaartbezoeken per dag volgens Global Economy, 2050

	Maasvlakte	Europoort	Botlek	Pernis	Waal-Eemhaven	Overig rechter oever	Totaal
<i>Zeevaart</i>							
Natte bulk	1	8	6	2	0	1	18
Droge bulk	1	0	0	0	0	0	2
Stukgoed	11	10	8	1	20	11	61
Roro	8	65	0	0	2	0	74
Containers	89	0	0	0	63	0	152
Totaal	109	84	15	3	85	12	307
<i>Binnenvaart</i>							
Natte bulk	0	50	45	32	27	-	155
Droge bulk	3	42	17	17	106	-	186
Stukgoed	0	56	32	22	75	-	186
Containers	7	156	140	52	255	-	610
Totaal	11	305	234	122	464	-	1.136

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB/HBR/BIVAS

In 2050 worden ongeveer 300 zeevaartschepen verwacht dagelijks de Rotterdamse haven te bevaren. Een groot deel hiervan doet de Maasvlakte aan. Voor de binnenvaart, waar het ook om dagelijks circa 1.130 havenbezoeken gaat, geldt dat de meeste schepen de Waal-Eemhaven aandoen. Dit houdt een forse stijging in ten opzichte van 2010, die grotendeels op het conto van het containervervoer komt. De snellere groei in de zeevaart vergeleken met de binnenvaart wordt eveneens verklaard uit de hogere groeicijfers voor containervervoer in de zeevaart.

Tabel 2.14 Verwachting scheepvaartbezoeken per dag volgens Global Economy, 2100

	Maasvlakte	Europoort	Botlek	Pernis	Waal-Eemhaven	Overig rechter oever	Totaal
<i>Zeevaart</i>							
Natte bulk	2	11	8	3	0	1	24
Droge bulk	1	0	0	0	0	0	2
Stukgoed	14	13	11	1	26	14	79
Roro	10	85	0	0	2	0	97
Containers	539	2	1	0	382	0	924
Totaal	566	111	20	4	411	15	1.127
<i>Binnenvaart</i>							
Natte bulk	0	84	75	54	45	-	259
Droge bulk	6	70	29	28	178	-	311
Stukgoed	1	94	54	36	125	-	311
Containers	57	1.221	1.091	404	1.997	-	4.769
Totaal	64	1469	1249	522	2345	-	5.650

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB/HBR/BIVAS

In 2100 is de zeevaart gegroeid tot circa 1.127 schepen per dag. De binnenvaart groeit naar ongeveer 5.650 schepen per dag in 2100. Dit impliceert zowel voor 2010-2050 als voor 2050-2100 verviervoudiging voor de zeevaart, en verdubbeling gevolgd door vervijfvoudiging in de binnenvaart. Zoals WLO aangeeft, zal de hoeveelheid vervoerde lading in de binnenvaart minder dan proportioneel meegroeien met het goederenvervoer als geheel; het aantal binnenvaartschepen kan niettemin fors groeien. De verhoudingsgewijs snellere groei van de binnenvaart ten opzichte van de zeevaart houdt verband met de minder snelle voortgang van de schaalvergroting in de binnenvaart.

Vergelijken we de gevonden aantallen kadebezoeken met prognoses overgeslagen tonnage in de Havenvisie (Havenbedrijf Rotterdam, 2011), dan blijkt een grote overeenkomst. In 2010 werd volgens de havenvisie 430 miljoen ton goederen overgeslagen. Het laagste groeiscenario voor de overgeslagen tonnages in de Rotterdamse haven is Low Growth. Daarin wordt een groei met gemiddeld 0,6 procent per jaar tot 480 miljoen ton in 2030 verwacht. In het hoogste groeiscenario, dat evenals in de WLO-scenario's Global Economy heet, bedraagt de gemiddelde jaarlijkse groei 2,7 procent, tot bijna 740 miljoen ton in 2030. Deze prognoses zijn optimistischer dan de WLO-scenario's voor Nederland als geheel en impliceren een stijging van het binnenlandse marktaandeel van de Rotterdamse haven (WLO, 2006). De prognose in de Havenvisie loopt evenwel in de pas met de hier gegeven prognose voor 2100. De gemiddelde jaarlijkse groei in het aantal scheepvaartbezoeken bedraagt voor de binnenvaart 2,9 procent en voor de zeevaart 2,6 procent. Ter vergelijking: zou het voor het overgeslagen tonnage aangenomen groeicijfer voor het scenario Global Economy uit de Havenvisie worden geëxtrapoleerd tot 2100, dan resulteert een overslag in dat jaar van 4.828 miljoen ton.

De vraag is uiteraard of een zodanige omvang van de scheepvaart in het gebied mogelijk is. Er kan sprake zijn van (voor nu onbekend) capaciteitstekort. Dergelijke ramingen zijn onderhevig aan grote onzekerheid vooraf (Kuipers en Jonkhoff,

2011). Het is daarom belangrijk er rekening mee te houden dat deze cijfers aangeven voor hoeveel scheepvaart de Rotterdamse haven aantrekkelijk zou kunnen zijn.

Wij vermelden daarom de voortgezette groeiramingen voor GE/W+ 2100 maar gebruiken voor de kwantificering van de hoekpunten in scenario GE/W+ de prognoses voor 2050 in plaats van 2100. Hiermee volgen wij de aanname van het Havenbedrijf dat na 2050 de groei van de scheepvaart in de Rotterdamse haven stilvalt.

2.4.5 Regional Communities

In het Regional Communities-scenario ontwikkelt de scheepvaart in de Rotterdamse haven zich aanzienlijk minder snel. In 2050 wordt een dagelijks bezoek van 77 zeevaartschepen en van 416 binnenvaartschepen verwacht. De zeevaart (met name de containers) maakt in dit scenario niet de inhaalbeweging die in Global Economy wel wordt verwacht.

Tabel 2.15 Verwachting scheepvaartbezoeken per dag volgens Regional Communities, 2050

	Maasvlakte	Europoort	Botlek	Pernis	Waal-Eemhaven	Overig rechter oever	Totaal
<i>Zeevaart</i>							
Natte bulk	1	4	3	1	0	0	8
Droge bulk	0	0	0	0	0	0	1
Stukgoed	3	2	2	0	5	3	14
Roro	2	15	0	0	0	0	18
Containers	21	0	0	0	15	0	36
Totaal	26	22	5	1	20	3	77
<i>Binnenvaart</i>							
Natte bulk	0	25	22	16	13	-	76
Droge bulk	2	21	9	8	52	-	92
Stukgoed	0	28	16	11	37	-	91
Containers	2	40	36	13	66	-	157
Totaal	4	113	83	48	168	-	416

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB/HBR/BIVAS

Tabel 2.16 Verwachting scheepvaartbezoeken per dag volgens Regional Communities, 2100

	Maasvlakte	Europoort	Botlek	Pernis	Waal-Eemhaven	Overig rechter oever	Totaal
<i>Zeevaart</i>							
Natte bulk	0	2	1	0	0	0	4
Droge bulk	0	0	0	0	0	0	0
Stukgoed	1	1	1	0	2	1	7
Roro	1	8	0	0	0	0	9
Containers	24	0	0	0	17	0	41
Totaal	27	11	2	1	20	1	62
<i>Binnenvaart</i>							
Natte bulk	0	16	14	10	9	-	49
Droge bulk	1	13	5	5	34	-	59
Stukgoed	0	18	10	7	24	-	59
Containers	3	58	52	19	96	-	228
Totaal	4	105	82	42	161	-	394

Bron: TNO o.b.v. WLO/CPB/HBR/BIVAS

In Regional Communities blijft het aantal schepen dat in 2100 de Rotterdamse haven aandoet bescheiden ten opzichte van 2010: rond 62 zeeschepen en rond 394 binnenvaartschepen per dag. Omdat een schip de haven in- en uitvaart, komt dit neer op circa 124 en 788 scheepvaartbewegingen per dag. Deze schepen doen voornamelijk de Maasvlakte en de Waal-Eemhaven aan. Ook in Regional Communities vormen containers de grootste groeifactor.

De uitkomsten lijken redelijk in overeenstemming met de uitgangspunten van de WLO-scenario's: forse groei in GE/W+, stagnatie in RC/G. Ondanks de enorme verschillen tussen de twee scenario's voor 2100 zijn enkele voortgezette trends waarneembaar. De binnenvaart groeit minder sterk dan de zeevaart. Door de opkomst van groeimarkten en verschuiving in de structuur van de economie worden in Nederland hoogwaardiger goederen vervoerd, hetgeen zich uit in een toename van het aandeel stukgoed en dan vooral stukgoedvervoer met containers. De Maasvlakte en de Waal- en Eemhaven krijgen in scenario GE/W+ veel containers te verwerken. Dit zorgt mede voor forse benodigde interne havenlogistiek.

3 Kwantificering

In deze paragraaf passen we de gevonden scheepvaartbewegingen toe op de hoekpunten. De hoekpunten zijn gekozen om de bandbreedte van mogelijke toekomstige ontwikkelingen aan te geven, niet om een precieze schatting van de verwachte effecten te geven. Daarvoor is de gekozen termijn te lang en zijn de toekomstige ontwikkelingen rond klimaatverandering en economische groei te onzeker. Wel ontstaat een beeld van de marges waarbinnen de verwachte ontwikkeling zich zal voordoen, die een opmaat biedt voor een MKBA.

Daarbij merken we op dat in de beschrijvingen van de hoekpunten enkele voor de kostenschattingen belangrijke ontwikkelingen niet zijn opgenomen: de effecten van klimaatverandering op het waterbeheer en de scheepvaart in concurrerende havens (met name Hamburg en Antwerpen), de toekomstige capaciteitsontwikkeling in de Rotterdamse haven en ruimtelijke ontwikkeling in Rotterdam. Dit is van groot belang voor de binnenwateren, die nu al capaciteitsgrenzen in beeld zien komen, en voor de oude havens oostelijk van de grote waterkeringen.

Door deze beperkingen zal vooral de *vraagzijde* van het scheepvaartbezoek aan bod komen, onder de aanname dat aan de vraag wordt voldaan door voldoende capaciteit. Dit is uiteraard een grove aanname.

3.1 Hoekpunten 1 en 2

Dit alternatief wordt gekenmerkt door handhaving van de huidige situatie. De Maeslantkering en de Hartelkering zullen beide gehandhaafd blijven evenals de Hollandse IJsselkering. Daarbij zijn er twee varianten: 1 (afsluitbaar open zeezijde) en 2 (afsluitbaar open zee- en rivierzijde). De laatste variant heeft afgezien van de Maeslantkering, de Hartelkering en de Hollandse IJsselkering een Rijnmond Ring van keringen in de Lek, het Spui, De Dordtsche Kil en de Beneden Merwede. Het sluiten van de keringen zorgt voor wachtende schepen en schepen die inhalen om de verloren gegane tijd goed te maken. In beide gevallen leidt dit tot kosten.

Sluitfrequentie

We gaan uit van een ongewijzigd sluitcriterium, waarbij de Maeslantkering (evenals de overige keringen in het Rijnmondgebied) vaker sluit. Het huidige sluitcriterium voor de Maeslantkering is 3,00 m +NAP. In de huidige situatie geeft dit criterium een sluitfrequentie van gemiddeld eens per elf jaar. In het jaar 2100 kan de sluitfrequentie afhankelijk van de werkelijke stijging oplopen tot 2,2 keer per jaar.

Tabel 3.1 Zichtjaren en sluitfrequenties keringen Nieuwe Waterweg bij een gelijkblijvend sluitcriterium

Jaar	Zeespiegelstijging		Sluitfrequentie (/jaar)	
	KNMI G	KNMI W+	KNMI G	KNMI W+
2015 (huidig)	0	0	0,09	0,09
2050	25 cm	35 cm	0,19	0,45
2100	60 cm	85 cm	0,76	2,22

Bron: Deltares

In de huidige situatie is de sluitfrequentie van deze Deltawerken ongeveer eens in de elf jaar. In 2050 zal de sluitfrequentie voor het scenario GE/W+ neerkomen op eens in de twee jaar, voor het scenario RC/G zal dit ongeveer eens in de zes jaar zijn. In het GE/W+ scenario loopt de sluitfrequentie op naar 2,2 keer per jaar in het jaar 2100.

3.1.1 Hoekpunt 1: Afsluitbaar open zeezijde

In onderstaande tabellen is het aantal gehinderde schepen per stormvloedkering en per scenario aangegeven voor de jaren 2010, 2050 en 2100. Aangenomen wordt dat een sluiting van de keringen leidt tot een stremming van 24 uur, zowel voor de zeevaart als de binnenvaart (Witteveen + Bos, 2009). Omdat een stremming een dag duurt, geldt het aantal schepen per dag dat de stormvloedkering passeert als het aantal gehinderde schepen bij sluiting van de kering. Om vervolgens te komen tot het aantal gehinderde schepen per jaar wordt het aantal gehinderde schepen gedeeld door het aantal jaren van de sluitfrequentie. Voor het jaar 2010 komt dit neer op een deling door elf jaren. Daarbij geldt de aanname dat de zeevaart alleen via de Nieuwe Waterweg vaart, terwijl de binnenvaart ook gebruik maakt van de Oude Maas en het Hartelkanaal.

Bij sluiting van de waterkeringen worden de schepen die passeren éénmaal gehinderd. Ook voor bijvoorbeeld de binnenvaartschepen die zowel langs de Hollandse IJsselkering als langs de Maeslantkering zouden moeten varen, geldt dat ze ten tijde van een sluiting één keer worden gehinderd, namelijk óf bij het binnen willen varen van de haven óf bij het willen verlaten van de haven. In de aanname dat de stremmingduur 24 uur per keer bedraagt, zit al verwerkt dat het even duurt voordat de stremming en de daardoor ontstane congestie zich oplost

Reistijdverliesuren en inhalen

Het gemiddeld aantal sluitingen per jaar is vastgesteld op basis van de bovenstaande sluitfrequenties voor de zichtjaren. Vervolgens is een onderscheid gemaakt in schepen die wachten en schepen die besluiten de verloren tijd in te halen (bijvoorbeeld lijndiensten). Daarbij is er van uitgegaan dat 88 procent van de zeeschepen de verloren tijd zal inhalen, en dat 12 procent blijft wachten. Voor de binnenvaart wordt uitgegaan van 40 procent inhalen en 60 procent wachten. Deze schattingen zijn afkomstig van het Havenbedrijf Rotterdam (Witteveen + Bos 2008, blz. 16).

Tabel 3.2 Stremmingen en aantal wachtende en inhalende schepen, 2010

	2010		
	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering
Aantal dagen per jaar	0,09	0,09	0,09
Stremmingsduur/schip (uren)	24	24	24
Stremmingsduur/jaar (uren)	2,2	2,2	2,2
<i>Zeevaart</i>			
Passages per dag	33	-	-
Gestremde passages per jaar	3	-	-
Wachtende schepen per jaar	0	-	-
Inhalende schepen per jaar	3	-	-
<i>Binnenvaart</i>			
Passages per dag	3	154	131
Gestremde passages per jaar	0	14	12
Wachtende schepen per jaar	0	8	7
Inhalende schepen per jaar	0	6	5

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

Tabel 3.3 Aantallen wachtende en inhalende schepen hoekpunt 1, scenario GEW+, 2050 en 2100

GE/W+ scenario	2050			2100		
	<i>Sluiting 1 : 2,26</i>			<i>Sluiting 1 : 0,45</i>		
	Maeslant-kering	Hartel-kering	Hollandse IJsselkerin g	Maeslant-kering	Hartel-kering	Hollandse IJsselkerin g
Aantal dagen per jaar	0,45	0,45	0,45	2,22	2,22	2,22
Stremmingsduur/schip (uren)	24	24	24	24	24	24
Stremmingsduur/jaar (uren)	10,6	10,6	10,6	53,3	53,3	53,3
<i>Zeevaart</i>						
Passages per dag	114	-	-	114	-	-
Gestremde passages per jaar	51	-	-	253	-	-
Wachtende schepen per jaar	6	-	-	30	-	-
Inhalende schepen per jaar	45	-	-	223	-	-
<i>Binnenvaart</i>						
Passages per dag	6	305	222	6	305	222
Gestremde passages per jaar	3	134	98	13	677	493
Wachtende schepen per jaar	2	81	59	8	406	296
Inhalende schepen per jaar	1	54	39	5	271	197

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

Tabel 3.4 Aantallen wachtende en inhalende schepen hoekpunt 1, scenario RC/G, 2050 en 2100

RC/G scenario	2050			2100		
	<i>Sluiting 1 : 5,26</i>			<i>Sluiting 1 : 1,32</i>		
	Maeslant-kering	Hartel-kering	Hollandse IJsselkering	Maeslant-kering	Hartel-kering	Hollandse IJsselkering
Aantal dagen per jaar	0,19	0,19	0,19	0,76	0,76	0,76
Stremmingsduur/schip (uren)	24	24	24	24	24	24
Stremmingsduur/jaar (uren)	4,6	4,6	4,6	18,2	18,2	18,2
Zeevaart						
Passages per dag	29	-	-	24	-	-
Gestremde passages per jaar	6	-	-	18	-	-
Wachtende schepen per jaar	1	-	-	2	-	-
Inhalende schepen per jaar	5	-	-	16	-	-
Binnenvaart						
Passages per dag	2	114	74	2	105	79
Gestremde passages per jaar	0	22	14	2	80	60
Wachtende schepen per jaar	0	13	8	1	48	36
Inhalende schepen per jaar	0	9	6	1	32	24

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

In scenario GE/W+ blijken de aantallen gestremde schepen veel sneller te groeien dan in RC/G. Deze stremmingen treffen met name de binnenvaart. Zo levert een sluiting van de Hartelkering in 2100 in dit scenario ruim 3200 gestremde binnenvaartschepen op, een sluiting van de Hollandse IJsselkering ruim 2800. De zeevaart passeert alleen door de Maeslantkering; een sluiting daarvan zou anno 2100 duizend stremmingen opleveren.

De stremmingen kunnen worden onderverdeeld naar wachten en inhalen. Voor wachtende schepen moet vervolgens nog worden vastgesteld hoe lang zij wachten om tot het aantal reistijdverliesuren te kunnen komen. Daarvoor is op grond van 24 uur wachten per sluiting per schip vastgesteld wat het gemiddeld aantal gesloten uren per jaar is. Dit getal is toegepast op het aantal wachtende schepen en de wachttijd van 24 uur per schip. De stremmingduur per jaar in uren maal het aantal passages geeft het aantal wachtende schepen per jaar. Deze zijn al vermeld in de bovenstaande tabellen 3.2 tot en met 3.4, maar staan in tabel 3.5 nogmaals gesommeerd.

Tabel 3.5 Reistijdverliesuren hoekpunt 1 (Afsluitbaar open zeezijde)

Hoekpunt Afsluitbaar Open Zeezijde	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Reistijdverliesuren Maeslantkering zeevaart	144	729	16	53
Reistijdverliesuren Maeslantkering, Hartelkering, Hollandse IJsselkering binnenvaart	3.377	17.039	520	2.036
Aantal wachtende schepen	147	740	22	87
Aantal inhalende schepen	138	696	19	73

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

3.1.2 Hoekpunt 2: Afsluitbaar open zee- en rivierzijde

In principe is dit alternatief gelijk aan afsluitbaar open zeezijde, alleen heeft deze variant additioneel de aanleg van keringen in de Lek, het Spui, de Dordtse Kil en Beneden Merwede, de zogenoemde Rijnmond Ring. Bij sluiting van de Maeslantkering, Hartelkering en Hollandse IJsselkering zullen ook deze keringen gelijktijdig sluiten. Het aantal gehinderde schepen bij sluiting van de Maeslantkering, Hartelkering en Hollandse IJsselkering is in dit geval gelijk aan de in de voorgaande paragraaf opgenomen tabellen. Additioneel worden hier schepen gehinderd door de Rijnmond Ring.

Onderstaand is weergegeven welk aantal schepen in 2010 een stremming zou ervaren door een hypothetisch aangenomen Rijnmond Ring gezamenlijk met de overige keringen.

Tabel 3.6 Stremmingen per afsluitbare waterkering per jaar met aantallen wachtende en inhalende schepen 2010 hoekpunt 2, inclusief Rijnmond Ring

	<i>Sluiting 1 : 11,11</i>			
	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,09	0,09	0,09	0,09
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	2,2	2,2	2,2	2,2
Zeevaart				
Passages per dag	33	-	-	-
Gestremde passages per jaar	3	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	0	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	3	-	-	-
Binnenvaart				
Passages per dag	3	154	131	427
Gestremde passages per jaar	0	14	12	39
Wachtende schepen per jaar	0	8	7	23
Inhalende schepen per jaar	0	6	5	15

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

Tabel 3.7 Stremmingen per jaar per kering met aantallen wachtende en inhalende schepen in hoekpunt 2, scenario GE/W+, 2050

<i>Sluiting 1 : 0,45</i>	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,45	0,45	0,45	0,45
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	10,6	10,6	10,6	10,6
Zeevaart				
Passages per dag	114	-	-	-
Gestremde passages per jaar	50	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	6	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	45	-	-	-
Binnenvaart				
Passages per dag	6	305	222	914
Gestremde passages per jaar	3	135	98	405
Wachtende schepen per jaar	2	81	59	243
Inhalende schepen per jaar	1	54	39	162

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

Tabel 3.8 Stremmingen per jaar per kering met aantallen wachtende en inhalende schepen in hoekpunt 2, scenario GE/W+, 2100

<i>Sluiting 1 : 2,22</i>	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	2,22	2,22	2,22	2,22
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	53,3	53,3	53,3	53,3
Zeevaart				
Passages per dag	114	-	-	-
Gestremde passages per jaar	253	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	30	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	223	-	-	-
Binnenvaart				
Passages per dag	6	305	222	914
Gestremde passages per jaar	13	677	493	2.029
Wachtende schepen per jaar	8	406	296	1.217
Inhalende schepen per jaar	5	271	197	812

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

De Rijnmond Ring voegt in scenario GE/W+ een fors aantal wachtende en inhalende schepen toe. Dit stelsel van keringen is verantwoordelijk voor meer dan 9.600 stremmingen gemiddeld in zichtjaar 2100. Tussen 2010 en 2050 treedt een vertienvoudiging van het aantal gehinderde schepen op, en tussen 2050 en 2100 een vertwintigvoudiging. Dit komt omdat de Rijnmond Ring vaker dicht gaat, terwijl er steeds meer schepen gebruik van maken. Het aantal stremmingen in de Maeslantkering, Hartelkering en Hollandse IJsselkering blijft hierbij ver achter.

Tabel 3.9 Stremmingen per jaar per kering met aantallen wachtende en inhalende schepen in hoekpunt 2, scenario RC/G, 2050

<i>Sluiting 1 : 5,26</i>	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,19	0,19	0,19	0,19
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	4,6	4,6	4,6	4,6
Zeevaart				
Passages per dag	29	-	-	-
Gestremde passages per jaar	6	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	1	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	5	-	-	-
Binnenvaart				
Passages per dag	2	114	74	342
Gestremde passages per jaar	0	22	14	65
Wachtende schepen per jaar	0	13	8	39
Inhalende schepen per jaar	0	9	6	26

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

Tabel 3.10 Stremmingen per jaar per kering met aantallen wachtende en inhalende schepen in hoekpunt 2, scenario RC/G, 2100

<i>Sluiting 1 : 1,32</i>	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,76	0,76	0,76	0,76
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	18,2	18,2	18,2	18,2
Zeevaart				
Passages per dag	24	-	-	-
Gestremde passages per jaar	18	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	2	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	16	-	-	-
Binnenvaart				
Passages per dag	2	105	79	315
Gestremde passages per jaar	2	80	60	239
Wachtende schepen per jaar	1	48	36	144
Inhalende schepen per jaar	1	32	24	96

Bron: TNO o.b.v. HBR/BIVAS/CPB

In scenario RC/G is het aantal stremmingen veel lager dan in GE/W+, zoals te verwachten is vanuit de lagere sluitfrequenties en de kleinere aantallen passages. Wederom is het de Rijnmond Ring die verantwoordelijk is voor een groot aantal stremmingen in de binnenvaart: zo'n 238 in zichtjaar 2100.

Wederom ook geldt dat de aantallen wachtende schepen per stremming moeten worden vermenigvuldigd met het aantal verwachte stremmingen per jaar om zo tot reistijdverliesuren te komen. Om tot de aantallen inhalende schepen per zichtjaar te komen tellen we de aantallen inhalende schepen per kering per zichtjaar op. De

opgetelde reistijdverliesuren voor de wachtende schepen en de aantallen wachtende en inhalende schepen zijn weergegeven in tabel 3.11.

Tabel 3.11 Reistijdverliesuren en aantal inhalende schepen hoekpunt 2

Hoekpunt Afsluitbaar Open Zee- en Rivierzijde	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Reistijdverliesuren waterkeringen zeevaart	144	729	16	53
Reistijdverliesuren waterkeringen binnenvaart	9.168	46.258	1.456	5.483
Aantal wachtende schepen	388	1.958	61	231
Aantal inhalende schepen	299	1.508	45	168

Bron: TNO

De reistijdverliesuren en de aantallen inhalende schepen vormen de basis voor de monetarisering van de hoekpunten 1 en 2 in hoofdstuk 4.

3.2 Hoekpunt 3

Dit hoekpunt komt overeen met oplossingsrichting 3 (bijlage A) en behelst een gesloten watersysteem in de Rijnmond, zowel aan de zeezijde als aan de rivierzijde. In dit hoekpunt worden zowel de Maeslantkering in de Nieuwe Waterweg als de Hartelkering in het Hartelkanaal vervangen door dammen met sluizen. Daarbij is in overleg met Deltares aangenomen dat beide dammen vier sluiskolken zullen krijgen en dat ze op dezelfde locaties komen als de huidige waterkeringen. De breedste mammoetschepen meten een breedte van rond zeventig meter. Vier schepen naast elkaar impliceert een breedte van circa 280 meter, ter hoogte van de Maeslantkering is de Nieuwe Waterweg 360 meter breed. Er moet ruimte op het water overblijven om de sluizen in en uit te varen en op het schutten van schepen in tegenovergestelde richting te wachten. Uiteraard zou verschuiving van de dammen oostwaarts mogelijk zijn, zodat bijvoorbeeld de Botlek direct bereikbaar blijft voor de zeevaart. De binnenvaart zou een sluis dan echter in groteren getale moeten passeren, temeer omdat een zeeschip meerdere binnenvaartschepen vult.

Binnen dit projectalternatief worden drie varianten onderscheiden. Deze varianten hebben gemeenschappelijk dat zowel de Maeslantkering als de Hartelkering wordt vervangen door een dam. De varianten verschillen op het punt van de aanleg van dammen in de Lek, het Spui, de Dordtsche Kil en de Beneden Merwede (de Rijnmondring), en het wel of niet in functie blijven van de Hollandse IJsselkering. De hoekpunten 3a (Gesloten zee- en rivierzijde) en 3b (Open Haringvliet) hebben dammen op de locaties van de huidige Maeslantkering en de Hartelkering, en een Rijnmondring van dammen met sluizen zonder Hollandse IJsselkering. Hoekpunt 3c (Gesloten zeezijde, open rivieren) heeft alleen dammen met sluizen in de huidige Maeslantkering en Hartelkering met behoud van de afsluitbaar Hollandse IJsselkering.

Aangenomen wordt dat er vier sluiskolken in de dammen komen, via welke de scheepvaart de Nieuwe Waterweg kan bereiken. Ook voor de dammen in het Hartelkanaal, de Lek, het Spui, de Dordtse Kil en Beneden Merwede wordt aangenomen dat er in elk vier schutsluizen worden aangelegd.

Gegeven de aanleg van de verschillende dammen met schutsluizen, betekent dit op drie manieren welvaartsverlies. Ten eerste treedt een permanent verlies aan reistijd op voor de schepen die wachten om te worden geschut door de sluizen en (in hoekpunt 3c) de schepen die bij een sluiting van de Hollandse IJsselkering ervoor kiezen om te wachten. Ten tweede zal een aandeel van de te schutten schepen bij het ontstaan van wachtrijen voor de sluizen kiezen voor een andere haven. Dit kost toegevoegde waarde in de regio Rijnmond. Ten derde kiest een aandeel van de binnenvaartschepen die geconfronteerd worden met een sluiting van de Hollandse IJsselkering ervoor om de verloren tijd in te halen.

Om de wachttijden, de aantallen wachtende schepen en het uiteindelijke verlies aan reistijd en klandizie te kunnen bepalen, is het ten eerste van belang te kijken naar de capaciteit van de sluis.

3.2.1 Capaciteit van de sluizen

Voor alle dammen in het Rijnmondgebied wordt aangenomen dat ze hetzelfde aantal sluiskolken hebben, hetgeen impliceert dat alle sluizen over dezelfde capaciteit beschikken. De achterliggende theorie waarop onderstaande afleidingen zijn gebaseerd, is afkomstig van BIVAS.

De capaciteit van een sluis wordt door een aantal factoren bepaald. Zo wordt de tijdsduur van op- of afvaart bepaald door de tijd die het kost de sluis in te varen, de tijd om de sluis uit te varen en de tijd van het schutten. De tijd voor het in- en uitvaren van de sluis wordt vermenigvuldigd met het maximaal aantal schepen dat tegelijk in de kolk geschut kan worden. Dit wordt wiskundig weergegeven door:

$$T_d^{l,v} = n_{\max} \cdot (t_i + t_u) + t_{\text{schut}}$$

$$T_d^v = \lambda \cdot T_d^{\text{beladen}} + (1 - \lambda) \cdot T_d^{\text{onbeladen}}$$

waarbij

$T_d^{l,v}$ = Tijdsduur (minuten) van op- of afvaart (v) met beladen of onbeladen schip (l)

$n_{\max}$ = Aantal schepen dat in een kolk past

t_i = Invaartijd in minuten

t_u = Uitvaartijd in minuten

t_{schut} = Schuttijd in minuten

T_d^v = Tijdsduur (minuten) van op- of afvaart (v)

λ = Aandeel beladen schepen

Alvorens de tijdsduur te kunnen berekenen, zullen hieronder eerst de verschillende componenten uitgewerkt worden.

Omdat vaartijden verschillend zijn voor geladen en ongeladen schepen wordt hier onderscheid naar gemaakt. Daarbij wordt bepaald wat de tijdsduur is voor beladen schepen en wat de tijdsduur is voor onbeladen schepen waarna dit wordt

toegepast op de aandelen beladen en onbeladen scheepvaart. In deze studie wordt aangenomen dat de tijdsduur van onbeladen en beladen schepen gelijk aan elkaar is, omdat er geen informatie voorhanden is waaruit deze aandelen afgeleid kunnen worden. Er wordt dus geen onderscheid gemaakt naar beladen of lege schepen, $T_d^{beladen} = T_d^{onbeladen}$.

Hiermee komt de tweede vergelijking te vervallen: $T_d^v = T_d^{l,v}$

De dimensies van de kolken zijn niet bekend, maar wel bepalend voor het aantal schepen dat tegelijk in een kolk past. Daarmee zijn de dimensies van de kolken bepalend voor de capaciteit van de sluis. Er zal daarom een aanname gedaan moeten worden over de afmetingen van de sluiskolken. Omdat de bereikbaarheid voor de Rotterdamse haven heel belangrijk is wordt hier aangenomen dat de kolken groot genoeg zijn om elk type zeeschip te kunnen schutten. Het grootste type zeeschip kent momenteel afmetingen van 400 meter lengte bij 57 meter breedte. Op dit moment blijven de grootste zeeschepen op de Maasvlakte, en wordt verwacht dat dit zo zal blijven met het oog op de ingebruikname van Maasvlakte 2. Desondanks zal er ook rekening mee gehouden moeten worden dat de schepen die langs de dam moeten steeds groter zullen worden, gezien de schaalvergroting in de zeevaart en de lange termijn richting het jaar 2100 waarover hier gesproken wordt. De aanname is derhalve dat het nu grootste zeeschip door de sluis kan, hetgeen inhoudt dat de kolken minstens 400 bij 57 meter zijn.

De aanname van de sluisdimensies moet leiden tot het aantal zeeschepen dat tegelijk in één kolk geschut kan worden. Ook dit is zeer bepalend voor de capaciteit van de sluis. Een analyse van de samenstelling van de vloot die de Rotterdamse haven aandeed in 2008, op basis van (HBR, lengte_zeeschepen_2008), leidt tot het beeld zoals in onderstaande tabel weergegeven.

Tabel 3.12 Verdeling binnengekomen zeeschepen naar lengteklasse

	2008				
Lengteklasse	Aantal	%	Cum. %	Aantal per kolk	Gewogen gemiddelde
0 - 100 meter	10.034	29,8	29,7	4	1,19
100 - 200 meter	16.704	49,4	79,1	2	0,99
200 - 250 meter	4.327	12,8	91,9	1	0,13
250 - 300 meter	1.606	4,8	96,6	1	0,05
300 - 400 meter	1.141	3,4	100	1	0,03
Totaal	33.812	100	Gemiddeld	1,80	2,38

Bron: TNO o.b.v. HBR

Op basis van de lengteklassen zoals aangegeven in deze tabel en per type van het te verwachten aantal schepen dat tegelijk in de kolk past, wordt een gewogen gemiddelde samengesteld. Het gewogen gemiddelde komt uit op 2,38 schepen per kolk. De aanname die nu gedaan wordt is: er kunnen maximaal 2,38 zeevaartschepen tegelijk geschut worden, dus geldt dat $n_{\max} = 2,38$.

Soortgelijke informatie is voor de binnenvaart niet beschikbaar. Daarom zal de aanname over het aantal binnenvaartschepen dat tegelijk in een kolk past op een andere manier tot stand moeten komen. De scheepstypen in de binnenvaart zijn onder te verdelen in de categorieën koppelverbanden, motorschepen en duwstellen. Binnen deze categorieën zijn de grootste typen van de afmetingen:

- Koppelverband C4: 185 x 22,8 meter
- Duwstel BII-6L: 195 x 34,2 meter
- Motorschip M10: 135 x 17,0 meter

Op basis van deze afmetingen wordt de aanname gemaakt dat er gemiddeld vier binnenvaartschepen per keer in een kolk passen, $n_{\max} = 4$.

Verder wordt er vanuit gegaan dat er bij het schutten van zowel de zeevaart als de binnenvaart gewacht wordt tot de kolk vol is.

Nu alle componenten uitgewerkt zijn, kan de tijdsduur van op- of afvaart bepaald worden.

De schuttijd van schepen komt gemiddeld neer op ongeveer twintig minuten, zowel voor zee- als binnenvaart. De in- en uitvaartijd is echter wel verschillend, de zeevaart zal er iets langer over doen dan de binnenvaart. Dit wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door grotere afmetingen van schepen en zwaardere belading. Tegelijk gaat het bij het in- en uitvaren van de sluisen slechts om korte afstanden. Om met deze factoren rekening te houden, wordt een totale in- en uitvaartijd van twintig minuten per zeeschip aangenomen en van vijftien minuten per binnenvaartschip. Hiermee komt de tijdsduur van een op- of afvaart in totaal voor de zeevaart uit op 68 minuten, terwijl dit voor de binnenvaart uitkomt op tachtig minuten.

De volgende stap is het bepalen van de tijdsduur van de op- en afvaartcyclus.

De totale tijdsduur van de op- en afvaartcyclus is gegeven door:

$$T_c = T_d^{opvaart} + T_d^{afvaart}$$

waarbij

T_c = Totale tijdsduur in minuten van op- en afvaartcyclus

Op basis van de aannames is de tijdsduur van de opvaart gelijk aan de tijdsduur van de afvaart en komt het erop neer dat $T_c = 2 \cdot T_d^{opvaart}$

Voor de zeevaart komt de totale tijdsduur van de op- en afvaartcyclus dan uit op 136 minuten, voor de binnenvaart op 160 minuten.

Vervolgens kunnen de uur- en jaarcapaciteit van de sluis bepaald worden aan de hand van de volgende vergelijkingen.

$$C_s = k \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{(2 \cdot n_{\max})}{(T_c / 60)}$$

$$C_j = C_s \cdot u_j$$

waarbij

C_s = Uurcapaciteit van de sluis

k = Aantal kolken in de sluis

α = Aandeel recreatievaart

C_j = Jaarcapaciteit van de sluis

u_j = Aantal uren in een jaar

In de eerste vergelijking wordt het aantal schepen tijdens een cyclus gedeeld door de totale tijdsduur van de op- en afvaartcyclus in uren. Daarna wordt er rekening gehouden met het aandeel recreatievaart dat ook de sluis zal passeren en wordt vermenigvuldigd met het aantal kolken dat de sluis telt. In deze studie wordt er vanuit gegaan dat er geen recreatievaart de dammen zal willen passeren. Hiermee komt het aandeel α op 1 uit. Gegeven de eerdere berekeningen en dat het aantal kolken op vier verondersteld wordt, is de uurcapaciteit van de sluis voor de zeevaart gelijk aan 8,4 schepen per uur, voor de binnenvaart gelijk aan twaalf schepen per uur.

Hierbij moeten we opmerken dat er is aangenomen dat de capaciteit van vier kolken gelijk staat aan viermaal de capaciteit van één kolk, terwijl een meervoud aan kolken een meer efficiënte verdeling van schepen over de kolken mogelijk maakt. Bovendien kan het zo zijn dat op rustige tijden niet wordt gewacht tot de kolk vol is (bijvoorbeeld in het weekend, als sommige binnenvaart niet functioneert). Om deze redenen is een overschatting mogelijk. Anderzijds moeten sluiskolken worden onderhouden, hetgeen tijdelijk ten koste gaat van de capaciteit; ook kunnen sluisdeuren vastlopen, zodat stremmingen optreden.

Nu kan op basis van het aantal uren per jaar dat de sluis in werking is de jaarcapaciteit bepaald worden. Hiervoor wordt aangenomen dat een jaar bestaat uit 365 dagen en dat de sluis 24 uur per dag bediend wordt. Het aantal uren per jaar is dan 8.760. De jaarcapaciteit van de sluis is voor de zeevaart 74.019 schepen per jaar en voor de binnenvaart 105.120 per jaar.

De werkelijke afhandeling van scheepvaart bij de sluizen is complex om in te schatten. Wachttijden worden onder andere bepaald door de aankomsttijden van de schepen en de variatie tussen aankomsten van zeevaartschepen en binnenvaartschepen. Bovendien zijn er verschillende schutregimes mogelijk, hetgeen ook sterk van invloed is op de wachttijden. Omdat er niet voldoende gedetailleerde informatie beschikbaar is over de inrichting van de sluizen, zit er niets anders op dan vereenvoudigende aannames te maken. Aangenomen is dat de dammen in de verschillende waterwegen allemaal dezelfde inrichting krijgen, namelijk ieder vier sluiskolken en ieder dezelfde uur- en jaarcapaciteit. In het verlengde hiervan wordt aangenomen dat de sluis in de dam in de Nieuwe Waterweg volledig gewijd zal zijn aan het afhandelen van de zeevaart, en dat de sluis in de dam in het Hartelkanaal volledig gericht zal zijn op de binnenvaart. Dit geeft een vereenvoudiging en daarmee mogelijk een onderschatting van de reistijdverliesuren.

Verder wordt aangenomen dat de schepen gelijkmatig verdeeld over de tijd aan zullen komen bij de sluis. Dit houdt in dat als er vier scheepspassages per uur verwacht worden, er vanuit gegaan wordt dat precies om de 15 minuten een schip voorbij komt. Ook het aantal schepen per dag wordt verondersteld gelijkmatig over de dag verdeeld te zijn, dat wil zeggen gelijkmatig verdeeld over 24 uur. Natuurlijk

zal deze verdeling in werkelijkheid anders zijn, bijvoorbeeld door mindere drukte in het weekend en grotere drukte tijdens werkdagen.

3.2.2 Hoekpunten 3a en 3b: Gesloten zee- en rivierzijde en Open Haringvliet

De verwachte scheepvaartbezoeken uit hoofdstuk 2 vormen de basis voor het vaststellen van het aantal passages per uur. Het verwachte aantal schepen per dag worden per sluis weergegeven en dubbel geteld omdat een schip een sluis tweemaal passeert om de er binnen gelegen havens aan te doen. Hieruit wordt het aantal passages per uur en per jaar vastgesteld. Dit wordt vergeleken met de jaarlijkse schutcapaciteit. Zo ontstaat een beeld van de verwachte ondercapaciteit per zichtjaar per scenario.

In onderstaande tabellen staat voor de verschillende scenario's en voor de verschillende dammen apart aangegeven hoeveel passages per uur, per dag en per jaar bij de sluis verwacht worden en hoe zich dit verhoudt tot de capaciteit van de sluis. Voor de volledigheid is de capaciteit steeds zowel met als zonder verwachting voor de schaalvergroting weergegeven.

Tabel 3.13 Overzicht sluiscapaciteit en verwachte intensiteit Nieuwe Waterweg

Zeevaart: Nieuwe Waterweg	GE/W+		RC/G	
	2050	2100	2050	2100
Aantal schepen per kolk 2010	2,38	2,38	2,38	2,38
Aantal schepen/kolk door schaalvergroting	1,44	1,12	1,44	1,12
Capaciteit van de sluis	44.785	34.832	44.785	34.832
Capaciteit zonder schaalvergroting	74.019	74.019	74.019	74.019
Verwachte passages per jaar	83.505	83.505	21.376	17.594
Ondercapaciteit	38.720	48.673	0	0
Ondercapaciteit zonder schaalvergroting	9.486	9.486	0	0

Bron: TNO

Door de Nieuwe Waterweg passeren volgens aanname uitsluitend zeeschepen (onderweg naar de havens Botlek, Pernis, Waal-Eemhaven en de overige havens op de rechter Maasoevers), terwijl door het Hartelkanaal uitsluitend binnenvaartschepen passeren. In het GE/W+ scenario 2050 zijn er naar verwachting ruim 83.000 passages die geschut dienen te worden. De capaciteit van de sluis bedraagt naar verwachting bijna 45.000 zeeschepen, zodat een ondercapaciteit van ruim 38.000 ontstaat. Voor 2100 komt de ondercapaciteit uit op krap 49.000 schepen vanwege schaalvergroting in de zeevaart.

In het RC/G-scenario 2050 is er sprake van 21.000 zeevaartschepen die de haven van Rotterdam via de Nieuwe Waterweg willen aandoen. Dit geeft geen aanleiding tot het vermoeden van wachtrijen. In 2100 gaat het om ruim 17.000 verwachte passages. Ook hier treden geen wachtrijen op.

Tabel 3.14 Overzicht sluiscapaciteit en verwachte intensiteit Hartelkanaal

Binnenvaart: Hartelkanaal	GE/W+		RC/G	
	2050	2100	2050	2100
Aantal schepen per kolk 2010	4	4	4	4
Aantal schepen /kolk door schaalvergroting	3,11	3,11	3,11	3,11
Capaciteit van de sluis	81.731	81.731	81.731	81.731
Capaciteit van de sluis zonder schaalvergroting	105.120	105.120	105.120	105.120
Verwachte passages per jaar	226.542	226.542	84.253	78.271
Ondercapaciteit	144.811	144.811	2.522	0
Ondercapaciteit zonder schaalvergroting	121.422	121.422	0	0

Bron: TNO

De binnenvaart gaat door het Hartelkanaal. In het GE/W+-scenario worden voor 2050 rond 226.000 passages verwacht. Dit is bijna het drievoudige van de sluiscapaciteit. Dit leidt in 2050 en 2100 tot een ondercapaciteit van bijna 145.000 schepen (in de binnenvaart treedt na 2050 volgens aanname geen schaalvergroting meer op).

In het Hartelkanaal treden zelfs in scenario RC/G tekorten op in 2050. De verwachte passages voor dat jaar bedragen in dit scenario ruim 84.000 binnenvaartschepen. Dit overtreft de verwachte sluiscapaciteit met ongeveer 2.500.

Tabel 3.15 Overzicht sluiscapaciteit en verwachte intensiteit Rijnmond Ring

Binnenvaart: Rijnmond Ring	GE/W+		RC/G	
	2050	2100	2050	2100
Aantal schepen per kolk 2010	4	4	4	4
Aantal schepen /kolk door schaalvergroting	3,11	3,11	3,11	3,11
Capaciteit van de sluis	326.923	326.923	326.923	326.923
Capaciteit van de sluis zonder schaalvergroting	420.480	420.480	420.480	420.480
Verwachte passages per jaar	667.465	667.465	250.011	230.168
Ondercapaciteit	340.542	340.542	0	0
Ondercapaciteit zonder schaalvergroting	246.985	246.985	0	0

Bron: TNO

Een eerste belangrijke notie is dat er in 2010 geen sprake zou zijn geweest van ondercapaciteit. In de hypothetische situatie dat er in dat jaar dammen met sluizen zouden hebben gelegen volgens hoekpunt 3c (Gesloten zeezijde, afsluitbaar open rivierzijde), zou de capaciteit van deze dammen ruim boven het aantal getelde passages liggen. De capaciteit in de Nieuwe Waterweg is met ruim 74.000 ruim hoger dan de 12.000 getelde zeeschepen in 2010. Voor de Maeslantkering en de Hartelkering tezamen werden in 2010 58.000 binnenvaartschepen geteld, terwijl de

capaciteit van de sluizencomplexen in de hoekpunten 3a, 3b en 3c voor Nieuwe Waterweg en Hartelkanaal afzonderlijk groter is. Voor de Rijnmond Ring is dit moeilijk vast te stellen omdat tellingen hier ontbreken. De capaciteit van de sluizen in de Rijnmond Ring is met 420.000 echter ruim dubbel zo groot als het aantal veronderstelde kadebezoeken van binnenvaartschepen in 2010, dat op 200.000 is geschat (zie hoofdstuk 2).

De diverse aan te leggen dammen zullen de meeste impact hebben op de binnenvaart. Veel zeeschepen doen alleen de Maasvlakte of de Europoort aan. Daarbij is het aantal benodigde binnenvaartpassages door de Rijnmond Ring het grootste, omdat deze ring het volledige achterland afsluit. In GE/W+ komt voor deze Ring het aantal passages in 2050 op zo'n 667.000. Dit impliceert een ondercapaciteit van ruim 340.000 passages. In 2100 wordt hetzelfde aantal passages en ondercapaciteit verwacht omdat in de binnenvaart de schaal van de schepen niet meer toeneemt. In het RC/G scenario komt het aantal te schutten passages bij de Rijnmond Ring uit op zo'n kwart miljoen, in 2100 rond 230.000. Dit is minder dan de verwachte capaciteit van de sluizen.

De schepen die geschut worden, moeten wachten. Hoewel er bij ondercapaciteit sprake is van een oneindig groeiende (dus niet te kwantificeren) wachtrij, gaan we er voor de kwantificering vanuit dat de wachttijd beperkt blijft tot de schuttijd per schip. Deze bedraagt 68 minuten per geschut zeeschip en 80 minuten per geschut binnenvaartschip. De schuttijd in uren wordt vermenigvuldigd met het aantal verwachte passages per zichtjaar. Overtreft het aantal geplande passages de capaciteit, dan wordt aangenomen dat het aantal geschutte schepen precies overeenkomt met de capaciteit.

Schepen in wachtrij kiezen alternatieve haven

Voor het bepalen van de hoeveelheid uitwijkende schepen gaan we ervan uit dat alle schepen die in de wachtrij komen een andere haven kiezen. Dit is een drastische aanname. Immers, schepen zullen pas na een aantal malen wachten in de Rijnmond kiezen voor een alternatieve route en er kunnen schepen zijn voor wie het voordeel van varen via Rotterdam opweegt tegen de wachtkosten. Anderzijds verwacht Witteveen + Bos (2009, blz. 18) op basis van *expert opinion* dat drie of meer keren per jaar sluiting van de Maeslantkering tot gevolg zal hebben dat honderd procent van de schepen die Rotterdam aandoen, zal vertrekken. Bij tweemaal jaarlijks sluiting wordt verwacht dat twintig tot dertig procent vertrekt. Bij eenmaal jaarlijks sluiting wordt minder dan vijf procent vertrek verwacht. Wat dit zegt over de gevolgen van permanente vertraging vanwege sluizen is kwestieus. Wel laat het zien dat de scheepvaart gevoelig is voor de betrouwbaarheid van de reistijd.

De aanname dat de markt voor havencapaciteit precies ruimt lijkt kras – maar zonder projecties van de toekomstige capaciteit van de Rotterdamse haven is het lastig over het matchen van vraag en aanbod meer gedetailleerde uitspraken te doen. Bovendien bestaat over het aantal keren vertraging dat bepalend is voor een alternatieve havenkeuze naar ons weten slechts een *expert judgement* (Witteveen + Bos, 2009). Daarom kan het effect van ondercapaciteit op de gegeneraliseerde kosten van gebruikers niet worden ingeschat. Waarschijnlijk volgt door de gekozen aanname een overschatting van het aantal uitwijkende schepen. In tabel 4.14 Vooral in het GE/W+-scenario gaat het om grote aantallen.

Tabel 3.16 Reistijdverliesuren Hoekpunten 3a (Gesloten zee- en rivierzijde) en 3b (Open Haringvliet)

Aantallen schepen	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Ondercapaciteit zeevaart	38.720	48.673	0	0
Ondercapaciteit binnenvaart	485.353	485.353	2.522	0
Wachttijd geschutte zeeschepen (uren)	50.756	39.477	24.226	19.940
Wachttijd geschutte binnenvaartschepen (uren)	544.872	544.872	442.322	411.252

Bron: TNO

De opgetelde ondercapaciteiten voor de zeevaart en de binnenvaart bevatten per hoekpunt de ondercapaciteit per sluizencomplex. Om tot monetarisering te komen, houden we het onderscheid tussen zeevaart en binnenvaart aan.

3.2.3 Hoekpunt 3c: Gesloten zeezijde, open rivieren

In deze variant worden de Maeslantkering en de Hartelkering vervangen door dammen, maar er wordt geen Rijnmondtring aangelegd. De Hollandse IJsselkering blijft afsluitbaar open en wordt niet vervangen. Dit betekent dat we de permanente reistijdverliezen van de dammen in de Nieuwe Waterweg en het Hartelkanaal (zie de tabellen hierboven) moeten optellen bij de wacht- en inhaalverliezen door de afsluitbaar open Hollandse IJsselkering.

Schepen in wachtrij kiezen alternatieve haven, Hollandse IJsselkering kent wachtende en inhalende schepen

Voor de dammen met sluizen in deze variant geldt hetzelfde als in de hoekpunten 3a en 3b: de wachtende schepen worden verondersteld een alternatieve haven te kiezen. Voor de binnenvaart loopt dit aantal in scenario GE/W+ op tot bijna een half miljoen schepen in 2050 en 2100, voor de zeevaart tot bijna 50.000 schepen in 2100. In RC/G is er alleen in 2050 een klein tekort aan sluiscapaciteit. De aantallen vallen bescheidener uit dan in 3a en 3b omdat de Rijnmond Ring niet aanwezig is.

Ook het reistijdverlies van schepen die wachten om te worden geschut is kleiner dan in de varianten 3a en 3b. In scenario GE/W+ gaat het om ruim 50.000 uren voor de zeevaart in 2050 en rond 40.000 in 2100, en ruim honderdduizend voor de binnenvaart in 2050 en 2100. In scenario RC/G gaat het om lagere aantallen voor de zeevaart, terwijl in de binnenvaart de capaciteit van de sluizen bijna gehaald wordt zodat de wachttijden om te worden geschut rond de honderdduizend blijven.

Bij deze kostenposten komen dan nog de aantallen binnenvaartschepen die vanwege sluiting van de Hollandse IJsselkering moeten wachten of inhalen. In scenario GE/W+ gaat het daarbij om een reistijdverlies voor binnenvaartschepen van ruim 1.400 uur, in 2100 om ruim 41.000 uur. In scenario RC/G blijven deze aantallen bescheiden met in 2100 minder dan duizend verliesuren. Hetzelfde geldt voor de aantallen inhalende schepen. In scenario GE/W+ loopt dit op tot meer dan 1.100 in 2100, terwijl het in RC/G in 2100 slechts naar verwachting 24 bedraagt.

Tabel 3.17 Stremmingen in de Hollandse IJsselkering en aantallen binnenvaartschepen dat moet wachten 2010, 2050, 2100

	2010	2050	2100
GE/W+			
Aantal dagen per jaar	0,09	0,45	2,22
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	2,2	10,6	53,3
Passages per dag	131	222	222
Gestremde passages per jaar	12	98	493
Wachtende schepen per jaar	7	59	296
Inhalende schepen per jaar	5	39	197
RC/G			
Aantal dagen per jaar	0,09	0,19	0,76
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	2,2	4,6	18,2
Passages per jaar	131	74	79
Gestremde passages per jaar	12	14	60
Wachtende schepen per jaar	7	8	36
Inhalende schepen per jaar	5	6	24

Bron: TNO o.b.v. Deltares/HBR

Tabel 3.18 Wachtrijen (ondercapaciteit), wachttijden geschutte schepen, reistijdverliesuren en inhalende schepen Hollandse IJssel in alternatief 3c (Gesloten zeezijde, open rivieren)

Aantallen schepen	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Ondercapaciteit zeevaart	38.720	48.673	0	0
Ondercapaciteit binnenvaart	144.811	144.811	2.522	0
Wachttijd geschutte zeeschepen (uren)	50.756	39.476	24.226	19.940
Wachttijd binnenvaartschepen (uren)	108.975	108.975	108.975	104.361
Reistijdverliesuren Hollandse IJsselkering	1.407	7.097	202	865
Inhalende schepen Hollandse IJsselkering	39	197	6	24

Bron: TNO o.b.v. Deltares/HBR

Bovenstaande getallen vormen het uitgangspunt voor de monetarisering in het volgende hoofdstuk.

4 Monetarisering

De gegevens uit hoofdstuk 3 moeten worden vermenigvuldigd met europrijzen om tot kostenbedragen voor de hoekpunten te komen. Omdat vertraging niet op markten wordt verhandeld, moeten we hiervoor schaduwrijzen vaststellen. Voor het monetariseren van de scheepvaarteffecten sluiten we aan bij de studie van Witteveen + Bos uit 2009 (inhaalcosten) en reistijdwaarderingen van de Dienst Scheepvaart en Vervoer (www.rws.nl/see). Voor het monetariseren van de kosten van uitwijkende schepen maken we gebruik van gegevens over de toegevoegde waarde van de zee- en binnenvaart in het Rijnmondgebied (Nijdam e.a., 2010).

In de studie van Witteveen + Bos (2009, blz. 17) wordt gekeken naar de specifieke wacht- en inhaalcosten voor de zee- en binnenvaart die resulteren uit een stremming. Voor de zeevaart impliceert een vertraging van 24 uur (die het gevolg is van een sluiting van de Maeslantkering voor alle schepen) gemiddeld € 26.190 in 2006. Voor binnenvaartschepen is dit bedrag € 9.225.

De reistijdwaardering in de scheepvaart bedroeg voor de binnenvaart in 2010 ongeveer € 89 per uur en voor de binnenvaart ongeveer € 90 per uur. DVS hanteert gelijke verwachte groeipercentages voor de zeevaart en de binnenvaart. Tussen 2010 en 2020 wordt in RC/G een groei van de waardering met jaarlijks 0,4 procent verwacht, in GE/W+ is dit 0,7 procent. Voor de periode 2020-2040 zijn deze getallen respectievelijk 0,5 en 0,8 procent gemiddeld per jaar. Deze groeipercentages zijn overgenomen voor 2010-2020 respectievelijk 2021-2100. Wij hebben deze percentages tevens gebruikt voor de inschatting van de toekomstige waardering van inhaalcosten.

De verloren toegevoegde waarde per schip bij uitwijken naar andere (buitenlandse) havens werd voor 2010 ingeschat op € 21.821 per zeeschip en € 2.134 per binnenvaartschip. Deze gegevens zijn opgehoogd met de verwachte groeicijfers voor de bedrijfstak Transport- en opslagbedrijven per scenario tot 2040 (Huizinga en Smid, 2004). Deze getallen werden doorgezet tot 2100. Het gaat om 1,9 procent gemiddelde jaarlijkse groei in RC/G en 5,2 procent in GE/W+.

De vermelde bedragen luiden in constante prijzen van 2011 en zijn niet verdisconteerd naar het heden.

4.1 Hoekpunten 1 en 2

Voor de monetarisering in de afsluitbaar open varianten 1 en 2 is zowel gebruik gemaakt van reistijdwaarderingen goederenvervoer van RWS-DVS (www.rws.nl/see) als van het *Consequentiedocumenten scheepvaart* van Rijkswaterstaat (Witteveen + Bos, 2009). De wachtkosten zijn gebaseerd op voor de scenario's GE/W+ en RC/G opgestelde uurtarieven. Deze tarieven komen voort uit historische reeksen voor de beide scenario's en hebben verschillende groeivoeten.

De kosten per hoekpunt stellen we vast door de kosten per waterkering voor de betreffende waterkeringen op te tellen, zowel voor de zeevaart als de binnenvaart.

De kosten per gewacht uur worden vermenigvuldigd met de wachttijd maal de sluitfrequentie per jaar. Dit bedrag, de wachtkosten per uur behorend bij een zichtjaar, worden vermenigvuldigd met het geprojecteerde aantal passerende schepen. De aantallen schepen en relevante bedragen zijn per waterkering weergegeven. De kostenomvang in hoekpunt 1 volgt uit een optelling van de Maeslantkering, Hartelkering en Hollandse IJsselkering. Voor hoekpunt 2 wordt hier dan nog het schadebedrag voor de Rijnmond Ring bij opgeteld. Voor de volledigheid zij opgemerkt dat de uiteindelijke kostenpost is weergegeven in miljoenen euro's van 2011. Dit geeft de totale wachtkosten per zichtjaar. Hierbij tellen we de inhaalkosten per schip maal het aantal getroffen schepen op (de inhaalkosten per zichtjaar). Deze optelsom geeft de totale kosten van verwachte sluiting per zichtjaar.

Tabel 4.1 Reistijdverliezen sluiting waterkeringen 2010 hoekpunten 1 en 2, constante prijzen van 2011

	2010			
	<i>Sluiting 1 : 11,11</i>			
	Maeslant- kering	Hartel- kering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,09	0,09	0,09	0,09
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	2,16	2,16	2,16	2,16
Zeevaart				
Passages per dag	33	-	-	-
Gestremde passages per jaar	3	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	0	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	3	-	-	-
Wachtkosten per uur	€ 89	€ 89	€ 89	€ 89
Inhaalkosten	€ 27.167	€ 27.167	€ 27.167	€ 27.167
<i>Subtotaal Zeevaart</i>	€ 71.330	0	0	0
Binnenvaart				
Passages per dag	3	154	131	427
Gestremde passages per jaar	0	14	12	38
Wachtende schepen per jaar	0	8	7	23
Inhalende schepen per jaar	0	6	5	15
Wachtkosten per uur	€ 90	€ 90	€ 90	€ 90
Inhaalkosten	€ 9.569	€ 9.569	€ 9.569	€ 9.569
<i>Subtotaal Binnenvaart</i>	€ 1.429	€ 71.013	€ 60.407	€ 197.084
<i>Subtotaal Zee- en Binnenvaart</i>	€ 72.759	€ 71.013	€ 60.407	€ 197.084
Kosten hoekpunt 1 (mln €)				
Kosten hoekpunt 2 (mln €)				

Bron: TNO

Het zichtjaar 2010 geeft zeer bescheiden kosten te zien omdat de veronderstelde sluitfrequentie van de waterkeringen in de Rijnmond nog heel laag is. Het verschil tussen hoekpunt 1 (0,2 miljoen) en 2 (0,4 miljoen) wordt verklaard door de

Rijnmond Ring die in hoekpunt 2 aanwezig zou zijn. De kosten komen voor het grootste deel terecht bij de binnenvaart omdat deze meer gebruik maakt van de waterkeringen rond de Rijnmond.

Tabel 4.2 Reistijdverliezen sluiting waterkeringen 2050 hoekpunten 1 en 2, GEW+, constante prijzen van 2011 (niet verdisconteerd)

GEW+ scenario	2050			
	Sluiting 1 : 2,26			
	Maeslant-kering	Hartel-kering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,44	0,44	0,44	0,44
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	10,62	10,62	10,62	10,62
Zeevaart				
Passages per dag	114	-	-	-
Gestremde passages per jaar	50	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	6	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	44	-	-	-
Wachtkosten per uur	€ 119	€ 119	€ 119	€ 119
Inhaalkosten	€ 36.554	€ 36.554	€ 36.554	€ 36.554
<i>Subtotaal Zeevaart</i>	€ 1.630.714	0	0	0
Binnenvaart				
Passages per dag	6	305	222	914
Gestremde passages per jaar	3	134	98	402
Wachtende schepen per jaar	2	81	59	241
Inhalende schepen per jaar	1	54	39	161
Wachtkosten per uur	€ 121	€ 121	€ 121	€ 121
inhaalkosten	€ 12.875	€ 12.875	€ 12.875	€ 12.875
<i>Subtotaal Binnenvaart</i>	€ 18.196	924.960	€ 673.250	€ 2.771.848
<i>Subtotaal Zee- en Binnenvaart</i>	€ 1.648.910	924.960	€ 673.250	€ 2.771.848
Kosten hoekpunt 1 (mln €)	3,2			
Kosten hoekpunt 2 (mln €)	6,0			

Bron: TNO

Het jaar 2050 geeft voor GEW+ al hogere bedragen te zien, 3,3 miljard voor hoekpunt 1 en 6,1 miljard voor hoekpunt 2. Het grootste deel hiervan komt terecht bij binnenvaartschepen die gebruik maken van de Rijnmond Ring. Hierbij moet worden opgemerkt dat het nationaal inkomen rond die tijd ook met grofweg een factor vier zal zijn toegenomen, zodat de genoemde bedragen een kleiner deel

uitmaken van het inkomen van bedrijven en huishoudens. Uiteraard moeten de bedragen worden gezien als indicaties.

Tabel 4.3 Reistijdverliezen sluiting waterkeringen 2100 hoekpunten 1 en 2, GE/W+, constante prijzen van 2011 (niet verdisconteerd)

GE/W+ scenario	2100			
	Sluiting 1 : 0,45			
	Maeslant- kering	Hartel- kering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	2,22	2,22	2,22	2,22
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	53,33	53,33	53,33	53,33
Zeevaart				
Passages per dag	114	-	-	-
Gestremde passages per jaar	253	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	30	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	223	-	-	-
Wachtkosten per uur	€ 174	€ 174	€ 174	€ 174
Inhaalkosten	€ 53.317	€ 53.317	€ 53.317	€ 53.317
Subtotaal Zeevaart	€ 12.001.074	0	0	0
Binnenvaart				
Passages per dag	6	305	222	914
Gestremde passages per jaar	13	677	493	2029
Wachtende schepen per jaar	8	406	296	1217
Inhalende schepen per jaar	5	271	197	812
Wachtkosten per uur	€ 176	€ 176	€ 176	€ 176
inhaalkosten	€ 18.774	€ 18.774	€ 18.774	€ 18.774
Subtotaal Binnenvaart:	€ 133.786	€ 6.800.792	€ 4.950.085	€ 20.380.080
Subtotaal Zee- en Binnenvaart:	€ 12.134.860	€ 6.800.792	€ 4.950.085	€ 20.380.080
Kosten hoekpunt 1 (mln €)	23,9			
Kosten hoekpunt 2 (mln €)	44,3			

Bron: TNO

In 2100 zijn de kosten van sluiting van de waterkeringen rond de Rijnmond opgelopen tot 24 miljoen euro in hoekpunt 1 en ruim 44 miljoen euro in hoekpunt 2. De Rijnmond Ring zorgt voor hoge extra kosten die voornamelijk de binnenvaart benadelen. Wel moet worden opgemerkt dat in 2100 in scenario GE/W+ het nationaal inkomen met een factor tien zal zijn gestegen ten opzichte van 2004, en dat de vermelde bedragen niet zijn gecorrigeerd voor tijdsvoorkeur (verdisconteren).

Tabel 4.4 Reistijdverliezen 2050, scenario RC/G hoekpunten 1 en 2, constante prijzen van 2011 (niet verdisconteerd)

RC/G scenario	2050			
	<i>Sluiting 1 : 5,26</i>			
	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,19	0,19	0,19	0,19
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	4,56	4,56	4,56	4,56
Zeevaart				
Passages per jaar	29	-	-	-
Gestremde passages per jaar	6	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	1	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	5	-	-	-
Wachtkosten per uur	€ 107	€ 107	€ 107	€ 107
inhaalkosten	€ 32.892	€ 32.892	€ 32.892	€ 32.892
<i>Subtotaal Zeevaart</i>	<i>€ 161.185</i>	<i>€ 0</i>	<i>€ 0</i>	<i>€ 0</i>
Binnenvaart				
Passages per jaar	2	114	74	342
Gestremde passages per jaar	0	22	14	65
Wachtende schepen per jaar	0	13	8	39
Inhalende schepen per jaar	0	9	6	26
Wachtkosten per uur	€ 109	€ 109	€ 109	€ 109
inhaalkosten	€ 11.586	€ 11.586	€ 11.586	€ 11.586
<i>Subtotaal Binnenvaart</i>	<i>€ 2.358</i>	<i>€ 134.379</i>	<i>€ 87.228</i>	<i>€ 403.136</i>
<i>Subtotaal Zee- en Binnenvaart</i>	<i>€ 163.542</i>	<i>€ 134.379</i>	<i>€ 87.228</i>	<i>€ 403.136</i>
Kosten hoekpunt 1 (mln €)	0,4			
Kosten hoekpunt 2 (mln €)	0,8			

Bron: TNO

In scenario RC/G zijn de schadebedragen fors lager omdat er minder schepen gebruik maken van de keringen die bij sluiting stremmingen veroorzaken. In 2050 gaat het om 0,4 miljoen euro in hoekpunt 1 en 0,8 miljoen euro in hoekpunt 2.

Tabel 4.5 Reistijdverliezen 2100, scenario RC/G, constante prijzen van 2011 (niet verdisconteerd)

RC/G scenario	2100			
	<i>Sluiting 1 : 1,32</i>			
	Maeslantkering	Hartelkering	Hollandse IJsselkering	Rijnmond Ring
Aantal dagen per jaar	0,76	0,76	0,76	0,76
Stremmingsduur per schip (uren)	24	24	24	24
Stremmingsduur per jaar (uren)	18,18	18,18	18,18	18,18
Zeevaart				
Passages per jaar	24	-	-	-
Gestremde passages per jaar	18	-	-	-
Wachtende schepen per jaar	2	-	-	-
Inhalende schepen per jaar	16	-	-	-
Wachtkosten per uur	€ 138	€ 138	€ 138	€ 138
inhaalkosten	€ 42.260	€ 42.260	€ 42.260	€ 42.260
<i>Subtotaal Zeevaart</i>	<i>€ 685.573</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
Binnenvaart				
Passages per jaar	2	105	79	315
Gestremde passages per jaar	2	80	60	239
Wachtende schepen per jaar	1	48	36	144
Inhalende schepen per jaar	1	32	24	96
Wachtkosten per uur	€ 140	€ 140	€ 140	€ 140
Inhaalkosten	€ 14.884	€ 14.884	€ 14.884	€ 14.884
<i>Subtotaal Binnenvaart</i>	<i>€ 12.114</i>	<i>€ 635.974</i>	<i>€ 478.495</i>	<i>€ 1.907.922</i>
<i>Subtotaal Zee- en Binnenvaart</i>	<i>€ 697.687</i>	<i>€ 635.974</i>	<i>€ 478.495</i>	<i>€ 1.907.922</i>
Kosten hoekpunt 1 (mln €)	1,8			
Kosten hoekpunt 2 (mln €)	3,7			

Bron: TNO

In 2100 zijn de kosten in hoekpunt 1 opgelopen tot 1,8 miljoen euro. Voor hoekpunt 2 is dit door toedoen van de Rijnmond Ring 3,7 miljoen euro. Daarvan maken de kosten opgedaan door sluiting van de Rijnmond Ring, evenals in het GE/W+-scenario, meer dan de helft uit. Deze kosten komen allemaal bij de binnenvaart terecht.

4.2 Hoekpunt 3

De monetarisering van alternatieve havenkeuze die het gevolg is van wachtrijen zijn vastgesteld door per zeeschip en binnenvaartschip de toegevoegde waarde vast te stellen. De toegevoegde waarde wordt gevormd door van alle inkomsten van een bedrijf de kosten voor de inputs (grondstoffen) af te trekken. Deze indicator geeft aan hoeveel welvaart productie de uitvoerder van de productie brengt; het gaat dus nadrukkelijk *niet* om de omzet. De toegevoegde waarde van alle productie opgeteld geeft het nationaal inkomen. Berekenen we de toegevoegde waarde per schip dat uitwijkt naar een andere haven dan Rotterdam, dan geeft dit een schatting van het welvaartsverlies dat hiermee gepaard gaat.

De toegevoegde waarde per zee- en binnenvaartschip maal het aantal uitwijkende schepen geeft het welvaartsverlies dat het gevolg is van het uitwijken. De gedachte hierachter is dat de vorming van wachtrijen zorgt voor alternatieve havenkeuze door schepen. In een MKBA wordt daarbij onderscheid gemaakt tussen blijvende gebruikers en gebruikers die uitwijken naar een andere haven. Deze laatste categorie wordt vastgesteld met gebruik van de halveringsregel (Eijgenraam e.a., 2000). Deze regel maakt een veronderstelling over de toegevoegde waarde die uitwijkende gebruikers onttrekken aan het gebruik maken van de Rotterdamse haven. De veronderstelling houdt in dat de toegevoegde waarde van uitwijkende gebruikers samenhangt met de toegevoegde waarde van blijvende gebruikers. In de voorliggende rapportage hebben we hieromtrent geen gegevens. Daarom nemen we als benadering de genoemde aanname dat alle wachtende schepen meteen voor een andere haven kiezen. Het is overdreven om deze mate van marktwerking aan te nemen (immers, andere havens ervaren eveneens nadelige gevolgen van klimaatverandering en niet voor alle schepen is uitwijken voordeliger dan wachten) maar geeft wel maximum schadebedragen aan. Zo wordt, in de geest van de hoekpuntenbenadering, de marge waarbinnen de mogelijke uitkomsten kunnen liggen duidelijk.

Een belangrijke vraag is hoe deze methode zich verhoudt tot de methode gevolgd voor de afsluitbaar open varianten. Immers, daar werden wachtkosten vastgesteld met waardering van reistijdverlies gebaseerd op de kostencomponenten die voor deze tijdswaardering verantwoordelijk zijn. De kosten van inhalen per schip liggen op een hoger niveau dan de toegevoegde waarde per schip. Dit is niet verwonderlijk omdat benzine een belangrijke input betreft, die bovendien afhankelijk is van volatiele prijsvorming op de oliemarkt. De scheepvaart is bovendien een concurrerende markt voor een homogene dienst, zodat overwinsten worden afgeroomd. Dit drukt de toegevoegde waarde. Bovendien kan de opbrengst van een lading afhangen van levering op tijd. De al gemaakte kosten voor de input zijn dan verzonken (niet meer relevant want al gemaakt), waardoor eerder een keuze voor inhalen wordt gemaakt ondanks hoge extra benzinekosten. Een inhalend schip realiseert dan toegevoegde waarde met extra kosten, waarbij is aangenomen dat dit in Nederland gebeurt. Een schip dat uitwijkt, realiseert toegevoegde waarde buiten ons land. Deze toegevoegde waarde vormt het welvaartsverlies voor Nederland.

Om toegevoegde waarde toe te kennen aan uitwijkende schepen zijn de gegevens uit de Havenmonitor (Nijdam e.a., 2010) gecombineerd met de verwachte aantallen schepen zoals eerder in deze rapportage werd beschreven. Het resultaat hiervan zijn de toegevoegde waarde bedragen per schip dat de Rijnmond-Drechtsteden bezoekt voor de zichtjaren 2010, 2050 en 2100. Omdat geen gegevens beschikbaar waren over de scheepvaart in de Drechtsteden, is ook bij het toekennen van toegevoegde waarde uitgegaan van uitsluitende Rotterdamse haven.

Tabel 4.6 Toegevoegde waarde per schip, euro's van 2011

	2010	GE/W+		RC/G	
		2050	2100	2050	2100
Zeevaart	21.821	42.099	69.878	29.023	61.224
Binnenvaart	2.134	6.205	16.158	4.443	11.898

Bron: TNO o.b.v. Nijdam e.a./BIVAS

De gevonden bedragen per schip passen we toe op de in hoofdstuk 3 gevonden ondercapaciteiten. Wel moeten we daarbij delen door twee, omdat een schip tweemaal de sluizen van het Rijnmondgebied moet passeren om toegevoegde waarde te realiseren. De hoekpunten 3a en 3b hebben de volgende kostenposten (uit hoofdstuk 3):

Tabel 4.7 Reistijdverliesuren Hoekpunten 3a (Gesloten zee- en rivierzijde) en 3b (Open Haringvliet)

Aantallen schepen	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Ondercapaciteit zeevaart	38.720	48.673	0	0
Ondercapaciteit binnenvaart	485.353	485.353	2.522	0
Wachttijd geschutte zeeschepen (uren)	50.756	39.477	24.226	19.940
Wachttijd geschutte binnenvaartschepen (uren)	544.872	544.872	442.322	411.252

Bron: TNO

De ondercapaciteiten voor zee- en binnenvaart worden op basis van de toegevoegde waarde per schip gemonetariseerd. De wachttijden van de geschutte zee- en binnenvaartschepen worden op basis van reistijdwaarderingen van DVS gemonetariseerd. Dit geeft samengevat de volgende tarieven:

Tabel 4.8 Tarieven ondercapaciteit en wachttijd in hoekpunten 3a (Gesloten zee- en rivierzijde) en 3b (Open Haringvliet) (euro's van 2011)

	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Toegevoegde waarde zeevaart	42.099	69.878	29.023	61.224
Toegevoegde waarde binnenvaart	6.205	16.158	4.443	11.898
Reistijdwaardering geschutte zeeschepen	119	174	107	138
Reistijdwaardering geschutte binnenvaartschepen	121	176	109	140

Bron: TNO o.b.v. Witteveen + Bos/DVS/Nijdam e.a.

Het vermenigvuldigen van de aantallen met de tarieven geeft de volgende kosten (in miljoenen euro's):

Tabel 4.9 Kosten van hoekpunten 3a en 3b, miljoenen euro's van 2011, niet verdisconteerd

	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Ondercapaciteit zeevaart	815	1.701	0	0
Ondercapaciteit binnenvaart	1.505	3.921	6	0
Reistijdverlies geschutte zeeschepen	6	7	3	3
Reistijdverlies geschutte binnenvaartschepen	66	96	48	58
Totaal	2.393	5.725	56	60

Bron: TNO o.b.v. Witteveen + Bos/DVS/Nijdam e.a.

Vooral de ondercapaciteit om binnenvaart te schutten blijkt een grote kostenpost. In 2100 kan dit tot 5,7 miljard euro aan verloren toegevoegde waarde leiden. De zeevaart, die minder gebruik maakt van de sluizen vanwege de Maasvlakte en de Europoort havens, heeft tevens minder last van de vertraging die het gevolg is van het schutten van schepen.

Hoekpunt 3c (Gesloten zeezijde, open rivieren) laat de volgende kostenposten zien:

Tabel 4.10 Ondercapaciteit, wachttijden geschutte schepen, reistijdverliesuren en inhalende schepen Hollandse IJssel in alternatief 3c (Gesloten zeezijde, open rivieren)

Aantallen schepen	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Ondercapaciteit zeevaart	38.720	48.673	0	0
Ondercapaciteit binnenvaart	144.811	144.811	2.522	0
Wachttijd geschutte zeeschepen (uren)	50.756	39.477	24.226	19.940
Wachttijd binnenvaartschepen (uren)	108.974	108.974	108.974	104.361
Reistijdverliesuren Hollandse IJsselkering	1.416	41.544	192	864
Inhalende schepen Hollandse IJsselkering	39	1.154	6	24

Bron: TNO

Op deze aantallen zijn de volgende tarieven toegepast:

Tabel 4.11 Tarieven voor hoekpunt 3c (Gesloten zeezijde, open rivierzijde), constante prijzen van 2011

Aantallen schepen	GE/W+ 2050	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Toegevoegde waarde zeevaart	42.099	69.878	29.023	61.224
Toegevoegde waarde binnenvaart	6.205	16.158	4.443	11.898
Reistijdwaardering geschutte zeeschepen	119	174	107	138
Reistijdwaardering geschutte binnenvaartschepen	121	176	109	140
Reistijdwaardering Hollandse IJsselkering	121	176	109	140
Waardering inhalen Hollandse IJsselkering	12.875	18.774	11.586	14.884

Bron: TNO o.b.v. Witteveen + Bos/DVS/Nijdam e.a.

Een vergelijking van de tarieven laat zien dat de inhaalkosten van binnenvaartschepen vooral in zichtjaar 2050 fors hoger liggen dan de toegevoegde waarde die ze voortbrengen voor het havencomplex Rijnmond-Drechtsteden.

Tabel 4.12 Kosten van ondercapaciteit, wachttijd door schutten en wacht- en inhaalkosten Hollandse IJsselkering in hoekpunt 3c (Gesloten zeezijde, open rivierzijde), miljoenen euro's van 2011

Aantallen schepen	GE/W+ 2100	GE/W+ 2100	RC/G 2050	RC/G 2100
Ondercapaciteit zeevaart	815	1.701	0	0
Ondercapaciteit binnenvaart	449	1.170	6	0
Reistijdverlies geschutte zeeschepen	6	7	3	3
Reistijdverlies geschutte binnenvaartschepen	13	19	12	15
Reistijdverliesuren Hollandse IJsselkering	0	7	0	0
Inhalende schepen Hollandse IJsselkering	1	22	0	0
Totaal	1.284	2.926	20	18

Bron: TNO o.b.v. Witteveen + Bos/DVS/Nijdam e.a.

In hoekpunt 3c vallen de kosten lager uit dan in de hoekpunten 3a en 3b. De belangrijkste reden hiervoor is het afsluitbaar open houden van de rivierzijde van Rijnmond-Drechtsteden, waarvan vooral de binnenvaart profiteert in vergelijking tot de hoekpunten 3a en 3b.

De kosten in de hoekpunten 3a, 3b en 3c vallen in alle varianten voor scenario GE/W+ fors hoger uit dan in de hoekpunten 1 en 2. Dit is het gevolg van het

gegeven dat wachttijden in Afsluitbaar open slechts op een fractie van de schepen van toepassing zijn, terwijl dit in de gesloten varianten permanent het geval is. De invloed van de Rijnmond Ring is daarbij fors, voornamelijk omdat veel binnenvaartschepen deze ring passeren. Bovendien is de toekomstige ontwikkeling van de scheepvaart een centrale factor voor de kostenomvang rond de waterbeheersmaatregelen in de hoekpunten. Hoe meer scheepvaart, hoe meer schade er gepaard gaat met tijdelijke of permanente stremmingen. Voor de omvang van kosten in hoekpunt 3 is tot slot de toekomstige mate van schaalvergroting van groot belang omdat ze veel invloed heeft op het aantal verwachte schepen dat de sluis zou willen passeren. .

5 Over indirecte effecten

Het veranderen van transportstromen en reistijden zorgt voor strategische welvaartseffecten, de zogeheten indirecte effecten die optreden op markten buiten de haven. Deze effecten kunnen optreden op productmarkten, de arbeidsmarkt en de grondmarkt. Deze effecten moeten in een MKBA worden meegenomen omdat ze afhankelijk van de werking van de getroffen markten welvaartsveranderingen tot gevolg kunnen hebben.

5.1 Leveringen tussen bedrijven

De indirecte effecten van de hoekpunten betreffen tweede orde effecten op markten waarin de scheepvaart op directe of indirecte wijze deel uitmaakt van de waardeketen. Zulke strategische effecten ontstaan doordat bedrijven voordeel of nadeel ondervinden van verandering van hun transportkosten die het gevolg zijn van de ontwikkeling van de scheepvaart in de hoekpunten (Manshanden e.a., 2008). Dit vertalen deze bedrijven weer in hun economische transacties met andere bedrijven en consumenten, die zo ook weer een afgeleid effect ondervinden. Als in de zeetoegangen tot de Rijnmond dammen met sluizen worden gelegd die de reistijd van schepen beïnvloeden, heeft dit gevolgen voor de kostenstructuur van bedrijven die van deze scheepvaart gebruik maken. Dit geldt ook voor effecten op de arbeidsmarkt (meer mensen aan het werk) en (hiervan afgeleid) de woningmarkt (verhuisgedrag vanwege scheepvaartveranderingen).

Een belangrijk aandachtspunt hierbij is of deze effecten herverdelingseffecten zijn, of dat ze de welvaart veranderen. Als markten volledige mededinging kennen, zijn indirecte effecten puur herverdelingseffecten. Als bedrijven die gebruik maken van de scheepvaart een verandering in hun kostenstructuur doorvoeren in hun productprijzen, zullen concurrenten ervoor zorgen dat de productprijzen op de markt niet veranderen. Het verlies aan toegevoegde waarde van de ene onderneming is dan de winst van de andere onderneming. Volledige concurrentie is evenwel empirisch weinig houdbaar, zodat de mogelijkheid van strategische welvaartseffecten bestaat. In hoeverre zijn deze effecten dan additioneel aan de directe effecten?

Er bestaan verschillende manieren om deze vraag te beantwoorden. Als vuistregel wordt wel tussen de nul en dertig procent van de directe effecten aangenomen (Elhorst e.a. 2004, blz. 27-32). Onderzoek naar de indirecte effecten van overstromingen in het Rijnmondgebied laat zien dat indirecte effecten forser kunnen uitvallen dan dertig procent (Koops e.a., 2008). De theoretisch beste methode is het ramen van indirecte effecten met een algemeen evenwichtsmodel. Zulke modellen geven de economie weer als stelsel van markten die door transacties met elkaar verbonden zijn. Deze modellen houden rekening met aanpassingen in vraag en aanbod die het gevolg zijn van (des)investeringen zoals de hoekpunten. Ze houden geen rekening met ruimte en afstand, die ook voor marktimperfecties zorgen: agglomeratievoor- en nadelen. Ruimtelijke algemeen evenwichtsmodellen kunnen in deze leemte voorzien. Zo modelleert het model RAEM (Ruimtelijk Algemeen Evenwichts Model) Nederland als samenhangend stelsel van markten in 40 COROP-regios en 15 economische sectoren, inclusief

overheid en buitenland. In dit model wordt voor productmarkten gewerkt met monopolistische concurrentie volgens de Nieuwe Economische Geografie, hetgeen betekent dat bedrijven marktmacht kunnen hebben en winstmarge kunnen maken. Dit verhoogt het realiteitsgehalte ten opzichte van de aanname van volledig vrije mededinging. Bovendien wordt zo aangesloten bij de oorzaak van indirecte effecten. Het nadeel van zulke modellen is wel dat ze vaak op een te hoog schaalniveau werken voor een gedetailleerde analyse, en dat ze een grote databehoeftte hebben.

Een alternatief is het opstellen van multiregionale input-output tabellen. Deze tabellen (bron: CBS) geven weer hoeveel goederen en diensten de economische sectoren in Nederland aan elkaar, aan consumenten en aan de overheid hebben geleverd en welke inputs zij daarvoor hebben gebruikt. Opgeteld geven deze tabellen het jaarlijks bruto nationaal product ofwel het inkomen verdiend uit economische activiteit. Daarbij heeft een analyse met input-outputtabellen het nadeel dat tot op zekere hoogte dubbeltellen optreedt (Manshanden e.a., 2008; Van den Bossche e.a., 2000). Dit komt door de eenvoudige doch minder realistische aannames die worden gemaakt over de prijselasticiteit van de vraag naar en het aanbod van goederen, en over de substitutie van productiefactoren. Input-outputtabellen zijn er ook voor regio's. Door de inputs en outputs van sectoren in regio's met elkaar te koppelen, ontstaat een beeld van de specialisatie van regio's: welke producten produceert een regio, en met welke andere regio's vindt er handel plaats? Als een regio veel sectoren heeft die veel (weinig) gebruik maakt van de diensten van de scheepvaart, is de invloed van beperking van de scheepvaart fors (klein). Deze bedrijven missen dan input of moeten deze elders vandaan halen. Dit geldt ook andersom: sectoren die toeleveren aan de scheepvaart missen omzet als er minder scheepvaart is. De input-output analyse geldt dan ook twee kanten op: voorwaartse leveringen en achterwaartse leveringen.

5.2 Omvang in de hoekpunten

Tabel 5.1 Toegevoegde waarde en specialisatie Groot-Rijnmond t.o.v. Nederland (Nederland = 100), 1995 en 2008^a

	Toegevoegde waarde 2008, mln €	Specialisatie Rijnmond	
		1995	2008
Landbouw, bosbouw en visserij	563	56	65
Delfstoffenwinning	301	12	15
Industrie en energievoorziening	9.455	106	126
Bouwnijverheid	2.976	98	107
Handel en reparatie	6.099	102	99
Horeca	646	88	78
Vervoer, opslag en communicatie	5.048	175	158
Financiële instellingen	2.160	112	78
Verhuur en zakelijke dienstverlening	10.737	101	101
Openbaar bestuur en overheidsdiensten	2.633	77	80
Gesubsidieerd onderwijs	1.800	89	87
Gezondheids- en welzijnszorg	3.932	93	92
Milieu, cultuur en ov. dienstverlening	1.703	89	98

a. Een getal hoger (lager) dan 100 betekent dat de regio Groot-Rijnmond relatief meer (minder) gespecialiseerd is in een sector dan het Nederlands gemiddelde. Het gaat dus om de relatieve specialisatie, *niet* om de absolute specialisatie.

Bron: CBS

Beschouwen we de sectoren waarin de regio Groot-Rijnmond gespecialiseerd is, dan blijkt de mainportfunctie duidelijk uit de oververtegenwoordiging in vervoer, opslag en communicatie, en in industrie en energievoorziening. De specialisatie in de eerste sector was in 2008 wel afgenomen van 175 in 1995 tot 158 ten opzichte van het Nederlands gemiddelde. De specialisatie in industrie en energievoorziening groeide juist, van 106 tot 126.

Groot-Rijnmond wordt daarmee gekenmerkt door een groot industrieel complex, dat veel handelt met het buitenland (zowel import als export). Een kenmerk van industriële producten is dat ze makkelijk internationaal verhandelbaar en verplaatsbaar zijn, terwijl diensten traditioneel een lokaal karakter hebben. Industrie is kapitaalintensief, dienstverlening juist arbeidsintensief. Groot-Rijnmond blijkt niet erg gespecialiseerd in dienstverlening. Vooral de afname van de relatieve specialisatie in financiële instellingen valt op.

Gezien de sectorspecialisatie en de handelsstromen uit Manshanden e.a. (2002) kan de algemene verwachting worden uitgesproken dat een fors deel van de kosten van uitval van scheepvaart zal neerslaan in het industrieel complex in Rijnmond-Drechtsteden. Omdat dit complex veel handelt met het buitenland, zullen de nadelige effecten hiervan vooral ten gunste komen van het buitenland. De meer lokaal gebonden dienstverlening in de regio Rotterdam zal naar verwachting weinig hinder ondervinden van uitvallende scheepvaart, omdat de stad Rotterdam weinig economische relaties met de haven onderhoudt (Manshanden e.a., 2008). De vraag in hoeverre het gaat om binnenlandse additionele effecten moet zeer kritisch

worden beantwoord omdat internationaal verhandelbare goederen over het algemeen onderhevig zijn aan een sterke neerwaartse prijsdruk. Dit betekent dat kostenverhogingen over het algemeen worden doorgegeven aan de consument, terwijl vraaguitval ten gunste van bedrijven in het buitenland optreedt. De indirecte effecten nemen dus naar verwachting vooral de vorm aan van weglekeffecten naar het buitenland.

In 2008 realiseerde de sector Industrie en energievoorziening in Groot-Rijnmond een toegevoegde waarde van 9,5 miljard euro (basisprijzen). Dit was bijna twintig procent van de toegevoegde waarde in de regio als geheel. In scenario GE/W+ bedraagt het negatieve effect op de scheepvaart in hoekpunt 1 tussen drie en zes miljoen euro in 2050, en ruim 200 miljoen euro in 2100. Hanteren we hierbij de 'dertig procent regel', dan zou het gaan om ongeveer twee miljoen respectievelijk zestig miljoen euro aan indirecte schade. Voor scenario RC/G gaat het om veel kleinere bedragen, ruim 800 duizend euro in 2050 en tot 3,7 miljoen euro in 2100 (hoekpunt 2). De indirecte schade zou dan ongeveer 250 duizend euro bedragen in 2050 en ruim een miljoen euro in 2100. Vergelijken met de omvang van de sector Industrie- en energievoorziening zijn dit zeer kleine bedragen. Gezien het incidentele karakter in de afsluitbaar open varianten (zelfs bij tienmaal sluiting per jaar) gaan we ervan uit dat hier geen indirecte effecten optreden. Te verwachten valt, dat in hoekpunt 3 veel hogere bedragen aan indirecte schade optreden. Wij hebben deze begroot op dertig procent van het directe effect van dammen met sluizen. Dit zorgt in scenario GE/W+ voor forse bedragen, namelijk ruim elf miljard euro in 2100 voor de varianten 3b en 3c. Hierbij valt te denken aan bedrijvigheid die uitwijkt naar het buitenland omdat schepen kiezen voor andere havens. Er moet overigens bij worden opgemerkt dat deze elf miljard moet worden gezien in het licht van de toegevoegde waarde creatie van het haven industrieel complex in 2100. Deze bedraagt een veelvoud van het bedrag in 2010 (Huizinga en Smid, 2004).

Arbeidsmarkt

Indirecte effecten kunnen ook optreden op de arbeidsmarkt, als de werkloosheid verandert door een investering. In de OEI leidraad wordt als eerste eis gesteld dat alleen maatregelen die veel vraag naar laagopgeleide werkgelegenheid creëren, additionele effecten op de arbeidsmarkt kunnen hebben (Eijgenraam e.a., 2000; Elhorst e.a., 2004). Middelbaar en hoger opgeleiden zijn immers schaars en kunnen niet meer worden ingezet zonder loonstijgingen. Hun regionale mobiliteit is bovendien hoger dan die van laagopgeleiden, zodat inzet in een regio ten koste gaat van inzet in een andere regio. Ter bepaling van de mate waarin typen werknemers schaars zijn, wordt wel de NAIRU (non accelerating inflation rate of unemployment) aangehouden. De NAIRU geldt als maat waar de werkloosheid niet onder kan komen zonder tot inflatie te leiden: loonstijgingen waar geen productiviteitsstijgingen tegenover staan. Als de werkloosheid in de betreffende regio boven de NAIRU ligt, kunnen er additionele indirecte effecten optreden. Voorwaarde is wel een lage vacaturegraad (het aantal vacatures per duizend werkzame personen). Als dit laag is, bestaat een extra indicatie dat er sprake is van een marktimperfectie.

Volgens de OEI leidraad kan er dus alleen sprake zijn van additionele indirecte effecten als de werkloosheid in Groot-Rijnmond hoger ligt dan het Nederlands gemiddelde, en als er weinig vacatures zijn. Dit is anno 2010 het geval. De nationale werkloosheid over 2010 bedroeg 5,4 procent, in de regio Groot-Rijnmond was dit 6,8 procent. Volgens de Arbeidsrekeningen van het CBS bedroeg het

inkomensniveau van laagopgeleiden in 2010 bijna 36.000 euro. Gecombineerd met de werkloosheid in de Rijnmond zou dit leiden tot een reserveringsloon van ruim 33.000 euro. Het verschil tussen beide is ongeveer 2.500 euro. Dit verschil vermenigvuldigd met de verandering in laagopgeleide arbeidsplaatsen zou de omvang van het indirecte effect weergeven. De vacaturegraad in de regio Groot-Rijnmond volgde de nationale ontwikkeling. Deze gaat vooral mee met de conjunctuur en schommelde in de periode 2001-2008 ongeveer tussen de 10 en 35. Hanteren we hiervoor hetzelfde criterium als de NAIRU, dan kan worden gesteld dat er geen overdaad aan vacatures is in Groot-Rijnmond, evenals op nationaal niveau. Dit impliceert dat voor 2010 additionele indirecte effecten van scheepvaartuitval mogelijk zijn. Gezien het bescheiden effect op grond van de sluitfrequentie valt echter voor de komende jaren geen negatief arbeidsmarkteffect van enige omvang te verwachten. Dit zou anders zijn in de gesloten varianten; gezien de bescheiden veranderingen in het klimaat voor de nabije toekomst ligt dit echter minder voor de hand.

Het is niet mogelijk voor de zichtjaren 2050 en 2100 een prognose te geven. Wel kan worden vastgesteld dat de vergrijzing tot 2040 zal doorzetten. Onder gelijke institutionele omstandigheden op de arbeidsmarkt zal dit zorgen voor een steeds hoogwaardiger vraag naar arbeid en een toenemende mismatch: een hoge werkloosheid onder laagopgeleiden en een hoge vacaturegraad. Deze mismatch geeft de mogelijkheid van additionele indirecte effecten. Bovendien zal scenario RC/G ondanks een krimp in het arbeidsaanbod in de periode tot 2040 een hogere werkloosheid te zien geven dan GE/W+ (WLO, 2006). In scenario GE/W+ zullen onderbrekingen van de scheepvaart van tijdelijke of permanente aard derhalve minder additionele effecten op de arbeidsmarkt hebben.

Tabel 5.2 Banen van werknemers Nederland en Groot-Rijnmond en specialisatie Groot-Rijnmond t.o.v. Nederland, 2009

	Banen Nederland x 1.000	Banen Groot- Rijnmond x 1.000	% Nederland	% Groot- Rijnmond	Specialisatie Groot- Rijnmond t.o.v. NL
Landbouw, bosbouw en visserij	111,9	6,6	1,4	1,0	70
Winning van delfstoffen	7,8	0,3	0,1	0,0	46
Industrie (excl. energie)	805,6	50,3	10,3	7,7	74
Productie en distributie van energie	27,1	3	0,3	0,5	132
Bouwnijverheid	364,1	40,5	4,7	6,2	132
Reparatie van consumentenartikelen					
..	1.262,5	102,1	16,2	15,6	96
Horeca	309	22	4,0	3,4	85
Vervoer, opslag en communicatie	430,4	53,2	5,5	8,1	147
Financiële instellingen	342,4	29,2	4,4	4,5	101
Verhuur van en handel in onroerend goed	1.487,9	137	19,1	20,9	110
Openbaar bestuur, overheidsdiensten					
..	518	41,1	6,7	6,3	94
Onderwijs	511,3	41,4	6,6	6,3	96
Gezondheids- en welzijnszorg	1.279,2	102,1	16,4	15,6	95
Milieudienstverlening, cultuur, ..	331,4	26,1	4,3	4,0	94

Bron: TNO o.b.v. CBS

De verwachting is dat de arbeidsmarkt als geheel bij een ongewijzigde sectorale samenstelling in Groot-Rijnmond relatief weinig indirecte effecten zal ondervinden. De meeste werkgelegenheid in Groot-Rijnmond wordt geleverd door de sectoren Onderhoud en reparatie, Verhuur van en handel in onroerend goed, en Gezondheids- en welzijnszorg. Deze sectoren lijken geen grote onderlinge leveringen te hebben met de haven (met uitzondering wellicht van handel en reparatie). Groot-Rijnmond is gespecialiseerd in relatief kleine sectoren in termen van banen; hierin uit zich de arbeidsextensieve aard van het industriële complex. Bij voortgaande automatisering en schaalvergroting zal het productieproces bij voortdurend minder arbeidsintensief worden, zodat de additionele arbeidsmarkteffecten van scheepvaartonderbrekingen relatief kleiner worden. Een input-outputanalyse zou een vollediger antwoord op de vraag mogelijk maken, omdat hierin behalve de relatieve omvang van de sectoren ook hun economische verbondenheid wordt getoetst.

Grondmarkt

Het uitvallen van scheepvaart kan indirecte effecten hebben op de grondmarkt omdat bedrijven minder ruimte vragen. Ook kan het voorkomen dat door de daling van de werkgelegenheid werknemers verhuizen zodat de woningmarkt verandert (al zal het hier om hele kleine effecten gaan). In een situatie met een aanbodoverschot van bedrijventerreinen vormt het wegvallen van ruimtevrage door scheepvaartonderbrekingen een additioneel indirect effect. Ruimtevrage is over het algemeen locatie- en sectorspecifiek. Hierop gaan we hier verder niet in.

6 Conclusies

6.1 Kostentabellen

Tabel 6.1 Kosten scheepvaart in scenario GE/W+, miljoenen euro's van 2011 (niet verdisconteerd)

	1 Afsluitbaar open zeezijde	2 Afsluitbaar Open Zee- en Rivierzijde	3a Gesloten Zee- en Rivierzijde	3b Open Haringvliet	3c Gesloten Zeezijde, open rivieren
2010					
Reistijdverlies	0,2	0,4	NB	NB	NB
Verlies toegevoegde waarde door alternatieve havenkeuze	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indirecte effecten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0
2050					
Reistijdverlies	3,2	6,0	71,9	71,9	19,9
Verlies toegevoegde waarde door alternatieve havenkeuze	0,0	0,0	2.320,9	2.320,9	1.264,3
Indirecte effecten	0,0	0,0	696,3	696,3	379,3
Totaal	3,2	6,0	3.089,1	3.089,1	1.663,6
2100					
Reistijdverlies	23,9	44,3	102,9	102,9	55,1
Verlies toegevoegde waarde door alternatieve havenkeuze	0,0	0,0	5.274,0	5.274,0	2.522,8
Indirecte effecten	0,0	0,0	1.582,2	1.582,2	756,8
Totaal	23,9	44,3	6.959,1	6.959,1	3.334,7

Bron: TNO

Tabel 6.2 Kosten scheepvaart in scenario RC/G, miljoenen euro's van 2011

	1 Afsluitbaar open zeezijde	2 Afsluitbaar Open Zee- en Rivierzijde	3a Gesloten Zee- en Rivierzijde	3b Open Haringvliet	3c Gesloten Zeezijde, open rivieren
2010					
Reistijdverlies	0,2	0,4	NB	NB	NB
Verlies toegevoegde waarde door alternatieve havenkeuze	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indirecte effecten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	0,2	0,4	0,0	0,0	0,0
2050					
Reistijdverlies	0,4	0,8	50,7	50,7	14,5
Verlies toegevoegde waarde door alternatieve havenkeuze	0,0	0,0	5,6	5,6	5,6
Indirecte effecten	0,0	0,0	1,7	1,7	1,7
Totaal	0,4	0,8	58,0	58,0	21,8
2100					
Reistijdverlies	1,8	3,7	60,2	60,2	17,8
Verlies toegevoegde waarde door alternatieve havenkeuze	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Indirecte effecten	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totaal	1,8	3,7	60,2	60,2	17,8

Bron: TNO

Zowel in de afsluitbaar open varianten als de gesloten varianten zorgt de Rijnmond Ring voor forse extra kosten, die vooral de binnenvaart treffen. Uiteraard moeten deze kosten worden gezien in samenhang met de gunstige effecten van veiligheidsmaatregelen in het waterbeheer.

De invloed van economische groei op de scheepvaartkosten is een centrale factor. Belangrijk is te bedenken dat het bij de bedragen gaat om europrijzen van 2011, die moeten worden vergeleken met de economie van het zichtjaar waarin ze zich voordoen. Zo hoort bij scenario GE/W+ een forse stijging van het BNP, naar ongeveer het tienvoudige in 2100. Bovendien gaat het om bedragen die nog niet zijn verdisconteerd naar 2011.

Vooral is het belangrijk de talrijke gebruikte aannames in beeld te hebben. Al eerder wezen we op de veronderstelling van onmiddellijk uitwijken naar andere havens bij wachtrijen rond de sluisen in de gesloten varianten. Ook andere havens ondervinden de gevolgen van klimaatverandering. Wachten kan in veel gevallen opwegen tegen alternatieve havenkeuze vanwege een geografisch voordeel van de Rotterdamse haven. Er is voorts aangenomen dat in de afsluitbaar open

varianten geen indirecte effecten optreden, terwijl volgens Witteveen + Bos (2008) vanaf 2 tot 3 keer sluiten per jaar weldegelijk alternatieve havenkeuze volgt. Er is aangenomen dat de alternatieve havenkeuze in de gesloten varianten additionele indirecte effecten heeft van dertig procent van de verloren toegevoegde waarde. De capaciteit van de sluizen is met een aanname vastgesteld. De mate waarin schaalvergroting optreedt in de scheepvaart is geraamd op basis van historische gegevens, die geen zekerheden bieden voor de toekomst. De projecties voor 2100 zijn grotendeels gebaseerd op extrapolaties van scenario's tot 2040.

Wellicht de belangrijkste missende schakel is wel dat geen projecties zijn gemaakt van de toekomstige capaciteit van de Rotterdamse haven en de bijbehorende investeringen. Omdat de kengetallenanalyse meer kostenposten omvat dan de scheepvaart ligt het niet voor de hand hier afzonderlijke alternatieven voor op te stellen. Niettemin is het moeilijk om een uitspraak te doen over de mate waarin (met name in scenario GE/W+) aan de vraag naar havencapaciteit kan worden voldaan. Dit is van groot belang voor het al of niet optreden van wachtrijen en uitval van scheepvaart. De vergelijkbaarheid van de scenario's wordt bemoeilijkt omdat in scenario GE/W+ een dusdanige uitbreiding van de scheepvaart optreedt dat hier investeringen in de havencapaciteit benodigd zijn, terwijl dit in scenario RC/G niet het geval zou zijn. De omvang en timing van dergelijke investeringen zou expliciet moeten worden gemaakt.

Ook milieueffecten van de hoekpunten zijn niet meegenomen: emissies, geluidhinder, luchtkwaliteit. Deze effecten kunnen een forse beperking inhouden van de maatschappelijke welvaartsbijdrage van de scheepvaart. Tot slot is van het beschouwen van verandering in de modal split (weg, spoor, binnenvaart, pijpleiding) afgezien, onder de aanname dat de modaliteiten weg en spoor ook onderhevig zijn aan forse ruimtelijke beperkingen in de regio Rijnmond-Drechtsteden.

6.2 Vervolgstappen

De hier ingeschatte kosten vormen een zeer globale benadering van de mogelijke omvang van de maatschappelijke effecten, mede door de lange termijn waarover ze optreden. Een MKBA zal met de hier genoemde factoren rekening moeten houden. Daarbij valt in het bijzonder te denken aan de waardering van reistijd en betrouwbaarheid, de mate waarin alternatieve havenkeuze en modaliteitkeuze optreden, ontwikkelingen in de scheepvaart zoals schaalvergroting, veranderingen in de modal split en nadere uitwerking van de scenario's.

De waaier aan mogelijke scenario-uitkomsten is, zoals viel te verwachten, zeer fors gezien de lange beschouwde periode en de keuze voor een hoog en een laag scenario. Het is wenselijk in de MKBA expliciet aandacht te besteden aan de toekomstige capaciteitsontwikkelingen van de haven. Ook verdient het aanbeveling expliciet aandacht te besteden aan de waterbeheermaatregelen in de havens waarmee Rotterdam in een concurrerende positie verkeert. Ook in havens als Antwerpen en Hamburg zal klimaatverandering zich doen voelen en zullen te zijner tijd maatregelen worden genomen.

Een aantal andere factoren is niet meegenomen in de analyse. Hierbij valt te denken aan congestievorming bij sluiting van de waterkeringen in de afsluitbaar

open varianten, de betrouwbaarheid van de reistijd per hoekpunt, het effect van lage waterstanden op de binnenvaart en verandering van de modal split.

Bronnen

Publicaties

Besseling, P., J. Francke en R. Saitua Nistal (2006), *Aanpassing WLO scenario's voor het containervervoer*, CPB memo nr. 172, Den Haag

Bossche. M. van den, O. Teule, J. Oosterhaven. J.E. Strum en P.J. Zwaneveld (2000), *Fundamenteel voorwaarts*, NEI/RUG/TNO Inro ministerie van Verkeer en Waterstaat/ministerie van Economische Zaken, Den Haag

CPB, MNP en RPB (2006), *Welvaart en leefomgeving*, Den Haag, www.welvaartenleefomgeving.nl

Deltacommissie (2008), *Samen werken aan water*, Den Haag

Deltares (2010), *Klimaatbestendigheid en opties voor adaptatie in de Regio Rijnmond-Drechtsteden*, Utrecht/Delft

Deltares (2011), *Deltascenario's – scenario's voor robuustheidanalyse van maatregelen voor zoetwatervoorziening en waterveiligheid*, concept, Utrecht/Delft

Eijgenraam, C.J.J., C.C. Koopmans, P.J.G. Tang en A.C.P. Verster (2000), *Evaluatie van infrastructuurprojecten – leidraad voor kosten-batenanalyse*, CPB/NEI, Den Haag/Rotterdam

Elhorst, J.P., A. Heyma, .C. Koopmans en J. Oosterhaven (2004), *Indirecte effecten infrastructuurprojecten – aanvulling op de Leidraad OEI*, Ministerie van Verkeer en waterstaat/Ministerie van Economische Zaken, Den Haag

Groen, T., en J.C. van Meijeren (2010), *Vlootontwikkeling binnenvaart*, Rijkswaterstaat DVS, TNO-rapport, Delft

Havenbedrijf Rotterdam (2011), *Havenvisie 2030*, Rotterdam

Jonkhoff, W., T. Groen en E. Rietveld (2009), *Batenverkenning klimaatbestendigheid Nederland Waterland*, TNO-rapport, Delft

Jonkhoff, W., O. Koops, R.A.A. van der Krogt, G.H.P. Oude Essink en E. Rietveld (2008), *Economische effecten van klimaatverandering*, TNO-rapport, Delft

Kiel, J. (2007), *Feederstromen via Nederlandse zeehavens - pilot studie over de verwerking en analyse van datavan feederstromen*, Nationale Havenraad, Rijswijk

KNMI (2006), *Klimaat in de 21^e eeuw – vier scenario's voor Nederland*, De Bilt

Koeman, J.W. (2011), *Toekomstverkenningen havenindustriële cluster*, notitie, Havenbedrijf Rotterdam

Kuipers, B. en W. Jonkhoff (2011), Ex post evaluation of Rotterdam port investment, in: W.J.J. Manshanden en W. Jonkhoff (2011), *Infrastructure productivity evaluation*, Springer, New York, blz. 47-64

Manshanden, W.J.J., P.J.M. de Bruijn, A.C. Muskens en P.J. Louter (2002), *Zo werkt Rotterdam: een vergelijking van de regionaal economische structuur van de regio's Rotterdam en Amsterdam*, TNO Inro, Delft

Manshanden, W., O. Koops. T. van Bree, K. Vanherle, C. Heyndricks, J. van Brussel en F. van der Zee (2008), *Strategische welvaartseffecten Kanaalzone Gent-Terneuzen*, TNO/TM Leuven, Delft/Leuven

Meijeren, J.C. van, en A. Burgess (2008), *Scenarioberekeningen goederenvervoer per spoor 2020-2040*, TNO-rapport, Prorail, Utrecht

Nijdam, M., L. van der Lugt en B. van der Biessen (2010), *Havenmonitor 2008*, Erasmus Universiteit Rotterdam, Nationale Havenraad, Den Haag

Meijeren, J.C. van, en T. Groen (2010), *Impact of climate change on the competitive position of inland waterway transport*, Kennis voor Klimaat, TNO-rapport, Delft

Witteveen+Bos en Twynstra Gudde (2009), *Evaluatie sluitingsregime Maeslantkering (consequentiedocument)*, Rijkswaterstaat Zuid-Holland

Websites en bestanden

www.portofrotterdam.com: totale goederenoverslag.pdf

www.portofrotterdam.com: zeeschepen_tijdreeks.pdf

www.portofrotterdam.com: lengte_klasse_2008_tcm26-9629.pdf

bivas.chartasoftware.com/article/247

Basisbestand Goederenvervoer 2004
BIVAS 2008

Havenbedrijf Rotterdam, CallsType2010.xls

Bijlage A

Oplossingsrichtingen en varianten

1. Afsluitbaar Open aan zeezijde

De essentie van deze oplossingsrichting is dat het hoofdwatersysteem zoals we dat nu kennen in het Rotterdam-Rijnmondgebied, gehandhaafd blijft. Het bestaande fysieke systeem bestaat uit een afsluitbaar open systeem aan zeezijde. De oplossingsrichting is vergelijkbaar met de huidige situatie; open in normale omstandigheden, met een mogelijkheid tot afsluiten aan zeezijde in extreme omstandigheden. Voor het op orde houden van de waterveiligheid en de zoetwatervoorziening zijn er drie typen maatregelen waarmee 'doorgaan met het huidige systeem' mogelijk kan blijven:

1. Onderhoud en *upgraden* van huidige werken (Europoortkering, Krimpen aan de IJssel, trapjeslijn).
2. Maatwerk op lokale schaal (per locatie in Rijnmond-Drechtsteden kijken naar lokale aanpak van waterveiligheid/dijken en zoetwater).
3. Procedurele en beleidsmatige sturing van het systeem optimaliseren (sluitfrequenties, mogelijkheid voorinvestering, besluitvorming optimaliseren binnen Deltafonds, lossen van HWBP).

Deze oplossingsrichting is flexibel; als meer informatie beschikbaar is over de ontwikkeling van het klimaat, kunnen plannen worden aangepast. In dit systeem blijft ruimte voor getijdenwerking en wordt de scheepvaart niet tot nauwelijks belemmerd. Hoewel de sluitfrequentie van de Maeslantkering nu geen probleem is voor de scheepvaart, kan die dat op termijn wel worden. Hoe de verdeling en het gebruik van zoet water vorm krijgt, moet nader worden onderzocht. Belangrijke aandachtspunten zijn: de faalkans van de keringen, sluitfrequenties, dijkversterkingen, buitendijkse gebieden, de waterverdeling over de rivieren, knikpunten in waterstanden en zoutindringing.

Vormgeving oplossingsrichting

- a. De Maeslantkering heeft een faalkans van 1/1000. Dit is een keuze van de projectgroep gebaseerd op de verwachting dat in de toekomst dit realiseerbaar is (desnoods met een dubbele SVK) en dat er ook behoefte zal zijn aan een lagere faalkans voor de effectiviteit van de kering. De sluitfrequentie mag (en zal) oplopen tot maximaal 1 keer per jaar. Het sluitcriterium wordt daarvoor in eerste instantie gehandhaafd op het huidige sluitpeil van +3 meter en zal daarna meestijgen met de zeespiegelstijging. De omvang van het lekdebiet bij de kering zal gelijkgehouden worden (dus de hoogte van de kering groeit mee met zeespiegelstijging).
- b. De Hartelkering blijft gehandhaafd en krijgt dezelfde parameters als de Maeslantkering.
- c. De Hollandse IJsselkering blijft gehandhaafd. Modelmatig krijgt deze geen faalkans, maar de invloed van de faalkans (gesteld op 1/500) zal achteraf analytisch bepaald worden.
- d. De Haringvlietdam en –sluizen blijven gehandhaafd. Verzilting op het Haringvliet mag niet verder gaan dan bij het Kierbesluit vastgesteld.
- e. Verzilting op de Nieuwe Waterweg wordt zoveel mogelijk tegengegaan door handhaving/opwaardering van de trapjeslijn en eventuele andere lokale

maatregelen bij de innamepunten. De concrete maatregelen zijn nog niet vastgesteld.

- f. De dijken worden aangelegd als normdijken volgens de huidige normering

2. Afsluitbaar Open aan zee- en rivierzijde

Afsluitbaar Open aan zee- en rivierzijde is een waterstaatkundig systeem waarbij de waterveiligheid voor Rijnmond-Drechtsteden wordt gewaarborgd door een systeem van afsluitbare keringen aan de zeezijde en in omliggende riviertakken. De essentie van deze oplossingsrichting is het continueren/optimaliseren van de open structuur in dagelijkse omstandigheden, met een waarborg voor waterveiligheid en zoetwatervoorziening in uitzonderlijke omstandigheden. De keringen kunnen in bijzondere omstandigheden tijdelijk worden gesloten en rivierafvoeren kunnen worden omgeleid.

De oplossingsrichting kent mogelijk een aantal varianten waarbij de bestaande en voor zover nodig te verbeteren Maeslantkering, Hartelkering en Haringvlietstuizen, worden gecombineerd met een aantal nieuwe afsluitbare keringen in de riviertakken rond het gebied. De mogelijkheid om nieuwe kanalen aan te leggen of rivierlopen aan te passen, bijvoorbeeld langs de Lek, maakt hier onderdeel van uit. De eventuele aanleg van bijvoorbeeld een 'Nieuwe Lek' heeft grote invloed op het gebied en de effecten op de omgeving moeten dan ook zorgvuldig worden onderzocht.

De werking van dit systeem is afhankelijk van een voldoende kleine faalkans van keringen. Belangrijke aandachtspunten zijn: de faalkans van de flexibele keringen, de sluitfrequentie, de omvang van aanvullende dijkversterkingen, de kwetsbaarheid van buitendijkse gebieden, de waterverdeling over de rivieren en het beperken van zoutindringing.

Vormgeving oplossingsrichting

- a. De Maeslantkering krijgt een lagere faalkans van 1/1000 en de sluitfrequentie mag (en zal) oplopen tot maximaal 1 keer per jaar. Het sluitcriterium wordt daarvoor in eerste instantie gehandhaafd op het huidige sluitpeil van +3 meter en zal daarna meestijgen met de zeespiegelstijging. De omvang van het lekdebiet bij de kering zal gelijkgehouden worden (dus de hoogte van de kering groeit mee met zeespiegelstijging).
- b. De Hartelkering blijft gehandhaafd en krijgt dezelfde parameters als de Maeslantkering.
- c. De Hollandse IJsselkering blijft gehandhaafd. Modelmatig krijgt deze geen faalkans, maar de invloed van de faalkans (gesteld op 1/500) zal achteraf analytisch bepaald worden.
- d. De Haringvlietdam en -stuizen blijven gehandhaafd. Verzilting op het Haringvliet mag niet verder gaan dan bij het Kierbesluit vastgesteld. Dit betekent op termijn dat de Kier (weer) sluit.
- e. De rivierkeringen in Lek, Spui, Dordtse Kil en Beneden Merwede worden aangelegd op de locaties volgens Veerman en krijgen dezelfde faalkans van 1/1000 en zelfde sluitcriterium als de Maeslantkering. Afgesproken is ook dat de rivierkeringen afhankelijk falen met de Maeslantkering. Dit is vanwege technische beperkingen van de modellen, maar simuleert tevens dat bij falen van de EPK waarschijnlijk de rivierkeringen beter open kunnen staan.

- f. Voor de verdeling van de rivierafoeren komen er twee varianten: een waarbij een Blauwe Rivier (lokatie Veerman) aangelegd wordt en een waarbij al het Lekwater al bij Pannerden over de Waal gestuurd wordt. De hoeveelheid die (potentieel) over de Lek gestuurd wordt, is gebaseerd op de huidige afvoerdeling over de Rijntakken (Dit is incl het aftoppen van het lekdebiets boven 16.000 m³/s rijns debiet). Met een blauwe rivier wordt de hydraulisch meest gunstige en eenvoudige situatie gesimuleerd.
- g. De dijken worden aangelegd als normdijken volgens de huidige normering (zoals bij alle hoekpunten). Ook wordt er een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd op kostenverschil tussen de huidige norm en een norm die 10x zo streng is (dit betekent bijvoorbeeld dat dijkkring 14 een norm van 1:100.000 zou hebben).
- h. Verzilting op de Nieuwe Waterweg wordt zoveel mogelijk tegengegaan door handhaving/opwaardering van de trapjeslijn en eventuele andere lokale maatregelen bij de innamepunten. De concrete maatregelen zijn nog niet vastgesteld. Ook kan hierbij bekeken worden of de inzet van de stormvloedkeringen voor het bestrijden van verzilting effectief is (dan ook bepalen welk sluitcriterium van toepassing is).

3. Gesloten zee- en rivierzijde

Het programmteam ziet de gesloten oplossingsrichting als een systeem van permanent gesloten keringen aan de zee- én rivierzijde. De varianten 'gesloten zeezijde/open rivierzijde' en 'gesloten zeezijde/afsluitbaar open rivierzijde' zullen hierbij worden meegenomen; die zijn onder andere vanuit het perspectief van de binnenscheepvaart van belang.

De essentie van deze oplossingsrichting is het duurzaam en robuust waarborgen van de waterveiligheid en het bieden van een definitieve oplossing voor de zoutindringing door het aanleggen van een gesloten ring om het gebied. De faalkansen kunnen met permanent gesloten keringen aanzienlijk worden beperkt. In de gesloten keringen zijn doorlaatconstructies (spui- en scheepvaartsluizen) denkbaar. De mogelijkheid om nieuwe kanalen aan te leggen of rivierlopen aan te passen, c.q. debieten te beïnvloeden, maakt hier onderdeel van uit. Het water binnen de ring zal op een peil komen met gecontroleerde marges. Hierdoor zijn ook de buitendijkse gebieden optimaal beschermd. De scheepvaart zal tussen de zee en het achterland door een schutsluis heen moeten. Dat is een achteruitgang ten opzichte van de huidige situatie. Belangrijke aandachtspunten zijn: onzekerheid over klimaatontwikkeling, flexibiliteit, scheepvaart, ecologie, waterkwaliteit en de waterafvoer van rivieren naar de Zuidwestelijke Delta.

Vormgeving oplossingsrichting (alle varianten)

- a. De Maeslantkering wordt vervangen door een dam met 4 schutsluizen
- b. De Hartelkering wordt waarschijnlijk vervangen door een dam met sluizen. (Er werd gesproken over de mogelijkheid om het Hartelkanaal buiten de gesloten ring te houden, maar dan wordt de ring aan de zuidkant aanzienlijk kleiner en komen alle rivierkeringen anders te liggen).

Vormgeving oplossingsrichting variant "Gesloten zee- en rivierzijde" (gesloten a)

- a. De Haringvlietdam en –sluizen blijven gehandhaafd. Verzilting op het Haringvliet mag niet verder gaan dan bij het Kierbesluit vastgesteld. Doordat er

geen water meer via de Nieuwe Waterweg loopt, ontstaat er in het Haringvliet een grotere zoetwaterstroom.

- b. Er worden dammen aangelegd in Lek, Spui, Dordtse Kil en Beneden Merwede op de lokaties volgens Veerman. In de dammen worden schutsluizen aangelegd en spuivoorzieningen (doorstroming).
- c. De Nieuwe Waterweg en de wateren binnen deze ring van werken worden peilbeheerst. Het streefpeil en bijbehorende toegestane marges moeten nader worden vastgesteld. Hierbij zijn een aantal criteria van belang:
 - Voorkomen overlast door kwel
 - Voldoende vaardiepte
 - Spuien onder vrij verval moet mogelijk zijn
 - Voldoende berging bij storm op zee als er niet afgewaterd kan worden.
 - Het huidige gemiddelde zee niveau bij Rotterdam varieert tussen -0,4 en + 0,8 m. Een peil van ongeveer 1 meter is dus gemakkelijk te handhaven tot zeker 1,3 meter zeespiegelstijging. De marge met het huidige toetspeil bij Rotterdam en Dordrecht (ongeveer 3 meter) is dan nog ruim.
- d. Het Lekwater wordt via een blauwe rivier (lokatie Veerman) naar de Waal gestuurd. De hoeveelheid die (potentieel) over de Lek gestuurd wordt, is gebaseerd op de huidige afvoerverdeling over de Rijntakken.
- e. De dijken worden aangelegd als normdijken volgens de huidige normering.
- f. De Hollandse IJsselkering verliest haar functie en kan er uit.
- g. Verzilting van de Nieuwe Waterweg wordt beperkt door het spuien/schutten (of zelfs bemalen).

Vormgeving oplossingsrichting variant "Open Haringvliet". (gesloten b)

- a. De Haringvlietdam en –sluizen worden verwijderd. Verzilting op het Haringvliet wordt toegestaan.
- b. Er worden dammen aangelegd in Lek, Spui, Dordtse Kil en Beneden Merwede op de lokaties volgens Veerman. In de dammen worden schutsluizen aangelegd en spuivoorzieningen (doorstroming).
- c. De Nieuwe Waterweg en de wateren binnen deze ring van werken worden peilbeheerst. Het streefpeil en bijbehorende toegestane marges moeten nader worden vastgesteld. Hierbij zijn een aantal criteria van belang:
 - Voorkomen overlast door kwel
 - Voldoende vaardiepte
 - Spuien onder vrij verval moet mogelijk zijn
 - Voldoende berging bij storm op zee als er niet afgewaterd kan worden.
 - Het huidige gemiddelde zee niveau bij Rotterdam varieert tussen -0,4 en + 0,8 m. Een peil van ongeveer 1 meter is dus gemakkelijk te handhaven tot zeker 1,3 meter zeespiegelstijging. De marge met het huidige toetspeil bij Rotterdam en Dordrecht (ongeveer 3 meter) is dan nog ruim.
- d. Het Lekwater wordt via een blauwe rivier (lokatie Veerman) naar de Waal gestuurd. De hoeveelheid die (potentieel) over de Lek gestuurd wordt, is gebaseerd op de huidige afvoerverdeling over de Rijntakken.
- e. 8/9 van de afvoer van de Rijn wordt afgevoerd via het Haringvliet. Dit kan in potentie voor een flinke terugdringing van de zouttong op het Haringvliet leiden.
- f. *(Als hier kostenkanten voor beschikbaar zijn) Om opstuwing rondom Werkendam te voorkomen wordt langs de zuidrand van het Eiland van Dordrecht de Merwede verbreed met x meter, een profiel vergroting van y%.*
- g. De dijken worden aangelegd als normdijken volgens de huidige normering.
- h. De Hollandse IJsselkering verliest haar functie en kan er uit.

- i. Verzilting van de Nieuwe Waterweg wordt beperkt door het spuien/schutten (of zelfs bemalen).

Vormgeving oplossingsrichting variant "Gesloten zeezijde, open rivieren" (gesloten c)

- a. De Haringvlietdam en –sluizen blijven gehandhaafd. Verzilting op het Haringvliet mag niet verder gaan dan bij het Kierbesluit vastgesteld. Doordat er geen water meer via de Nieuwe Waterweg loopt, ontstaat er in het Haringvliet een grotere zoetwaterstroom.
- b. Verzilting op de Nieuwe Waterweg is aanmerkelijk kleiner. Bepaald moet worden welke consequenties dit heeft en welke maatregelen nog nodig zijn (zie memo 1^e generatie oplossing zout).
- c. Naast berging in het VZM, ook berging in de Grevelingen. Dit betekent dat het doorlaatmiddel richting het Grevelingenmeer wordt vergroot: in de gevoeligheidsanalyse berging zijn hier uitspraken over gedaan.
- d. De Hollandse IJsselkering blijft gehandhaafd. Modelmatig krijgt deze geen faalkans, maar de invloed van de faalkans (gesteld op 1/500) zal achteraf analytisch bepaald worden.

4. Open

De oplossingsrichting Volledig Open betekent dat het watersysteem teruggebracht wordt naar een volledig open estuarium, waarbij in de meest vergaande vorm het opheffen van de Europoortkering (Hartelkering en Maeslantkering), de Haringvlietdam en de stormvloedkering bij Krimpen aan den IJssel aan de orde is. De estuariene dynamiek van de deltagetijdewerking en de geleidelijke overgangen van zoet naar zout, worden in deze variant maximaal teruggebracht. Er is een open verbinding van het achterland met de zee waar de scheepvaart en natuur profijt van hebben. De waterveiligheid kan bij deze oplossingsrichting gewaarborgd worden met ingrijpende dijkverhogingen en adaptieve inrichting van buitendijkse en wellicht ook binnendijkse gebieden.

In dit systeem zal de waterveiligheid volledig worden gewaarborgd door het ophogen van dijken. Dat heeft grote consequenties voor het landschap langs het waterfront. Dat biedt nieuwe inrichtingsmogelijkheden, zoals vernieuwende dijkconcepten. De haven is in dit systeem beter bereikbaar dan in de huidige situatie.

Belangrijkste aandachtspunten zijn: hoeveelheid en type dijkverhogingen/verzwaringen, de bescherming van bestaand buitendijks gebied, kansen en belemmeringen voor nieuwe ruimtelijke ontwikkelingen, ecologische gevolgen, gevolgen voor landbouw, industrie en scheepvaart.

Vormgeving oplossingsrichtingen

- a. Alle stormvloedkeringen worden verwijderd.
- b. De dijken worden uitgevoerd volgens het deltadijkconcept.
- c. Mogelijkheden voor compartimentering zullen nader bepaald kunnen worden.
- d. Verzilting van inlaatpunten zal toenemen en voor de zoetwatervoorziening zullen alternatieven bedacht moeten worden (IJsselmeer, andere transportroutes en/of lokale bronnen)

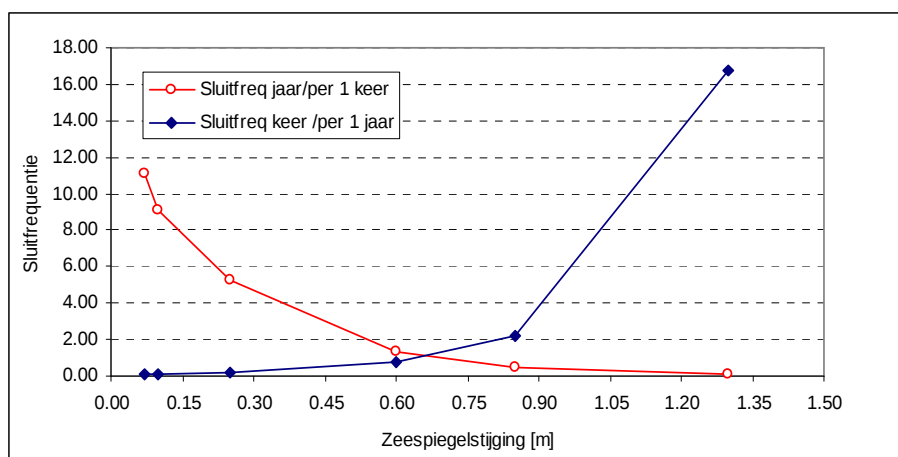
Bijlage B

Sluitfrequentie als functie van de zeespiegelstijging

De Maeslantkering is gebouwd om het achterliggende Rijnmondgebied te beschermen tegen stormvloed vanuit zee. Daarnaast is de kering zo ontworpen dat scheepvaart door de Nieuwe Waterweg niet gehinderd wordt. Onder de huidige omstandigheid wordt de kering ongeveer 1 keer per 12 jaar geactiveerd. De kering heeft een faalkans van 1 per 100 keer, dus het falen van de kering komt ongeveer 1 keer per 1200 jaar.

Naarmate de zeespiegel stijgt, zal de kering dikwijls worden geactiveerd als het huidige beheer- regime niet worden aangepast waardoor de kering ook frequenter faalt. Daarnaast neemt de kans op samenloop van stormvloed met de hoge rivierafvoer steeds toe waardoor er extreem hoge waterstand in het Rijnmondgebied zal ontstaan.

Tabel A1. Zeespiegelstijging en sluitfrequenties Maeslantkering



Bron: Deltares

Tabel A.1 Sluitfrequentie als functie van de zeespiegelstijging.

Zeespiegelstijging [m]	0,07	0,10	0,25	0,60	0,85	1,30
Sluitfrequentie keer /per 1 jaar	0,09	0,11	0,19	0,76	2,20	16,80
Sluitfrequentie jaar/per 1 keer	11,11	9,09	5,26	1,32	0,45	0,06

Bron: Deltares

Door de afrond tot integer is de door het model Hydra-B TMR2006 berekende sluitfrequentie niet meer nauwkeurig als deze hoger is dan 1 keer per 10 jaar². Echter is gebleken dat de sluitfrequentie van de Europoortkering redelijk overeen komt met een overschrijdingsfrequentie van 3m+NAP van de zeewaterstand te locatie Hoek van Holland, als de kering wordt aangestuurd met het huidige sluitpeil

² Wat dit betreft dient het model te worden aangepast.

te Rotterdam en/of Dordrecht. In figuur A.1 wordt de sluitfrequentie als functie van de zeespiegelstijging afgebeeld. Als de zeespiegel 0.5 m t.o.v. 1990 stijgt, wordt de kering 1 keer per 2 jaar geactiveerd. Die is ongeveer 5 maal zo frequenter als de huidige situatie. Als de zeespiegel 1.3m t.o.v. 1990 stijgt, dan sluit de kering 17 keer per jaar (zie ook tabel A.1). Dit komt op neer dat de kering faalt voor ieder 6 jaar. Dit is 200 maal als de huidige faalfrequentie.

Bij het berekenen van toetspeilen wordt er rekening gehouden met het falen van de kering. Als de kering frequenter faalt, dan wordt de waterstand door de geopende kering overheerst en de grootte van de lekkage of /en overtopping doet er echter weinig toe.

Ondertekening

Delft, 20 juli 2011

Naam auteur:
Wouter Jonkhoff

Naam tegenlezer:
Prof. dr. A. Tukker