

# MKBA DOORVAARTHOOGTE KUNSTWERKEN I.R.T. CONTAINERVAART

Een verdiepende analyse

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving

17 APRIL 2019

## Contactpersoon

**DRS. R. (RON) VREEKER**

Arcadis Nederland B.V.  
Postbus 4205  
3006 AE Rotterdam  
Nederland

---

# INHOUDSOPGAVE

<b>MANAGEMENT SAMENVATTING</b>	<b>7</b>
<b>1 INLEIDING</b>	<b>15</b>
1.1 Doelstelling en afbakening	15
1.2 Onderzoeksvraag	16
1.3 Leeswijzer	16
<b>2 WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN</b>	<b>17</b>
2.1 Inleiding	17
2.2 Type effecten	17
2.3 Uitgangspunten	18
2.4 Presentatie resultaten	20
2.5 Gevoeligheidsanalyses	21
<b>3 PROBLEEMANALYSE</b>	<b>22</b>
3.1 Inleiding	22
3.2 Problematiek van doorvaarthoogte kunstwerken voor containerbinnenvaart	22
3.2.1 Doorvaarthoogtes van Kunstwerken	23
3.3 Problematiek per corridor	23
3.3.1 Westerschelde-Rijn	24
3.3.2 Maasroute; Weurt-Born	25
3.3.3 Rotterdam-Amsterdam	26
3.3.4 Amsterdam-Noord-Nederland	28
3.3.5 Beweegbare bruggen en oeververbindingen in de zeehavengebieden	29
3.3.5.1 Situatie havengebied Rotterdam	29
3.3.5.2 Situatie havengebied Amsterdam	31
3.4 Nulalternatief en projectalternatieven	31
3.4.1 Nulalternatief	31
3.4.2 Projectalternatieven	32
<b>4 EFFECTBEPALING</b>	<b>34</b>
4.1 Inleiding	34

<b>4.2</b>	<b>Basisgegevens</b>	<b>34</b>
4.2.1	Verkeers- en vervoersprognoses	34
4.2.2	Waterstanden	35
4.2.2.1	Robuuste klimaatbestendige Maatgevende Hoog Waterstand	36
4.2.3	Wegleffect: Nederlandse versus buitenlandse baten	37
<b>4.3</b>	<b>Effectbepaling ophoging vaste bruggen</b>	<b>37</b>
	SVIR-streefbeeld	37
	Projectalternatieven	40
<b>4.4</b>	<b>Directe effecten ophoging vaste bruggen</b>	<b>41</b>
4.4.1	Bereikbaarheid - Modal shift	42
<b>4.5</b>	<b>Directe externe effecten ophoging vaste bruggen</b>	<b>43</b>
4.5.1	Luchtkwaliteit en klimaateffecten	43
4.5.2	Leefbaarheid/ geluidhinder	44
4.5.3	Veiligheid	44
4.5.4	Vermeden congestiekosten	44
<b>4.6</b>	<b>Effecten ophoging beweegbare bruggen</b>	<b>44</b>
<b>4.7</b>	<b>Omvaarroutes en frequenties van afvaart</b>	<b>46</b>
<b>4.8</b>	<b>Overige effecten</b>	<b>47</b>
4.8.1	Indirecte effecten ophoging vaste bruggen	47
4.8.2	Portshift	47
<b>4.9</b>	<b>Kosten</b>	<b>47</b>
	Wegbruggen	48
	Spoorbruggen	49
<b>5</b>	<b>EFFECTEN OPHOGING VASTE KUNSTWERKEN</b>	<b>51</b>
<b>5.1</b>	<b>Inleiding</b>	<b>51</b>
<b>5.2</b>	<b>Directe effecten</b>	<b>51</b>
5.2.1	Bereikbaarheid; efficiencywinsten	51
5.2.2	Bereikbaarheid; modal shift	53
5.2.3	Baten nieuw verkeer	53
5.2.4	Vermeden congestiekosten wegverkeer	54
<b>5.3</b>	<b>Directe externe effecten</b>	<b>55</b>
5.3.1	Luchtkwaliteit en klimaateffecten	55
5.3.2	Geluidhinder	56
5.3.3	Veiligheid	56
<b>5.4</b>	<b>Indirecte effecten</b>	<b>57</b>
<b>5.5</b>	<b>Kosten</b>	<b>58</b>
5.5.1	Investeringen	58

5.5.2	Beheer en onderhoud	61
<b>6</b>	<b>RESULTATEN KOSTEN-BATENANALYSE</b>	<b>63</b>
6.1	Netto Contante Waarde	63
6.1.1	Kosten	63
6.1.2	Directe effecten	64
6.1.3	Directe externe effecten	65
6.1.4	Indirecte effecten	66
6.2	MKBA resultaat	67
6.2.1	Corridor Westerschelde-Rijn	67
6.2.2	Corridor Maasroute; Weurt-Born	68
6.2.3	Corridor Rotterdam-Amsterdam	69
6.2.4	Corridor Amsterdam-Noord-Nederland	70
6.2.5	Corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland	72
<b>7</b>	<b>GEVOELIGHEIDSANALYSES</b>	<b>74</b>
7.1	Verandering van de kosten	74
7.2	Verkeersprognoses	75
7.3	Analyse omvaarroute Kanaal Zuid-Beveland	76
<b>8</b>	<b>BEWEEGBARE BRUGGEN; GEVOLGEN VOOR HET WEGVERKEER</b>	<b>78</b>
8.1	Inleiding	78
8.2	Houtribbrug en overige beweegbare bruggen	79
8.3	Erasmusbrug en Willemsbrug	81
8.4	Stadsbrug Zwijndrecht en Spoorbrug Dordrecht	83
8.5	Spijkenisserbrug	86
<b>9</b>	<b>VERSCHILLEN MET EERDERE STUDIE</b>	<b>89</b>
9.1	Verschillen in NCW	91
9.2	Verschillen in kosten	92
9.3	Verschillen in baten	92
<b>10</b>	<b>CONCLUSIES</b>	<b>94</b>
<b>BIJLAGEN</b>		
<b>BIJLAGE A GERAADPLEEGDE LITERATUUR</b>		<b>96</b>
<b>BIJLAGE B MKBA-RESULTAAT; OVERZICHTSTABELLEN</b>		<b>97</b>

<b>BIJLAGE C WATERSTANDEN STADSBRUG VENLO</b>	<b>109</b>
<b>BIJLAGE D KENGETALLEN</b>	<b>110</b>
<b>BIJLAGE E TRANSPORTKOSTEN</b>	<b>111</b>
<b>BIJLAGE F TRANSPORTVOLUMES</b>	<b>113</b>
<b>BIJLAGE G OVERZICHT KOSTEN PER KUNSTWERK</b>	<b>115</b>
<b>COLOFON</b>	<b>120</b>

## MANAGEMENT SAMENVATTING

De laatste jaren is regelmatig ter discussie gesteld of de internationale normen<sup>1</sup> voor doorvaarthoogtes van bruggen, met name over kanalen, nog wel voldoen als gevolg van marktontwikkelingen in de containervaart, zoals het gebruik van high-cube containers. Rijkswaterstaat heeft in 2013, op verzoek van de minister van Infrastructuur en Milieu, metingen gedaan naar de hoogte en beladingsgraden van containerbinnenvaartschepen op de Nederlandse corridors. Hieruit bleek dat de standaarden op kanalen niet meer voldoen aan de praktijk. De eerdergenoemde high-cube container is de nieuwe standaard. Er worden alleen nog high-cube containers gebouwd. Met een levensduur van 20 jaar betekent dit dat er over 20 jaar alleen nog high-cube containers vervoerd zullen worden. De minister wil meer inzicht in de kosten en baten indien de infrastructuur moet worden opgehoogd voor high-cube containervaart.

Zodoende heeft de minister in 2017 een Maatschappelijke kosten-batenanalyse van drie projectalternatieven voor het verhogen van vaarwegkruisende kunstwerken op 11 vaarwegcorridors aan de Tweede Kamer aangeboden (Kamerbrief van Schultz van Haegen, 2 mei 2017, hier MKBA Doorvaarthoogte Kunstwerken Containerbinnenvaart (DKC1) genoemd).<sup>2</sup> De analyse was echter te globaal om definitieve uitspraken over alle vaarwegcorridors te kunnen doen. De minister heeft daarom besloten een meer gedetailleerde MKBA te laten opstellen voor het ophogen van de vaste en beperkt beweegbare bruggen op de vier meest kansrijke vaarwegcorridors<sup>3,4</sup>, te weten:

- Westerschelde – Rijn.
- Maasroute; Weurt – Born.
- Rotterdam – Amsterdam.
- Amsterdam – Noord-Nederland.

Voorliggend rapport (hier DKC2 genoemd) bevat de resultaten van deze verdiepingsslag. Daarnaast is in deze MKBA voor vier beweegbare bruggen, waarvan de maatschappelijke interactiekosten voor het kruisend verkeer als gevolg van brugopeningen hoog scoren, gekeken naar de gevolgen van het aantal brugopeningen voor containerbinnenvaart voor het kruisende (weg)verkeer. Deze analyse is een uitbreiding op de eerdere studie. Het gaat om de volgende bruggen:

- Houtribbrug (corridor Amsterdam – Noord-Nederland).
- Havengebied Rotterdam
  - Erasmusbrug/Willemsbrug (corridor Rotterdam – Amsterdam);
  - Stadsbrug Zwijndrecht en spoorbrug Dordrecht (corridor Westerschelde-Rijn);
  - Spijkenisserbrug (corridor Westerschelde-Rijn).

Aangezien de zeehavengebieden van Amsterdam en Rotterdam naast bestaande beweegbare bruggen ook tunnelverbindingen kennen en er in de zeehavengebieden opgaven liggen om bestaande oeververbindingen te vervangen en nieuwe oeververbindingen te realiseren, worden de oeververbindingen in deze zeehavengebieden in deze MKBA eveneens feitelijk inzichtelijk gemaakt. Dit is nodig om tot een integrale weloverwogen beleidsbeslissing te kunnen komen. Zaken als toekomstbestendigheid, de effecten van de nieuwe oeververbindingen t.o.v. eerdere investeringen in bestaande oeververbindingen en in zeehaveninfrastructuur dienen hierbij eveneens in ogenschouw te worden genomen.

---

<sup>1</sup> Rapport "Standardization of Inland Waterways" van de U.N. Economic Commission for Europe.

<sup>2</sup> <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/kamerstukken/2017/05/02/kosten-batenanalyse-brughoogtes>.

<sup>3</sup> Voor de overige vaarwegcorridors is aan de hand van de negatieve MKBA-score besloten om de huidige SVIR streefwaarden te handhaven.

<sup>4</sup> In deze studie zijn ook de kosten en baten voor de corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland bepaald. Dit is gedaan omdat het aantal containerschepen dat baat heeft van het ophogen van kunstwerken op de corridor Amsterdam-Noord-Nederland beperkt is. Uit analyses blijkt dat er vooral een sterke relatie is tussen Rotterdam en de havens in Noord-Nederland. Het merendeel van de schepen op deze relatie vaart via het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze schepen hebben echter alleen baten wanneer de kunstwerken op beide corridors worden verhoogd.

In voorliggende MKBA zijn de effecten van vier projectalternatieven voor de ophoging van de kunstwerken bepaald, namelijk:

- Doorvaarthoogte op basis van SVIR-streefbeeld<sup>5</sup>.
- Doorvaarthoogte op basis van gemiddelde belading (Scenario 7 uit DKC1).
- Doorvaarthoogte bij 90% onderschrijding van de in 2012 gemeten containerschepen (Scenario 4 uit DKC1).
- Doorvaarthoogte bij transport van lege containers (Scenario 8).

Tabel 1 geeft een overzicht van de projectalternatieven, de vaarwegklassen, aantal lagen containers en de bijbehorende doorvaarthoogtes.

Tabel 1 Doorvaarthoogte in de verschillende projectalternatieven

Projectalternatief	Aantal lagen containers	CEMT-klasse	Doorvaarthoogte (m) incl. 30 cm schrikhoogte
<b>SVIR-streefbeeld</b>	4	Va	9,10
		Vla	9,10
<b>Scenario 7 (berekening met gemiddelde belading)</b>	4	Va	10,29
		Vla	10,50
<b>Scenario 4 (90% onderschrijding o.b.v. meting 2012)</b>	4	Va	10,85
		Vla	11,05
<b>Scenario 8 (berekening 100% leeg)</b>	4	Va	11,12
		Vla	11,35

Bij de bepaling van de baten van de projectalternatieven is gebruik gemaakt van vervoersprognoses uit de WLO-scenario's Hoog en Laag<sup>6</sup>.

<sup>5</sup> De Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (2012) stelt het volgende (pag. 120): "Het streefbeeld is dat hoofdvaarwegen die de belangrijkste zeehavens met het achterland verbinden (hoofdverbindingssassen), ten minste geschikt zijn voor klasse VIb-schepen en 4-laags containervaart, de doorgaande nationale hoofdvaarwegen ten minste voor klasse Va-schepen en 4-laags containervaart en de overige hoofdvaarwegen ten minste geschikt zijn voor klasse IV en 3-laags containervaart".

<sup>6</sup> Deze twee WLO-scenario's zijn toegepast om een bandbreedte van de omvang van de effecten te bepalen. De WLO-scenario's zijn geen beleidsalternatieven waaruit gekozen kan worden, zie ook paragraaf 2.3.



## Resultaten verdiepingsslag MKBA voor vaste bruggen op de corridors

Ten opzichte van DKC1 is meer detail aangebracht in de kostenraming, herkomst en bestemmingsrelaties met baten en buitenlandse baten (weglekeffecten). Hierdoor zijn onzekerheden rondom de uitkomsten van de MKBA verkleind en de nauwkeurigheid vergroot. Daarnaast zijn enkele aanvullende analyses uitgevoerd zoals de kosten van omvaren ten opzichte van de kosten van het verhogen van bruggen.

Aan het einde van deze managementsamenvatting is voor iedere onderzochte corridor een tabel opgenomen met de kosten en baten. Tevens zijn grafieken opgenomen die een beeld geven van de grootste kostenposten per corridor. Om consistent te zijn met de wijze waarop in DKC1 de resultaten zijn gepresenteerd zijn in de tabellen alleen de resultaten opgenomen voor Scenario 7. Dit projectalternatief heeft de laagste investeringskosten en het hoogste saldo van kosten en baten. Met de weergave van de resultaten van Scenario 7 wordt een goed beeld gegeven van de kosten en baten van alle projectalternatieven.

Het projectalternatief *SVIR-streefbeeld* brengt in het licht van 4 laags high-cube containervaart nauwelijks tot geen baten met zich mee. Voor de Maasroute: Weurt-Born geldt dat de kunstwerken op het Maas-Waalkanaal en Julianakanaal tot Born voldoen aan de SVIR-streefwaarde. Voor de overige corridors geldt dat het ophogen van kunstwerken tot het SVIR-streefbeeld nauwelijks extra doorvaarthoogte oplevert. In alle gevallen is 3-laags high-cube containervaart mogelijk maar 4-laags niet.

Voor alle vier corridors en alle projectalternatieven geldt dat, bij een discontovoet van 4,5%, de baten niet opwegen tegen de kosten. Dit is ongeacht het economisch groeiscenario. Voor Scenario 7 is de baten-kostenverhouding het laagst op de corridor Amsterdam-Noord-Nederland en komt uit op <math><0,01</math>. De hoogste baten-kostenverhouding voor dit projectalternatief wordt gerealiseerd op de corridor Westerschelde-Rijn bij toepassing van WLO-Hoog. Wanneer alleen rekening wordt gehouden met de Nederlandse kosten en baten is de baten-kostenverhouding op de corridor Westerschelde-Rijn 0,22. In deze berekeningen zijn alle kosten van het aanpassen van bruggen op deze corridor meegenomen. Dus ook die van de Noordlandsebrug en spoorbrug in België. Zonder het zogenaamde weglekeffect bedraagt de baten-kostenverhouding 0,58 (Scenario 7 en WLO-Hoog), deze verhouding geldt voor alle kosten en baten voor alle relevante landen.

Het resultaat wordt vooral bepaald door de kosten van de projectalternatieven. De investeringskosten van het verhogen van de spoorbruggen zijn, in vergelijking met wegbruggen, relatief hoog. Afhankelijk van de corridor zijn deze 80-90% van de totale investeringskosten.

De projectalternatieven leiden tot een efficiencywinst en daardoor tot een verlaging van transportkosten. Een containerschip kan door de projectalternatieven efficiënter (t.o.v. de beschikbare capaciteit) worden beladen. De bezettingsgraad neemt toe en de transportkosten (€ per TEU-km) dalen. Afhankelijk van het projectalternatief dalen de transportkosten met een percentage tussen de 15-20%. Efficiencywinsten zijn met 50% tot 90% de belangrijkste baten van de projectalternatieven. Daarnaast leidt een transportkostendaling van de binnenvaart tot een verschuiving van containertransport van de weg naar het water. De belangrijkste baten die hieruit voortvloeien zijn efficiencywinsten door met een extra laag high-cube container te kunnen varen, afname van congestie op de autosnelweg, vermindering van geluidshinder, luchtmissies en beheer en onderhoudskosten aan wegen<sup>7</sup> en klimaateffecten; en toename verkeersveiligheid.

Er zijn meerdere aanvullende analyses uitgevoerd om de aannames op robuustheid te testen.

- Er is onder andere gekeken naar het effect van hogere en lagere (25%) investeringskosten.
- De gevolgen van het achterwege laten van de CO<sub>2</sub>-heffing in WLO-scenario Hoog. Dit betekent dat transportvolumes in dit scenario toenemen en daardoor de baten.
- Voor de corridor Westerschelde-Rijn is een aanvullende analyse uitgevoerd waarin de kosten voor het omvaren via het Kanaal Zuid-Beveland zijn afgezet tegen de investeringskosten voor het verhogen van de bruggen op de corridor via het Schelde-Rijnkanaal. Resultaten maken duidelijk dat de kosten van omvaren lager zijn dan de kosten van ophogen.

De resultaten van deze analyses leiden niet tot andere conclusies.

---

<sup>7</sup> Beheer en onderhoudskosten aan wegen zijn alleen kwalitatief behandeld.

## Resultaten MKBA voor beweegbare bruggen op de vier corridors en in de zeehavengebieden

In deze studie is onderzocht of de kosten van ophogen van beweegbare bruggen of de aanleg van tunnels opwegen tegen de kosten van hinder voor het wegverkeer of de scheepvaart.

De resultaten van deze analyse maken duidelijk dat:

- De wachtkosten van het wegverkeer bij de Spijkenisserbrug veroorzaakt door de containerbinnenvaart zijn lager dan de aanlegkosten van een tunnel. Dit betekent dat de mogelijke baten lager zijn dan de kosten. Daarnaast zijn ook de maatschappelijke kosten van alle openingen van de Spijkenisserbrug in 2017, veroorzaakt door zee- en binnenvaart, berekend. De contante waarde van deze wachtkosten is € 521 miljoen tegenover een contante waarde van de kosten van € 578 miljoen. De mogelijke baten zijn in huidige situatie lager dan de kosten van een tunnel. In deze berekening is echter alleen rekening gehouden met de groei van het wegverkeer en niet van de zee- en binnenvaart. Uitgaande van een toename in het aantal zee- en binnenvaartschepen kan de baten-kostenverhouding in de toekomst wellicht wel positief uitvallen.
- De kosten van het ophogen van de Houtribbrug (€ 36 miljoen) niet opwegen tegen de vermindering van de wachtkosten van het wegverkeer (contante waarde max € 0,5 miljoen)<sup>8</sup>.
- De totale wachtkosten voor het vaarwegverkeer bij de Spoorbrug Dordrecht en Stadsbrug Zwijndrecht (contante waarde max € 7,9 miljoen) lager zijn dan de kosten voor het verhogen van de Moerdijkbruggen (minimaal € 365,7 miljoen) of de kosten voor het vervangen van de spoorbrug bij Dordrecht door een tunnel (circa € 271 miljoen).<sup>9</sup>
- De resultaten van de verkenning schetsen het beeld dat het verhogen van de Willemsbrug tot de hoogte van de Erasmusbrug maatschappelijk rendabel is voor de projectalternatieven 4, 7 en 8 indien ook de corridor Rotterdam – Amsterdam wordt opgehoogd tot hetzelfde projectalternatief. Feitelijk is hier sprake van overschatting van de baten aangezien is gerekend met een brughoogte van NAP + 11,15 m tussen de referentietekens, terwijl de hoogte in het midden van de Willemsbrug door de kromming één meter hoger is en containerschepen in de praktijk gebruik maken van deze grotere doorvaarthoogte.

## Resultaten oeververbindingen in de zeehavengebieden

Bevoegde gezagen die verantwoordelijk waren voor oeververbindingsopgaven in havengebieden hebben, in samenspraak met vaarwegbeheerder IenW, reeds decennialang invulling gegeven aan de brede wens om oeververbindingen dusdanig robuust aan te leggen dat kruisend verkeer zoveel mogelijk ongehinderd kan plaatsvinden.

Deze havengebieden kennen een andere beleidslijn dan die op de eerder onderzochte vaarwegcorridors. Grote delen van de havengebieden worden in de Richtlijnen Vaarwegen 2017 aangemerkt als “Maritieme toegangswegen”. Zij kennen de status van “Open vaarwegen”, dat wil zeggen, een vaarweg waarop nagenoeg geen beperkingen ten aanzien van de doorvaarthoogte gelden.

De eisen voor de maritieme toegangsverbindingen zijn ingegeven omdat de vaarwegen in het havengebied anders dan reguliere achterlandverbindingen/vaarwegcorridors worden gebruikt door meer dan alleen (container)binnenvaartschepen. Ook zeeschepen, bijzonder havengerelateerd transport en cruiseschepen maken immers gebruik van deze vaarwegverbindingen. In het geval van Amsterdam is tevens de recreatievaart een belangrijke vaarweggebruiker. Zo maken het Noordzeekanaal en het IJ deel uit van de staande mastroute/open vaarweg richting het IJsselmeer.

Oeververbindingen die in het verleden in deze havengebieden zijn aangelegd zijn tunnelverbindingen en beweegbare bruggen die hoger zijn dan de reguliere SVIR-streefwaarde om interactieproblemen te minimaliseren. In het zeehavengebied van Rotterdam voldoen de beweegbare bruggen op de Maritieme

---

<sup>8</sup> In de corridor Amsterdam - Noord-Nederland heeft de Houtribbrug de meeste openingen veroorzaakt door containerbinnenvaart. Dit resultaat maakt duidelijk dat het ophogen van andere beweegbare bruggen in deze corridor maatschappelijk niet rendabel is. Voor sommige bruggen geldt dat de intensiteit van het wegverkeer hoger is dan bij de Houtribbrug maar dat het aantal openingen veroorzaakt door containervaart (veel) lager is dan voor de Houtribbrug.

<sup>9</sup> Indien een schip de Moerdijkbruggen niet kan passeren vaart het om via Dordrecht. Door de bruggen bij Moerdijk te verhogen hoeven schepen niet om te varen via Dordrecht en te wachten.

toegangswegen een groot gedeelte van de tijd aan 4-laags high-cube containerbinnenvaart (11,35 m.). In het zeehavengebied van Amsterdam zorgen tunnelverbindingen voor een duurzame oplossing voor eerdere aanvaring van bruggen door de zeevaart, die gekenmerkt wordt door beperkte manoeuvreerbaarheid. Bruggen kunnen in die zin een nautisch knelpunt vormen voor de scheepvaart.

Andere interactieproblemen bij kruisende verbindingen zijn lange wachttijden. In paragraaf 5.3.2 van de Richtlijnen Vaarwegen 2017 is dit onderwerp nader uitgewerkt. Hierbij krijgt een tunnel of aquaduct, ondanks de naar verhouding hoge aanlegkosten, de voorkeur boven een beweegbare brug. Dat kan (mede) het gevolg zijn van de hogere kosten voor bediening c.q. beheer en onderhoud van beweegbare bruggen, hetgeen geldt voor niet te brede vaarwegen. Met een tunnel of aquaduct zijn interactieproblemen tussen land- en waterverkeer in de vorm van lange wachttijden duurzaam opgelost. Concrete recente voorbeelden van bovenstaande zijn de tunnelverbindingen in Amsterdam (2<sup>e</sup> Coentunnel) en Rotterdam (Maasdeltatunnel) maar ook de Sluiskiltunnel in Terneuzen.

### **Verschillen met vorige studie**

De huidige studie (DKC2) heeft als doel onzekerheden rondom de uitkomsten van de eerdere MKBA te verkleinen en de nauwkeurigheid van de resultaten te vergroten. Voor alle corridors geldt dat het saldo van kosten en baten lager is ten opzichte van de verkennende MKBA (DKC1).

Sinds 1 april 2016 gelden nieuwe regels voor het disconteren van effecten. Zo is de discontovoet waarmee de effecten van publieke fysieke investeringen worden verdisconteerd verlaagd van 5,5% naar 4,5%. Voor gezondheidseffecten en klimaateffecten wordt nu een discontovoet van 3,0% gebruikt. Deze wijzigingen leiden ertoe dat, bij een gelijk nominaal bedrag, de contante waarde van zowel kostenposten als batenposten in DKC2 hoger zijn dan in DKC1.

Er zijn twee redenen waarom de baten in deze meer gedetailleerde MKBA (DKC2) lager zijn dan in de verkennende MKBA (DKC1). In DKC1 is gewerkt met de WLO-scenario's Global Economy (GE) en Regional Communities (RC). Deze zijn in 2015 vervangen door de WLO-scenario's Hoog en Laag. In WLO Hoog en Laag zijn de vervoersvolumes in het zichtjaar 2030 beduidend lager dan de scenario's GE en RC. Vooral het verschil tussen de WLO scenario's Hoog en GE is groot. Een analyse van de prognoses van telpunten Weurt, Beatrixsluizen en Volkeraksluizen maakt duidelijk dat het procentuele verschil in aantal TEU tussen scenario GE en WLO-Hoog varieert van 22% tot 35%. Daarnaast groeien de vervoersvolumes in de nieuwe WLO-scenario's minder hard dan in de oude.

Naast het gebruik van andere WLO-scenario's heeft de detaillering van herkomst en bestemmingsrelaties met baten ertoe geleid dat het aantal TEU-km met baten voor enkele corridors is afgenomen.

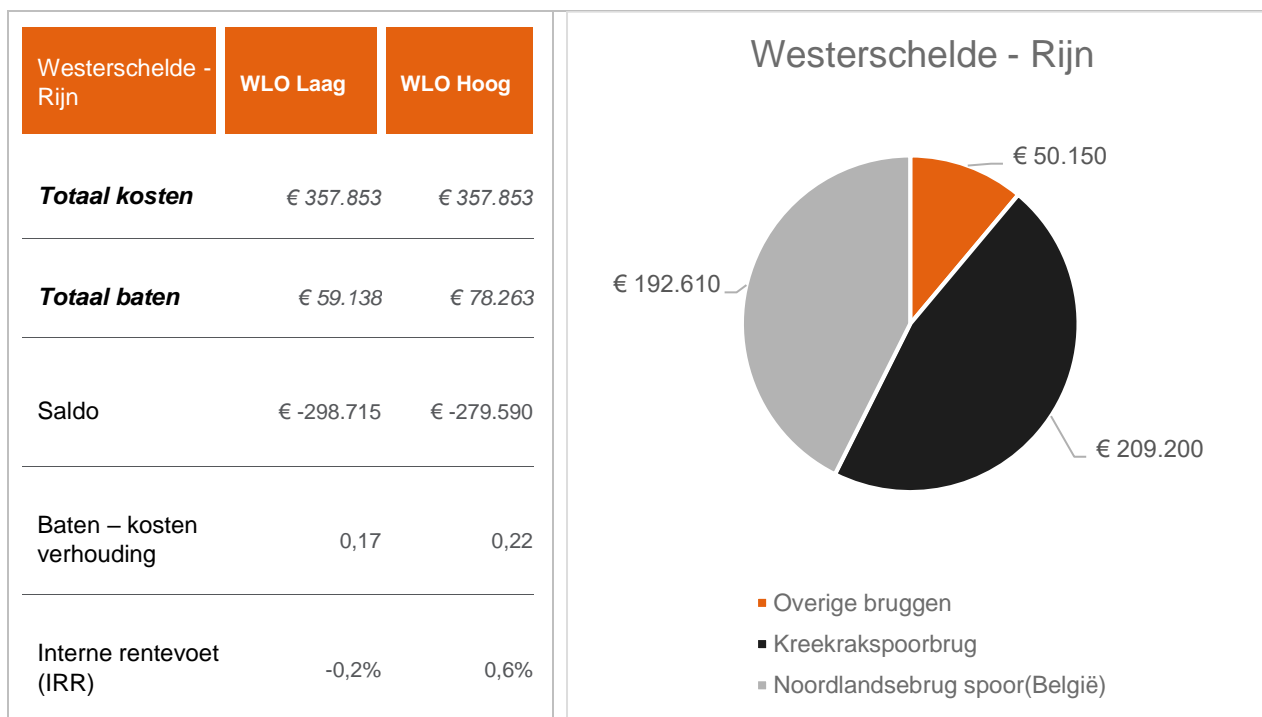
In de huidige studie zijn de geraamde kosten hoger dan in DKC 1. Het ophogen van bruggen heeft invloed op de buitengebieden. De benodigde maatregelen in de buitengebieden zijn in DKC1 op basis van expert judgement bepaald. In DKC2 zijn de ontwerpisen van infrastructuurbeheerders zoals ProRail als uitgangspunt genomen en zijn de ontwerpvoorschriften gevolgd in de raming van de kosten. Waar in DKC1 vastgoedkosten buiten beschouwing zijn gelaten heeft in DKC 2 aanvullend onderzoek plaatsgevonden van vastgoedverwerving. Hierdoor zijn de kosten voor het ophogen van kunstwerken fors gestegen. Zo zijn de kosten voor ophogen naar Scenario 7 voor de corridor Rotterdam – Amsterdam gestegen van respectievelijk € 382 miljoen naar € 1,3 miljard.

## Resultaten verdiepingsslag vaste bruggen

In tabel 2 tot en met 6 zijn voor elke corridor de resultaten in een tabel en figuur samengevat. De tabel bevat de netto contante waarde (NCW) berekeningen voor Scenario 7 (gemiddelde belading (65% bezetting, waarvan 65% beladen)) bij toepassing van de twee WLO-scenario's. Voor alle resultaten geldt dat er rekening is gehouden met het zogenaamde weglekeffect, het Nederlandse deel van de baten is opgenomen in de tabellen. Het taartdiagram geeft inzicht in de aandelen van type bruggen in de nominale investeringskosten<sup>10</sup>. Er is aangenomen dat Nederland alle kosten van het project draagt.

In hoofdstuk 6 worden de resultaten van de MKBA gepresenteerd exclusief weglekeffect. De totale kosten en baten zijn opgenomen. Het hoofdstuk bevat grafieken die inzicht geven in de verdeling van baten over de "baathebende landen". In bijlage B zijn tabellen opgenomen die in meer detail inzicht geven in de resultaten van de MKBA. Voor de corridor Westerschelde-Rijn zijn in bijlage B de resultaten gepresenteerd exclusief het weglekeffect (totale kosten en baten) en inclusief weglekeffect. Voor de overige corridors zijn in bijlage B de resultaten inclusief het weglekeffect opgenomen. Dit effect is namelijk zeer klein voor deze corridors.

Tabel 2 NCW en kosten en baten waarden voor de corridor Westerschelde – Rijn (links)  
Verdeling van de nominale investeringen over de bruggen op deze corridor (rechts)  
Scenario 7 (x1000, incl. weglekeffect, prijspeil 2018)

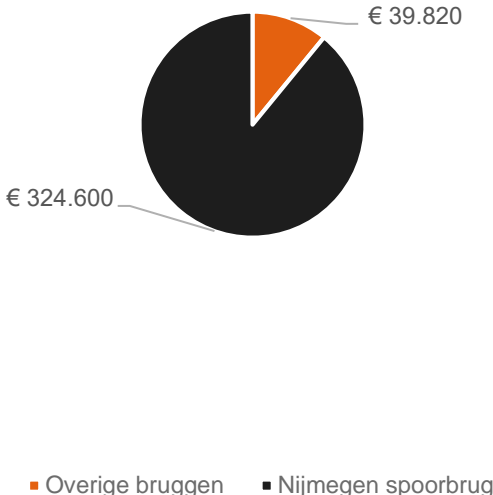


<sup>10</sup> De grootte van het diagram geeft een van de rangorde van de kosten, het diagram van de corridor met de grootste kosten is het grootst. Het diagram van de corridor met de laagste kosten is het kleinst.

Tabel 3 NCW kosten en baten waarden voor de corridor Maasroute; Weurt - Born (links)  
Verdeling van de nominale investeringen over de bruggen op deze corridor (rechts)  
Scenario 7 (x1000, incl. wegkeffect, prijspeil 2018)

Maasroute; Weurt - Born	WLO Laag	WLO Hoog
Totaal kosten	€ 288.474	€ 288.474
Totaal baten	€ 30.777	€ 36.108
Saldo	€ -257.697	€ -252.366
Baten – kosten verhouding	0,11	0,13
Interne rentevoet (IRR)	-1,0%	-1,0%

### Maasroute; Weurt - Born

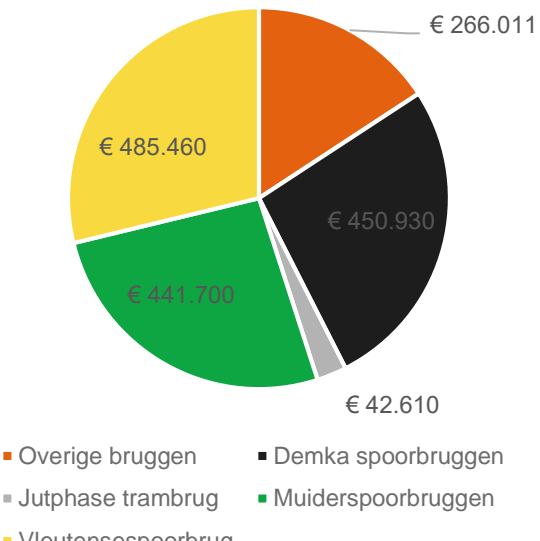


Brug	Waarde (€)	Percentage
Overige bruggen	€ 324.600	96,1%
Nijmegen spoorbrug	€ 39.820	3,9%

Tabel 4 NCW kosten en baten waarden voor de corridor Amsterdam-Rotterdam (links)  
Verdeling van de nominale investeringen over de bruggen op deze corridor (rechts)  
Scenario 7 (x1000, incl. wegkeffect, prijspeil 2018)

Rotterdam - Amsterdam	WLO Laag	WLO Hoog
<b>Totaal kosten</b>	€ 1.335.579	€ 1.335.579
<b>Totaal baten</b>	€ 57.971	€ 69.379
Saldo	€ -1.277.608	€ -1.266.200
Baten – kosten verhouding	0,04	0,05
Interne rentevoet (IRR)	-2,1%	-1,7%

### Rotterdam-Amsterdam



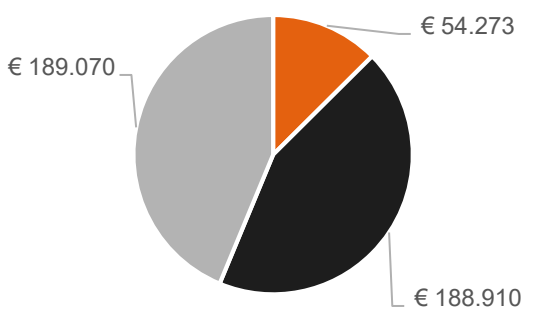
Brug	Waarde (€)	Percentage
Overige bruggen	€ 266.011	19,9%
Demka spoorbruggen	€ 450.930	33,8%
Jutphase trambrug	€ 42.610	3,2%
Muiderspoorbruggen	€ 441.700	33,1%
Vleutensespoorbrug	€ 485.460	36,0%

Tabel 5 NCW kosten en baten waarden voor de corridor Amsterdam – Noord-Nederland (links)  
Verdeling van de nominale investeringen over de bruggen op deze corridor (rechts)  
Scenario 7 (x1000, incl. wegleffect, prijspeil 2018)

Amsterdam – Noord-Nederland	WLO Laag	WLO Hoog
<b>Totaal kosten</b>	€ 342.109	€ 342.109
<b>Totaal baten</b>	€ 106	€ 123
Netto Contante Waarde	€ -342.003	€ -341.986
Baten – kosten verhouding	0,00	0,00
Interne rentevoet (IRR)	-9,2%	-8,4%

### Amsterdam - Noord-Nederland



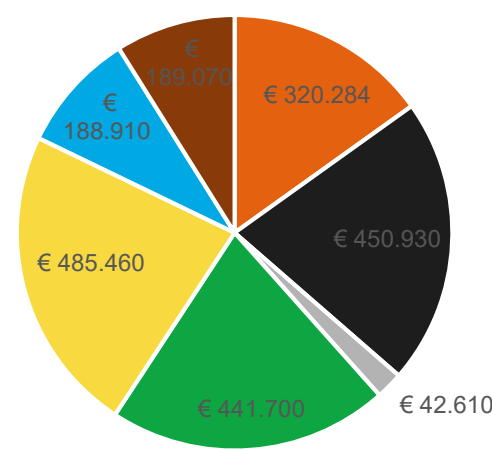
Bridge Type	Investment (€)
Zuidhorn spoorbrug	189.070
Walfridusspoorbrug	188.910
Overige bruggen	54.273

Tabel 6 NCW kosten en baten waarden voor de corridor Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland (links)  
Verdeling van de nominale investeringen over de bruggen op deze corridor (rechts)  
Scenario 7 (x1000, incl. wegleffect, prijspeil 2018)

Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	WLO Laag	WLO Hoog
<b>Totaal kosten</b>	€ 1.677.688	€ 1.677.688
<b>Totaal baten</b>	€ 60.129	€ 71.701
Saldo	€ -1.617.559	€ -1.605.987
Baten – kosten verhouding	0,04	0,04
Interne rentevoet (IRR)	-2,6%	-2,0%

### Rotterdam - Amsterdam - Noord-Nederland



Bridge Type	Investment (€)
Zuidhorn spoorbrug	189.070
Walfridusspoorbrug	188.910
Vleutensespoorbruggen	485.460
Muiderspoorbruggen	441.700
Demka spoorbruggen	450.930
Jutphase trambrug	42.610
Overige bruggen	320.284

## 1 INLEIDING

### 1.1 Doelstelling en afbakening

In 1992 is door de UN Economic Commission for Europe (ECE) het rapport “Standardization of Inland Waterways” uitgebracht. De ECE geeft daarin een minimumhoogte onder bruggen aan van 5,25 meter voor schepen met 2 lagen containers, 7,00 meter voor schepen met 3 lagen containers en 9,10 meter voor schepen met 4 lagen containers. Deze maten zijn zodanig gekozen, dat tussen het hoogste punt van het schip en de onderkant van de brug een marge van 30 cm aanwezig is, de zogenaamde schrikhoogte. Van de vervoerde containers mag 50% leeg zijn of dient ballastwater te worden ingenomen wanneer een te lage brug wordt gepasseerd.

De afgelopen jaren is regelmatig discussie geweest tussen het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat en Koninklijke Schuttevaer over de invloed van marktontwikkelingen, zoals de introductie van high-cube containers<sup>11</sup> en veranderingen in de gemiddelde bezettings- en beladingsgraad op de benodigde doorvaarthoogte voor container-binnenvaartschepen. Regelmatig is de vraag gesteld of de internationale normen, met name over kanalen, over doorvaarthoogtes van bruggen nog wel voldoen<sup>12</sup>.

Deze discussie vormde voor het Directoraat-Generaal Luchtvaart en Maritieme zaken van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, aanleiding om Rijkswaterstaat opdracht te geven om metingen te doen naar containerhoogtes en beladingsgraden. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek (Brolsma, 2013) heeft de minister van Infrastructuur en Waterstaat (I&W) op 12 juni 2014 aan de Tweede Kamer gemeld dat de internationale hoogtenormen op kanalen niet meer aan de praktijk van de containervaart voldoen. De huidige standaarden hebben dus mogelijk negatieve gevolgen voor de efficiency van het vervoer van containers per binnenvaartschip (Brolsma, 2013).

Om deze problematiek op te lossen heeft de Minister van Infrastructuur en Waterstaat een aanpak langs twee lijnen gevolgd:

- Vanwege het internationale karakter van veel containervervoer zal bij de buurlanden worden gepolst in hoeverre zij aanpassing van de afspraken over brughoogtenormen wenselijk vinden.
- Parallel aan deze internationale aanpak zal bezien moeten worden hoe binnen Nederland een eventuele aanpassing van de doorvaarthoogte van kunstwerken mogelijk is, ook al is het niet op voorhand duidelijk of dit economisch gezien verantwoord is vanwege: (1) de mogelijk zeer hoge kosten, (2) technische (on)mogelijkheden, (3) onzekerheid over de baten op specifieke trajecten.

In het kader van de tweede lijn is door Arcadis het project ‘MKBA Aanpassing Doorvaarthoogte Kunstwerken’ (DKC1) uitgevoerd, om de maatschappelijke kosten en baten (MKBA) van eventuele verhogingen van kunstwerken over een elftal vaarwegcorridors inzichtelijk te maken. De MKBA<sup>13</sup> is op 2 mei 2017 aan de Tweede Kamer aangeboden. Daarbij heeft de minister aan de Tweede Kamer gemeld dat het verhogen van de brughoogten conform de streefbeeldens uit de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, maart 2012) naar de hoogten opgenomen in twee projectalternatieven voor high-cube-containervaart (van 9,10 meter naar 10,50/11,05 meter voor 4-laags containervaart en van 7,0 naar 7,88/8,50 voor 3-laags containervaart) in beginsel vrijwel nergens rendabel is.

De uitkomsten van het onderzoek (DKC1) maken ook duidelijk dat het voor de vier vaarwegcorridors Westerschelde-Rijn, Maasroute: Weurt-Bron, Rotterdam-Amsterdam en Amsterdam-Noord-Nederland

---

<sup>11</sup> High cube containers zijn exact 1 foot (30,48 cm) hoger dan een standaard container.

<sup>12</sup> Schippers houden in de praktijk bij het beladen van hun schepen rekening met de brughoogte. Zij zoeken naar de optimale beladingsgraad in relatie tot de beperkingen die de brughoogtes op hun routes meebrengen. Eventuele aanvaringen van schepen met bruggen kunnen wel grote consequenties hebben voor zowel scheepvaart als weg- en spoorverkeer. Bijvoorbeeld als gevolg van een stremming van de vaarweg. Om dit te voorkomen zijn internationale afspraken gemaakt over brughoogtes.

<sup>13</sup> Arcadis, 25 mei 2016, MKBA aanpassing doorvaarthoogte kunstwerken. Referentie 078626613 F. In opdracht van Rijkswaterstaat.

mogelijk kansrijk kan zijn kunstwerken op termijn te verhogen. De analyse was echter te globaal om definitieve uitspraken te kunnen doen. De minister heeft daarom besloten voor deze corridors een meer gedetailleerde MKBA te laten opstellen.

De voorliggende studie (DKC2) heeft als doel een meer gedetailleerdere MKBA voor deze vier potentieel kansrijke corridors op te stellen. Hierbij wordt onder andere gekeken naar een grotere detaillering van de kosten, van de herkomst en bestemmingsrelaties met baten, de kosten van omvaren ten opzichte van de kosten van het verhogen van bruggen, en het 'weglekken' van baten naar het buitenland. Als gevolg van een toename van de gemiddelde hoogte van containerschepen (projecteffect) neemt mogelijk het aantal openingen van beweegbare bruggen toe. Voor een aantal beweegbare bruggen, waarvan de maatschappelijke interactiekosten voor het kruisend verkeer als gevolg van brugopeningen hoog scoren, is gekeken naar de gevolgen van het aantal door de container binnenvaart veroorzaakte brugopeningen voor het kruisende wegverkeer. De toename in het aantal openingen en bijbehorende maatschappelijke (wacht)kosten zijn vervolgens vergeleken met de kosten (investeringen) die nodig zijn om deze hinder te verminderen of weg te nemen.

Naast de drie projectalternatieven welke zijn doorgerekend in DKC 1, is op verzoek van de binnenvaartsector en de zeehavens in DKC 2 ook de hoogte van 4-laags leeg high-cube containervaart onder Scenario 8 meegenomen.

## 1.2 Onderzoeksvraag

De hoofdvraag van deze studie is:

*“Wat zijn de maatschappelijke kosten en baten van de verschillende alternatieven voor het verhogen van (beweegbare) kunstwerken op vier containervaartcorridors (inclusief gespecificeerde omvaarroutes)?”*

## 1.3 Leeswijzer

Dit document beschrijft de bevindingen van de MKBA Doorvaarthoogte Kunstwerken in relatie tot Containerbinnenvaart. In hoofdstuk 2 staan de werkwijze, de uitgangspunten en de verschillende maatschappelijke effecten. Hoofdstuk 3 bevat de probleemanalyse en beschrijft de specifieke problemen op elke corridor. In dit hoofdstuk wordt ook een toelichting gegeven op het nulalternatief (huidige situatie) en de projectalternatieven waarvan de effecten in deze MKBA zijn onderzocht. Hoofdstuk 4 gaat in op de wijze waarop de effecten van de projectalternatieven zijn bepaald en hoofdstuk 5 beschrijft de omvang van deze effecten. In hoofdstuk 6 zijn de verschillende effecten (kosten en baten) in de tijd uitgezet (100 jaar), vergelijkbaar gemaakt met behulp van de Netto Contante Waarde Methode en worden de resultaten van de MKBA gepresenteerd. In hoofdstuk 7 zijn de uitkomsten van verschillende gevoeligheidsanalyses opgenomen. In hoofdstuk 8 worden de analyses voor de beweegbare bruggen beschreven, omdat dit een aanvulling op de eerdere studie DKC1 is. In hoofdstuk 9 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste verschillen tussen de uitkomsten van deze studie en DKC1. Hoofdstuk 10 bevat de conclusies.



## 2 WERKWIJZE EN UITGANGSPUNTEN

### 2.1 Inleiding

Aanleg en uitbreiding van infrastructuur hebben niet alleen gevolgen voor het verkeer, natuur en leefomgeving, maar gaan ook gepaard met grote investeringen. Voor een goede en transparante beslissing over een dergelijke investering is het noodzakelijk om, onder andere, inzicht te verkrijgen in nut en noodzaak. Dit kan door middel van het economische instrument Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse (MKBA).

De Algemene Leidraad voor Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse (2013) van het Centraal Planbureau (CPB) en het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) vormt het uitgangspunt voor deze MKBA. Deze leidraad beschrijft in stappen waaraan elke MKBA volgens de huidige inzichten dient te voldoen. Voor de uitwerking van de verschillende effecten is het kader MKBA bij MIRT-Verkenningen (2012) gevolgd en het bijbehorende format Vaarwegen ingevuld.

### 2.2 Type effecten

In een MKBA worden de effecten van een project of projectalternatieven bepaald door deze te vergelijken met een nulalternatief (in voorliggende studie is dit de huidige situatie). Het verschil tussen het project en het nulalternatief is een projecteffect dat wordt opgenomen in een MKBA.

Een MKBA bouwt verder op (bestaande) studies waarvan de resultaten (effectbepalingen) op een systematische wijze worden geordend en in geldeenheden worden gewaardeerd (monetariseren). Door effecten in geldeenheden te waarderen krijgen deze allen dezelfde grondslag waardoor een vergelijking mogelijk is. Bovendien kunnen hierdoor kosten en baten worden gesaldeerd. Dit saldo geeft een beeld van de maatschappelijk-economische wenselijkheid van het project. Centraal staat hierbij de vraag: 'verhoogt het project de welvaart van de maatschappij?' Wanneer het saldo van maatschappelijke baten en kosten positief is, is dit het geval.

Voor de bepaling van de kosten en baten van verhoging van vaarwegkruisende kunstwerken zijn drie analyses uitgevoerd.

Ten eerste; voor de vaste en beperkt (in doorvaarthoogte) beweegbare bruggen die vallen binnen de scope van deze MKBA zijn de benodigde constructieve maatregelen bepaald. Het gaat hierbij om maatregelen voor het verhogen van de kunstwerken en de bijbehorende aanpassingen in de omgeving (toe – en afritten, verwerving van vastgoed en inpassing). Vervolgens is een kostenraming opgesteld waarin per corridor de kosten voor de benodigde aanpassingen en veranderingen in kosten voor beheer en onderhoud zijn berekend. In paragraaf 4.11 zijn de uitgangspunten van de kostenraming toegelicht.<sup>14</sup>

Ten tweede; voor een aantal onbeperkt (in doorvaarthoogte) beweegbare bruggen is geanalyseerd met welke regelmaat zij opengaan en hoe dit gaat veranderen onder invloed van de verschillende projectalternatieven. Er is hierbij gekeken naar enkele beweegbare bruggen op de vier corridors en in de zeehavengebieden. De maatschappelijke kosten van deze openingen zijn bepaald voor het vaar- en wegverkeer. Deze zijn vervolgens vergeleken met de kosten die moeten worden gemaakt om hinder te verminderen of weg te nemen in de vorm van een hogere (beweegbare) brug of een tunnel.

Bij de beweegbare bruggen in de zeehavengebieden van Amsterdam en Rotterdam spelen de maatschappelijke kosten als gevolg van oponthoud voor zowel weg- als vaarwegverkeer een veel grotere negatieve rol. Vanwege deze hinder en de bredere functie van vaarwegen in deze zeehavengebieden (in de Richtlijnen Vaarwegen 2017 (RVW 2017) aangegeven als zijnde "maritieme toegangswegen" waar naast containerbinnenvaart ook zeevaart en speciaal vervoer gebruik van maken) zijn de oeververbindingen daarom vanuit het verleden reeds anders uitgevoerd dan de bruggen op de achterlandverbindingen/

---

<sup>14</sup> Op aanvraag wordt de kostennota door het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat beschikbaar gesteld.

vaarwegcorridors die in de MKBA zijn onderzocht. Vanuit de hoedanigheid van bevoegd gezag en/of vaarwegbeheerder heeft IenW er naar gestreefd om met andere overheden of bevoegd gezagen bij nieuwe oeververbindingen of vervangingsmomenten van bestaande bruggen, zo veel mogelijk ongelijkvloerse kruisingen aan te leggen. Dit om een ongehinderde doorgang te bewerkstelligen voor vaar- en wegverkeer. Hier zal in hoofdstuk 3 nog uitvoeriger op worden ingegaan.

Ten derde; Voor de route Westerschelde-Rijn is gekeken naar de mogelijkheden om gebruik te maken van een omvaarroute via het kanaal Zuid-Beveland. Hierbij is gekeken naar de transportbaten die dit zou opleveren. Vervolgens zijn deze baten vergeleken met de kosten voor het ophogen van bruggen op de corridor Westerschelde-Rijn (via het Kreekrak).

Voor de bepaling van de baten van de projectalternatieven is, onder andere, gebruik gemaakt van verkeers- en vervoersprognoses voor de containervaart. De prognoses die gebruikt zijn in de DKC1 studie zijn geactualiseerd; in plaats van de WLO-scenario's *Global Economy* en *Regional Communities* zijn voor deze studie de WLO-scenario's *Hoog* en *Laag* gebruikt (CPB en PBL, 2015, opgesteld in het kader van de studie *Welvaart en Leefomgeving, WLO*). In de prognoses behorende bij de WLO-scenario's is aangenomen dat er een CO<sub>2</sub>-heffing is voor verkeer over de weg en over water. Er is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met WLO-scenario Hoog zonder CO<sub>2</sub>-heffing.

De prognoses zijn voor deze MKBA geanalyseerd en verbijzonderd naar de vaarwegcorridors. Per corridor is een gedetailleerd overzicht gemaakt van het aantal scheepvaartbewegingen, type schepen, vervoerde containers en tonnages, herkomsten en bestemmingen, afgelegde afstanden en herkomst en bestemmingsrelaties met baten.

In een MKBA worden alle maatschappelijke effecten van het project onderzocht. Ten aanzien van effecten wordt een onderscheid gemaakt naar:

## Directe effecten

Het verhogen van kunstwerken grijpt vooral in op de markt voor containertransport. Effecten voor gebruikers, eigenaren en exploitanten op deze transportmarkt zijn directe effecten. Voorbeelden van directe effecten zijn investeringen, kosten voor beheer- en onderhoud en de eventuele gevolgen voor de transportkosten voor de containervaart, etc.

## Directe externe effecten

Externe effecten zijn gevolgen van een project voor derden waar de eigenaar (exploitant) en gebruikers geen rekening mee houden in hun beslissingen. Voor dergelijke effecten bestaan geen markten, hierdoor zijn voor de waardering van het effect geen marktprijzen beschikbaar. Voorbeelden zijn: geluidshinder, verkeersveiligheid, emissies, etc. Voor de economische waardering van deze effecten is gebruik gemaakt van verschillende kengetallen afkomstig uit studies zoals 'Externe en Infrastructuurkosten van Verkeer' (CE Delft, 2014).

## Indirecte effecten

Indirecte effecten zijn effecten die voortkomen uit de directe effecten van het project. Hierbij is sprake van doorwerking van de directe effecten naar andere markten zoals de arbeidsmarkt of vastgoedmarkt. Echter, alleen wanneer door een indirect effect de omvang van de welvaart verandert, is er sprake van een additioneel indirect effect en wordt het opgenomen in een MKBA. In alle andere gevallen leidt een indirect effect tot een verandering in de verdeling van de welvaart. Om dubbeltelling van effecten te voorkomen wordt het indirecte effect dan niet opgenomen in een MKBA.

## 2.3 Uitgangspunten

Het bepalen van een MKBA-resultaat vereist het vaststellen van uitgangspunten. De meeste uitgangspunten zijn vastgelegd in de Algemene Leidraad MKBA. In overleg met opdrachtgever (Rijkswaterstaat) zijn aanvullende uitgangspunten geformuleerd en vastgelegd in de Uitgangspuntennotitie Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse Doorvaarthoogte kunstwerken i.r.t. containervaart (Arcadis, 2018). De belangrijkste

uitgangspunten betreffen het schaalniveau van de analyse, de gehanteerde discontovoet, het basisjaar en de looptijd van de analyse en de gehanteerde economische groeiscenario's.

## Ruimtelijk schaalniveau

Als studie- en effectgebied is Nederland gebruikt. Een uitzondering hierop vormt de corridor Westerschelde-Rijn waar, om baten te kunnen realiseren, twee bruggen in België dienen te worden verhoogd. Deze bruggen vallen binnen de scope van de studie. Voor de overige corridors geldt dat kosten voor aanpassing van objecten op het verlengde van corridors buiten Nederland niet zijn geraamd. Volledigheidshalve wordt wel gerapporteerd of en welke de doorvaarthoogtebeperkende kunstwerken zijn.

Gezien het internationale karakter van de containerbinnenvaart valt een deel van de baten van het project in het buitenland neer. Zeer waarschijnlijk zullen (consumenten, verladers in) België en Duitsland baten hebben (weglekeffect). Deze baten worden in de MKBA inzichtelijk gemaakt en afzonderlijk gepresenteerd. Kosten voor aanpassing van objecten op het verlengde van corridors buiten Nederland worden niet geraamd. Volledigheidshalve wordt wel gerapporteerd of en welke doorvaarthoogtebeperkende kunstwerken er zijn.

## Economische groeiscenario's

Om rekening te houden met de invloed van economische groei op de effecten is in deze MKBA gebruikgemaakt van scenario's uit de studie Welvaart en Leefomgeving (WLO) van het Centraal Planbureau en het Planbureau voor de Leefomgeving (2015). De zogenoemde *WLO-scenario's Hoog* en *Laag* zijn gehanteerd voor de vervoersprognose voor de containervaart gedurende de komende honderd jaar. De prognoses zijn gebruikt voor de vervoerde tonnages en het aantal vervoerde containers (in TEU).

## Discontovoet

Om kosten en baten die op verschillende momenten optreden vergelijkbaar te maken wordt de contante waarde bepaald door deze te verdisconteren naar het basisjaar (2018). Dit wordt gedaan door middel van een discontovoet welke kan worden geïnterpreteerd als een rendementseis van de Rijksoverheid (lees: maatschappij). De voorgeschreven discontovoet bestaat uit twee componenten: de risicovrije discontovoet en de risico-opslag. De hoogtes van toe te passen discontovoet(en) zijn voorgeschreven. Waar voorheen één discontovoet werd toegepast in de bepaling van de contante waarde van kosten en baten, is de hoogte van de discontovoet nu afhankelijk van het type/categorie effect:

- Publieke fysieke investeringen, waarvoor de hoogste discontovoet geldt.
- Gezondheid, waarvoor een lagere discontovoet geldt. Deze categorie bevat het merendeel van de directe effecten zoals geluid, (verkeers)veiligheid en luchtkwaliteit.
- Klimaateffecten zoals CO<sub>2</sub>-uitstoot. In de bepaling van de contante waarde van klimaateffecten wordt een aparte discontovoet gebruikt. De hoogte is afhankelijk van het socio-economische groei (WLO-scenario's).

Voor de bepaling van de contante waarde van publieke fysieke investeringen met substantiële vaste kosten dient een discontovoet van 4,5% te worden gebruikt. Voor de bepaling van de contante waarde van lange termijn (externe) effecten die onomkeerbaar zijn, zoals klimaatverandering, moet een lagere discontovoet worden gebruikt, namelijk 3,0%. Deze discontovoet geldt ook voor gezondheidseffecten (kosten en baten). In onderstaande tabel zijn verschillende type effecten opgenomen en de discontovoet die moet worden gebruikt in de bepaling van de contante waarde.

Tabel 7 Type effecten en voorgeschreven discountvoet (Bron: RWSeconomie.nl)

Type effect	Risicovrije discountvoet (a)	Risico-opslag (b)	Totaal discountvoet (a+b=c)	Relatieve prijsstijging (d)	Effectief (c-d)
<b>Standaard</b>	0%	3%	3%	0%	3%
<b>Publieke fysieke investeringen</b>	0%	4,5%	4,5%	0%	4,5%
<b>Reistijd als baten</b>	0%	4,5%	4,5%	WLO-scenario	4,5% - d
<b>Natuur (standaard)</b>	0%	3%	3%	1%	2%
<b>Natuur (substitueerbaar)</b>	0%	3%	3%	0%	3%
<b>CO<sub>2</sub> (klimaat)</b>	0%	3%	3%	WLO-scenario	3% - d
<b>Gezondheid</b>	0%	3%	3%	-%	3%
<b>Marktconforme projecten</b>	-	-	Marktrente	0%	Marktrente

## Basisjaar, looptijd van de analyse en prijspeil

Het basisjaar in deze studie is 2018. Dit is het jaar waarnaar alle kosten en baten worden teruggerekend (contant gemaakt). De effecten van het verhogen van kunstwerken zijn bepaald voor het zichtjaar. Vervolgens zijn de effecten met behulp van de groeivoeten van WLO-Laag en WLO-Hoog geëxtrapoleerd voor de andere jaren in de analyseperiode. Verondersteld is dat de investeringen in 2018 starten en de baten optreden vanaf 2028. In deze MKBA is een bouwtijd van 10 jaar gehanteerd.

Hiervoor zijn diverse redenen. Ten eerste, de bouwperiode is afhankelijk van de staat van het kunstwerk en de technische mogelijkheden voor het ophogen. In deze studie is de huidige staat van kunstwerken als uitgangspunt genomen voor de bepaling van de constructieve maatregelen. Ten tweede, de lengte van de bouwperiode is afhankelijk van de besteltijd en beschikbaarheid van het benodigde budget. Tot 2030 liggen budgetten vast, er is daarom aangenomen dat pas rond 2026 zicht is op nieuwe budgetten en financiering van het project. Ten derde, het moment waarop baten kunnen worden gerealiseerd is sterk afhankelijk van het moment waarop het laatste kunstwerk in een corridor is verhoogd. In verschillende corridors liggen kunstwerken van andere beheerders dan Rijkswaterstaat. Dit betekent dat rekening moet worden gehouden met de lengte van besluitvormingsprocessen van partijen zoals, provincies, gemeenten en ProRail. Voor de lengte van deze besluitvormingsprocessen van deze partijen en de benodigde afstemming tussen beheerders is een periode van 10 jaar aangehouden.

De analyseperiode beslaat 100 jaar en als prijspeil wordt het prijspeil van 2018 aangehouden.

## 2.4 Presentatie resultaten

De resultaten worden op drie manieren gepresenteerd:

- **Netto Contante Waarde:** dit is het saldo van de contant gemaakte effecten (baten minus kosten). Wanneer de Netto Contante Waarde (NCW) groter is dan nul, dan levert het project een welvaartswinst op. Een negatief saldo duidt op een welvaartsverlies.
- **Baten-kostenverhouding:** deze geeft de verhouding tussen de baten en kosten van het project weer. De baten worden door de kosten gedeeld. Een baten-kostenverhouding groter dan 1 is een indicatie dat het project maatschappelijk rendabel is.

- Interne rentevoet: de interne rentevoet is de discontovoet waarbij de netto contante waarde van alle baten gelijk is aan de netto contante waarde van de kosten.

## 2.5 Gevoeligheidsanalyses

Verskillende gevoeligheidsanalyses zijn uitgevoerd om te analyseren hoe robuust de uitkomsten van de MKBA zijn, namelijk:

- De invloed van het WLO-scenario Hoog zonder CO<sub>2</sub>-heffing (transportprognoses).
- De invloed van hogere of lagere investeringskosten.
- De mogelijkheid om gebruik te maken van de omvaarroute door het Kanaal Zuid-Beveland.

## 3 PROBLEEMANALYSE

### 3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de context van het project. Paragraaf 3.2 beschrijft de problematiek van de doorvaarthoogte voor containerschepen in het algemeen. Vier vaarwegcorridors zijn opgenomen in deze studie. De vaarwegcorridors zijn zo samengesteld dat deze geen overlap hebben. In paragraaf 3.3 worden deze corridors geïntroduceerd en worden specifieke problemen toegelicht. Vervolgens worden in paragraaf 3.4 de projectalternatieven besproken die een oplossing moeten bieden voor de gesignaleerde problemen. Van deze projectalternatieven zijn de maatschappelijke kosten en baten bepaald.

### 3.2 Problematiek van doorvaarthoogte kunstwerken voor containerbinnenvaart

Europese vaarwegen zijn geclassificeerd naar bevaarbaarheid. De vaarwegklassen zijn in 1992 vastgesteld door de *Conférence Européenne des Ministres de Transport* (CEMT) en gebaseerd op de afmetingen van standaardschepen en duwstellen. Op basis van de CEMT-klassering zijn de minimale doorvaarthoogtes van bruggen vastgesteld. Voor schepen met 2 lagen containers is dit 5,25 meter, 7,00 meter voor schepen met 3 lagen containers en 9,10 meter voor schepen met 4 lagen containers.

Ten aanzien van brughoogtes speelt ook de zogenaamde Rijnvaarthoogte een rol. Vanaf 1947 heeft de Centrale Commissie voor de Rijnvaart besloten 9,10 m boven de hoogste bevaarbare waterstand, de maatgevende hoogwaterstand (MHWS), aan te houden als minimale doorvaarthoogte, de zogenaamde Rijnvaarthoogte.

Ingevolge de Nota Vaarwegen uit 1981<sup>15</sup> is de MHWS op de bovenrivieren (Rijn, Waal en IJssel) gelijkgesteld aan de toen hoogst bekende waterstand van 1926. Dit betekent dat er, uitzonderingen daargelaten, een speling van enkele meters is om bruggen over deze bovenrivieren te passeren. Ook op kanalen wordt de Rijnvaarthoogte gehanteerd. Omdat kanalen een vrij constant waterpeil hebben, bestaat er gedurende het jaar nauwelijks tot geen speling ten aanzien van de doorvaarthoogte.

Door marktontwikkelingen, zoals de groei van het gebruik en aandeel van high-cube containers, vormt de doorvaarthoogte die gebaseerd is op de huidige streefwaarden steeds meer een probleem voor containerschepen.

De oorspronkelijke ISO-standaard containers zijn 8 voet 6 inch (2,591 m) hoog. Daartegen zijn high-cubes containers 9 voet 6 inch (2,896 m) hoog, dus één voet oftewel 0,305 m hoger dan de standaard container. De afgelopen decennia is het aandeel high-cubes in de markt gegroeid. In 2014 lag het aandeel van deze containers in de totale containerbinnenvaart boven de 20%. Aangezien de meeste nieuwbouwcontainers high-cube zijn zal naar verwachting dit aandeel verder stijgen (bron: BLN – Koninklijke Schuttevaer). De technische levensduur van een zeecontainer is circa 20 jaar. Echter, na 10 jaar stellen de meeste rederijen de containers buiten gebruik en worden deze verkocht. Wanneer wordt aangenomen dat het aandeel high-cube containers in 2015 25% was en ieder jaar 10 procentpunt van de ISO-standaard containers wordt vervangen door high-cube containers dan is het aandeel high-cube containers in 2026 circa 80%.

Daarnaast zijn de in 1992 gehanteerde aannames ten aanzien van de beladingsgraad (100% bezetting waarvan 50% geladen en 50% lege containers) en inzinking van schepen, niet in overeenstemming met de huidige praktijk. Op basis van onderzoek is gebleken dat de bezettingsgraad van containerbinnenvaartschepen gemiddeld 65% bedraagt, waarvan 35% van de containers leeg is en 65% geladen. Dit betekent dat schepen gemiddeld minder beladen zijn en hoger liggen dan eerder aangenomen. Metingen op de Rijn (Brolsma, 2013) wijzen uit dat containerschepen met vier lagen containers hoger kunnen zijn dan voorheen. Bijvoorbeeld, als gevolg van het gebruik van high-cube containers en een andere bezetting en belading. De benodigde doorvaarthoogte van 4-laags containervaart kan bij gebruik van high-cube containers oplopen tot 11,35 meter terwijl de streefwaarde 9,10 meter is. Voor 3-laags containervaart

---

<sup>15</sup> Kamerstuk Tweede Kamer 1980-1981 kamerstuknummer 16641 ondernummer 2.

geldt dat de streefwaarde 7 meter is en de benodigde doorvaarthoogte kan oplopen tot 8,65 meter (zie ook Brolsma, 2013).

De belangrijkste conclusie van het onderzoek van Brolsma (2013) is dat de doorvaarthoogte gebaseerd op de CEMT-norm voor de containerbinnenvaart een knelpunt kan vormen wanneer gebruik wordt gemaakt van high-cube containers en/of de bezetting en belading van containerschepen afwijkt van de uitgangspunten van de CEMT-normen. Een tekort aan doorvaarthoogte leidt ertoe dat containerschepen een laag containers minder kunnen meenemen dan gewenst. Hierdoor neemt de efficiency van het transport af en de kosten voor verladers en vervoerders toe.

### 3.2.1 Doorvaarthoogtes van Kunstwerken

Voor het bepalen van de doorvaarthoogtes van kunstwerken is het bestand Vaarwegen in Nederland, Editie oktober 2017 geraadpleegd. Tevens zijn deze doorvaarthoogtes voorgelegd aan de regio's van Rijkswaterstaat en waar nodig gecorrigeerd.

Onder doorvaarthoogte wordt het volgende verstaan:

De doorvaarthoogte is de kleinste (veiligste) doorvaarthoogte van een overspanning over bevaarbaar water en wordt bepaald door de kleinste verticale afstand tussen de maatgevende hoogwaterstand (MHWS) voor de scheepvaart en de onderzijde van de overspanning bij volbelasting van de brug, die te allen tijde beschikbaar is voor de scheepvaart. Voor "gebogen" bruggen met een gewelfde onderkant is de doorvaarthoogte aangehouden welke geldt bij de referentietekens zoals teken D.2 of G.5.1b (zie Richtlijnen Scheepvaarttekens 2008).

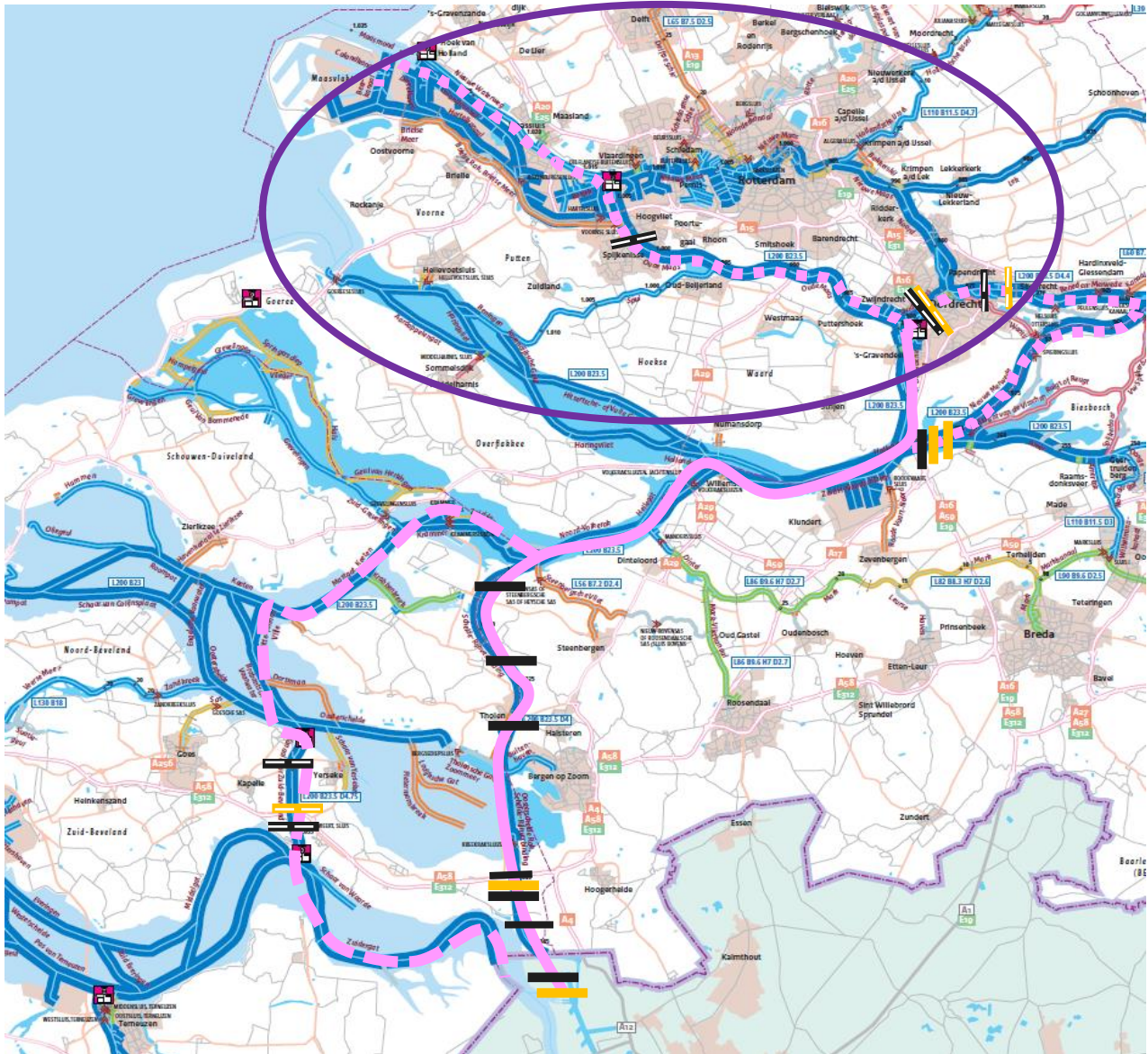
### 3.3 Problematiek per corridor

Afhankelijk van het type vaarweg (bijvoorbeeld rivier of kanaal) heeft de containerbinnenvaart in meer of mindere mate te maken met beperkingen van de doorvaarthoogte van bruggen en enkele sluizen met hefdeuren. Dit geldt overigens niet voor onbeperkt beweegbare bruggen. In de volgende paragrafen wordt per corridor de problematiek toegelicht. Daarnaast kan de containerbinnenvaart hinder ondervinden van beperking in bedientijden van een beweegbare brug (zie paragraaf 3.4.3). Bij de analyse van de corridors is de corridor Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland toegevoegd. Dit is gedaan omdat het aantal containerschepen dat baat heeft van het ophogen van kunstwerken op de corridor Amsterdam-Noord-Nederland beperkt is. Uit analyses blijkt dat er vooral een sterke relatie is tussen Rotterdam en de havens in Noord-Nederland. Het merendeel van de schepen op deze relatie vaart via het Amsterdam-Rijnkanaal. Deze schepen hebben echter alleen baten wanneer de kunstwerken op beide corridors worden verhoogd.

Van iedere corridor is een kaart opgenomen waarin de aanwezige type bruggen is aangegeven: vaste of beperkte beweegbare wegbrug (zwarte lijn), onbeperkt beweegbare wegbrug (zwarte lijn inclusief witte onderbroken lijn), vaste spoorbrug (gele lijn) en beweegbare spoorbrug (gele lijn inclusief witte onderbroken lijn). Een uitgebreid overzicht van kunstwerken die behoren tot de scope van dit onderzoek is opgenomen in de kostennota.

### 3.3.1 Westerschelde-Rijn

De corridor Westerschelde - Rijn is in Figuur 1 aangegeven met een roze lijn. Het gaat om brede Deltawateren met daarover enkele bruggen, het kanaal van de Schelde-Rijnverbinding en het Kanaal door Zuid-Beveland (brede stippellijn) als mogelijke omvaarroute.



*Figuur 1* Overzicht corridor Westerschelde – Rijn. De paarse ovaal geeft het Rotterdamse havengebied en de aangrenzende regio Drechtsteden aan.

De corridor bestaat uit een hoofdroute en een omvaarroute. De hoofdroute loopt vanaf de Nieuwe Merwede en het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen en de Schelde-Rijnverbinding naar de havens van Antwerpen. De Schelde-Rijnverbinding (kanaal) bestaat uit twee panden: het kanaalpand van het Volkerak naar de Kreekraksluizen (noordelijke pand) en het zogeheten Antwerps kanaalpand (zuidelijke pand) tussen de Kreekraksluizen en het Antwerpse havengebied. Over het noordelijke pand liggen drie vaste bruggen, over het zuidelijke pand zes, waarvan twee op Belgisch grondgebied. Over het Hollandsch Diep liggen de Moerdijkbruggen (Moerdijkbrug, Moerdijkspoorbrug en de HSL brug). De HSL brug kent in alle projectalternatieven geen hoogtebeperking en is daarom niet opgenomen in de studie. De doorvaarthoogte van de (spoor)brug bij Moerdijk kan voor de containerbinnenvaart een belemmering vormen. Voor deze schepen is een alternatieve route via de Dordrecht/Zwijndrecht beschikbaar. Schepen die naar het oosten varen vervolgen hun weg na het passeren van de spoorbrug bij Dordrecht over de Beneden Merwede. Schepen met een noordelijke bestemming varen na het passeren van Dordrecht verder over de Noord.



De omvaarroute loopt van de Nieuwe Merwede en het Hollandsch Diep via de Volkeraksluizen, de Krammersluizen, het Kanaal door Zuid-Beveland en de Westerschelde naar Antwerpen of Gent. Het Kanaal door Zuid-Beveland heeft (drie) beweegbare bruggen en kent dus geen hoogtebeperkingen voor de containerbinnenvaart.

Op de hoofdroute via de Schelde-Rijnverbinding liggen twee vaste spoorbruggen (waarvan één in België) en, zeven vaste wegbruggen (waarvan één in België) tot aan Moerdijk. De bruggen (Noordlandsespoorbrug en Noordlandsewegbrug) liggen in België en behoren tot de scope van deze studie.

Op de omvaarroute via Kanaal Zuid-Beveland liggen twee beweegbare wegbruggen en één beweegbare spoorbrug. Deze beweegbare bruggen (Postbrug, Vlakebrug en de Vlakespoorbrug) zijn niet nader onderzocht. Onder deze bruggen varen relatief weinig containerschepen die bovendien beperkt hinder ondervinden van het treinverkeer (in geval van treinverkeer wordt de brug niet geopend voor de scheepvaart). Daarnaast worden er zeer hoge kosten verwacht bij het vervangen van de Vlakespoorbrug, welke niet in verhouding staan met de baten.

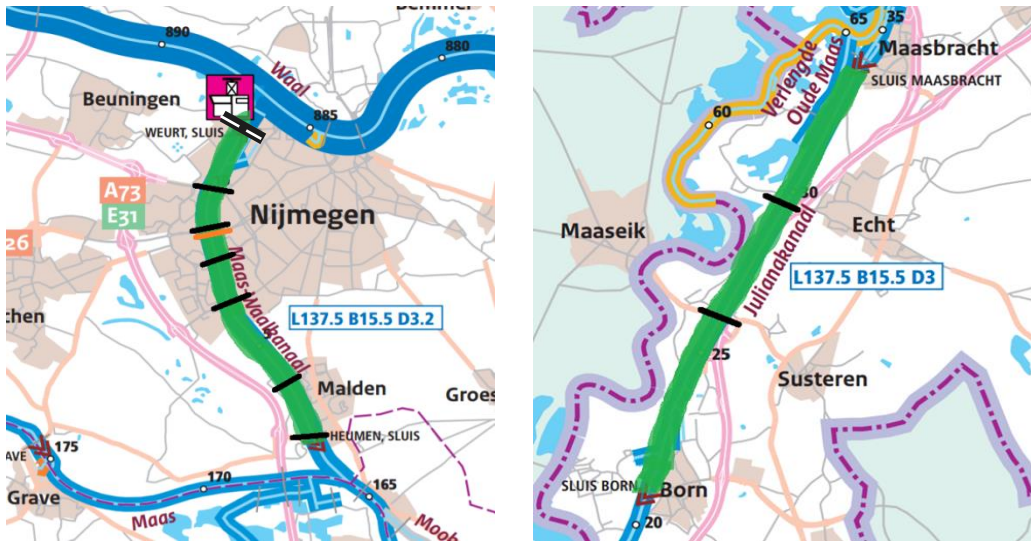
Op de route via de Nieuwe Merwede bevindt zich één vaste wegbrug en twee vaste spoorbruggen. Op de alternatieve route via de Beneden Merwede vanaf Dordrecht liggen twee beweegbare spoorbruggen en twee beweegbare wegbruggen.

### **3.3.2 Maasroute; Weurt-Born**

De Maasroute loopt van de Waal tot de Belgische grens bij Eijsden (zie Figuur 2). In DKC1 was de Maasroute in meerdere deelcorridors opgedeeld. Een van deze deelcorridors is de Maasroute tussen Weurt en Born welke bestaat uit het Maas-Waalkanaal (Weurt-Heumen), de Maas (Heumen-Maasbracht) en het Julianakanaal. Dit deel van de Maasroute behoort tot de scope van deze studie.

Voor deze corridor worden alleen de bruggen over de twee kanaaldelen (Maas-Waalkanaal en Julianakanaal) meegenomen in de (kosten)berekeningen. Hiervoor is gekozen, omdat uit de vorige studie is gebleken dat de bruggen over de rivier een groot gedeelte van de tijd hoger zijn dan de geldende SVIR streefwaarde (circa 95% van de tijd wordt voldaan aan de SVIR streefwaarde en circa 80% van de tijd wordt voldaan aan Scenario 7). Het ophogen van de bruggen over de rivier is zeer kostbaar, terwijl het deel van de tijd waarop hieruit baten kunnen worden ontleent gering is. Hierdoor is de baten-kostenverhouding voor ophoging van bruggen over de rivier zeer laag.

Over de kanaaldelen van de Maasroute (Weurt-Born) liggen 10 bruggen. Het gaat om 1 vaste spoorbrug over het Maas-Waalkanaal, 1 beweegbare brug over het Maas-Waalkanaal en 8 vaste wegbruggen. De beweegbare brug voldoet ruim aan de SVIR streefwaarde en bijna altijd aan Scenario 8 (11,12 m) en is daarom niet nader onderzocht.



Figuur 2 Overzicht corridor Maasroute; Weurt – Born

### 3.3.3 Rotterdam-Amsterdam

De onderzochte route van de corridor Amsterdam – Rotterdam bestaat uit de vaarwegen Amsterdam-Rijnkanaal, Lekkanaal en Lek richting Rotterdam (zie Figuur 3). Deze route is een CEMT-klasse VI vaarweg.

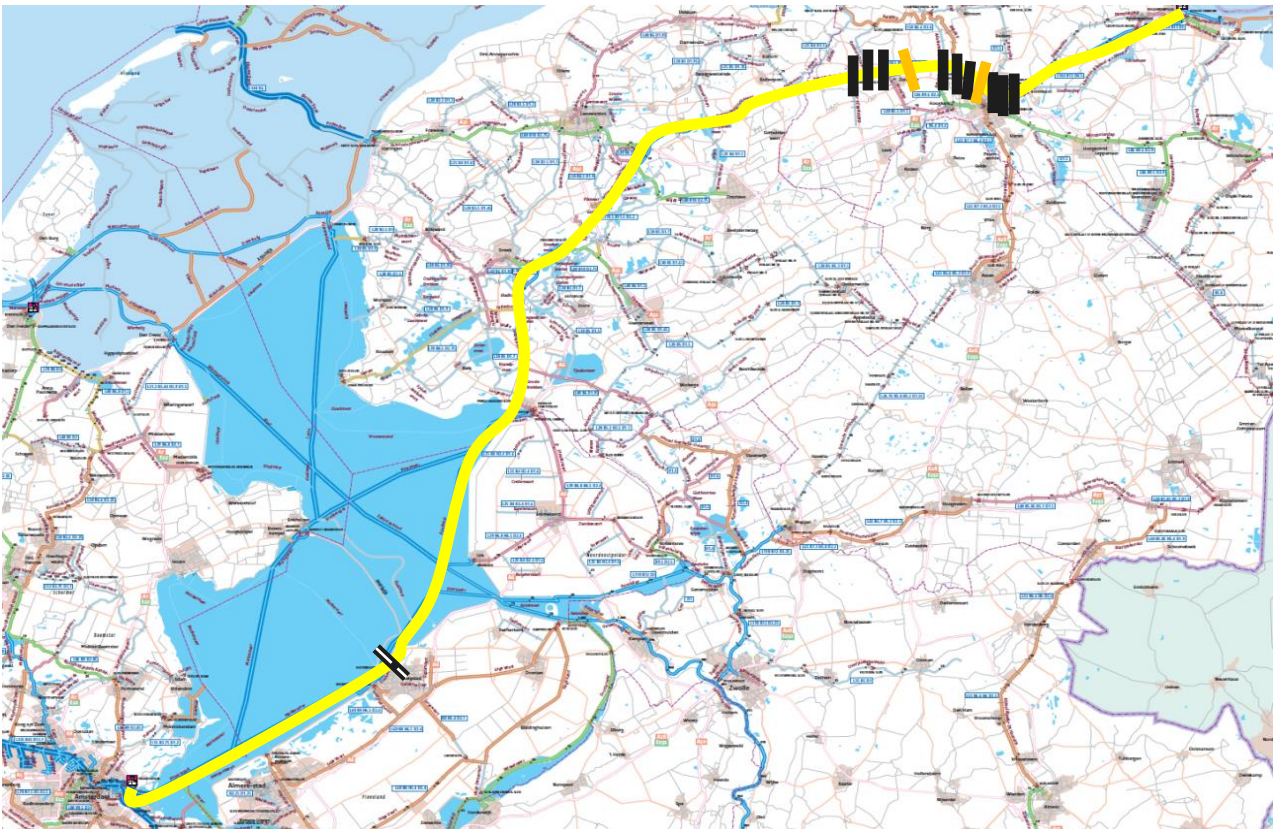
In totaal zijn 31 bruggen opgenomen in deze corridor. Het gaat om 24 vaste wegbruggen, vijf vaste spoorbruggen en twee beweegbare bruggen. Deze laatste twee liggen in het Rotterdamse havengebied. Bij een toename van het aantal hoger beladen containerschepen moeten de beweegbare wegbruggen vaker open wat leidt tot een toename van wachtkosten voor het wegverkeer.



Figuur 3 Overzicht corridors Rotterdam – Amsterdam. De paarse ovalen duiden de ligging van de havengebieden van Amsterdam en Rotterdam

### 3.3.4 Amsterdam-Noord-Nederland

De corridor Amsterdam – Noord-Nederland (zie Figuur 4) start in Amsterdam en loopt over het Markermeer via Lelystad naar de vaarroute Lemmer - Delfzijl. Dit deel van de corridor gaat via het Prinses Margrietkanaal over in het Van Starckenborghkanaal en daarna in het Eemskanaal. In totaal zijn 11 vaste of beperkt (in doorvaarthoogte) beweegbare bruggen opgenomen in deze corridor. Het gaat om 4 vaste wegbruggen, 2 vaste spoorbruggen en 5 beweegbare bruggen met een beperkte doorvaarthoogte in geopende toestand. Als gevolg van een toename in het aantal hoger beladen containerschepen moeten de beweegbare wegbruggen met een onbeperkte doorvaarthoogte (in geopende toestand), zoals de brug over de Houtribsluizen of de Eelwerderbrug (N33) mogelijk vaker open, wat leidt tot extra wachtkosten voor het wegverkeer. Hier wordt nader op ingegaan in hoofdstuk 8: Beweegbare bruggen.



*Figuur 4* Overzicht corridor Amsterdam – Noord-Nederland

### 3.3.5 Beweegbare bruggen en oeververbindingen in de zeehavengebieden

De analyses in deze MKBA beperken zich niet alleen tot de verhoging van kunstwerken op de vier corridors. Het ophogen van bruggen heeft mogelijk ook gevolgen voor het scheepvaartverkeer en wegverkeer in met name de zeehavengebieden van Rotterdam en Amsterdam.

De oeververbindingen op de maritieme toegangswegen in de zeehavengebieden kennen een andere beleid dan de SVIR-streefwaarde die op de vier onderzochte vaarwegcorridors wordt toegepast, aangezien deze maritieme toegangswegen naast de containerbinnenvaart ook worden gebruikt door zeevaart (cruiseschepen), bijzonder havengerelateerd transport en zeilvaart die allen gekenmerkt worden door beperkte manoeuvreerbaarheid. Zij kennen de status van "Open vaarwegen", dat wil zeggen, een vaarweg waarop nagenoeg geen beperkingen ten aanzien van de doorvaarthoogte gelden. Dit beleid is nog steeds van kracht en terug te vinden in de Richtlijnen Vaarwegen.

De maritieme toegangswegen en overige vaarroutes in de havengebieden van Amsterdam en Rotterdam kennen van oudsher ook veel kruisend spoor- en wegverkeer waardoor stremmingen als gevolg van brugopeningen aanzienlijke negatieve maatschappelijke economische gevolgen hebben.

Daarom hebben bevoegde gezagen die verantwoordelijk waren voor oeververbindingsopgave in de havengebieden, de afgelopen decennia gestreefd naar de aanleg van zo veel mogelijk ongelijkvloerse kruisingen waardoor kruisend verkeer zo veel mogelijk ongehinderd kan plaatsvinden. Dit in samenspraak met vaarwegbeheerder IenW. Bestaande oeververbindingen in deze havengebieden betreffen daarom alleen tunnelverbindingen of beweegbare bruggen die hoger zijn aangelegd dan de reguliere SVIR streefwaarden en voldoen derhalve in grote mate aan 11,35 m (Scenario 8), waardoor 4-laags high cube containerbinnenvaartschepen nauwelijks hinder ondervinden.

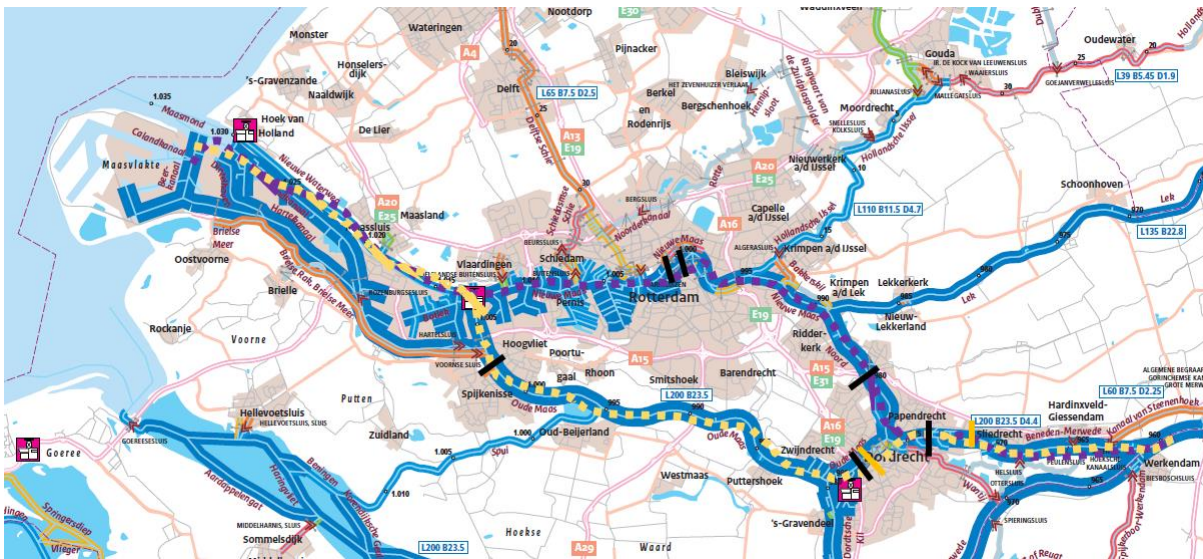
Deze aanpak is vastgelegd in paragraaf 5.3.2 van de RVW 2017. Hierin is het onderwerp interactieproblemen en het hieruit volgende beleid toegelicht. Hierbij krijgt een tunnel of aquaduct de voorkeur boven een beweegbare brug, ondanks de naar verhouding hoge aanlegkosten. Dat kan (mede) het gevolg zijn van de hogere kosten voor bediening c.q. beheer en onderhoud van beweegbare bruggen, hetgeen geldt voor niet te brede vaarwegen. Met een tunnel of aquaduct zijn interactieproblemen tussen land- en waterverkeer in de vorm van lange wachttijden duurzaam opgelost. Concrete voorbeelden zijn de tunnelverbindingen in Amsterdam (2<sup>e</sup> Coentunnel) en Rotterdam (nieuwe Maasdeltatunnel) maar ook de Sluiskiltunnel in Terneuzen.

Aangezien de eigenschappen van de vaarwegen in de havengebieden van elkaar verschillen worden beide havengebieden afzonderlijk van elkaar uitgewerkt.

#### 3.3.5.1 Situatie havengebied Rotterdam

In het Rotterdamse havengebied (Figuur 5) is sprake van een open zeeverbinding waardoor de maatgevende hoogwaterstand (MHWS), waarop de doorvaarthoogte van bruggen wordt bepaald, voornamelijk wordt beïnvloed door getij die in het gehele havengebied tot Gorinchem waarneembaar is. In getijdenwateren wordt als MHWS het grenspeil aangehouden, een waterstand met een frequentie van één maal per twee jaar. De waterstand is normaliter gezien een stuk lager, waarbij in het Rotterdamse havengebied het verschil tussen de MHWS en de gemiddelde waterstand bij vloed circa één meter bedraagt. Bovendien is er iedere dag sprake van een aanzienlijke waterfluctuatie (eb en vloed) tot wel twee meter waardoor schepen met vier lagen high-cube containers gedurende een groot deel van de tijd ongehinderd de bruggen richting het achterland kunnen passeren.

Het cumulerende effect van bovenstaande feiten en de vele tunnelverbindingen in het Rotterdamse havengebied zorgen ervoor dat 11,35 m. (Scenario 8) hoge containerbinnenvaartschepen nauwelijks hinder ondervinden van de aanwezige oeververbindingen die de vaarroutes kruisen. Daarnaast zijn er binnen het havengebied meerdere routes voor de containerbinnenvaart beschikbaar waar afhankelijk van de benodigde doorvaarthoogte gebruik van kan worden gemaakt, zie figuur 5.



Figuur 5 Overzicht vaarroutes in het Rotterdamse Havengebied en de aangrenzende regio Drechtsteden

Het havengebied Rotterdam en de aangrenzende regio Drechtsteden bestaat uit twee maritieme toegangswegen:

- Bovenlangs (paars geblokt): Breuddiep, Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, De Noord en Beneden Merwede.
- Onderlangs (geel geblokt): Breuddiep, Nieuwe Waterweg, Oude Maas en Beneden Merwede.

Bovenlangs worden de volgende bruggen gepasseerd en de dikgedrukte bruggen nader onderzocht in hoofdstuk 8: **Erasmusbrug**, **Willemsbrug**, Van Brienoordbrug, Alblasserdambrug, de Papendrechtsebrug (N3) en de Baanhoekspoorbrug.

Onderlangs worden de volgende bruggen gepasseerd en de dikgedrukte bruggen nader onderzocht in hoofdstuk 8: Nieuwe Botlekbrug, **Spijkenuisbrug**, **Stadsbrug bij Zwijndrecht**, **Spoorbrug bij Dordrecht**, de Papendrechtsebrug (N3) en de Baanhoekspoorbrug.

De keuze van deze nader onderzochte bruggen is gebaseerd op de doorvaarthoogte, de verkeersintensiteit van het kruisend verkeer en de hieruit voortvloeiende wachttijden (zowel scheepvaart als wegverkeer).

De overige (beweegbare) bruggen en oeververbindingen in het Rotterdamse havengebied en de aangrenzende regio Drechtsteden worden niet onderzocht met uiteenlopende redenen:

- De Van Brienoordbrug, Alblasserdambrug, Papendrechtsebrug (N3 en de Baanhoekspoorbrug voldoen ruim aan SVIR streefwaarde en voldoen nagenoeg altijd aan 11,35 m (Scenario 8).
- De Nieuwe Botlekbrug is niet onderzocht aangezien deze brug reeds conform de high-cube ontwikkelingen en klimaatveranderingen is aangelegd en derhalve geen belemmering vormt voor 4-laags high-cube containerbinnenvaart.
- De bruggen over het Hartelkanaal (Suurhoffbrug, Harmsenbrug, Hartelbrug) zijn niet onderzocht omdat het Hartelkanaal geen maritieme toegangsrouten is. Tevens is er een alternatieve vaarroute met een hogere doorvaarthoogte via Breuddiep en de Nieuwe Waterweg beschikbaar.
- De Beneluxtunnel, Botlektunnel, Caland/Thomassentunnel, Heinoordtunnel, Maastunnel, Noordtunnel (A15), Nieuwe Maasdeltatunnel, Drechtunnel en Willemsspoortunnel worden wel in dit overzicht meegenomen om het totaal aan oeververbindingen in de Rotterdamse haven inzichtelijk te maken maar zijn niet in dit onderzoek meegenomen, aangezien deze oeververbindingen vanwege ongehinderde doorgang van kruisend scheepvaart/wegverkeer geen maatschappelijke (wacht)kosten tot gevolg hebben.

### 3.3.5.2 Situatie havengebied Amsterdam

De maritieme toegangswegen in het Amsterdamse havengebied (zijnde het Noordzeekanaal en het IJ, zie Figuur 6) kennen als gevolg van de ligging tussen het sluizencomplex bij IJmuiden en de Oranjesluizen weinig fluctuatie (enkele decimeters) tussen de MHSW en de gemiddelde waterstand. Dit in tegenstelling tot de situatie in het Rotterdams havengebied waarbij de fluctuatie enkele meters kan bedragen.

Als gevolg van schaalvergrotingen in de zee- en binnenvaart en de maritieme onveiligheid als gevolg van eerdere aanvaringen van bruggen door de zeevaart (die gekenmerkt wordt door beperkte manoeuvreerbaarheid), is er in Amsterdam in de afgelopen decennia gericht geïnvesteerd om de bestaande bruggen te vervangen door tunnelverbindingen. Hierdoor is er momenteel sprake van ongehinderd kruisend scheepvaart/wegverkeer.

#### Oeververbindingen Havengebied Amsterdam

De Velsertunnel, Wijkertunnel, Coentunnels, Hemspoottunnel, IJ-tunnel en Zeeburgertunnel (gelegen op corridor Amsterdam-Noord-Nederland) worden wel in dit overzicht meegenomen om het totaal aan oeververbindingen in de Amsterdamse havengebied inzichtelijk te maken maar zijn in de latere hoofdstukken van dit onderzoek niet meegenomen aangezien deze oeververbindingen vanwege ongehinderde doorgang van kruisend scheepvaart/wegverkeer geen maatschappelijke (wacht)kosten tot gevolg hebben.



Figuur 6 Overzicht vaarroute in het Amsterdamse Havengebied

## 3.4 Nulalternatief en projectalternatieven

Om de effecten te bepalen worden in een MKBA projectalternatieven afgezet tegen de toekomstige situatie waarin het project niet wordt gerealiseerd: het nulalternatief. Hieronder worden zowel de alternatieven als het nulalternatief beschreven.

### 3.4.1 Nulalternatief

Het uitgangspunt voor het nulalternatief is dat alle ruimtelijke en economische ontwikkelingen die in vastgestelde beleidsnota's zijn beschreven uitgevoerd worden. In het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT) projectenboek<sup>16</sup> is beschreven welke infrastructurele en ruimtelijke projecten tot

<sup>16</sup> Ieder jaar wordt de stand van zaken met betrekking tot besluiten in zake MIRT en uitvoering van projecten gerapporteerd in het MIRT projectenboek en MIRT Overzicht. Tijdens de uitvoering van deze MKBA wordt de meest actuele informatie met betrekking tot MIRT gebruikt (MIRT Overzicht 2018).

2030 onderzocht of gerealiseerd worden. Investerings in kunstwerken zoals bruggen en sluisen zijn hierin ook opgenomen. Aanpassingen die leiden tot een verandering van de hoogte van een kunstwerk zoals een brug of hefdeur van een sluis op één van de corridors zijn onderdeel van het nulalternatief.

Het programma Vervanging en Renovatie van Rijkswaterstaat geeft een overzicht van kunstwerken die vanwege het naderen van einde levensduur vervangen of gerenoveerd moeten worden. Maatregelen en aanpassingen die tot 2028/2030 worden genomen aan deze kunstwerken behoren tot het nulalternatief.

Voor kunstwerken die niet in het kader MIRT of ander programma worden aangepast, geldt in het nulalternatief de huidige hoogte hetgeen bij nieuwe oeververbindingen in het Amsterdamse havengebied zou betekenen dat er dient te worden vastgehouden aan een oeververbinding met ongelimiteerde hoogte.

### 3.4.2 Projectalternatieven

Deze MKBA wordt opgesteld voor vier projectalternatieven voor het ophogen van kunstwerken. Deze projectalternatieven zijn afkomstig uit de studie van Brolsma (2015). In DKC1 en deze studie wordt dezelfde nummering aangehouden. Van de volgende vier projectalternatieven worden de kosten en baten bepaald:

- SVIR-streefbeeld: doorvaarthoogte van de kunstwerken op basis van de Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (2012).
- Scenario 7: Gemiddelde belading van schepen uitgaande van 65% bezetting waarvan 65% beladen.
- Scenario 4: 90% onderschrijding van de doorvaarthoogtes inclusief compensatie voor inzinking van de schepen (meting 2012).
- Scenario 8: Doorvaarthoogte die de transport van lege (100%) high-cube containers faciliteert.

De projectalternatieven Scenario 4, 7 en 8 zijn geformuleerd in DKC1. Om verwarring in terminologie met de WLO-scenario's te voorkomen worden alternatieven voor ophoging in het vervolg projectalternatieven genoemd.

Hieronder worden de vier projectalternatieven en de gevolgen ervan voor de doorvaarthoogtes nader toegelicht. In de doorvaarthoogtes is de veiligheidsmarge (schrikhoogte) van 30 centimeter opgenomen.

#### SVIR-streefbeeld: streefwaarde kunstwerken conform de SVIR

De Structuurvisie Infrastructuur en Ruimte (2012) stelt het volgende (pag. 120): "Het streefbeeld is dat hoofdvaarwegen die de belangrijkste zeehavens met het achterland verbinden (hoofdverbindingssassen), ten minste geschikt zijn voor klasse VIb-schepen en 4-laags containervaart, de doorgaande nationale hoofdvaarwegen ten minste voor klasse Va-schepen en 4-laags containervaart en de overige hoofdvaarwegen ten minste geschikt zijn voor klasse IV en 3-laags containervaart".

Bij 4-laags containervaart hoort ingevolge de CEMT-normen een doorvaarthoogte van 9,10 meter en bij 3-laags containervaart bedraagt dit 7,00 meter.

Een belangrijke kanttekening dient hierbij geplaatst te worden. In het SVIR-streefbeeld is geen rekening gehouden met de ontwikkeling van het gebruik van high-cube containers. In Scenario 4, 7 en 8 wordt wel rekening gehouden met deze ontwikkeling.

#### Scenario gemiddelde belading (65% bezetting waarvan 65% beladen)/Scenario 7

Uitgangspunt voor de (berekende) doorvaarthoogte in Scenario 7 is dat containerschepen voor 65%<sup>17</sup> bezet zijn met high-cube containers en dat 65% van deze containers geladen zijn. In Scenario 7 wordt voor 4-laags high-cube containervaart een doorvaarthoogte aangehouden van 10,29 meter voor vaarwegen met klasse CEMT Va en 10,50 meter voor vaarwegen met klasse CEMT-VIa.

#### Scenario doorvaarthoogtes bij 90% onderschrijding door schepen/ Scenario 4

Uitgangspunt voor Scenario 4 zijn de resultaten van de meetcampagne die in 2012 is uitgevoerd. In

---

<sup>17</sup> Bezetting is de verhouding tussen het maximale aantal containers dat een schip mag vervoeren en het werkelijke aantal.



Scenario 4 zijn de doorvaarthoogtes dusdanig gekozen dat deze door 90% van de gemeten schepen onderschreden wordt. De doorvaarthoogte is afhankelijk van de scheepsklasse waarvoor een vaarweg geschikt is. In Scenario 4 wordt voor 4-laags containervaart een doorvaarthoogte van 10,85 meter voor vaarwegen met klasse CEMT-Va aangehouden en 11,05 meter voor vaarwegen met klasse CEMT-VIa.

### Scenario benodigde doorvaarthoogte voor transport 100% lege high-cube containers/ Scenario 8

Het transport van lege high-cube containers (100%) vormt het uitgangspunt van Scenario 8. In dit Scenario wordt voor schepen van klasse Va en VI die beladen zijn met vier lagen lege high-cube containers een doorvaarthoogte geboden van respectievelijk 11,12 en 11,35 meter.

Tabel 8 geeft een overzicht van de projectalternatieven, de vaarwegklassen, aantal lagen containers en de bijbehorende doorvaarthoogtes.<sup>18</sup>

Tabel 8 Doorvaarthoogte (incl. 30 cm schrikhoogte) in de verschillende projectalternatieven

Projectalternatieven	Aantal lagen containers	CEMT-klasse	Doorvaarthoogte (incl. 30cm schrikhoogte) (m)
<b>SVIR-streefbeeld</b>	4	Va	9,10
		VIa	9,10
<b>Scenario 7 (65% bezetting, 65% beladen TEU's)</b>	4	Va	10,29
		VIa	10,50
<b>Scenario 4 (90% onderschrijding o.b.v. meting 2012)</b>	4	Va	10,85
		VIa	11,05
<b>Scenario 8 (100% leeg)</b>	4	Va	11,12
		VIa	11,35

<sup>18</sup> In deze studie wordt gebruikt gemaakt van WLO-scenario's en scenario's voor ophoging. Om verwarring te voorkomen worden scenario's voor ophoging in het vervolg projectalternatieven genoemd.

## 4 EFFECTBEPALING

### 4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt een toelichting gegeven op de wijze waarop de effecten (kosten en baten) van de projectalternatieven en het nulalternatief zijn bepaald. In de kostennota (Arcadis, 2018) is de werkwijze beschreven die is gevolgd in de berekening van de kosten (investeringen en beheer en onderhoud) van het verhogen van kunstwerken.

In paragraaf 4.2.1 is een toelichting gegeven op de verkeers- en vervoersprognoses die zijn gebruikt in de bepaling van de omvang van het containertransport op de corridors. Naast de omvang van de containertransport zijn ook de bezettings- en ladingskarakteristieken van deze schepen bepalend voor de baten. Immers, de bezetting en belading van containerschepen bepalen de benodigde doorvaarthoogte. In paragraaf 4.2.2 is een toelichting gegeven op hoe verschillen in bezetting en belading doorwerken in de baten van de projectalternatieven.

In paragraaf 4.3 staan de kosten en baten van het projectalternatief *SVIR-Streefbeeld* centraal. In paragraaf 4.4 is uiteengezet hoe de directe effecten, zoals efficiencywinsten voor de containerbinnenvaart en de verschuiving van containertransport van de weg naar de binnenvaart (modal shift) zijn bepaald.

De corridors bestaan uit vaarwegen met verschillende waterstanden. Zo is de waterstand in kanalen relatief constant en die van rivieren (zeer) variabel. In paragraaf 4.2.2 is per corridor aangegeven wat de invloed van de (variabele) waterstanden is op de baten van de alternatieven. Centraal staat hierbij de vraag of de baten op een corridor moeten worden gecorrigeerd voor de frequentie en lengte waarmee de maatgevende hoogwaterstand optreedt (MHWS). Samengevat, hoeveel dagen in een jaar is er vanwege de waterstand voldoende doorvaarthoogte op een corridor. De MHWS was één van de uitgangspunten in de bepaling van de doorvaarthoogtes in de drie projectalternatieven.

Voor verschillende corridors geldt dat er sprake is van grensoverschrijdend verkeer. Dit betekent dat buitenlandse verladers en ingezetenen ook profiteren van de baten van de alternatieven. Er moet rekening worden gehouden met het zogenaamde weglekeffect. De wijze waarop dit is gedaan is toegelicht in paragraaf 4.2.3

Bij verhoging van de vaste bruggen zullen schepen hoger worden beladen. Als gevolg hiervan zullen beweegbare bruggen mogelijk vaker open moeten. De wijze waarop dit is berekend is toegelicht in paragraaf 4.8. De gevolgen van de projectalternatieven voor het aantal openingen van de beweegbare bruggen is het onderwerp van hoofdstuk 8.

De kosten en baten van omvaarroutes zijn opgenomen als gevoeligheidsanalyse in hoofdstuk 7.3. Hier worden mogelijke omvaarroutes besproken die de binnenvaart kan gebruiken om kunstwerken te vermijden waarvan de doorvaarthoogte een beperking vormt. Daarnaast wordt ook ingegaan op het verschil in frequenties van afvaarten tussen het nulalternatief en de projectalternatieven.

### 4.2 Basisgegevens

#### 4.2.1 Verkeers- en vervoersprognoses

##### Intensiteiten

Voor het bepalen van de baten van de alternatieven voor de containerbinnenvaart zijn gegevens over aantallen containerschepen (intensiteiten) en type containerschepen op de corridors nodig. RWS heeft gegevens aangeleverd over containerbinnenvaartschepen die sluisen (telpunten) zijn gepasseerd in het jaar 2016. In deze bestanden zijn tevens prognoses opgenomen voor de zichtjaren 2030, 2040 en 2050. Deze prognoses zijn gebaseerd op de WLO-scenario's Hoog en Laag (2015). Voor iedere corridor is bepaald welke telpunten relevant zijn in de bepaling van de vervoersstromen op deze corridors en de herkomst en bestemmingsrelaties (HB-relaties) met baten. In de vervoersprognoses is informatie opgenomen over de herkomsten en bestemmingen van containerschepen. Voor iedere herkomst en bestemmingsrelatie is

bepaald of deze gebruik maakt van een corridor en of het ophogen van bruggen leidt tot baten. De herkomsten en bestemmingen met baten en de bijbehorende aantal schepen en TEU<sup>19</sup> zijn bepaald voor de zichtjaren 2030 en 2040. Dit is gedaan voor de WLO-scenario's Hoog en Laag. In beide WLO-scenario's is de CO<sub>2</sub>-heffing standaard opgenomen. Door middel van een gevoeligheidsanalyse (Hoofdstuk 7) is het MKBA-resultaat bepaald voor het scenario WLO-Hoog zonder CO<sub>2</sub>-heffing.

## Vaarafstanden

Voor het bepalen van de afstanden die containerschepen afleggen op de corridors is gebruik gemaakt van de website: <http://www.blueroadmap.nl/>. Met deze routeplanner is het mogelijk een reis te plannen tussen twee havens of containerterminals. Als resultaat wordt de vaarafstand gegeven van de meest logische route. Voor iedere HB-relatie waarop baten ontstaan is bepaald op welke containerterminals of havens deze betrekking heeft. Vervolgens is met de routeplanner de afstand tussen deze containerterminals of havens berekend. Over deze afstand worden, als gevolg van het project, baten genoten.

## Bezettingsgraden en belading

In het algemeen geldt dat de drie projectalternatieven (Scenario 7, 4 en 8) schepen in staat stellen om met een hogere bezetting (een laag extra) te varen. Dit is een belangrijke verandering ten opzichte van het nulalternatief en levert de containerbinnenvaart baten op.

In de gegevens van RWS is geen informatie opgenomen over het aantal lagen containers dat aanwezig is op schepen die de telpunten zijn gepasseerd. Het aantal lagen en de huidige benodigde doorvaarthoogte is daarom geschat met behulp van een rekenmodel. Hiervoor is informatie over belading, bezetting, capaciteit per schip (TEU) en vervoerd gewicht gebruikt. Hierbij is aangenomen dat vanaf een bezettingsgraad van 65% containerschepen varen met 4 lagen (high-cube) containers.

### 4.2.2 Waterstanden

Waterstanden bepalen in grote mate de doorvaarthoogte van kunstwerken en dus de baten van de projectalternatieven. Vooral de variatie in de waterstand en de frequentie waarmee deze optreedt, hebben een invloed op de hoogte van de baten.

De doorvaarthoogtes in de projectalternatieven zijn gebaseerd op een MHWS. Voor de beroepsvaart is de Maatgevende Hoge Waterstand (MHWS) één van de volgende twee waterstandswaarden (Richtlijnen Vaarwegen, 2017):

- Op kanalen en bij kortdurende waterstandsvariaties, bijvoorbeeld in getijdegebieden: de waterstand, die 1% van de tijd overschreden wordt, gemeten over de laatste 10 jaar.
- Bij langdurige waterstandsvariaties, bijvoorbeeld op rivieren: de waterstand, die in de laatste periode van 10 jaar éénmaal gedurende een aaneengesloten periode van 24 uur overschreden wordt.

Het kanaalpeil wordt vaak constant gehouden en de speling tussen de gemiddelde waterstand en de MHWS is beperkt tot enkele decimeters.

Bij rivieren en getijdegebieden kan het verschil tussen de gemiddelde waterstand en de MHWS oplopen tot enkele meters. Dit kan betekenen dat een groot gedeelte van het jaar er wel sprake is van voldoende doorvaarthoogte.

---

<sup>19</sup> TEU is de aanduiding voor de afmetingen van containers. De afkorting staat voor Twenty Foot Equivalent Unit. 1 TEU is een container van 20 voet lang, 8 breed en meestal 8,5 hoog. In het metrieke stelsel uitgedrukt is een TEU 6,10 meter lang, 2,44 m breed en 2,59 m hoog.

In het onderstaande is per corridor aangegeven of de baten moeten worden gecorrigeerd voor de frequentie en duur waarmee de MHWS of een andere waterstand optreedt. Dit geldt voor Scenario 4, 7 en 8. De invloed van de MHWS op de baten voor het *SVIR-streefbeeld* is reeds besproken in paragraaf 4.4.

#### 4.2.2.1 Robuuste klimaatbestendige Maatgevende Hoog Waterstand

In deze studie worden robuuste klimaatbestendige Maatgevende Hoog Waterstanden voor de scheepvaart gehanteerd op basis van het KNMI'06 G-scenario voor de vaargebieden waar klimaatveranderingen invloed heeft op het waterpeil en daarmee de MHWS en doorvaarthoogte van kunstwerken. Zodoende is gerekend met de MHWS van het jaar 2100. Dit heeft geen gevolgen voor de MHWS op kanalen, maar wel voor getijdengebieden (zeespiegelstijging) en rivieren (hogere waterafvoer). De MHWS 2100 zijn berekend door HKV.

#### Maasroute; Weurt - Born

Het peil van de Maas is sterk afhankelijk van de hoeveelheid neerslag. Tijdens perioden met neerslag is de waterstand van de rivier hoog, terwijl in (langere) droge perioden de rivier vaak een lage waterstand kent. De stadsbrug bij Venlo is met een hoogte van NAP+ 22,10m de brug met de laagste doorvaarthoogte in het traject Weurt – Born (Maas) en bepaald de omvang van de baten van het ophogen van bruggen over het gekanaliseerde deel van de Maas.

Hierbij is de MHWS (T=10/24h) in 2018: NAP+ 16,87m en in 2100 zelfs NAP + 17,14m. Aangezien deze waterstand zeer zelden voorkomt is het relevant om na te gaan welk percentage van de tijd een bepaalde waterstand zich voordoet:

- Bij een waterstand van NAP + 11,81m of lager voldoet de brug aan de norm van Scenario 7 (10,29 meter).
- Bij een waterstand van NAP + 11,25m of lager voldoet de brug aan de norm van Scenario 4 (10,85 meter).
- Bij een waterstand van NAP + 10,98m of lager voldoet de brug aan de norm van Scenario 8 (11,12 meter).

Bovenstaande waterstanden geven aan wanneer het mogelijk is om de stadsbrug van Venlo te passeren met 4 lagen high-cube containers. De gegevens over de waterstand in de periode 2016-2017 maken duidelijk dat door de stadsbrug niet altijd de volledige baten kunnen worden genoten van de ophoging van bruggen over de twee kanaalpanden. Dit betekent dat het gemiddelde transportkostenvoordeel kleiner is dan 15% (Scenario 7), 18% (Scenario 4) en 20% (Scenario 8). In bijlage C wordt toelichting gegeven op de correctie van het transportkostenvoordeel voor de beschikbare doorvaarthoogte bij de stadsbrug van Venlo. Het transportkostenvoordeel op de Maasroute is geraamd op 12% in Scenario 7 en, 13% in Scenario 4 en 8.

#### Andere corridors

Voor de corridors Rotterdam-Amsterdam, Westerschelde – Rijn, Amsterdam - Noord-Nederland en Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland geldt dat de baten worden bepaald door bruggen over kanalen. De baten op deze corridors worden niet gecorrigeerd voor de frequentie waarmee de MHWS optreedt.

In de analyse naar de gevolgen van een toename in het aantal openingen van beweegbare bruggen is wel rekening gehouden met de variabele waterstand in het Rotterdamse havengebied.

### 4.2.3 Weglekeffect: Nederlandse versus buitenlandse baten

Voor verschillende corridors geldt dat er sprake is van grensoverschrijdend verkeer. Dit betekent dat buitenlandse verladers en ingezetenen ook profiteren van de baten van de projectalternatieven. Er is sprake van een zogenaamd weglekeffect waarmee rekening moet worden gehouden. Omdat deze baten buiten Nederland vallen, mogen deze niet worden opgenomen in de MKBA.

Voor de bepaling van de omvang van het weglekeffect is per corridor het aandeel van buitenlandse herkomsten en bestemmingen in de getelde scheepspassages geanalyseerd (Tabel 10).

Tabel 9 Aandelen scheepspassages naar binnenlandse en buitenlandse bestemmingen

Corridor	Aandeel NL-NL	Aandeel Buitenland-Nederland	Aandeel Nederland-Buitenland	Aandeel Buitenland-Buitenland
Westerschelde -Rijn	11%	27%	26%	35%
Maasroute Weurt – Born	85%	3%	11%	1%
Rotterdam-Amsterdam	86%	7%	4%	3%
Amsterdam-Noord-Nederland	93%	0,7%	1,4%	4,5%
Rotterdam-Amsterdam- Noord-Nederland	93%	0,7%	1,4%	4,5%

Voor de meeste corridors geldt dat het aandeel van buitenlandse herkomsten en bestemmingen in de scheepspassages zeer beperkt is. De baten als gevolg van brugverhogingen op deze corridors vallen geheel toe aan Nederland. Een correctie voor het weglekeffect is niet aan de orde.

Voor de corridor Westerschelde – Rijn geldt dat 62% een buitenlandse bestemming heeft. De baten op deze corridor worden voor dit weglekeffect gecorrigeerd. In hoofdstuk 6 worden de resultaten van de MKBA gepresenteerd en worden kosten en baten uitgesplitst naar de drie landen Nederland, Duitsland en België.

### 4.3 Effectbepaling ophoging vaste bruggen

Bezetting en belading van schepen hebben een grote invloed op de benodigde doorvaarthoogte en dus de baten van de projectalternatieven voor ophoging van kunstwerken. Omdat op de corridors veel bruggen al voldoen aan de norm van het SVIR-streefbeeld is dit projectalternatief apart beschouwd. De andere alternatieven zorgen voor significante verhogingen van bruggen op de corridors.

#### SVIR-streefbeeld

Aanpassingen van kunstwerken naar de hoogtenormen in het *SVIR-streefbeeld* leiden niet tot baten of slechts tot baten met een zeer geringe omvang voor de containerbinnenvaart. De ophoging van kunstwerken is over het algemeen dusdanig beperkt dat ten opzichte van het nulalternatief er nauwelijks extra bruikbare doorvaarthoogte ontstaat (zie voorgaande paragraaf).

Uit deze analyse blijkt dat er ten aanzien van het *SVIR-streefbeeld* twee situaties bestaan (Tabel 10).

**Situatie 1: De doorvaarthoogte is lager dan de norm in het SVIR-streefbeeld, maar de extra doorvaarthoogte bij ophoging naar het SVIR-streefbeeld levert geen baten op voor de containervaart.**

### Westerschelde - Rijn

De laagste brug op de corridor Westerschelde – Rijn, de Moerdijkspoorbrug, heeft in het nulalternatief een doorvaarthoogte van 8,46 meter t.o.v. de MHWS 2100. Containervaart met vier lagen high-cubes is hierdoor niet mogelijk, maar met drie lagen high-cube containers is passeren van de Moerdijkspoorbrug bijna altijd mogelijk. Bovendien is de gemiddelde waterstand in 2100 (NAP+ 0,48m) logischerwijs lager dan de MHWS 2100 (NAP+1,97m) en is er in de dagelijkse praktijk bijna altijd een grotere doorvaarthoogte beschikbaar. Bij de gemiddelde waterstand is de beschikbare doorvaarthoogte 9,95 meter. Ook is er de mogelijkheid om te varen via de Dordtsche Kil, waardoor de Moerdijkspoorbrug kan worden vermeden. De Kreekrakbruggen (doorvaarthoogte: 8,70 meter t.o.v. MHWS) veroorzaken mogelijk wel een doorvaarthoogtebeperking, maar het ophogen naar de SVIR streefwaarde levert, om eerdergenoemde redenen, nauwelijks tot geen baten op.

De extra ruimte in de doorvaarthoogte kan dus nauwelijks worden benut en het *SVIR-streefbeeld* levert geen baten op voor deze corridors.

### Rotterdam - Amsterdam

De laagste brug in de corridor Amsterdam - Rotterdam heeft in het nulalternatief een doorvaarthoogte van 8,92 meter. Aangezien deze specifieke brug een kromming kent en de bepaling van de doorvaarthoogte gebaseerd is op de hoogte bij de referentietekens die aan weerskanten de doorgaande vaarweg markeren, voldoet deze brug in het midden van de vaarweg feitelijk wel aan de 9,10 meter doorvaarthoogte. Hieruit kan worden opgemaakt dat deze vaarwegcorridor voldoet aan de SVIR-streefwaarde.

### Amsterdam - Noord-Nederland

De laagste brug in de corridor Amsterdam - Noord-Nederland heeft in het nulalternatief een doorvaarthoogte van 8,95 meter t.o.v. MHWS. Dit betekent dat 4-laags containervaart met high-cubes niet mogelijk is, maar 3-laags high-cube containervaart altijd.

Uit de resultaten van de simulatie blijkt dat maximaal 0,5% van alle configuraties 4-laags containervaart baten heeft van een verhoging van kunstwerken op deze corridors naar de SVIR streefwaarde.

**Situatie 2: De doorvaarthoogte is conform norm in het SVIR-streefbeeld**

### Maasroute; Weurt – Born

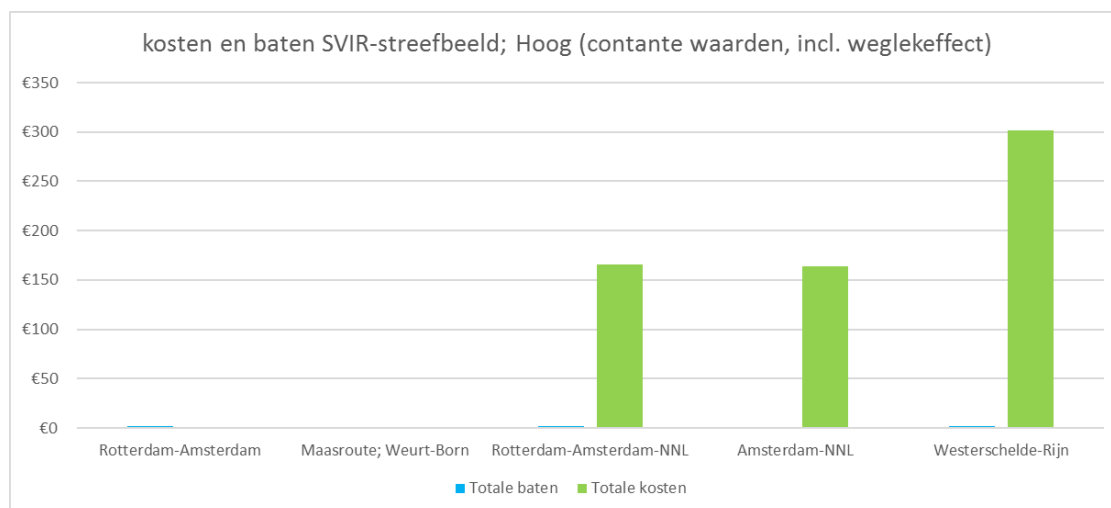
Alle bruggen op het gekanaliseerde gedeelte van de Maas (Maas-Waalkanaal en het Julianakanaal) tot aan Born hebben een doorvaarthoogte die voldoet aan de SVIR streefwaarde. Het SVIR-streefbeeld, als alternatief, leidt daarom niet tot kosten en baten. De bruggen over de rivier de Maas voldoen alleen bij (zeer) hoog water niet aan het SVIR-streefbeeld.

De stadsbrug in Venlo is de laagst liggende brug over de rivier de Maas en heeft daardoor invloed op de omvang van de baten van het SVIR-streefbeeld. De brughoogte bedraagt NAP+ 22,10m. Bij een waterstand van NAP+13.00m of lager voldoet de doorvaarthoogte van deze brug aan de SVIR-norm (9,10 meter). Circa 94% van de tijd is de waterstand op maas beneden deze waterstand. Dit betekent dat 6% van de tijd er onvoldoende doorvaarthoogte wordt geboden ten opzichte van de SVIR streefwaarde.

Tabel 10 SVIR-streefbeeld per corridor

Corridor	Vaarwegklasse	Doorvaarthoogte laagste brug nulalternatief	Hoogte SVIR-streefbeeld	Opmerking
<b>Westerschelde -Rijn</b>	Klasse VI	8,59 meter / 8,70 meter	9,10 meter	SVIR maakt 4-laags niet mogelijk
<b>Maasroute; Weurt - Born</b>	Klasse V	9,14 meter	9,10 meter	SVIR levert geen baten op
<b>Rotterdam - Amsterdam</b>	Klasse VI	8,85 meter	9,10 meter	SVIR maakt 4-laags niet mogelijk
<b>Amsterdam – Noord-Nederland</b>	Klasse V	8,95 meter	9,10 meter	SVIR maakt 4-laags niet mogelijk
<b>Rotterdam-Amsterdam - Noord-Nederland</b>	Klasse V	8,85 meter	9,10 meter	SVIR maakt 4-laags niet mogelijk

Onderstaande grafiek geeft een overzicht van de kosten en baten van het SVIR-streefbeeld. Alle bruggen op het gekanaliseerde gedeelte van de Maas tot aan Born voldoen aan de SVIR-norm. Zodoende zijn er geen kosten voor het ophogen van bruggen en baten. Op Rotterdam-Amsterdam voldoet de Nieuwengeinsebrug niet aan de SVIR-Norm. Het ophogen leidt tot een kleine baat. Het verhogen van de bruggen op de andere corridors naar de SVIR streefwaarde leidt tot kosten die hoger zijn dan de baten.



Figuur 7 Kosten en baten SVIR-streefbeeld (€ miljoen WLO-scenario Hoog, 100 jaar en discontovoet 4,5%)

Op de corridor Westerschelde-Rijn resulteert een verhoging naar de SVIR streefwaarde in ruim € 300 miljoen aan investeringen (contante waarde). Deze kosten worden grotendeels veroorzaakt door de aanpassingen aan de Kreekrakspoorbrug en Noordlandsespoorbrug (België). In paragraaf 5.5 zijn de investeringskosten per corridor en naar type brug toegelicht. Gezien de beperkte totale kosten op de corridor

Rotterdam-Amsterdam is duidelijk dat de doorvaarthoogte van de 4 spoorbruggen gelijk of hoger dan de SVIR-streefwaarde is gelegen<sup>20</sup>.

## Projectalternatieven

Omdat gegevens over de huidige doorvaarthoogte van containerschepen beperkt beschikbaar zijn, zijn simulaties met een rekenmodel uitgevoerd. Er is aangenomen dat in het zichtjaar 2030 de hoogste stapel containers bestaat uit vier lagen high-cube containers.

Voor klasse V en klasse VI containerschepen is voor 2100 combinaties<sup>21</sup> van bezetting, belading en lagen high-cube containers de benodigde doorvaarthoogte berekend (inclusief schrikhoogte). Vervolgens is geanalyseerd welk deel van de combinaties een ongehinderde doorvaart heeft in de huidige situatie (ten opzichte van de laagste brug op de corridor), in de projectalternatieven. Van de combinaties die 'passen' is de gemiddelde benodigde doorvaarthoogte berekend. De procentuele toename in de gemiddelde benodigde doorvaarthoogte is een projecteffect. Dit effect verschilt per projectalternatief voor ophoging (zie Tabel 11).

Tabel 11 Percentage verschil gemiddelde doorvaarthoogte t.o.v. de huidige laagste brug (\*; de waarden van de Maasroute variëren aanzienlijk door de variabele waterstand van de Maas)

Route	Klasse	SVIR-streefbeeld	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b>Maasroute; Weurt-Born</b>	Klasse V	0,0%	19%*	29%*	34%*
<b>Rotterdam-Amsterdam</b>	Klasse V	0,5%	11%	20%	25%
<b>Rotterdam-Amsterdam-NNL</b>	Klasse V	0,5%	11%	20%	25%
<b>Westerschelde-Rijn</b>	Klasse VI	0,4%	11%	19%	24%
<b>Rotterdam-Amsterdam</b>	Klasse VI	0,3%	11%	19%	24%

Uit bovenstaande tabel is op te maken dat het ophogen van de bruggen naar de norm van het SVIR-streefbeeld leidt tot een minimale verandering van de gemiddelde (benodigde) doorvaarthoogte van schepen. Het ophogen van bruggen op de corridor Rotterdam – Amsterdam naar 9,10 (SVIR streefwaarde) betekent dat 0,8% extra combinaties van bezetting en belading de bruggen kunnen passeren. De

<sup>20</sup> Deze constatering wijkt af van DKC 1. De Muiderspoorbrug blijkt aan de hand van doorvaarthoogtemetingen aan de SVIR-streefwaarde te voldoen en de Jutphase trambrug is inmiddels opgehoogd tot SVIR-streefwaarde.

<sup>21</sup> Door middel van een model is de verandering van de gemiddelde doorvaarthoogte van schepen bepaald. Hiertoe zijn alle mogelijke combinaties van belading, bezetting, bruto ladinggewicht en aantallen lagen (high-cube) containers vertaald in een benodigde doorvaarthoogte. Bezetting en belading variëren tussen 0% en 100% en nemen met stapjes van 5% toe. Het aantal lagen containers is minimaal 2 en maximaal 4. En de bruto lading van een container neemt met 2,5 ton toe van 7,5 ton tot maximaal 17,5 ton. Op basis van deze variabelen en bijbehorende bandbreedtes zijn 2100 unieke combinaties gemaakt. Van deze combinaties is de benodigde doorvaarthoogte berekend met het model.



gemiddelde doorvaarthoogte neemt hierdoor toe met 0,5%. Hetzelfde effect treedt op wanneer de bruggen op de andere corridors worden verhoogd conform de SVIR streefwaarde (9,10 meter)<sup>22</sup>.

Op de corridor Maasroute; Weurt-Born is de doorvaarthoogte van de bruggen (op de onderzochte kanaaldelen) gelijk aan of hoger dan de SVIR streefwaarde. Het SVIR-streefbeeld levert op de corridor Maasroute; Weurt-Born geen baten op.

Wanneer bruggen worden opgehoogd naar de hoogte van Scenario 7 (10,29 meter voor vaarwegklasse V en 10,50 meter voor vaarwegklasse VI) dan leidt dit op alle corridors behalve de Maasroute tot een toename van de doorvaarthoogte (gemiddeld) met 11%. In Scenario 4 en 8 is dit respectievelijk 20% en 25%. In de bepaling van de baten op de Maasroute moet echter rekening worden gehouden met de invloed van de variabele waterstand op de Maas die een onderdeel vormt van de corridor (zie ook paragraaf 4.2.2). Deze percentages zijn in de MKBA gebruikt om:

1. Voor ieder projectalternatief het transportkostenvoordeel per TEU-km te bepalen (zie paragraaf 4.4).
2. De verandering in het aantal openingen van beweegbare bruggen te berekenen (zie paragraaf 4.6).

## 4.4 Directe effecten ophoging vaste bruggen

Door het verhogen van kunstwerken zullen er verschillende effecten optreden. Deze effecten zijn verdeeld in bereikbaarheidseffecten, externe effecten en indirecte effecten. Bereikbaarheidseffecten bestaan uit efficiencywinsten (meer containers/lagen op een schip) en modal shift (door lagere transportkosten gaat men meer vervoeren per schip). Als gevolg van de modal shift zijn er (directe) externe effecten ten aanzien van congestie, luchtkwaliteit, CO<sub>2</sub>, geluid en veiligheid. Deze directe effecten worden verder uitgelegd in de volgende paragrafen.

### Bereikbaarheid - Efficiency winsten

Door het verhogen van kunstwerken kunnen containerschepen, afhankelijk van bezetting en belading, met een hogere bezettingsgraad (meer containers) varen. Dit betekent dat een containerschip efficiënter (ten opzichte van de beschikbare capaciteit) beladen wordt, de bezettingsgraad toeneemt en de kosten per TEU-km dalen. De bepaling van de efficiencywinsten als gevolg van een hogere bezetting per schip is in drie stappen gedaan:

- Stap 1: Bepaling van de (toekomstige) vervoersstromen met baten op de corridors in aantal schepen, TEU en TEU-km (WLO-scenario Hoog en WLO-scenario Laag).
- Stap 2: Bepaling verandering transportkosten per ladingeenheid (TEU-km).
- Stap 3: Bepaling van de verandering van de totale transportkosten per corridor. Hiertoe is per scheepstype de daling van de transportkosten vermenigvuldigd met de vervoerde TEU en de afgelegde afstand tussen herkomst en bestemmingsrelaties met baten (op de corridor).

Om een beeld te krijgen van het effect van een hogere bezettingsgraad (extra laag containers of benutting extra doorvaarthoogte) op de gemiddelde kosten per TEU-km is in het kader van de vorige studie (DKC1) een aantal interviews afgenomen met havenbedrijven en verladers. De geïnterviewde partijen gaven aan dat een extra laag containers de totale/gemiddelde transportkosten per TEU-km verlaagt met 10% tot 20%. Hierbij is rekening gehouden met de extra brandstofkosten. In de voorgaande studie (DKC1) is aangenomen dat de gemiddelde transportkosten per TEU-km met 15% dalen wanneer kunstwerken worden verhoogd naar de doorvaarthoogte behorende bij Scenario 7 (10,29 meter of 10,50 meter). Voor Scenario 4 is in DKC1 hetzelfde percentage aangehouden.

Omdat deze aanname invloed heeft op de omvang van de baten van de projectalternatieven heeft RWS contact gezocht met BLN-Schuttevaer. Er is gevraagd wat het vervoeren van een extra (vierde) laag betekent voor de operationele kosten zoals gasolie, smeerolie, havengeld, etc. van een containerschip (binnenvaart). Volgens BLN-Schuttevaer nemen de kosten fractioneel toe. Indirecte kosten zoals kapitaallasten, personele lasten, verzekeringskosten en algemene kosten veranderen niet door het vervoer

---

<sup>22</sup> De andere bruggen die opgehoogd dienen te worden tot de SVIR streefwaarde zijn te vinden in de bijlage van de kostennota, deze wordt op aanvraag door IenW beschikbaar gesteld.

van een extra laag containers. De directe kosten stijgen volgens BLN-Schuttevaer beperkt. Dit komt doordat de diepgang van het schip toeneemt en daarmee de brandstofkosten. Men geeft aan dat, vanwege stabiliteitsredenen, de vierde laag vooral uit lege containers zal bestaan. Deze vierde laag bepaalt voor circa 10% het vervoerde gewicht van een schip en dus diepgang en brandstofkosten.

De uitkomsten van deze consultatie bevestigen dat het varen met een extra laag leidt tot een daling van de *gemiddelde* transportkosten per TEU of TEU-km.

De eerder gerapporteerde percentages met betrekking tot het transportkostenvoordeel (10% tot 20%) zijn vergeleken met de resultaten van de studie *Adaptation to Climate Change in Inland Waterway Transport* (Jonkeren, 2009). In deze studie zijn analyses uitgevoerd naar de gevolgen van een verminderde diepgang van een waterweg voor de (gemiddelde) transportkosten per ton. Door middel van een regressieanalyse is door Jonkeren een relatie geschat tussen de loadfactor (bezetting en belading) en de prijs/kosten per ton. Een stijging van de loadfactor met 1% leidt tot een daling van de kosten met circa 1%. Deze studie is uitgevoerd voor alle type vervoer per binnenvaart.

Het vervoeren van een vierde laag containers leidt tot een stijging van de loadfactor van minimaal 10% en dus tot een daling van de gemiddelde kosten met 10%. Het eerder gehanteerde percentage van 15% ligt in lijn van dit resultaat.

De resultaten van simulaties laten zien dat de projectalternatieven leiden tot verschillende veranderingen in de gemiddelde (benodigde) doorvaarthoogte van containerschepen. Dit verschil is gebruikt om de besparing van de gemiddelde transportkosten uit te drukken. In deze simulaties is meegenomen dat alle lagen voordeel hebben van een projectalternatief bij een corridor. Hierbij is aangenomen dat Scenario 7 leidt tot een daling van de gemiddelde transportkosten van 15% en dat Scenario 8 leidt tot een daling van 20%.

Tabel 12 Verandering doorvaarthoogte t.o.v. huidige situatie en afname gemiddelde transportkosten per TEU-km

	SVIR-streefbeeld	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b>Verandering doorvaarthoogte (%)</b>	0,5%	11%	19%	24%
<b>Afname transportkosten (%)</b>	0,5%	15%	18%	20%

Voor het bepalen van de uiteindelijke verandering van transportkosten zijn deze percentages gecombineerd met kengetallen voor transportkosten van containervaart uit de RWS Kostenbarometer Binnenvaart. Dit model berekent per scheepsklasse de gemiddelde transportkosten waarbij rekening wordt gehouden met brandstofkosten, verzekeringen, afschrijvingen, havengelden en arbeidsloon, etc.

#### 4.4.1 Bereikbaarheid - Modal shift

Het ophogen van kunstwerken leidt tot een daling van de transportkosten van de containervaart. Containertransport per binnenvaart wordt goedkoper ten opzichte van concurrerende modaliteiten als spoor en weg. Omdat de verschillen in marges in het wegvervoer en de binnenvaart zeer klein zijn, is in deze MKBA als uitgangspunt genomen dat een verandering in de kosten leidt tot een verschuiving van transport tussen deze modaliteiten, een zogenaamde 'modal shift'. De marktpartijen geven aan dat verhoging van kunstwerken leidt tot een modal shift met een omvang 2 procentpunt<sup>23</sup> van het totale containertransport. Dit percentage is in lijn met de uitkomsten van de studie 'MKBA Brugverhogingen Albertkanaal' (Arcadis, 2015).

De modal shift van wegtransport naar binnenvaart heeft verschillende effecten:

<sup>23</sup> Dit betreft een toename van aandeel van de binnenvaart van 35% naar 37% in het totale containervervoer.

- Enerzijds leidt een verschuiving van het containervervoer van de weg naar de binnenvaart tot minder transportkosten, er kunnen meer containers mee per schip. De afname van de transportkosten voor het additionele vervoer per binnenvaart is als batenpost opgenomen<sup>24</sup>.
- Een verandering van externe effecten zoals congestie op het wegennetwerk, geluid, luchtkwaliteit en klimaat. Gevolgen van een verandering van het transport via de weg voor beheer en onderhoud zijn niet meegenomen in deze studie. De externe effecten die zijn bepaald worden uitgebreider uitgelegd in paragraaf 4.6.

## 4.5 Directe externe effecten ophoging vaste bruggen

Directe externe effecten zijn effecten die bij anderen dan de gebruiker of exploitant neerslaan en waarvoor geen marktprijs bestaat. De verplaatsing van containervervoer van de weg naar water (modal shift) kan leiden tot een verandering in omvang van directe externe effecten. Het gaat om:

- Verandering in luchtkwaliteit en klimaat (CO<sub>2</sub>-emissies).
- Verandering van de leefbaarheid/ geluidshinder.
- Verandering in verkeersveiligheid.
- Congestiekosten.

De eerste twee effecten zijn onderdeel van de module Leefomgeving. De omvang van deze effecten is bepaald op basis van veranderingen in voertuigkilometers en vaartuigkilometers. Met behulp van kengetallen zijn deze veranderingen vertaald in maatschappelijke kosten of baten. De kengetallen die zijn gebruikt zijn afkomstig van RWSeconomie.nl en de studie *Externe en Infrastructuurkosten van Verkeer* (CE Delft, 2014). Aangenomen is dat de frequenties van het huidige scheepvaartverkeer gelijk blijven.

Voor het bepalen van de veranderingen is de afname van het aantal vrachtwagens op de weg berekend. Hierbij is uitgegaan van een gemiddelde netto lading van 2 TEU per vrachtwagen. Per deeltraject (herkomst-bestemming) is vervolgens het aantal 'vermeden' vrachtwagens vermenigvuldigd met de lengte van het deeltraject om zo het aantal vermeden voertuigkilometers te bepalen. Eenzelfde methode is gehanteerd voor de bepaling van het aantal vermeden tonkilometers.

### 4.5.1 Luchtkwaliteit en klimaateffecten

Het aspect 'luchtkwaliteit en klimaat' beschrijft de gevolgen - van het gebruik - van de projectalternatieven voor de luchtkwaliteit (emissies) en het klimaat. Bijvoorbeeld als gevolg van de modal shift. In de bepaling van de verandering van de omvang van deze effecten is zowel de verandering in het scheepvaartverkeer en het vervoer over de weg in beschouwing genomen. In berekening van de omvang en monetarisering van deze effecten is gebruik gemaakt van kengetallen.

Deze kengetallen zijn afkomstig van 'Externe en Infrastructuurkosten van Verkeer' (CE Delft, 2014) en zijn specifiek voor de modaliteiten vrachtverkeer via de weg en binnenvaart. Dit betekent dat er rekening is gehouden met verschillen in factoren die de emissies bepalen, zoals de brandstof die wordt gebruikt en type motoren. Met deze kengetallen zijn veranderingen in tonkilometer omgezet naar gevolgen voor de luchtkwaliteit en het klimaat (CO<sub>2</sub>-emissies). De gebruikte kengetallen zijn opgenomen in Bijlage D.

---

<sup>24</sup> De "rule of half" is toegepast. Extra transport per binnenvaart als gevolg van een modal shift is hier beschouwd als nieuw verkeer. Voor nieuw verkeer geldt dat de baten van het project (besparing per TEU-km) gelijk is aan de helft van de baten van het verkeer dat al in het referentiealternatief gebruik maakt van de infrastructuur.

## 4.5.2 Leefbaarheid/ geluidhinder

Geluidshinder door verkeer veroorzaakt maatschappelijke kosten omdat dit negatief ervaren wordt en een schadelijke invloed heeft op de gezondheid. Het aanpassen van kunstwerken en de resulterende modal shift kan geluidshinder langs autosnelwegen doen verminderen.

Voor de waardering van geluidhinder zijn kengetallen beschikbaar per tonkilometer (zie Bijlage D). Uitgangspunt bij de bepaling van het effect is dat de modal shift leidt tot een afname van vrachtverkeer op het hoofdwegennetwerk.

Met behulp van de kengetallen voor geluidhinder en veranderingen in tonkilometers op het hoofdwegennet zijn de jaarlijkse baten bepaald voor het zichtjaar 2030.

## 4.5.3 Veiligheid

Met betrekking tot het aspect veiligheid kan een onderscheid worden gemaakt naar verkeersveiligheid en externe veiligheid. De projectalternatieven hebben vooral gevolgen voor de verkeersveiligheid doordat deze de kans op verkeersongevallen op de weg beïnvloeden. Als gevolg van de modal shift zijn er jaarlijkse minder tonkilometers op de weg en neemt het aantal verkeersongevallen af.

Het effect is met behulp van kengetallen bepaald en gewaardeerd. Deze kengetallen zijn een benadering van de marginale externe ongevalskosten per tonkilometer en combineren de kans op een ongeval met de maatschappelijke kosten van verkeersslachtoffers. Het gaat dan om medische kosten, productie- en consumptie-verlies en pijn, verdriet en lijden. Bijlage D toont de gebruikte marginale externe ongevalskosten per tonkilometer. Uit tabel 70 in deze bijlage is op te maken dat binnenvaart veiliger is dan transport via de weg (CE Delft, 2014).

De gevolgen van de projectalternatieven voor de verkeersveiligheid zijn berekend met behulp van de marginale externe kosten van verkeersongevallen en de daling in tonkilometers op de weg.

## 4.5.4 Vermeden congestiekosten

Indien een extra voertuig op het wegennet leidt tot congestie, veroorzaakt dit extra reistijdverliezen (vertraging) voor andere voertuigen op het netwerk. De kosten van deze reistijdverliezen van andere weggebruikers veroorzaakt zijn de zogenaamde marginale externe congestiekosten. Door de voorziene modal shift verschuift een deel van het containervervoer van de weg naar de binnenvaart. Hierdoor neemt de congestie op het wegennet af en dalen de congestiekosten.

Voor de bepaling van de vermeden congestiekosten is gebruikt gemaakt van het aantal vermeden tonkilometers als gevolg van de modal shift in beide WLO-scenario's. Tonkilometers zijn berekend op basis van de gemiddelde reisafstand van één reis van een vrachtwagen en het aantal ton dat als gevolg van het project van de weg verdwijnt.

Vervolgens zijn de kengetallen (zie Bijlage D) toegepast op De vermeden tonkilometers zijn vervolgens vermenigvuldigd met de marginale externe congestiekosten per ton kilometer (zie Bijlage D).

## 4.6 Effecten ophoging beweegbare bruggen

Over de onderzochte vaarweg/achterland corridors liggen naast vaste bruggen ook beweegbare bruggen die geopend worden voor 'te hoge' containerbinnenvaartschepen. Deze openingen, met name de openingsduur, leiden tot wachttijden en dus wachtkosten voor het wegverkeer. Voor sommige van deze bruggen gelden openingsvensters, het aantal minuten dat een brug open staat. Het verhogen van doorvaarthoogten van vaste bruggen kan resulteren in een groter aanbod aan hogere schepen op deze vaarwegcorridor. Wanneer dit aanbod groter is dan de capaciteit van het openingsvenster ontstaan wachtkosten voor de scheepvaart. Bijvoorbeeld, omdat een schip moet wachten tot de volgende opening. In DKC1 en deze studie is aangenomen dat voor de andere onderzocht beweegbare bruggen geen veranderingen in wachttijden voor de containerbinnenvaart optreden. De schepen hebben voorrang boven het wegverkeer.

In deze MKBA is voor een aantal beweegbare bruggen de maatschappelijke kosten van een opening bepaald. De maatschappelijke kosten zijn vervolgens vergeleken met de kosten die moeten worden gemaakt om de hinder van de openingen te verminderen of weg te nemen.

De resultaten van deze analyse geven een eerste beeld van de huidige en toekomstige omvang van de hinder (maatschappelijke kosten). Hierbij is rekening gehouden met de invloed van het project op de gemiddelde doorvaarthoogte van containerschepen. In een aantal van de beweegbare bruggen is rekening gehouden met een variabele waterstand. Deze is berekend door gebruik te maken van de top gemiddelde waterstand. Omdat waterstanden variëren door middel van een sinus beweging, is er een gemiddelde berekend voor de hoogste 50% van de sinus beweging, dit heet de top gemiddelde waterstand en deze is 50% van de tijd toepasbaar. De rest van de tijd is de waterstand lager.

De onderzochte bruggen zijn gekozen omdat deze, in sommige gevallen, al ernstige hinder veroorzaken. Deze analyse moet worden gezien als een eerste verkenning naar de maatschappelijke kosten van openingen van beweegbare bruggen. De resultaten worden door Rijkswaterstaat en het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat gebruikt om, in overleg met stakeholders, te bepalen of een vervolgonderzoek zinvol is. Dit onderzoek staat los van de voorliggende MKBA.

Van de volgende beweegbare bruggen zijn de maatschappelijke (wacht)kosten bepaald en afgezet tegen de kosten om deze weg te nemen:

- De brug over de Houtribsluizen.
- De kosten van opening van de Erasmusbrug ten opzichte van de kosten van het ophogen van de lagere Willemsbrug in Rotterdam.
- Stadsbrug Zwijndrecht en Spoorbrug Dordrecht.
- Spijkenisserbrug.

De maatschappelijke kosten van openingen van de Houtribbrug, Erasmusbrug en Spijkenisserbrug zijn op de volgende wijze bepaald:

1. Op basis van de telgegevens en prognoses (WLO) is het aantal containerbinnenvaartschepen dat een beweegbare brug in de huidige situatie en in het zichtjaar 2030 bepaald.
2. De telgegevens bevatten informatie over de aankomst van schepen in sluizen in de tijd. Deze gegevens zijn gebruikt om een aankomstpatroon van schepen bij de beweegbare bruggen te construeren.
3. Door de resultaten van stap 1 en stap 2 te combineren is een overzicht gemaakt van het aantal containerschepen per uur dat een beweegbare brug passeert.
4. De brug moet alleen worden geopend voor containerbinnenvaartschepen die te hoog zijn. Op basis van informatie over belading, bezetting en vervoerd gewicht van individuele schepen is het aantal lagen high-cube containers op het schip bepaald en is vervolgens de benodigde doorvaarthoogte berekend. De benodigde doorvaarthoogte van een schip in de projectalternatieven is berekend door de huidige benodigde doorvaarthoogte te corrigeren voor de toename van de gemiddelde doorvaarthoogte. Deze toename verschilt tussen de projectalternatieven.
5. Door de theoretisch benodigde doorvaarthoogte van ieder gepasseerd containerbinnenvaartschip (huidige situatie en projectalternatieven) te vergelijken met de geboden doorvaarthoogte van een beweegbare brug wordt duidelijk voor welk percentage van de schepen de brug geopend moet worden.
6. Het combineren van de resultaten uit stap 4 en stap 5 levert het aantal openingen per uur op.
7. Het door Arcadis ontwikkelde Model Brugopeningen is gebruikt om het aantal openingen per uur te vertalen in (veranderingen in) wachttijden voor het wegverkeer. Hierbij is rekening gehouden met de inrichting van de weg, intensiteit van het verkeer (per uur), samenstelling van het verkeer en openingsduur van de brug. Het resultaat is (verandering in) de gemiddelde wachttijd van een motorvoertuig en de totale wachttijd gedurende een werkdag.
8. Wachttijden of veranderingen in wachttijden op een gemiddelde werkdag zijn opgehoogd naar jaartotalen en vervolgens economisch gewaardeerd. Richtlijnen opgenomen in de MKBA werkwijzers zijn hierbij gevolgd. Het resultaat zijn de totale wachtkosten voor het wegverkeer voor het zichtjaar 2030.

Voor de Stadsbrug bij Zwijndrecht en Spoorbrug bij Dordrecht zijn ook stap 1 tot en met stap 6 doorlopen. Omdat de opening van deze bruggen wordt bepaald door de dienstregeling van het spoorverkeer moeten

schepen wachten. In stap 7 en stap 8 zijn daarom niet de maatschappelijke kosten voor het wegverkeer bepaald maar die voor het vaarwegverkeer. Met behulp van het aankomstpatroon van schepen en de openingstijden van de Spoorbrug bij Dordrecht is de gemiddelde wachttijd van een 'te hoog' schip berekend. Door het aantal wachtende schepen per jaar te vermenigvuldigen met de gemiddelde wachttijd is de wachttijd per jaar verkregen. Deze totale wachttijd in 2030 is economisch gewaardeerd door dit te vermenigvuldigen met de wachtkosten (per uur) van een containerschip (€ 260 per uur). Dit kengetal is afkomstig van de RWS-Kostenbarometer Binnenvaart (groot containerschip).

De resultaten van de analyse naar beweegbare bruggen staan in hoofdstuk 8.

## 4.7 Omvaarroutes en frequenties van afvaart

Schepen kunnen alternatieve routes kiezen om kunstwerken waarvan de doorvaarthoogte een beperking vormt te omzeilen. In deze paragraaf is deze mogelijkheid voor de corridor Westerschelde - Rijn toegelicht. Voor de overige onderzochte corridors bestaan er geen alternatieve routes. Wel zijn er verschillende opties om door het Rotterdamse havengebied te varen (bovenlangs en onderlangs) en kunnen schepen van en naar het Hollands Diep kiezen tussen Dordtsche Kil en de Beneden Merwede of de Nieuwe Merwede. Deze alternatieve routes zijn onderdeel van de analyses van de maatschappelijke kosten van beweegbare bruggen.

### Westerschelde; omvaarroute Kanaal door Zuid-Beveland

De containerbinnenvaart op de corridor Westerschelde - Rijn kan via twee trajecten van en naar Rotterdam varen:

- Via de Schelde-Rijnverbinding (kanaal).
- Via het Kanaal door Zuid-Beveland.

De Schelde-Rijnverbinding (kanaal) gaat via de Kreekraksluizen en bevat vaste bruggen met een doorvaarthoogte die tot een beperking kan leiden. Het Kanaal door Zuid-Beveland (via o.a. de Krammersluizen en Hansweert) heeft beweegbare bruggen en kent daardoor geen hoogtebeperkingen voor de containerbinnenvaart. Voor de route via het Kanaal door Zuid-Beveland zijn aanvullende analyses uitgevoerd. Ten eerste, zijn de sector (BLN-Schuttevaer) en RWS Zee en Delta geconsulteerd over het gebruik van deze route. Ten tweede, de maatschappelijke baten van het omvaren (grotere efficiency) zijn afgezet tegen de kosten van het ophogen van de bruggen op de Schelde-Rijnverbinding. De resultaten zijn opgenomen als gevoeligheidsanalyse (zie hoofdstuk 7).

### Frequenties van afvaarten

Als gevolg van de aanpassing van brughogtes, neemt de bezettingsgraad van containerschepen toe. Schepen zijn nu in staat om per transport één extra laag high-cube containers te vervoeren. Bij een gelijkblijvend volume neemt de frequentie van afvaarten op bepaalde lijnvaarroutes af. In de projectalternatieven zijn dan minder schepen nodig om het containervolume te vervoeren. Bij een lagere frequentie neemt de ligtijd van transporten/schepen mogelijk toe, een effect dat gewaardeerd zou moeten worden. Daarentegen wordt de afname in frequenties gedeeltelijk gecompenseerd door het extra containervolume als gevolg van de modal shift. Extra schepen moeten worden ingezet om het additionele volume te vervoeren. Deze effecten middelen zich uit en het aantal afvaarten verandert daardoor niet.

Om deze redenen zijn verandering in frequenties en de gevolgen hiervan niet geanalyseerd in de MKBA.

## 4.8 Overige effecten

### 4.8.1 Indirecte effecten ophoging vaste bruggen

Binnen een MKBA worden de maatschappelijke baten voor een bepaalde markt berekend. Als een markt niet perfect werkt, kunnen effecten doorgegeven worden naar andere markten. Dit fenomeen wordt gewaardeerd door een categorie baten 'indirecte effecten' op te nemen in de kosten-batenanalyse. Deze indirecte effecten zijn gewaardeerd door middel van een opslag van 15% op de totale directe effecten van het project.

### 4.8.2 Portshift

Als gevolg van het project veranderen de transportkosten van het vervoer van containers naar het achterland. Deze verandering kan een invloed hebben op de concurrentieposities en dus marktaandelen van zeehavens. Er kan een zogenaamde portshift ontstaan.

Zeeschepen kiezen voor een bepaalde haven. Als in het gebied Le Havre – Hamburg voor een bepaalde zeehaven gekozen wordt gaat dit vaak ten koste van aanleggen in andere zeehavens in de regio. Met name de concurrentie Antwerpen – Rotterdam is groot. Portshift is een issue van de lange termijn: een rederij kiest voor een bepaalde haven voor een langere periode. Het kost veel moeite om een rederij van gedachten te doen veranderen.

In de praktijk blijkt dat portshift met name aan de zeezijde beïnvloed wordt en, in havens die niet door een of enkele grote partijen beheerst worden, nauwelijks aan de landzijde (rail, weg en binnenvaart). Verladers bevestigen dit doordat de zeehaven van aanvoer en afvoer niet zelden verschillende zijn, ingegeven door de zeerederij.

Een issue dat door verladers zwaarder op de modal shift keuze drukt is het feit dat bij het afladen van zeecontainers het zeeschip dezelfde kade gebruikt als het binnenvaartschip. Hierdoor hebben containers die per binnenvaartschip het achterland in gaan een vertraging van 2-4 dagen ten opzichte van de modaliteit rail en weg. Verladers en vervoerders geven aan dat zij hier niets aan kunnen doen, anders dan een andere modus met hogere kosten kiezen.

Het project leidt tot een verandering (daling) van de kosten van de binnenvaart en niet die van het transport over zee. In deze MKBA is daarom verondersteld dat het project geen significante invloed heeft op de keuze van verladers voor een bepaalde zeehaven en niet leidt tot een portshift.

## 4.9 Kosten

Voor de verschillende projectalternatieven voor ophoging zijn de levensduurkosten (investeringskosten en verandering kosten beheer en onderhoud) geraamd. Omdat de mate van ophoging verschilt tussen de projectalternatieven geldt dit ook voor de kosten. In hoofdstuk 5 zijn de totale investeringskosten en veranderingen in kosten voor beheer en onderhoud gerapporteerd. Het is belangrijk om te vermelden dat de gemaakte kostenramingen een beeld geven van de totale kosten op het niveau van containervaartcorridor. Het betreffen geen kostenramingen voor individuele kunstwerken en kunnen niet worden gebruikt voor het bepalen van budgetten voor deze kunstwerken.

In de berekening van de investeringskosten is een onderscheid gemaakt tussen spoorbruggen en overige (weg-) bruggen. De aanpak die is gevolgd verschilt tussen deze twee type bruggen en wordt hieronder toegelicht.

## Wegbruggen

Het uitgangspunt in de kostenraming van wegbruggen is dat verhoging zonder meer mogelijk is, zonder verdere constructieve beschouwing. De kosten van verhoging zijn geraamd door voor verschillende typen bruggen maatregelen te bepalen en de bijbehorende kosten te schatten op basis van kostenkengetallen. Deze kostenkengetallen zijn afkomstig van eerder uitgevoerde projecten en ervaringscijfers. Deze gegevens zijn voorgelegd aan kostendeskundigen van Rijkswaterstaat en ProRail en waar nodig aangepast en geactualiseerd.

Voor verschillende typen wegbruggen zijn de kenmerkende bouwstenen bepaald die aangepast moeten worden bij een verhoging. Per projectalternatief zijn de 'hoeveelheden' voor de aanpassing en kosten berekend. Dit is gedaan door de 'hoeveelheden' te vermenigvuldigen met het geaccordeerde kostenkengetal. De volgende bouwstenen en parameters zijn gebruikt:

- Verhoging landhoofd (kosten per meter verhoging).
- Verhoging steunpunt (kosten per meter verhoging).
- Vijzelen (kosten per type brug).
- Aanpassen brugaankleding (kosten per vierkante meter brugoppervlak).
- Buitengebieden.
- Faseringskosten (kosten per type weg).

In dit project is de parametrische ramingsmethodiek gebruikt en een regressiemodel waarmee op basis van veranderingen in bovengenoemde parameters de kosten van ophoging van een kunstwerk zijn geschat. Dit model berekent met de kleinste foutmarge de kosten van een verhoging van een kunstwerk, uitgesplitst naar bouwsteen. Vanwege de gehanteerde methodiek zullen de geschatte kosten van sommige kunstwerken (individuele bouwsteen en totale) afwijken van de uitkomsten van een SSK-raming op objectniveau.

Dit geeft direct het belangrijkste aandachtspunt weer: de kostenraming geeft een indicatie van de te verwachten investeringskosten per projectalternatief voor iedere corridor. De uitkomsten van de raming geven dus geen indicatie van de investeringskosten van individuele kunstwerken. Vanwege specifieke karakteristieken en situaties kunnen de werkelijke kosten voor het ophogen van een specifiek kunstwerk sterk afwijken van de hier geschatte kosten.

Deze afwijking ontstaat niet alleen vanwege de toegepaste parametrische ramingsmethodiek maar, ook doordat bij uitvoering niet enkel ophoging zal plaatsvinden. Levensduurverlengende of functieverhogende maatregelen zullen dan waarschijnlijk ook worden genomen. Daarnaast zal in de praktijk bij het verhogen van kunstwerken worden aangesloten bij noodzakelijke investeringen in kunstwerken als gevolg van einde levensduur. Dit leidt mogelijk tot een besparing van investeringskosten.

Wanneer bruggen worden verhoogd zullen de toeleidende wegen eveneens aangepast moeten worden. De kosten in deze zogenoemde buitengebieden zijn afzonderlijk bepaald. Hiervoor zijn, op basis van expert judgement, de benodigde aanpassingen bepaald en vervolgens de kosten geraamd. Op basis van gegevens uit de Algemene Hoogtekaart Nederland is het huidige hellingspercentage van deze wegen bepaald. Vervolgens is het nieuwe hellingspercentage bepaald dat nodig is om de weg te laten aansluiten op de verhoogde brug. Er is aangenomen dat dit nieuwe percentage voldoet aan de normaal geldende ontwerprichtlijnen van wegen. Nadat het nieuwe hellingspercentage is vastgesteld zijn de kosten geraamd van de benodigde investeringen. De volgende waarden zijn aangehouden in de bepaling van de benodigde aanpassingen van toeleidende wegen en dus de omvang van buitengebieden:

Tabel 13 Gehanteerde waarden in bepaling lengte buitengebieden wegbruggen

Onderdeel	Wegbruggen
Voetboog straal [m1]	50
Helling maximaal [%]	4%
Topboog straal [m1]	50



In het geval er objecten aangepast moeten worden in deze buitengebieden (zoals bijvoorbeeld een onderdoorgang of viaduct) is uitgegaan dat sloop en nieuwbouw plaatsvindt van het betreffende object. Kosten met betrekking tot planschade of nadeelcompensatie zijn niet opgenomen in de kostenberekeningen voor de buitengebieden.

## Spoorbruggen

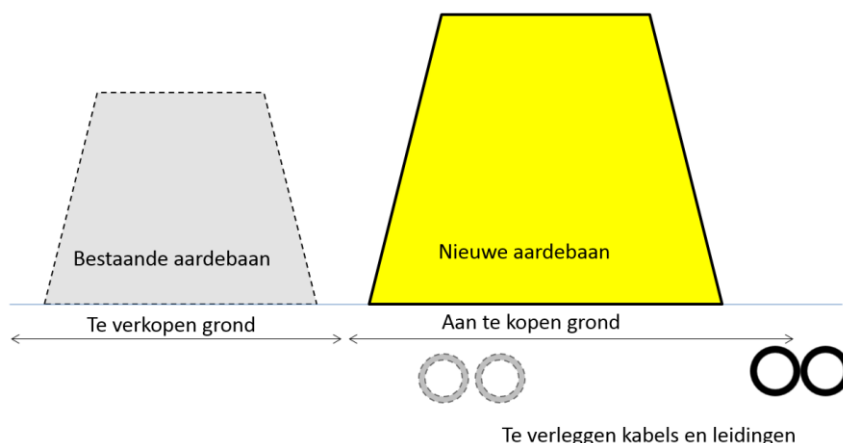
Bruggen in spoorwegen kunnen niet verhoogd worden zonder het langdurig buitenbedrijf stellen van het spoor. Dit is maatschappelijk niet acceptabel. Daarom is in overleg met ProRail aangenomen dat naast de bestaande brug een nieuwe verhoogde spoorbrug wordt aangelegd. De 'oude' brug wordt na ingebruikname van de nieuwe spoorbrug gesloopt. Van deze werkwijze zijn de kosten geraamd.

Wanneer een nieuwe (spoor)brug wordt gebouwd dient tevens een nieuwe aardebaan te worden aangelegd. In de bepaling van de kosten zijn voor de nieuwe aardebaan de ontwerpvoorschriften van ProRail gevolgd. In deze voorschriften is een maximaal hellingspercentage van een aardebaan vastgelegd. De volgende waarden zijn aangehouden in de bepaling van de lengte van de aardebaan en dus de omvang van beïnvloedingsgebieden<sup>25</sup>.

Tabel 14 Gehanteerde waarden in bepaling lengte buitengebieden spoorbruggen

Onderdeel	Spoor
Voetboog straal [m1]	100
Helling [%]	0,5
Topboog straal [m1]	100

Bij het aanleggen van de nieuwe spoorbrug wordt er een groot grondlichaam aangebracht. Om de stabiliteit van de bestaande aardebaan te waarborgen is uitgegaan van aanleg van de aardebaan naast de bestaande aardebaan<sup>26</sup>. De bestaande aardebaan wordt dus niet verbreed. Onderstaande afbeelding is een schematische weergave van dit principe.



Figuur 8 Principe-schets aardebanen

<sup>25</sup> In het geval in de huidige situatie een hoger hellingspercentage aanwezig is dan de ontwerprichtlijn, is op aangegeven van ProRail rekening gehouden met het de aanpassing van het gehele buitengebied naar deze ontwerprichtlijn. Er is geen rekening gehouden met het maken van uitzonderingen.

<sup>26</sup> Dit uitgangspunt is zeer conservatief. Nader geotechnisch onderzoek zal uit moeten wijzen of uitbreiding plaats kan vinden deels op de bestaande aardebanen. In dat geval neemt het benodigde ruimtebeslag sterk af wat een positief effect heeft op de benodigde vastgoedkosten.

Voor de aanleg van de nieuwe aardebanen dient vastgoed aangekocht te worden. De kosten voor de verwerving van bestaand vastgoed zijn bepaald op basis van beschikbare openbare informatie. Het betreft een inschatting op basis van expert judgement en is geen volledige taxatie. Het vastgoed is ook ter plekke niet bekeken. De zijde waar de nieuwe aardebanen zijn voorzien is gekozen op basis van de laagste te verwachten verwervingskosten van vastgoed. Vastgoedkosten zijn enkel bepaald voor Scenario 8, het hoogste projectalternatief voor ophoging, en geldend verklaard voor alle projectalternatieven waar de brug een verhoging behoeft.

## 5 EFFECTEN OPHOGING VASTE KUNSTWERKEN

### 5.1 Inleiding

Voor de uitwerking van de effecten van de projectalternatieven is het kader KBA MIRT-Verkenningen (2012) gevolgd. Het invullen van het format Vaarwegen leidt tot een (partiële) kosten-batenanalyse conform de Algemene Leidraad voor Maatschappelijke Kosten-Batenanalyse (2013). Voor het moneteriseren van de effecten zijn diverse kengetallen gebruikt. Een overzicht van deze kengetallen is opgenomen in Bijlage D.

De effecten van de aanpassingen aan objecten op de vaarwegcorridors zijn bepaald voor het zichtjaar 2030. Vervolgens zijn deze uitgezet in de tijd voor een periode van 100 jaar en met behulp van een discontovoet contant gemaakt naar het basisjaar 2018. In dit hoofdstuk worden de effecten in het zichtjaar 2030 gerapporteerd. Om het aantal tabellen te beperken is dit, behoudens het aspect kosten, alleen gedaan voor Scenario 7. In hoofdstuk 6 worden de kosten en baten van alle projectalternatieven voor de gehele analyseperiode van 100 jaar gerapporteerd.

In de effectbepaling is rekening gehouden met het feit dat baten neerslaan in het buitenland (weglekeffect). De in dit hoofdstuk gerapporteerde effecten betreffen de gevolgen voor Nederland. Een verdeling van kosten en baten over verschillende landen is opgenomen in hoofdstuk 6.

In de volgende paragrafen bespreken we achtereenvolgens de volgende effectmodules en onderwerpen:

- Directe effecten:
  - bereikbaarheid: efficiencywinsten;
  - bereikbaarheid: modal shift.
- Externe effecten:
  - leefomgeving (congestie, klimaat, luchtkwaliteit, veiligheid en geluid).
- Indirecte effecten.
- Kosten.

### 5.2 Directe effecten

#### 5.2.1 Bereikbaarheid; efficiencywinsten

Efficiencywinsten zijn belangrijke effecten van een vaarwegproject en treden op als:

1. Grotere binnenvaartschepen ingezet kunnen worden (schaalvergroting).
2. Schepen meer beladen kunnen worden (hogere bezettingsgraad) waardoor de kostprijs per (ton)kilometer daalt.

Door het ophogen van de kunstwerken ontstaat er vooral een efficiencywinst doordat containerschepen met een hogere bezettingsgraad (meer containers) en beladingsgraad (zwaarder) kunnen varen. De bepaling van de efficiencywinst als gevolg van een hogere bezetting per schip is in drie stappen gedaan zoals beschreven in paragraaf 4.4.

### Vervoersstromen met baten op de corridors

Tabel 15 geeft voor de verschillende corridors een overzicht van de verwachte vervoersvolumes (TEU-km) met baten. Deze gegevens vormen de basis voor de berekening van het totale transportkostenvoordeel op een corridor (efficiencywinst). In deze tabel zijn de TEU-km met baten (totaal) voor de beide WLO-scenario's opgenomen. Opvallend is het lage aantal TEU-km voor Amsterdam – Noord-Nederland. Dit komt doordat vooral schepen op de relatie Rotterdam-Noord-Nederland baat hebben van de ophoging van bruggen op deze corridor. Hiervoor dienen de kunstwerken op de corridors Rotterdam-Amsterdam en Amsterdam-Noord-Nederland te worden verhoogd. De schepen die op Rotterdam-Amsterdam varen zijn daarom niet opgenomen in de transportvolumes van de corridor Amsterdam-Noord-Nederland. Alle baten voor het

vervoer vanuit Rotterdam, via Amsterdam, naar Noord-Nederland vallen toe aan de corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland.

Tabel 15 Transportvolumes met baten per corridor in TEU-km in 2030 (x1000)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde – Rijn	132.912	148.327
Maasroute; Weurt – Born	58.010	61.289
Rotterdam - Amsterdam	74.473	79.275
Amsterdam – Noord-Nederland	153	166
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	74.625	79.488

## Efficiencywinst per TEU-km per scheepsklasse

Zoals eerder aangegeven, dalen als gevolg van het project de transportkosten (per TEU-km) van het containervervoer per binnenvaart. In de berekening van de verandering van transportkosten op een corridor is rekening gehouden met de huidige aandelen van scheepsklassen in het containervervoer op een corridor. Er is een gewogen gemiddelde berekend van de huidige transportkosten per TEU-km en die als gevolg van de projectalternatieven. In Bijlage E is een overzicht van deze aandelen opgenomen. Met behulp van de RWS *Kostenbarometer Binnenvaart* en het gemiddeld aantal vervoerde containers zijn, per scheepsklasse, de gemiddelde transportkosten per TEU-km berekend corridor specifiek. De uitkomsten van deze berekening (exclusief kostenbesparing) is eveneens opgenomen in Bijlage E. Voor het bepalen van de efficiencywinst per scheepstype zijn vervolgens de transportkosten per TEU-km voor iedere scheepsklasse vermenigvuldigd met de besparing per TEU-km.

In deze stap is geen onderscheid gemaakt in de transportkosten van een standaardcontainer of een high-cube container. De transportkosten per TEU-km worden voornamelijk beïnvloed door brandstofkosten, verzekeringen, afschrijvingen, havengelden en arbeidsloon. Op deze kosten heeft het type container (verpakking) weinig tot geen invloed.

Voor de projectalternatieven zijn op basis van beschikbare gegevens over belading, bezetting, capaciteit per schip (TEU) en vervoerd gewicht berekeningen gemaakt om het verschil in gemiddelde benodigde doorvaarthoogte te berekenen ten opzichte van de huidige benodigde doorvaarthoogte. Het verschil is een projecteffect en resulteert in lagere kosten per TEU-km. De in paragraaf 4.5 opgenomen percentages zijn gebruikt om het transportkostenvoordeel (efficiencywinst) op de corridors te bepalen.

## Totale efficiencywinst per corridor

Voor het bepalen van de efficiencywinsten per corridor zijn de afgelegde TEU-km's met baten vermenigvuldigd met de besparing per TEU-km. Dit geeft de jaarlijkse baten voor het zichtjaar 2030 (Tabel 16). In WLO-Scenario Hoog heeft de corridor Amsterdam – Rotterdam de hoogste jaarlijkse efficiencywinsten, deze komen in 2030 uit op € 2,3 miljoen. De corridor Amsterdam – Noord-Nederland heeft in Scenario Hoog de laagste jaarlijkse efficiencywinsten, € 4.800 in 2030.

Ook in WLO-Scenario Laag heeft de corridor Amsterdam – Rotterdam de hoogste jaarlijkse efficiencywinsten, deze komen in 2030 uit op € 2,3 miljoen. De corridor Amsterdam – Noord-Nederland heeft in WLO-Scenario Laag de laagste jaarlijkse efficiencywinsten, € 4.400 in 2030.

Tabel 16 Baten voor bestaand vervoer in 2030 (Scenario 7, prijspeil 2018, incl. weglekeffect)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde – Rijn	€ 1.977.116	€ 2.206.437
Maasroute; Weurt – Born	€ 1.412.650	€ 1.492.494
Rotterdam - Amsterdam	€ 2.159.875	€ 2.299.339
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 4.418	€ 4.800
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 2.158.630	€ 2.299.302

## 5.2.2 Bereikbaarheid; modal shift

Zoals hiervoor beschreven dalen de transportkosten van de binnenvaart als gevolg van het ophogen van kunstwerken. Hierdoor wordt transport per binnenvaart goedkoper, en dus competitiever, ten opzichte van concurrerende modaliteiten als spoor en weg. De verschillen in marges in het wegvervoer en de binnenvaart zijn zeer klein. Dit betekent dat een verandering in de kosten kan leiden tot een verschuiving van transport tussen deze modaliteiten, een zogenaamde ‘modal shift’.

De modal shift van wegtransport naar binnenvaart heeft twee effecten:

- Enerzijds leidt een verschuiving van het containervervoer van de weg naar de binnenvaart tot minder transportkosten. Er kunnen meer containers mee per schip. De daling van de transportkosten voor het additionele vervoer per binnenvaart is als batenpost opgenomen.<sup>27</sup>
- Een verandering van externe effecten zoals congestie op het wegennetwerk, geluid, luchtkwaliteit en klimaat (zie paragraaf 5.4).

De gemiddelde afstand van een reis per binnenvaartschip ligt onder de 250 km. Transportdiensten per spoor onder de 250 km zijn zelden competitief en zullen daarom vaak uni-modaal via weg of binnenvaart verlopen. Een verschuiving van spoor naar binnenvaart wordt daarom niet waarschijnlijk geacht. Dit wordt ook bevestigd door de recente economische analyse van Ecorys *et al* (2014).

## 5.2.3 Baten nieuw verkeer

Een daling van de transportkosten per TEU-km in de binnenvaart leidt tot een verschuiving van volumes naar de binnenvaart. Dit gaat ten koste van het containertransport per vrachtwagen. Aangenomen is dat de modal shift 2 procentpunt<sup>28</sup> van het totale containertransport met baten bedraagt (zie paragraaf 4.5).

De eerste stap in de bepaling van de baten van het ‘nieuwe verkeer’ is de berekening van het additionele volume. In Tabel 17 is per corridor een overzicht gegeven van de verandering van het vervoersvolume (in TEU-km) en in Tabel 18 de transportbaten voor Scenario 7 als gevolg van de modal shift.

<sup>27</sup> De ‘rule of half’ is toegepast. Nieuw transport per binnenvaart als gevolg van een modal shift is hier beschouwd als nieuw verkeer. Voor nieuw verkeer geldt dat de baten van het project (besparing per TEU- km) gelijk is aan de helft van de baten van het verkeer dat al in het nulalternatief gebruik maakt van de infrastructuur.

<sup>28</sup> Dit betreft een toename van aandeel van de binnenvaart van 35% naar 37% in het totale containervervoer.

Tabel 17 Verandering volumes per corridor a.g.v. modal shift (x1000) in TEU-km in 2030

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde – Rijn	7.595	8.476
Maasroute; Weurt – Born	3.116	3.424
Rotterdam - Amsterdam	4.256	4.530
Amsterdam – Noord-Nederland	8	9
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	4.209	4.615

Tabel 18 Transportkostenvoordeel nieuw verkeer a.g.v. de modal shift (Scenario 7, prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde – Rijn	€ 53.186	€ 59.354
Maasroute; Weurt – Born	€ 31.638	€ 33.426
Rotterdam - Amsterdam	€ 63.956	€ 66.393
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 126	€ 137
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 22.174	€ 23.610

## 5.2.4 Vermeden congestiekosten wegverkeer

Voor de bepaling van de vermeden congestiekosten is gebruikt gemaakt van het aantal vermeden tonkilometers als gevolg van de modal shift in beide WLO-scenario's, zie Tabel 19.

Tabel 19 Afname aantal tonkilometers via de weg in 2030 (x1000)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO- scenario Hoog
Westerschelde – Rijn	70.575	78.759
Maasroute; Weurt – Born	12.469	13.174
Rotterdam – Amsterdam	34.811	37.056
Amsterdam – Noord-Nederland	42	45
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	34.424	36.653

Vervolgens zijn de kengetallen (zie Bijlage D) toegepast op de vermeden tonkilometers in beide WLO-scenario's. Uit studies blijkt dat circa 25% van het vrachtverkeer in de ochtend- en/of avondspits rijdt, de overige 75% van de vrachtwagens rijdt buiten de spitsen. Over het algemeen is er sprake van congestie tijdens de spits, wanneer de verkeersvraag groter is dan het aanbod van de verkeersinfrastructuur. Alléén de baten voor het wegverkeer als gevolg van een afname van congestie tijdens de spitsperioden (25%) zijn meegenomen.

In WLO-scenario Hoog op de corridor Amsterdam - Rotterdam worden de hoogste jaarlijkse baten als gevolg van vermeden congestie verwacht. Deze komen in 2030 uit op € 364.000. In WLO-scenario Laag heeft dezelfde corridor de hoogste baten, namelijk € 342.000. Tabel 20 geeft een overzicht van de jaarlijks baten als gevolg van vermeden congestie.

Tabel 20 Baten door vermeden congestie als gevolg van de modal shift in 2030 (Scenario 7, prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde - Rijn	€ 283.261	€ 316.111
Maasroute; Weurt - Born	€ 114.994	€ 117.237
Rotterdam - Amsterdam	€ 341.944	€ 363.993
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 411	€ 431
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 338.144	€ 355.811

## 5.3 Directe externe effecten

### 5.3.1 Luchtkwaliteit en klimaateffecten

Alle corridors leiden tot een verbetering van de luchtkwaliteit. Dit geldt bij toepassing van beide WLO-scenario's. In WLO-scenario Hoog verbetert, als gevolg van de modal shift, de luchtkwaliteit het meest op de corridor Amsterdam-Rotterdam. De jaarlijkse baten als gevolg van de verbeterde luchtkwaliteit komen uit op € 271.000 in 2030. De minste baten worden behaald op de corridor Amsterdam – Noord-Nederland met een batenpost van € 332 in 2030. In WLO-scenario Laag komen de baten voor de Amsterdam-Rotterdam uit op € 254.000 in 2030.

Alle corridors hebben, via een afname van CO<sub>2</sub>-emissies, positieve gevolgen voor het klimaat. Dit geldt bij toepassing van beide WLO-scenario's. De corridor Amsterdam-Rotterdam heeft met € 271.000 de hoogste jaarlijkse baten in 2030 als gevolg van de afname van CO<sub>2</sub>-emissies. De laagste baten worden behaald op de corridor Amsterdam – Noord-Nederland met een batenpost van € 360 in 2030. In WLO-scenario Laag komen de baten voor de Amsterdam-Rotterdam uit op € 275.000 in 2030.

Tabel 22 en Tabel 23 geven een overzicht van de jaarlijks luchtkwaliteits- en klimaateffecten.

Tabel 21 Baten door vermeden emissies CO<sub>2</sub> als gevolg van de modal shift in 2030 (Scenario 7, prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde - Rijn	€ 209.103	€ 233.353
Maasroute; Weurt - Born	€ 85.465	€ 90.296
Rotterdam-Amsterdam	€ 254.139	€ 270.526
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 306	€ 332
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 251.314	€ 267.586

Tabel 22 Baten verbeterde luchtkwaliteit als gevolg van de modal shift in 2030 (Scenario 7, prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde - Rijn	€ 227.956	€ 254.392
Maasroute; Weurt - Born	€ 92.542	€ 97.773
Rotterdam - Amsterdam	€ 275.182	€ 292.927
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 331	€ 360
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 272.124	€ 289.743

### 5.3.2 Geluidhinder

In Tabel 23 zijn de gevolgen van de modal shift op geluidhinder opgenomen. Bij toepassing van WLO-scenario Hoog zijn de baten in het zichtjaar 2030 het hoogst op de corridor Amsterdam-Rotterdam. Deze komen uit op € 23.000. In WLO-scenario Laag bedragen deze € 21.000.

Tabel 23 Baten voor de vermindering van geluidshinder als gevolg van de modal shift in 2030 (Scenario 7, Prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde - Rijn	€ 16.425	€ 18.330
Maasroute; Weurt - Born	€ 5.275	€ 5.573
Rotterdam - Amsterdam	€ 21.312	€ 22.687
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 19	€ 21
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 15.512	€ 16.516

### 5.3.3 Veiligheid

In WLO-scenario Hoog heeft de corridor Amsterdam-Rotterdam de hoogste jaarlijkse baten. Deze komen in 2030 uit op € 62.000. De baten als gevolg van een verbeterde veiligheid zijn het laagst op de corridor Amsterdam – Noord-Nederland (€ 77 in 2030).

In WLO-scenario Laag bedragen de baten € 58.000 op de corridor Amsterdam-Rotterdam (hoogste) en € 71 op de corridor Amsterdam-Noord-Nederland (laagste).

In Tabel 24 zijn de baten als gevolg van een verandering in veiligheid opgenomen voor het zichtjaar 2030.



Tabel 24 Baten als gevolg van verbetering van veiligheid als gevolg van de modal shift in 2030 (Scenario 7, Prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde - Rijn	€ 49.979	€ 55.775
Maasroute; Weurt - Born	€ 19.925	€ 21.052
Rotterdam – Amsterdam	€ 58.030	€ 61.772
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 71	€ 77
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 58.592	€ 62.385

## 5.4 Indirecte effecten

De verhoging van de bruggen leidt niet zozeer tot kortere reistijden maar vooral tot lagere kosten per transport. Dit leidt ertoe dat kosten voor bedrijven dalen en een keten van effecten kan ontstaan. De zogenaamde indirecte effecten. De verhoging van kunstwerken leidt mogelijk tot effecten in de arbeidsmarkt, grondmarkt, etc. De kostenverlaging verspreidt zich door de economie. Als markten goed werken worden de effecten in de keten één-op-één doorgegeven en ontstaan geen extra effecten. Markten zijn niet altijd volledig of werken niet altijd goed. Als gevolg van belastingen, regelgeving, subsidies etc. kunnen er verstoringen zijn. De meting van directe effecten (reistijdwinsten, transportkosten, betrouwbaarheid) is dan niet voldoende om een beeld te verkrijgen van de totale effecten van een project.

Voor het bepalen van de indirecte effecten (keteneffecten) van een project wordt gemiddeld tussen de 0% en 30% van de bereikbaarheidseffecten of directe effecten opgenomen als indirecte effecten. De indirecte effecten zijn hier benaderd door 15% van de directe effecten op te nemen (inclusief directe externe effecten).

Naar verwachting leiden de projectalternatieven tot een toenemende concurrentie, (beperkte) werkgelegenheidseffecten en het verbeteren van de internationale concurrentie positie van Nederland en deels ook van België.

In Tabel 25 zijn voor de corridors bij ophoging van kunstwerken en de twee WLO-scenario's de indirecte effecten gerapporteerd. De opgenomen bedragen gelden voor het zichtjaar 2030.

Tabel 25 Indirecte effecten Scenario 7 in 2030 (prijspeil 2018)

Corridor	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
Westerschelde - Rijn	€ 423.000	€ 472.000
Maasroute; Weurt - Born	€ 264.000	€ 278.000
Rotterdam – Amsterdam	€ 476.000	€ 507.000
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 1.000	€ 1.000
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 467.000	€ 497.000

## 5.5 Kosten

Arcadis heeft in opdracht van Rijkswaterstaat de levensduurkosten (investeringskosten en kosten beheer en onderhoud) van de projectalternatieven geraamd. Doordat in de projectalternatieven verschillende hoogtes worden aangehouden verschillen de kosten.

Belangrijk om te vermelden is dat in dit project geen SSK-ramingen zijn gemaakt voor individuele kunstwerken. Kosten zijn geraamd door voor verschillende typen bruggen maatregelen te bepalen en de bijbehorende kosten met behulp van geschatte kostenkengetallen zoals beschreven in paragraaf 4.11.

Dit geeft direct het belangrijkste aandachtspunt weer: de kostenraming geeft voor ieder alternatief een indicatie van de te verwachten investeringskosten. De uitkomsten van de raming geven dus geen indicatie van de investeringskosten per kunstwerk. Vanwege specifieke karakteristieken en situaties kunnen de werkelijke kosten voor het ophogen van een specifiek kunstwerk sterk afwijken van de hier geschatte kosten.

Deze afwijking zal niet alleen ontstaan vanwege de toegepaste parametrische analyse maar, ook doordat bij uitvoering niet enkel ophoging zal plaatsvinden. Levensduurverlengende of functieverhogende maatregelen zullen dan waarschijnlijk ook worden genomen. Daarnaast zal in de praktijk bij het verhogen van kunstwerken worden aangesloten bij noodzakelijke investeringen in kunstwerken als gevolg van einde levensduur. Dit leidt mogelijk tot een kostenvoordeel.

### 5.5.1 Investerings

Het uitvoeren van de projectalternatieven brengt bepaalde investeringen met zich mee. Investeringskosten omvatten alle eenmalige kosten die worden gemaakt om een project te kunnen realiseren. Onder de investeringskosten van het project vallen bouw- en vastgoedkosten, de kosten voor voorbereiding, administratie en toezicht (de zogenaamde VAT-kosten) en andere bijkomende kosten<sup>29</sup>. Verondersteld is dat de investeringen *pro forma* voor alle kunstwerken in 2018 starten en de bouwperiode 10 jaar bedraagt.

In Tabel 27 zijn de totale investeringskosten per corridor voor de drie projectalternatieven (Scenario 7, 4 en 8) weergegeven (nominale bedragen). Omdat in verhouding tot de andere type bruggen het ophogen van spoorbruggen zeer hoge kosten met zich meebrengt zijn naast de totale investeringskosten ook de kosten voor het aanpassen per individuele spoorbrug in deze tabellen opgenomen.

De hoge kosten voor het aanpassen van spoorbruggen heeft twee redenen. Ten eerste geldt voor de spoorbruggen het uitgangspunt dat er sloop en nieuwbouw plaats moeten vinden. Dit brengt meer kosten met zich mee dan alleen de kosten van een verhoging. Sloop en nieuwbouw is noodzakelijk vanwege de zetting van de gronden. Grond heeft tijd nodig om te zetten om aan de eisen van ProRail te voldoen. Omdat voor ProRail een buitenwerkingstelling van het spoor voor een periode van enkele maanden geen optie is, is deze tijd niet beschikbaar. Het verhogen van een spoorbrug betekent dan nieuwbouw naast de originele brug. Ten tweede moeten door de verhoging van de spoorbruggen de buitengebieden worden aangepast. Deze kosten zijn, vanwege vaak een stedelijke (stations) omgeving vele malen hoger dan die van de andere type bruggen. Meer informatie is te vinden in de kostennota. Bijlage G geeft een overzicht van de verschillende bruggen, de beschikbare doorvaarthoogte en de investeringskosten in de projectalternatieven.

---

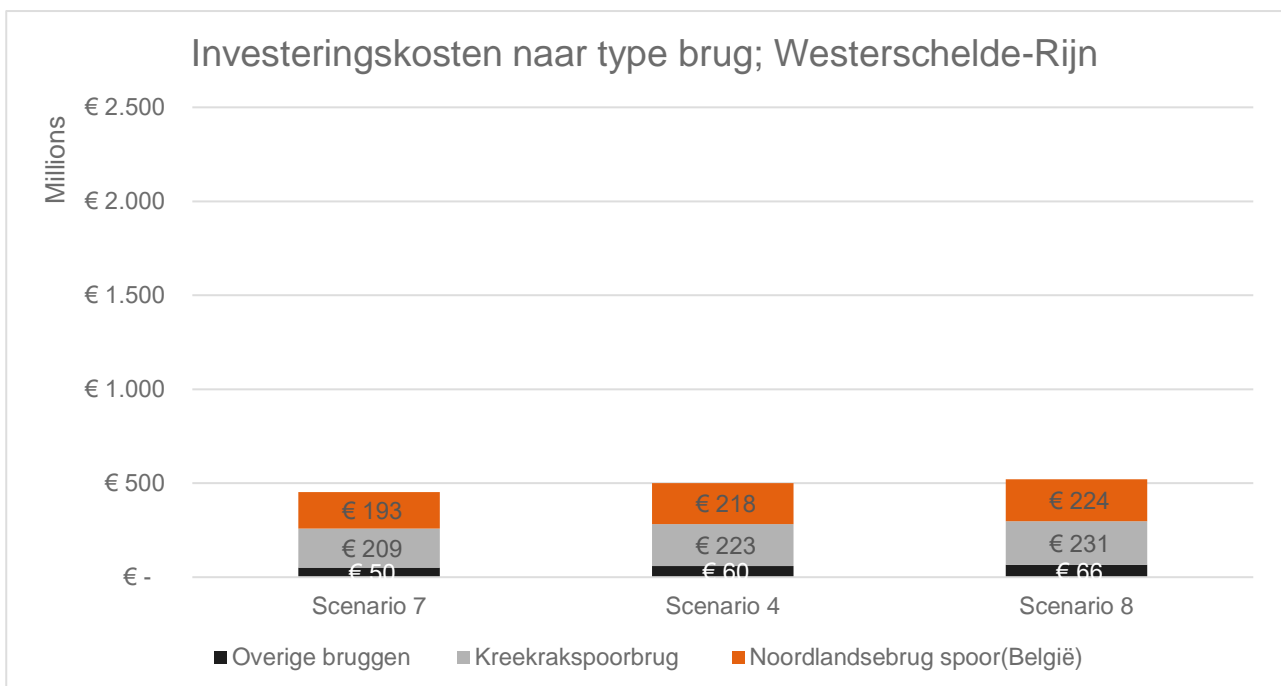
<sup>29</sup> Onder bijkomende kosten vallen leges en vergunningen, verzekeringspremies (CAR, ontwerp, aansprakelijkheid, e.d.), kosten kabels & leidingen niet via contract, communicatiekosten niet via contract, inmetingen en onderzoeken en de kosten met betrekking tot minder hinder (voor bruggen anders dan spoorbruggen).

Tabel 26 Investeringskosten projectalternatieven (x1000, nominaal)

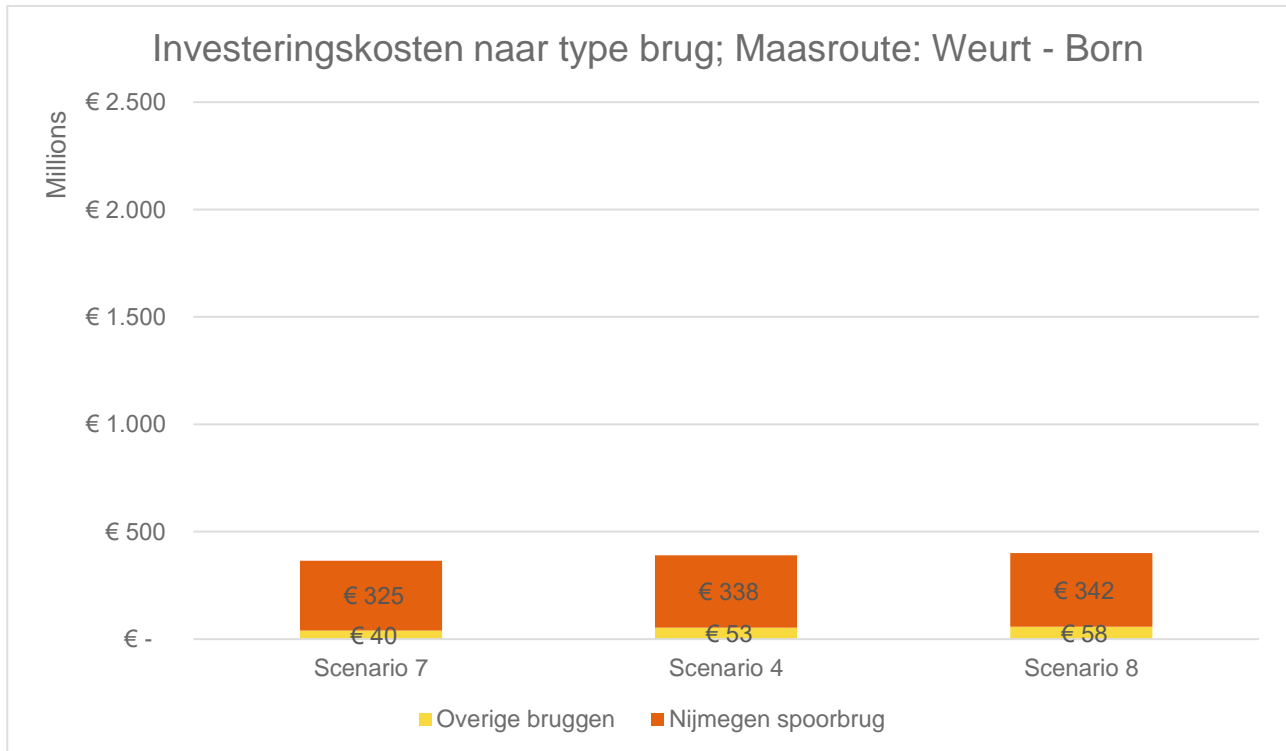
Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde - Rijn	€ 451.960	€ 500.500	€ 521.020
Maasroute; Weurt - Born	€ 364.420	€ 390.980	€ 400.590
Rotterdam – Amsterdam	€ 1.686.711	€ 1.782.131	€ 1.841.451
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 432.253	€ 465.932	€ 479.745
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 2.118.964	€ 2.248.063	€ 2.321.196

In onderstaande grafieken zijn voor de verschillende corridors de totale investeringskosten opgenomen. De kosten zijn uitgesplitst naar de typen spoorbruggen en overige bruggen.

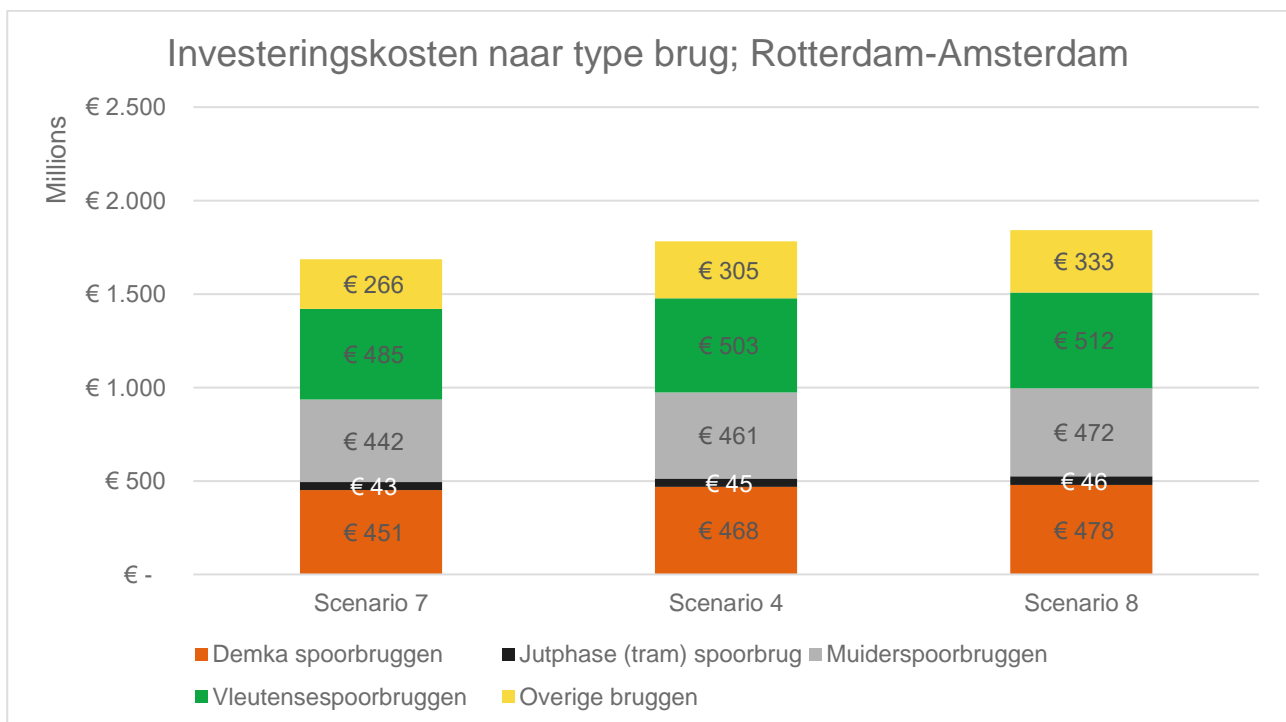
Voor de corridor Rotterdam – Amsterdam en Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland zijn de investeringskosten aanzienlijk hoger dan voor de andere corridors. De reden hiervoor is de aanpassing van de Muiderspoorbruggen, de Demkaspoorbruggen en de Vleutensespoorbruggen waarvan de ophogingskosten in de honderden miljoenen lopen. Omdat deze spoorbruggen in of dichtbij bebouwd gebied liggen lopen de kosten voor het verwerven van vastgoed op.



Figuur 9 Investeringskosten naar type brug; Westerschelde-Rijn (prijspeil, 2018)



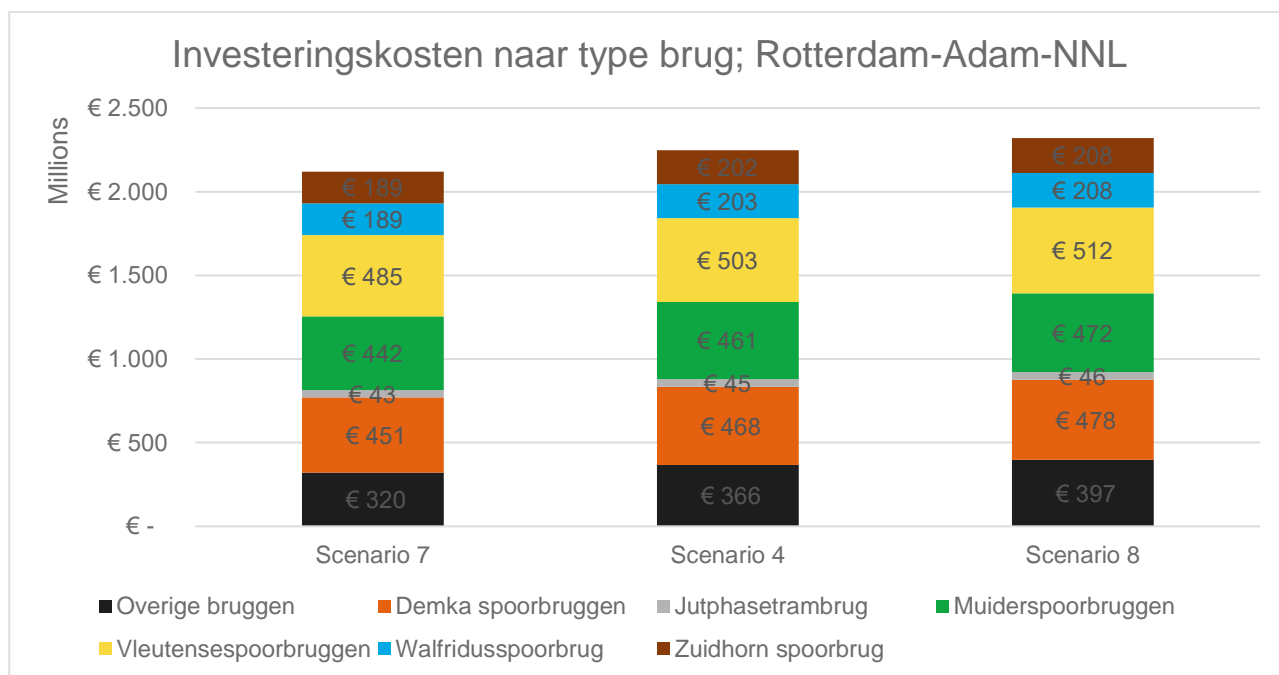
Figuur 10 Investeringskosten naar type brug; Maasroute (Prijspeil 2018)



Figuur 11 Investeringskosten naar type brug; Corridor Rotterdam-Amsterdam (prijspeil 2018)



Figuur 12 Investeringskosten naar type brug; Amsterdam-Noord-Nederland (prijspeil, 2018)



Figuur 13 Investeringskosten naar type brug; Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland (prijspeil, 2018)

## 5.5.2 Beheer en onderhoud

Naast de eenmalige investeringskosten is er ook sprake van periodiek terugkerende kosten, ofwel de beheer- en onderhoudskosten. Door middel van een Life Cycle Cost (LCC)-raming zijn deze periodiek terugkerende kosten in beeld gebracht. De beheer- en onderhoudskosten bestaan uit vast jaarlijks terugkerend onderhoud en periodiek onderhoud. Enkel de levensduurkosten van de vernieuwde elementen, landhoofden en tussensteunpunten, bij de bruggen zijn beschouwd. De levensduurkosten van vervangen onderdelen zijn niet meegenomen.

De LCC-raming bevat de kosten over de gehele levenscyclus van de nieuwe elementen van de opgehoogde kunstwerken. In de levenscyclusanalyses is uitgegaan van een periode van honderd jaar. Omdat enkel kosten voor beheer en onderhoud zijn beschouwd voor nieuwe elementen van de kunstwerken, zijn deze kosten het verschil tussen de projectalternatieven en het nulalternatief. De kosten zijn derhalve in de MKBA opgenomen als additionele kosten voor beheer- en onderhoud.

Tabel 27 Jaarlijkse additionele kosten beheer en onderhoud per scenario (x1000, nominaal)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
Westerschelde - Rijn	€ 23	€ 16	€ 26	€ 3
Maasroute; Weurt - Born	€ 12	€ 8	€ 14	€ -
Rotterdam – Amsterdam	€ 92	€ 66	€ 107	€ 0,3
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 8	€ 6	€ 8,4	€ 1,3
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 99	€ 72	€ 116	€ 1,3

## 6 RESULTATEN KOSTEN-BATENANALYSE

### 6.1 Netto Contante Waarde

In dit hoofdstuk wordt voor de projectalternatieven de resultaten van de MKBA gepresenteerd. De resultaten van het *SVIR-streefbeeld* zijn opgenomen in paragraaf 4.3. Het belangrijkste resultaat, de Netto Contante Waarde (NCW), betreft het saldo van contant gemaakte kosten en baten (zie ook onderstaand tekstkader). In de berekening van NCW zijn de effecten uitgezet over een periode van 100 jaar en verdisconteerd met een discontovoet van 4,5% naar het basisjaar 2018. Voor de directe effecten van veiligheid, klimaat en luchtkwaliteit geldt een discontovoet van 3%.

#### Netto Contante Waarde

Het is niet zondermeer mogelijk om kosten en baten die in verschillende perioden optreden met elkaar te vergelijken. Investerings worden gedaan op het moment dat het project wordt uitgevoerd, terwijl de baten, zoals het transportkostenvoordeel, later optreden. Deze effecten zijn bovendien vaak niet eenmalig.

Om alle effecten met elkaar te kunnen vergelijken wordt in de MKBA gebruik gemaakt van contante waarden. Met behulp van een discontovoet worden de toekomstige waarden van kosten en effecten teruggerekend naar vandaag (prijsspeil 2015). Vanwege de tijdswaarde van geld is een Euro nu meer waard dan een Euro later in de tijd.

In deze MKBA is een discontovoet gebruikt van 4,5%. Stel dat een effect optreedt in 2019 en het effect gewaardeerd is op € 100. Dan is bij toepassing van een discontovoet van 4,5% de contante waarde van dit effect in 2018 gelijk aan € 95,69 ( $(€ 100 / (1+0,045)^1)$ ).

Wanneer van de contante waarde van de baten de contante waarde van de kosten wordt afgetrokken resteert het saldo: de Netto Contante Waarde.

*Tekstkader 1 toelichting op de bepaling van de NCW*

Alvorens het MKBA-resultaat wordt gepresenteerd worden in paragraaf 6.1.1 tot en met 6.1.6 de contante waarde van de kosten en de verschillende effecten toegelicht.

#### 6.1.1 Kosten

De contante waarde van de investeringskosten van de verschillende projectalternatieven en de bijbehorende beheer- en onderhoudskosten staan in Tabel 28 en Tabel 29 respectievelijk. De kosten nemen toe naarmate de benodigde hoogteaanpassing van de kunstwerken toeneemt.

Tabel 28 Contante waarde van de investeringskosten (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde - Rijn <sup>30</sup>	€ 357.623	€ 396.032	€ 412.268
Maasroute; Weurt - Born	€ 288.355	€ 309.371	€ 316.976
Rotterdam – Amsterdam	€ 1.334.647	€ 1.410.150	€ 1.457.089
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 342.030	€ 368.679	€ 379.609
<b>Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland</b>	<b>€ 1.676.677</b>	<b>€ 1.778.829</b>	<b>€ 1.836.698</b>

<sup>30</sup> De moerdijkbruggen zitten niet in deze kosten, deze vallen onder de omvaarroute.

Tabel 29 Contante waarde van de beheer- en onderhoudskosten (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde - Rijn	€ 230	€ 318	€ 366
Maasroute; Weurt - Born	€ 119	€ 175	€ 196
Rotterdam – Amsterdam	€ 932	€ 1.290	€ 1.505
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 79	€ 107	€ 118
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 1.011	€ 1.397	€ 1.623

## 6.1.2 Directe effecten

Met betrekking tot de NCW van de bereikbaarheidsbaten wordt onderscheid gemaakt naar efficiencywinst (transportkostenvoordelen) en baten voor het nieuwe verkeer (modal shift) voor de binnenvaart en efficiencywinst voor het wegvervoer. Tabel 30 en Tabel 31 rapporteren de efficiencywinsten voor het bestaande transport. De baten voor het nieuwe verkeer (modal shift) zijn opgenomen in Tabel 33 en Tabel 33.

Tabel 30 Contante waarde van de efficiencywinsten bij toepassing van WLO-scenario Laag (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde - Rijn	€ 85.321	€ 102.823	€ 113.762
Maasroute; Weurt - Born	€ 20.089	€ 22.690	€ 22.195
Rotterdam – Amsterdam	€ 32.394	€ 39.039	€ 43.192
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 67	€ 81	€ 89
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 32.350	€ 38.986	€ 43.134

Tabel 31 Contante waarde van de efficiencywinsten bij toepassing van WLO-scenario Hoog (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde - Rijn	€ 109.774	€ 132.291	€ 146.365
Maasroute; Weurt - Born	€ 23.230	€ 26.238	€ 25.665
Rotterdam – Amsterdam	€ 37.592	€ 45.303	€ 50.122
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 76	€ 93	€ 102
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 37.552	€ 45.255	€ 50.069



Tabel 32 Contante waarde baten nieuw verkeer bij toepassing van WLO-scenario Laag (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde – Rijn	€ 2.295	€ 2.766	€ 3.060
Maasroute; Weurt – Born	€ 449	€ 478	€ 411
Rotterdam – Amsterdam	€ 920	€ 1.108	€ 1.226
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 2	€ 2	€ 3
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 331	€ 331	€ 332

Tabel 33 Contante waarde baten nieuw verkeer bij toepassing van WLO-scenario Hoog (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde – Rijn	€ 2.953	€ 3.558	€ 3.937
Maasroute; Weurt – Born	€ 520	€ 553	€ 476
Rotterdam – Amsterdam	€ 1.037	€ 1.250	€ 1.383
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 2	€ 3	€ 3
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 385	€ 385	€ 385

### 6.1.3 Directe externe effecten

De MKBA maakt duidelijk dat een aanpassing van de brughogtes leidt tot een verbetering van de leefomgeving. Door het additionele scheepvaartverkeer dat gegenereerd wordt als gevolg van de brugverhogingen (modal shift), neemt het vervoer over de weg af. Dit brengt de nodige welvaartseffecten met zich mee. Tabel 35 en tabel 36 geven een overzicht van de baten voor beide economische groeiscenario's (Laag en Hoog, respectievelijk). Er zit geen verschil in deze effecten voor de verschillende projectalternatieven doordat het aantal TEU-km tussen de projectalternatieven niet verschilt en daarmee de modal shift niet.

Tabel 34 Contante waarde van de directe externe effecten bij toepassing van WLO-scenario Laag (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Congestie	CO <sub>2</sub> emissies	Luchtkwaliteit	Geluid	Veiligheid
Westerschelde – Rijn	€ 13.745	€ 15.514	€ 16.919	€ 1.219	€ 2.157
Maasroute; Weurt – Born	€ 1.476	€ 1.697	€ 1.838	€ 105	€ 235
Rotterdam – Amsterdam	€ 5.792	€ 6.339	€ 6.999	€ 317	€ 870
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 7	€ 8	€ 9	€ 0	€ 1
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 5.780	€ 6.378	€ 6.907	€ 394	€ 877

Tabel 35 Contante waarde van de directe externe effecten bij toepassing van WLO-scenario Hoog (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Congestie	Klimaat	Luchtkwaliteit	Geluid	Veiligheid
Westerschelde – Rijn	€ 21.064	€ 20.809	€ 22.685	€ 1.635	€ 2.775
Maasroute; Weurt – Born	€ 1.967	€ 2.023	€ 2.190	€ 125	€ 272
Rotterdam – Amsterdam	€ 8.234	€ 7.732	€ 8.372	€ 371	€ 1.009
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 8	€ 9	€ 10	€ 1	€ 1
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 7.972	€ 7.617	€ 8.248	€ 470	€ 1.016

## 6.1.4 Indirecte effecten

In paragraaf 5.5 is toelicht dat de projectalternatieven resulteren in additionele indirecte effecten. Deze bedragen 15% van de directe effecten. In Tabel 36 en Tabel 37 zijn de contante waarde van de indirecte effecten opgenomen.

Tabel 36 Contante waarde van indirecte effecten bij toepassing van WLO-scenario Laag (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde – Rijn	€ 18.463	€ 21.159	€ 22.844
Maasroute; Weurt – Born	€ 3.781	€ 4.135	€ 3.972
Rotterdam – Amsterdam	€ 7.245	€ 8.270	€ 8.911
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 13	€ 15	€ 16
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 7.111	€ 8.106	€ 8.728

Tabel 37 Contante waarde indirecte effecten bij toepassing WLO-scenario Hoog (x1000, prijspeil 2018)

Corridor	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Westerschelde – Rijn	€ 24.261	€ 27.730	€ 29.898
Maasroute; Weurt – Born	€ 4.420	€ 4.826	€ 4.632
Rotterdam – Amsterdam	€ 8.618	€ 9.806	€ 10.549
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 15	€ 17	€ 19
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 8.441	€ 9.596	€ 10.318

## 6.2 MKBA resultaat

In deze paragraaf worden de resultaten van de MKBA gepresenteerd. Voor iedere corridor zijn grafieken opgenomen die de totale kosten en baten (excl. weglekeffect) weergeven en de verdeling over de “baathebbende landen”. In bijlage B zijn tabellen opgenomen die in meer detail inzicht geven in de resultaten van de MKBA. Voor de corridor Westerschelde-Rijn zijn in bijlage B de resultaten gepresenteerd exclusief het weglekeffect (totale kosten en baten) en inclusief weglekeffect. Voor de overige corridors zijn in bijlage B de resultaten inclusief het weglekeffect opgenomen. Dit effect is op deze corridors zeer klein.

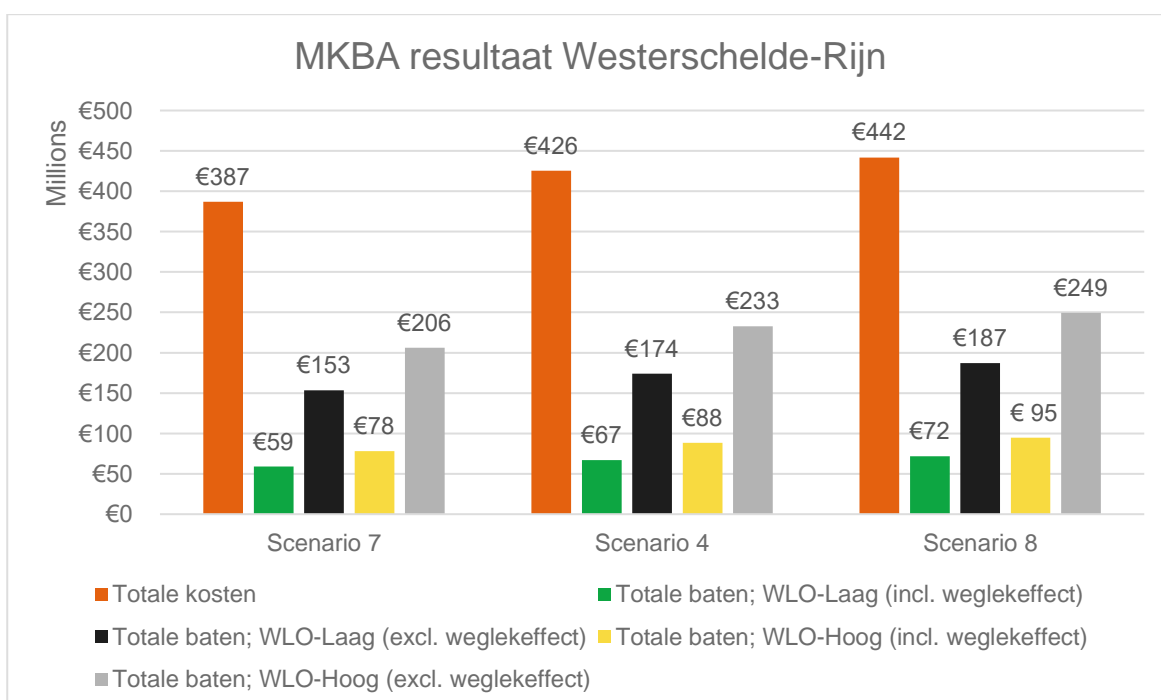
Om tot het MKBA resultaat te komen zijn de effecten over een periode van 100 jaar uitgezet in de tijd en vervolgens verdisconteerd naar het basisjaar met een discontovoet van 4,5%. Voor veiligheid, klimaat en luchtkwaliteit is een discontovoet van 3% gehanteerd.

Voor alle projectalternatieven geldt dat het saldo van kosten en baten (NCW) negatief is. De kosten zijn hoger dan de baten.

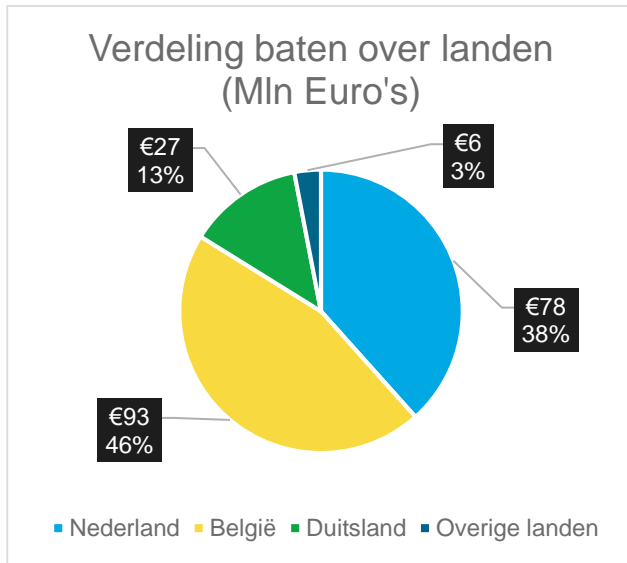
### 6.2.1 Corridor Westerschelde-Rijn

Het saldo van kosten en baten (NCW) is voor alle projectalternatieven op de corridor Westerschelde-Rijn negatief. Afhankelijk van het toegepast WLO-scenario en het projectalternatief varieert dit saldo van € -152 miljoen tot € -233 miljoen als er geen rekening wordt gehouden met het weglekeffect naar het buitenland. Indien hier wel rekening mee wordt gehouden varieert dit saldo van € -280 miljoen tot € -340 miljoen. Het negatieve saldo wordt vooral veroorzaakt door de hoge kosten voor de aanpassingen aan de Kreekrak spoorbrug (€ 209 miljoen tot € 231 miljoen nominaal) en de Noordlandsespoorbrug (België, € 189 miljoen tot € 224 miljoen nominaal) zie ook hoofdstuk 5, figuur 11).

Figuur 14 geeft inzicht in de verdeling van de baten van het project over de diverse landen voor Scenario 7 bij toepassing van WLO-scenario Hoog. Bij deze corridor zijn de weglekeffecten het hoogst. De contante waarde van de baten bedraagt voor Nederland € 78 miljoen. Dit is 38% van de totale baten. België ontvangt de meeste baten (€ 93 miljoen, 46%) bij ophoging van deze bruggen over deze corridor. Tegenover deze baten voor België staan de kosten voor de aanpassing van de Noordlandsebruggen. De contante waarde van deze kosten is € 197 miljoen in Scenario 7, € 223 miljoen in Scenario 4 en € 230 miljoen in Scenario 8. Duitsland en overige landen hebben respectievelijk € 27 miljoen en € 6 miljoen aan baten.



Figuur 14 Kosten en baten corridor Westerschelde-Rijn (prijspeil 2018, inclusief en exclusief weglekeffect)

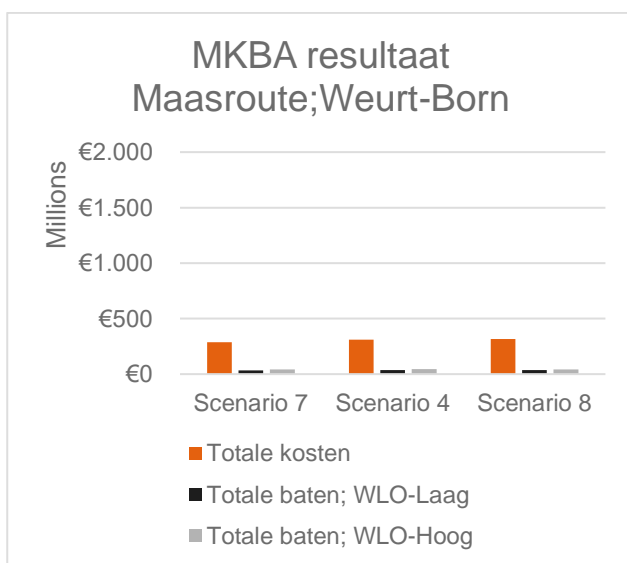


Figuur 15 Verdeling van baten corridor Westerschelde-Rijn over landen (Scenario 7, WLO-scenario Hoog, prijspeil 2018)

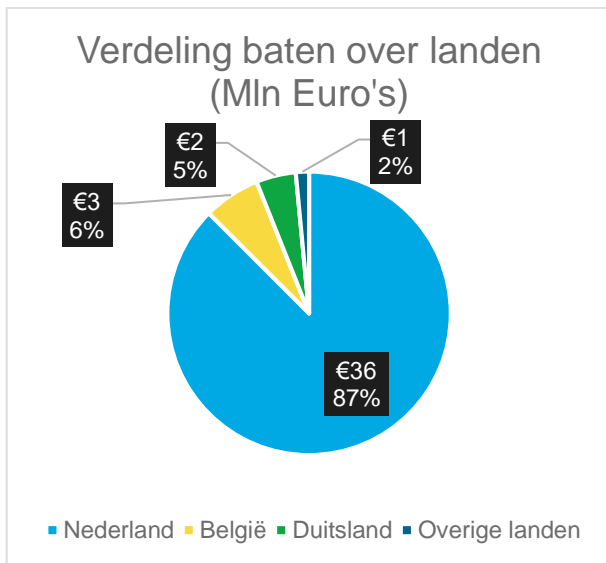
## 6.2.2 Corridor Maasroute; Weurt-Born

Het saldo van kosten en baten (NCW) is voor alle projectalternatieven op de corridor Maasroute; Weurt-Born negatief. Afhankelijk van het toegepast WLO-scenario en het projectalternatief varieert dit saldo van € -247 miljoen tot € -280 miljoen als er geen rekening wordt gehouden met het weglekeffect naar het buitenland. Indien hier wel rekening mee wordt gehouden varieert dit saldo van € -252 miljoen tot € -285 miljoen. Het negatieve saldo wordt veroorzaakt door de hoge kosten voor de aanpassingen aan de spoorbrug bij Nijmegen (€ 324 miljoen tot € 342 miljoen nominaal (zie hoofdstuk 5, figuur 8)).

Figuur 16 geeft inzicht in de verdeling van de baten van het project over de diverse landen voor Scenario 7 bij toepassing van WLO-scenario Hoog. De contante waarde van de baten bedraagt voor Nederland € 44 miljoen en dit vertegenwoordigt 87% van de totale baten. België en Duitsland hebben respectievelijk € 3 miljoen en € 2 miljoen aan baten. De omvang van de baten op deze corridor wordt beïnvloed door de beschikbare doorvaarthoogte van de stadsbrug bij Venlo.



Figuur 16 Kosten en Baten corridor Maasroute; Weurt-Born (prijspeil 2018, excl. weglekeffect)



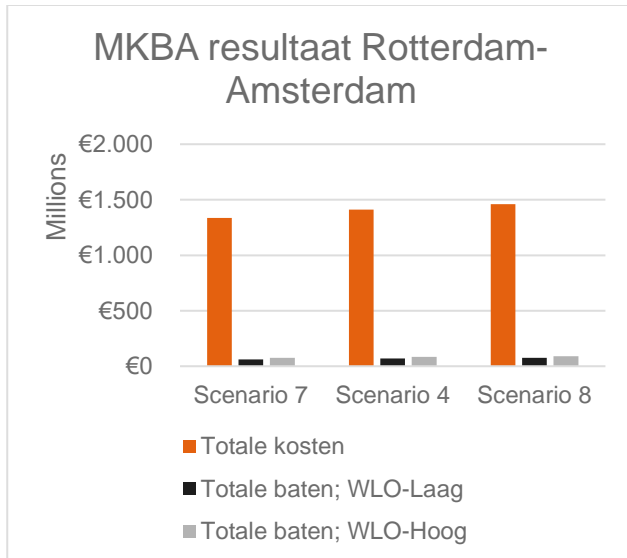
*Figuur 17 Verdeling van baten corridor Maasroute; Weurt-Born over landen (Scenario 7, WLO-scenario Hoog, prijspeil 2018)*

### 6.2.3 Corridor Rotterdam-Amsterdam

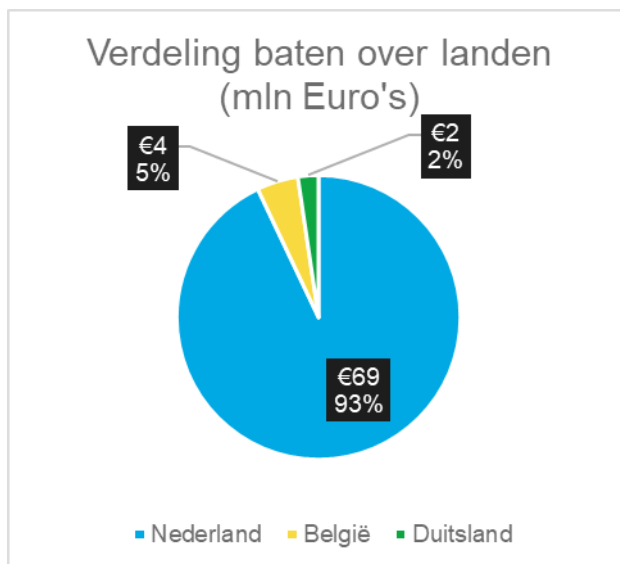
Het saldo van kosten en baten (NCW) is voor alle projectalternatieven op de corridor Rotterdam-Amsterdam negatief. Afhankelijk van het toegepast WLO-scenario en het projectalternatief varieert dit saldo van € -1,26 miljard tot € -1,38 miljard als er geen rekening wordt gehouden met het weglekeffect naar het buitenland. Indien hier wel rekening mee wordt gehouden varieert dit saldo van € -1,27 miljard tot € -1,39 miljard. Het negatieve saldo wordt veroorzaakt door de hoge kosten voor de aanpassingen aan de vier spoorbruggen op deze corridor, € 1,4 miljard tot € 1,5 miljard nominaal (zie ook hoofdstuk 5,

Tabel 26)).

Figuur 13 geeft inzicht in de verdeling van de baten van het project over de diverse landen voor Scenario 7 bij toepassing van WLO-scenario Hoog. De contante waarde van de baten is voor Nederland € 69 miljoen. Dit is 93% van de totale baten. België en Duitsland hebben respectievelijk € 2 miljoen en € 4 miljoen aan baten.



Figuur 18 Kosten en Baten corridor Rotterdam-Amsterdam (prijspeil 2018, excl. Weglekeffect)



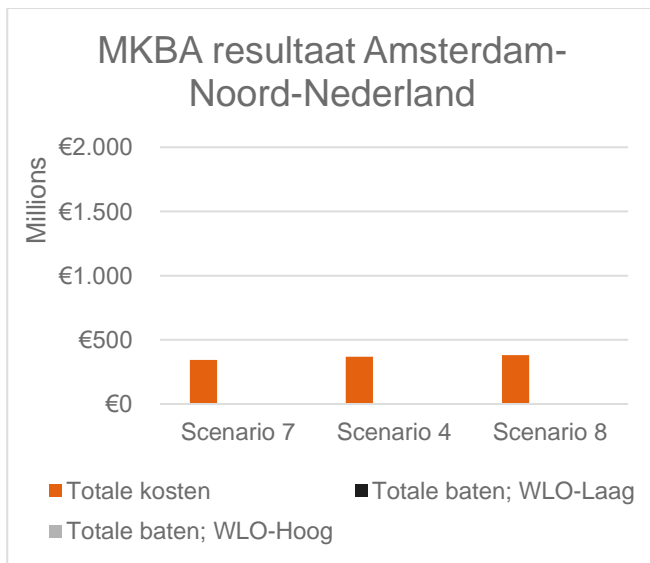
Figuur 19 Verdeling van baten corridor Rotterdam-Amsterdam over landen (Scenario 7, WLO-Hoog, prijspeil 2018)

## 6.2.4 Corridor Amsterdam-Noord-Nederland

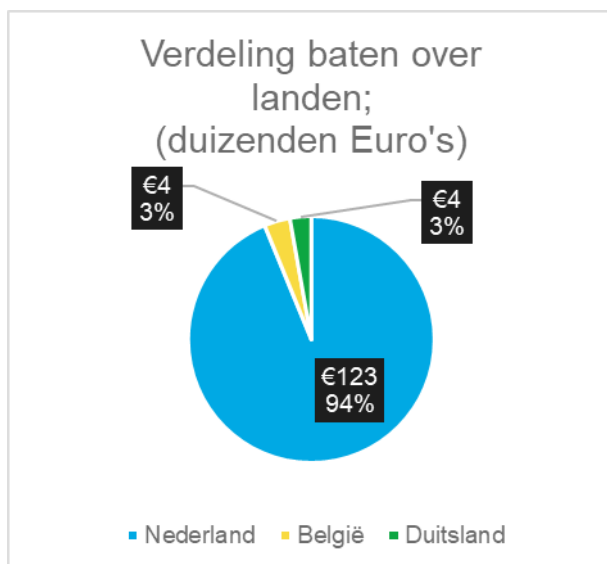
Het saldo van kosten en baten (NCW) is voor alle projectalternatieven op de corridor Amsterdam-Noord-Nederland negatief. Afhankelijk van het toegepast WLO-scenario en het projectalternatief varieert dit saldo van € -342 miljoen tot € -380 miljoen als er geen rekening wordt gehouden met het weglekeffect naar het buitenland. Indien hier wel rekening mee wordt gehouden varieert dit saldo ook van € -342 miljoen tot € -380 miljoen. Het negatieve saldo wordt veroorzaakt door de hoge kosten voor de aanpassingen aan de Walfridius spoorbruggen (€ 189 miljoen tot € 208 miljoen nominaal) en de Zuidhorn spoorbrug (€ 189 miljoen tot € 208 miljoen nominaal). Bij dit scenario is uitgegaan dat de bruggen op de corridor Rotterdam –

Amsterdam niet zijn opgehoogd en alleen schepen van Amsterdam worden meegerekend. Dit verklaart dat de baten zo laag zijn op dit traject.

Figuur 19 geeft inzicht in de verdeling van de baten van het project over de diverse landen voor Scenario 7 bij toepassing van WLO-scenario Hoog. De baten zijn op deze corridor erg laag, de contante waarde varieert tussen de € 106.000 en € 153.000 afhankelijk van projectalternatief en WLO-scenario. Nederland ontvangt 94% van de totale baten, België en Duitsland hebben ieder 3% aan baten. De baten op deze corridor zijn erg laag omdat het meeste scheepvaartverkeer ook over het ARK vaart waarvan de bruggen te laag liggen voor 4-laags high-cube containervaart. Deze schepen hebben dus geen baten bij het ophogen van (alleen) de corridor Amsterdam – Noord-Nederland. In de corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland wordt er wel van uitgegaan dat alle bruggen op deze corridors verhoogd worden.



Figuur 20 Kosten en baten corridor Amsterdam-Noord-Nederland (prijspeil 2018, excl. wegleffect)

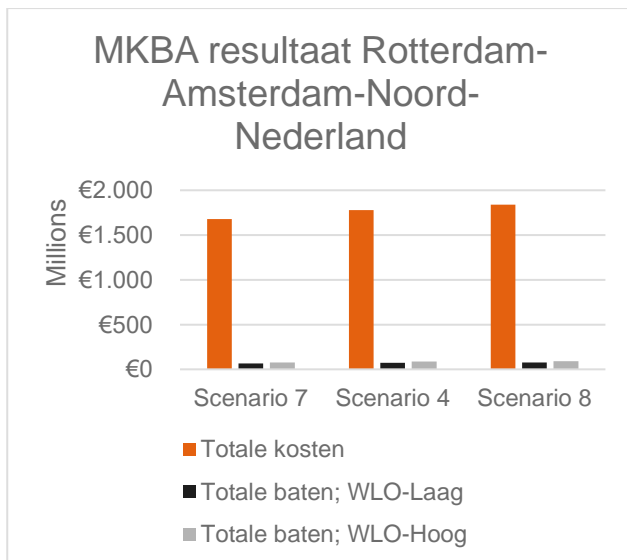


Figuur 21 Verdeling van baten corridor Amsterdam-Noord-Nederland over landen (Scenario 7, WLO-scenario Hoog, prijspeil 2018)

## 6.2.5 Corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland

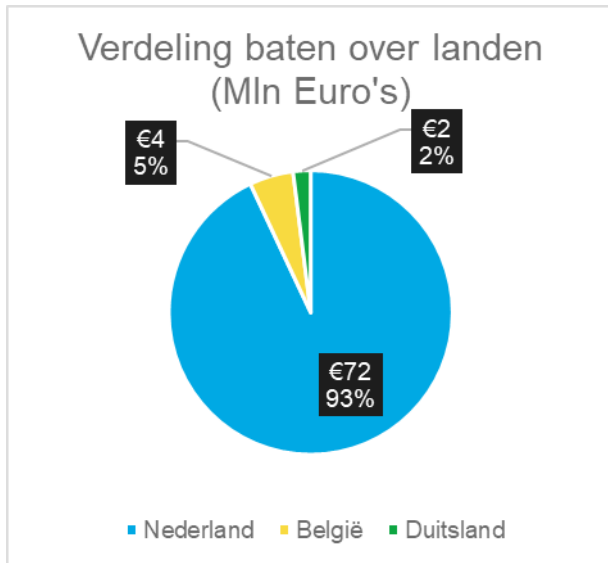
Het saldo van kosten en baten (NCW) is voor alle projectalternatieven op de corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland negatief. Afhankelijk van het toegepast WLO-scenario en het projectalternatief varieert dit saldo van € -1,60 mrd tot € -1,76 mrd als er geen rekening wordt gehouden met het weglekeffect naar het buitenland, indien hier wel rekening mee wordt gehouden varieert dit saldo van € -1,61 miljard tot € -1,77 miljard. Het negatieve saldo wordt voornamelijk veroorzaakt door de hoge kosten voor de aanpassingen aan meerdere spoorbruggen, waarvan voornamelijk de Demka spoorbruggen (circa € 450 miljoen nominaal), de Vleutensespoorbruggen (circa € 485 miljoen tot € 512 miljoen nominaal) en de Muiderspoorbruggen (circa € 442 miljoen tot € 472 miljoen nominaal) de kosten bepalen (zie ook hoofdstuk 5, figuur 9).

Figuur 16 geeft inzicht in de verdeling van de baten van het project over de diverse landen voor Scenario 7 bij toepassing van WLO-scenario Hoog. De contante waarde van de baten bedraagt voor Nederland € 72 miljoen. Dit is 93% van de totale baten. België en Duitsland hebben respectievelijk € 4 miljoen en € 2 miljoen aan baten.



Figuur 22 Kosten en Baten corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland (prijspeil 2018)





*Figuur 23 Verdeling van baten corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland over landen (Scenario 7, WLO-Hoog, prijspeil 2018)*

## 7 GEVOELIGHEIDSANALYSES

Voor deze studie zijn meerdere gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om de invloed van enkele aannames te testen, namelijk:

- Een verandering van de kosten (+/- 25%). De gebruikte percentages komen overeen met de bandbreedte van de kostenraming (nauwkeurigheid).
- Verkeersprognoses; exclusief CO<sub>2</sub>-heffing.
- Omvaarroute via Kanaal Zuid-Beveland.

### 7.1 Verandering van de kosten

Een verandering van de kosten zal leiden tot een verandering in de Netto Contante Waarde voor elke corridor. Voor deze gevoeligheidsanalyse zijn de kosten verhoogd en verlaagd met 25%. Met een verlaging van 25% in de kosten is de NCW van alle projectalternatieven voor iedere corridor nog steeds negatief. Dit is ongeacht het WLO-scenario. Bij een verhoging van de kosten wordt de NCW logischerwijs nog negatiever. In Tabel 38 zijn de resultaten van deze analyse zichtbaar voor alle corridors in WLO-scenario Hoog voor Scenario 7.

Tabel 38 MKBA-resultaat Scenario 7 bij veranderde kosten (WLO-Hoog, incl. weglekeffect, prijspeil 2018, x1.000.000)

Scenario 7	Kosten (nominaal)			MKBA-resultaat		
	-25%	Basis	+25%	-25%	Basis	+25%
<b>Westerschelde-Rijn</b>	€ 339	€ 452	€ 565	€ -190	€ -280	€ -368
BK-verhouding				0,29	0,22	0,17
IRR				1,2%	0,6%	0,2%
<b>Maasroute; Weurt – Born</b>	€ 273	€ 364	€ 456	€ -180	€ -252	€ -324
BK-verhouding				0,17	0,13	0,10
IRR				-0,5%	-1,0%	-1,3%
<b>Rotterdam – Amsterdam</b>	€ 1.265	€ 1.687	€ 2.108	€ -933	€ -1.266	€ -1.600
BK-verhouding				0,07	0,05	0,03
IRR				-1,3%	-1,7%	-2,0%
<b>Amsterdam – Noord-Nederland</b>	€ 324	€ 432	€ 540	€ -256	€ -342	€ -427
BK-verhouding				0,00	0,00	0,00
IRR				-8,1%	-8,4%	-8,6%
<b>Rdam – Adam – NNL</b>	€ 1.589	€ 2.119	€ 2.649	€ -1.187	€ -1.606	€ -2.025
BK-verhouding				0,06	0,04	0,03
IRR				-1,6%	-2,0%	-2,3%

Indien geen rekening wordt gehouden met het wegleffect op de corridor Westerschelde – Rijn dan wordt de baten-kostenverhouding 0,77 bij een verlaging van 25% van de kosten en 0,46 bij een verhoging van 25% van de kosten.

## 7.2 Verkeersprognoses

In de prognoses behorende bij de WLO-scenario's is aangenomen dat er een CO<sub>2</sub>-heffing is voor verkeer over de weg en over water. De heffing is opgenomen in de basisvariant van de MKBA. Door middel van een gevoeligheidsanalyse is bepaald wat de invloed van de heffing is op de uitkomsten van de MKBA.

In het algemeen geldt dat transport goedkoper is wanneer er geen CO<sub>2</sub>-heffing is. Dit heeft tot gevolg dat er meer goederen zullen worden vervoerd, ook door binnenvaart. Het ontbreken van de CO<sub>2</sub>-heffing leidt tot een toename van het aantal TEU-km met baten en een verbetering van het MKBA-resultaat.

In het kader van de Nationale Markt- en Capaciteit Analyse is een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd met een alternatief WLO-scenario Hoog zonder CO<sub>2</sub>-heffing. Voor de belangrijkste telpunten, sluisen waar de meeste schepen en TEU passeren is het effect van (het ontbreken van) de heffing berekend (Tabel 39). De resulterende correctiefactoren zijn in deze gevoeligheidsanalyse gebruikt.

Tabel 39 Groei vervoersvolume in WLO-scenario Hoog exclusief CO<sub>2</sub>-heffing (Bron: RWS 2017, blz 39)

Corridor	NMCA-telpunt (sluis)	Correctie vervoersvolume
Westerschelde-Rijn	Kreekraksluizen	1% extra volume in 2030
Maasroute; Weurt-Born	Sluis Weurt	4% extra volume in 2030
Rotterdam-Amsterdam	Oranjesluizen	3% extra volume in 2030
Amsterdam-Noord-Nederland	Oranjesluizen	3% extra volume in 2030
Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland	Oranjesluizen	3% extra volume in 2030

Het ontbreken van de CO<sub>2</sub>-heffing resulteert voor alle projectalternatieven in een stijging van de baten en Netto Contante Waarde. Deze stijging is gering (tussen € 10.000 en € 5 miljoen). Hierdoor blijft de Netto Contante Waarde voor elke corridor voor elk projectalternatief negatief. In Tabel 40 zijn de resultaten van deze analyse zichtbaar voor alle corridors in het WLO-scenario Hoog voor Scenario 7, inclusief wegleffect. De effecten van de CO<sub>2</sub>-heffing op de baten zijn erg klein en hebben hierdoor nauwelijks effect op de baten-kosten verhoudingen en de IRR. Daarom zijn deze hier niet gerapporteerd.

Tabel 40 Baten en contante waarde met en zonder de CO<sub>2</sub>-heffing voor alle corridors voor het Scenario 7 onder het hoge WLO-scenario (Incl. wegleffect, prijspeil 2018, x1000)

Ophogingsscenario 7; WLO-scenario Hoog	Baten incl. CO <sub>2</sub> -heffing	Baten excl. CO <sub>2</sub> -heffing	NCW incl. CO <sub>2</sub> -heffing	NCW excl. CO <sub>2</sub> -heffing
Westerschelde - Rijn	€ 78.263	€ 79.048	€ - 279.590	€ -278.805
Maasroute; Weurt - Born	€ 36.107	€ 39.843	€ -252.367	€ -248.631
Rotterdam – Amsterdam	€ 69.379	€ 71.758	€ -1.266.200	€ -1.263.822
Amsterdam – Noord-Nederland	€ 123	€ 130	€ -341.986	€ -341.979
Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland	€ 71.701	€ 75.963	€ -1.605.987	€ -1.601.725

## 7.3 Analyse omvaarroute Kanaal Zuid-Beveland

Voor de corridor Westerschelde-Rijn zijn er twee routes; de Schelde-Rijnverbinding en de omvaarroute via het Kanaal Zuid-Beveland. Deze laatste route is langer maar kent geen doorvaarthoogtebeperkingen aangezien de bruggen op dit traject beweegbaar zijn. De resultaten van een analyse uitgevoerd in het kader van DKC1 maken duidelijk dat 90% van de getelde schepen met een herkomst of bestemming Antwerpen de route via de Schelde-Rijnverbinding vaart.

Voor het beperkte gebruik van de route via het Kanaal Zuid-Beveland kunnen verschillende redenen bestaan. Zo kan de behoefte om met 4 lagen te varen minder groot zijn dan de behoefte aan een kortere route met een lagere doorvaarthoogte, daarnaast is het aandeel high-cube nu nog vrij beperkt. Dit kan overigens in de toekomst veranderen. Er kunnen ook andere redenen zijn waarom beperkt gebruik wordt gemaakt van deze omvaarroute. Om deze te achterhalen is contact gezocht met BLN Schuttevaer en is aan de werkgroep containervaart een aantal vragen gesteld.

Uit de antwoorden is op te maken dat de containerbinnenvaart vanwege nautische redenen liever niet over de Westerschelde varen en dus de route via het Kanaal Zuid-Beveland mijden. Schippers geven aan dat binnenvaartcontainerschepen gevoelig zijn voor golfslag waardoor containers kunnen verschuiven. Wanneer containers verschuiven heeft dit nadelige gevolgen voor de stabiliteit van het schip. Containerschepen zijn open en wanneer door golfslag water in het schip komt kan de stabiliteit verminderen. Volgens de werkgroep zijn de weeromstandigheden naar schatting 50% van de tijd dusdanig goed dat er veilig met een containerschip (binnenvaart) kan worden gevaren op de Westerschelde. Naast weersomstandigheden heeft de aanwezigheid van zeevaart een grote invloed op de keuze van schippers voor een route. De binnenvaart blijft liever gescheiden van de zeevaart en kiest zodoende voornamelijk voor de Schelde-Rijnverbinding.

Met verschillende berekeningen is geanalyseerd of het omvaren via het Kanaal Zuid-Beveland op weegt tegen de kosten van het ophogen van de bruggen op de Schelde-Rijnverbinding.

Deze analyse is uitgevoerd voor de WLO-scenario's Laag en Hoog. Voor alle containerschepen die in het zichtjaar 2030 normaal de Schelde-Rijnverbinding nemen en dus de Volkeraksluizen passeren is bepaald wat de additionele kosten zijn van het omvaren via het Kanaal Zuid-Beveland. Hiertoe zijn de additionele transportkosten berekend die deze langere route (30,5 km) met zich meebrengt. In de bepaling van de additionele transportkosten is rekening gehouden met een daling van de gemiddelde transportkosten per TEU-km als gevolg van het vervoeren van een extra laag containers.

Tabel 41 TEU met baten via de Volkeraksluizen WLO-scenario's Laag en Hoog in het zichtjaar 2030

	WLO-scenario Laag	WLO-scenario Hoog
<b>NL - NL</b>	156.845	168.655
<b>Buitenland - NL</b>	368.340	420.506
<b>NL - Buitenland</b>	569.338	627.505
<b>Totaal</b>	1.094.523	1.216.666

Volgens de blueroadmap.nl van Bureau Voorlichting en Binnenvaart is de route via het Kanaal Zuid-Beveland 30,5 kilometer langer dan de Schelde-Rijnverbinding. De transportkosten per TEU-km bedragen € 0,21 (inclusief efficiencywinst). De totale additionele transportkosten in het zichtjaar 2030 zijn opgenomen in Tabel 42. Deze komen in WLO-scenario Laag uit op circa € 7,0 miljoen en in WLO-scenario Hoog op € 7,7 miljoen. In de berekening van deze bedragen is geen rekening gehouden met de verdeling van de

additionele transportkosten over landen (het wegleffecten). De gerapporteerde bedragen zijn de totale kosten van omvaren.

Tabel 42 Additionele transportkosten route via het Kanaal van Zuid-Beveland (2030)

	2030 Laag	2030 Hoog
<b>NL - NL</b>	€ 998.813	€ 1.074.022
<b>Buitenland - NL</b>	€ 2.345.647	€ 2.677.850
<b>NL - Buitenland</b>	€ 3.625.639	€ 3.996.052
<b>Totaal</b>	<b>€ 6.970.099</b>	<b>€ 7.747.924</b>

Door de additionele transportkosten per jaar in de tijd uit te zetten (100 jaar) en vervolgens te disconteren naar het basisjaar (discontovoet 4,5%) kunnen deze worden vergeleken met de investeringskosten voor het verhogen van de bruggen op de Schelde-Rijnverbinding tot de Moerdijkbruggen. De contante waarde van de additionele transportkosten bedragen in WLO-scenario Laag € 164 miljoen en in WLO-scenario Hoog € 196 miljoen zonder wegleffect, een groot deel hiervan zijn baten voor het buitenland. De investeringskosten van Scenario 7 bedragen € 358 miljoen. De maximale kosten van omvaren zijn lager dan de investeringskosten. Als de kunstwerken niet worden opgehoogd zal dit resulteren in meer containerschepen (doordat ze niet 4-laags kunnen vervoeren) en daarmee meer drukte bij de Volkeraksluizen.

## 8 BEWEEGBARE BRUGGEN; GEVOLGEN VOOR HET WEGVERKEER

### 8.1 Inleiding

Over de vier onderzochte corridors liggen beweegbare bruggen die o.a. geopend worden voor 'te hoge' containerschepen. Deze openingen, met name de openingsduur, leiden tot wachttijden en dus wachtkosten voor het wegverkeer. Voor sommige van deze bruggen gelden openingsvensters, het aantal minuten dat een brug open staat. Indien mocht worden besloten tot het verhogen van brughoogten op 1 of meerdere corridors dan kan dit resulteren in een groter aanbod van hogere schepen. Wanneer dit aanbod groter is dan de capaciteit van het openingsvenster moeten schepen wachten tot een volgende opening. Er ontstaan wachtkosten voor de scheepvaart. Andersom, langere openingsvensters leiden tot extra wachtkosten voor het kruisende weg-/ spoorverkeer.

In deze MKBA zijn voor een vier beweegbare bruggen de maatschappelijke kosten van openingen bepaald aan de weg- en aan de vaarwegzijde. De onderzochte bruggen zijn gekozen omdat de maatschappelijke interactiekosten voor het kruisend verkeer als gevolg van brugopeningen hoog scoren. Deze interactiekosten zijn vervolgens vergeleken met de kosten die moeten worden gemaakt om hinder (wachttijden) te verminderen of weg te nemen in de vorm van een hogere (beweegbare) brug of een tunnel.<sup>31</sup> Daarnaast zijn er oplossingen in de vorm van doorstromingsoplossingen te bedenken die minder kosten tot gevolg zullen hebben maar voor deze MKBA buiten beschouwing zijn gebleven.

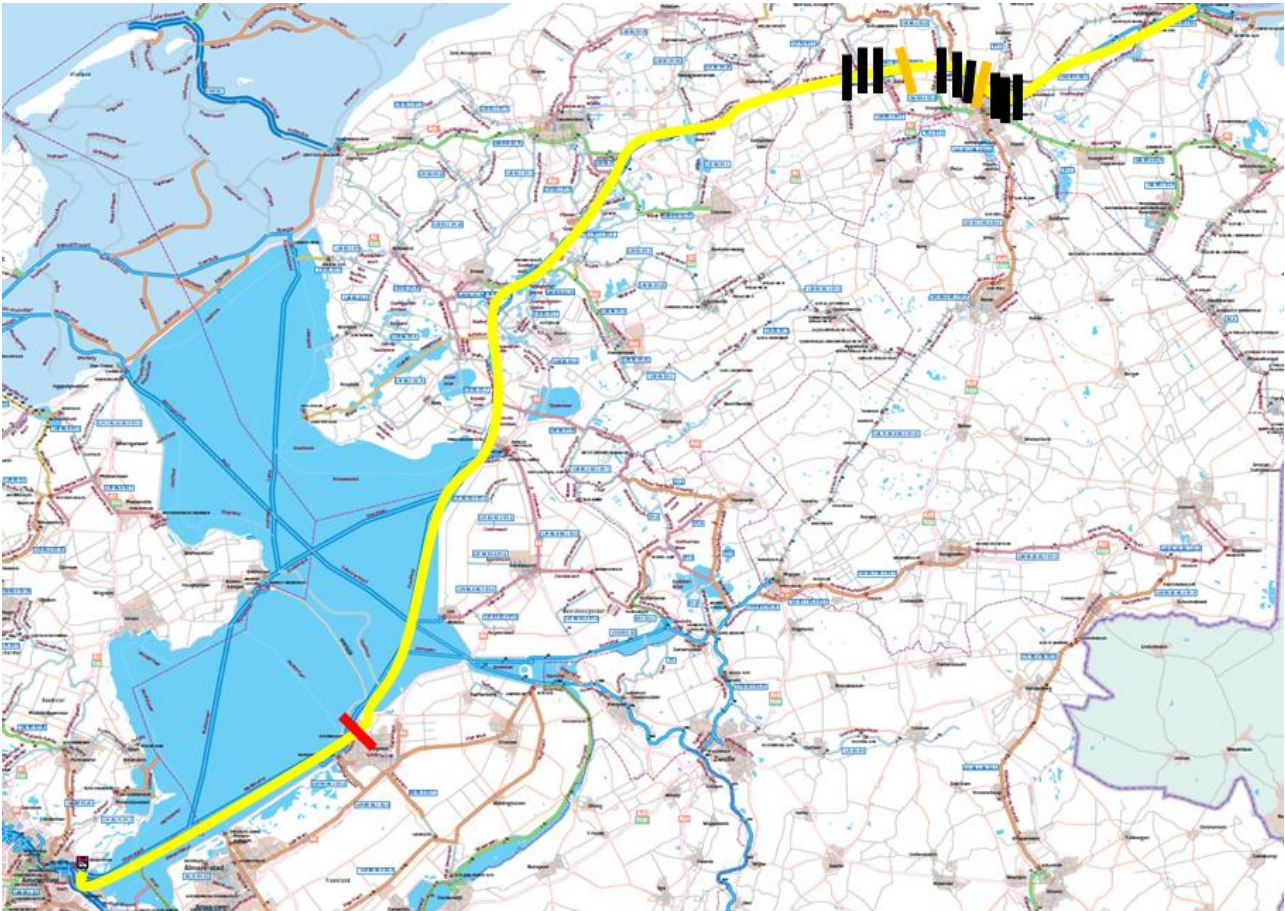
In de volgende paragrafen is toegelicht welke bruggen zijn onderzocht en worden de resultaten van de analyse beschreven. Er is gekozen om meerdere beweegbare bruggen te analyseren die representatief zijn voor andere beweegbare bruggen op de corridor. De beweegbare brug bij Weurt is hier geen onderdeel van omdat deze brug bijna altijd hoog genoeg ligt voor 4-laags containerschepen. Ook de beweegbare bruggen over het Kanaal Zuid-Beveland (Postbrug, Vlakebrug en de Vlakespoorbrug) zijn niet onderzocht. Onder deze bruggen varen relatief weinig containervaartschepen. De Vlakespoorbrug wordt alleen geopend als er geen treinverkeer is, de maximale wachttijd is 1 uur. De verwachte hoge kosten van het aanpassen van de bruggen staan niet in verhouding tot de baten.

De resultaten van deze analyse geven een eerste beeld van de huidige en toekomstige omvang van de hinder (maatschappelijke kosten). Daarnaast is inzicht verkregen in de mate waarin het project leidt tot een toename van de hinder voor het wegverkeer en de containerbinnenvaart. Deze analyse moet worden gezien als een eerste verkenning naar de maatschappelijke kosten van openingen van beweegbare bruggen.

---

<sup>31</sup> De kosten van het ophogen van de Moerdijkbrug zijn geraamd met behulp van de parametrische ramingsystematiek. De kosten van de andere bruggen in de case-studies zijn geraamd op basis van expertkennis.

## 8.2 Houtribbrug en overige beweegbare bruggen



*Figuur 24 Overzichtskartaal om aan te duiden waar de Houtribbrug (rood) zich bevindt in de corridor Amsterdam - Noord-Nederland*

In de corridor Amsterdam-Noord-Nederland heeft de Houtribbrug over de Houtribsluizen de meeste openingen voor de containerbinnenvaart. Voor een aantal onbepaald (in doorvaarthoogte) beweegbare bruggen, zoals bijvoorbeeld de Eelwerderbrug (N33/omgeving Delfzijl) geldt dat weliswaar de intensiteit van het wegverkeer hoger is dan bij de Houtribbrug, maar dat het aantal openingen veroorzaakt door de containerbinnenvaart veel lager is (Eelwerderbrug: circa 700 openingen voor containerschepen per jaar in WLO Hoog 2030). Zodoende is bepaald dat de Houtribbrug de meest kansrijke beweegbare brug is voor ophoging op deze corridor.

De maatschappelijke kosten van de opening van deze brug zijn vergeleken met de kosten van een hogere beweegbare brug die, in gesloten toestand, voldoende doorvaarthoogte biedt voor de containerbinnenvaart en kan worden geopend voor de recreatievaart. De brug is opgenomen in de staande mastroute voor de recreatievaart.

In 2030 komen in WLO-scenario's Laag en Hoog respectievelijke 3.896 containerschepen en 4.075 containerbinnenvaartschepen aan bij de Houtribsluizen. Dit aantal schepen is inclusief het modal shift effect van het project. Per dag passeren 11 containerschepen de Houtribsluizen, het gaat om circa 1 containerschip per twee uur.<sup>32</sup>

De Houtribbrug heeft een doorvaarthoogte van 7,74 meter ten opzichte van de MHS 2100 (NAP +0,77m). In het SVIR/nulalternatief wordt bij deze doorvaarthoogte de brug voor 80% van de passerende containerschepen geopend. Dit neemt toe tot 84% in Scenario 7, 85% in Scenario 4 en 87% in Scenario 8. Per uur gaat het om maximaal 0,03 extra openingen en per jaar om maximaal 294 extra openingen

<sup>32</sup> De aankomst van schepen is gebaseerd op een analyse van schepen geteld in de Prinses Margrietsluizen. Schepen komen daar evenredig verdeeld over de tijd aan.

(Scenario 8 en WLO-scenario Hoog). In WLO-scenario Laag gaat het om maximaal 281 extra openingen in 2030.

Voor deze extra openingen zijn de maatschappelijke kosten berekend. Dit is gedaan door de verandering van de wachttijd voor het wegverkeer te bepalen en deze vervolgens economisch te waarderen. Hiertoe is de additionele wachttijd vermenigvuldigd met een motiefafhankelijke tijdwaardering (value of time).

De gemiddelde openingsduur van de Houtribbrug is 7 minuten (brug-open.nl). Analyses met een brugopeningsmodel laten zien dat in het nulalternatief circa 480 motorvoertuigen per dag een gemiddelde vertraging hebben van 3,5 minuut.

Omdat de resultaten tussen WLO-scenario Laag en WLO-scenario Hoog niet sterk verschillen zijn in onderstaande Tabel 43 enkel de resultaten voor WLO-scenario Hoog gerapporteerd. In deze tabel zijn de wachtkosten per jaar (2030) opgenomen en de Netto Contante Waarde van de wachtkosten. Dit laatste bedrag is verkregen door de additionele wachtkosten, het verschil tussen project- en nulalternatief, per jaar uit te zetten over een periode van 100 jaar en deze te verdisconteren met een discontovoet van 4,5%. De contante waarde van de additionele wachtkosten varieert van € 296.800 tot € 556.800.

Indien de huidige brug wordt vervangen door een brug die niet hoeft te worden geopend voor de containerbinnenvaart kunnen deze wachtkosten voor het wegverkeer worden vermeden en ontstaan er baten. Echter, deze baten zijn niet voldoende groot om de kosten van investeringen in een hogere beweegbare brug (geschat op € 25 miljoen) te compenseren.

Het vervangen van de huidige brug in de Houtribsluizen door een hogere beweegbare brug heeft geen maatschappelijke rendement. Op basis van deze resultaten mag worden geconcludeerd dat het vervangen van andere beweegbare bruggen op deze corridor, zoals de Busbaanbrug of Eelwerderbrug, door hogere beweegbare bruggen ook niet rendabel is.

Tabel 43 Resultaten analyses additionele openingen Houtribbrug (bedragen x 1000, prijspeil 2018)

	Nulalternatief	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b># openingen per uur</b>	0,38	0,39	0,40	0,41
<b># getroffen motorvoertuigen</b>	479	502	508	522
<b>(Vermeden) Wachtkosten per jaar (2030)</b>	€ 204	€ 213	€ 216	€ 221
<b>Contante waarde (vermeden) wachtkosten</b>		€ 297	€ 373	€ 557
<b>Contante waarde kosten hoge brug</b>		€ 36.108	€ 36.108	€ 36.108





de wachtkosten in Scenario 8 toe tot € 3,9 miljoen per jaar. Dit bedrag is het projecteffect, inclusief de wachtkosten van openingen in het nulalternatief (zie ook Tabel 44).<sup>34</sup>

Tabel 44 Resultaten analyses additionele openingen Erasmusbrug (bedragen x 1000, prijspeil 2018)

Aantal brugopeningen per uur	Nulalternatief	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b>WLO-scenario Hoog</b>	0,12	0,36	0,39	0,41
<b>WLO-scenario Laag</b>	0,10	0,32	0,35	0,36
<i>WLO-scenario Hoog</i>				
<b>Aantal brugopeningen per jaar</b>	1.021	3.131	3.406	3.562
<b>(Vermeden) Wachtkosten per jaar</b>	€ 1.100	€ 3.500	€ 3.800	€ 3.900
<b>Contante waarde (vermeden) wachtkosten (100 jaar)</b>	€ 34.000	€ 104.300	€ 113.400	€ 118.600
<b>Investerings (contante waarde)</b>	€ 34.100	€ 34.100	€ 34.100	€ 34.100
<i>WLO-scenario Laag</i>				
<b>Aantal brugopeningen per jaar</b>	880	2.780	3.036	3.181
<b>(Vermeden) Wachtkosten per jaar</b>	€ 980	€ 3.100	€ 3.400	€ 3.600
<b>Contante waarde (vermeden) wachtkosten (100 jaar)</b>	€ 25.000	€ 78.800	€ 86.100	€ 90.200
<b>Investerings (contante waarde)</b>	€ 34.100	€ 34.100	€ 34.100	€ 34.100

De contante waarde van de totale wachtkosten (discontovoet 4,5%) varieert van € 25 miljoen in het Nulalternatief (WLO-scenario Laag) tot € 118,6 miljoen in Scenario 8 (in WLO-scenario Hoog). Door de Willemsbrug op dezelfde hoogte te brengen als de Erasmusbrug kunnen de wachtkosten grotendeels worden voorkomen en ontstaan baten. De investeringskosten van het verhogen van de Willemsbrug zijn, behulp van de parametrische methode, geraamd op € 26,3 miljoen. Tevens is aangenomen dat de (additionele) onderhoudskosten 2% per jaar bedragen van de investeringskosten. De contante waarde van de totale kosten is gelijk aan € 34,1 miljoen.

De resultaten van de verkenning schetsen het beeld dat het verhogen van de Willemsbrug tot de hoogte van de Erasmusbrug maatschappelijk rendabel is voor de projectalternatieven 4, 7 en 8 indien ook de corridor Rotterdam – Amsterdam wordt opgehoogd tot hetzelfde projectalternatief. Feitelijk is hier echter sprake van overschatting van de baten aangezien is gerekend met een brughoogte van NAP + 11,15 m tussen de referentietekens, terwijl de hoogte in het midden van de Willemsbrug door de kromming één meter hoger is en containerschepen in de praktijk gebruik maken van deze grotere doorvaarthoogte. De verwachting is dat het aantal openingen van de Erasmusbrug in de praktijk lager zal zijn en daarmee ook de baten.

<sup>34</sup> In de bepaling van de wachtkosten voor het wegverkeer als gevolg van de opening van de Spijkenisserbrug is gebruik gemaakt een model. Met dit model zijn, op basis van de inrichting van de weg, verkeersintensiteit en het aantal passerende containerschepen (binnenvaart) de wachtkosten voor het wegverkeer berekend. De wachtkosten van de opening van de Erasmusbrug zijn bepaald door wachtkosten van de Spijkenisserbrug te corrigeren voor verschillen in verkeersintensiteit, openingsduurs en aantallen schepen waarvoor de brug moet worden geopend.

## 8.4 Stadsbrug Zwijndrecht en Spoorbrug Dordrecht



*Figuur 26 Overzichtskartaal om aan te geven waar de Stadsbrug Zwijndrecht (rood) en de spoorbrug Dordrecht (groen) zich bevinden*

Momenteel vaart het overgrote deel van containerschepen op de corridor Duitsland - Antwerpen via de Nieuwe Merwede en het Hollandsch Diep en passeren hierbij de Moerdijkbruggen. Als gevolg van het ophogen naar een van de referentiealternatieven neemt de gemiddelde (benodigde) doorvaarthoogte van containerschepen toe en gaan meer schepen hinder ondervinden van de (beperkte) doorvaarthoogte van de Moerdijkspoorbrug (brughoogte NAP+ 10.43m, doorvaarthoogte: 8.65m t.o.v. MHWS 2100). Deze schepen varen vervolgens via de Dordtsche Kil en Beneden Merwede en passeren o.a. de Stadsbrug Zwijndrecht en Spoorbrug Dordrecht. Deze bruggen worden tussen 0.00 en 6.00 op afroep geopend en in de overige uren één keer per uur. Hierdoor ontstaan wachttijden en wachtkosten voor de containerbinnenvaart.

Op basis van de WLO-scenario's zijn prognoses gemaakt van het aantal schepen dat vaart van Antwerpen naar Duitsland. Voor deze prognoses zijn de telpunten Volkerak, Weurt en Lobith gebruikt. Door de benodigde doorvaarthoogte van schepen in het nulalternatief en projectalternatieven te vergelijken met de doorvaarthoogte van de Moerdijkspoorbrug is het aantal schepen berekend dat via Dordrecht vaart. Een vergelijking van de benodigde doorvaarthoogte van 'omvaarders' met de hoogte van de Spoorbrug Dordrecht levert het aantal (additionele) openingen in het zichtjaar 2030 op. Uitgangspunt in de berekeningen is de doorvaarthoogte die hoort bij de hoogste waterstand die tijdens een normale vloed (top van de sinus) optreedt in het jaar 2100.

In het nulalternatief, bij toepassing van WLO-scenario Laag, zijn er 0,33 openingen per uur. In WLO-scenario Hoog gaat het om 0,39 openingen per uur. Als gevolg van het project (Scenario 8) neemt het aantal openingen toe tot 0,78 per uur in WLO-scenario Laag en 0,92 in WLO-scenario Hoog. Deze aantallen zijn inclusief de openingen van het nulalternatief.

In de bepaling van de wachttijd en wachtkosten is aangenomen dat deze schepen evenredig verdeeld over de dag aankomen. Voor iedere minuut van aankomst van een schip is berekend hoe lang het moet wachten totdat de bruggen geopend worden. Vanwege verschillen in het openingsregime is in de berekening een onderscheid gemaakt naar werkdagen en weekend/feestdagen. Vervolgens is de gemiddelde wachttijd per schip op een werkdag en niet-werkdag berekend. Door de gemiddelde wachtkosten per schip te vermenigvuldigen met het aantal schepen in het zichtjaar waarvoor een opening vereist is de totale wachttijd (in uren) per jaar verkregen. Deze wachttijd is economisch gewaardeerd met de wachtkosten per uur van

een groot containerbinnenvaartschip (€ 259 per uur).<sup>35</sup> De wachtkosten per jaar zijn in de tijd uitgezet over een periode van 100 jaar en vervolgens is de contante waarde bepaald (discontovoet 4,5%).

In tabel 46 is een overzicht opgenomen van het aantal schepen waarvoor een opening is vereist, de wachttijd en wachtkosten. De spoorbrug Dordrecht en Stadsbrug Zwijndrecht worden in de praktijk samen geopend. Omdat het openingsvenster van de spoorbrug niet verandert zijn er geen gevolgen voor het aantal openingen van de Stadsbrug Zwijndrecht en de wachttijden voor het wegverkeer.

Tabel 45 Aantal wachtende schepen en wachttijd voor spoorbrug Dordrecht

Aantal wachtende schepen per uur	Nulalternatief	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b>Hoog</b>	0,39	0,79	0,89	0,92
<b>Laag</b>	0,33	0,67	0,75	0,78
<i>WLO-scenario Hoog</i>				
<b>Aantal wachtende schepen per jaar WLO-Hoog</b>	3.445	6.907	7.761	8.025
<b>Wachttijd per jaar (minuten)</b>	125.573	251.779	282.911	292.533
<b>Wachttijd per jaar (uren)</b>	2.093	4.196	4.715	4.876
<i>WLO-scenario Laag</i>				
<b>Aantal wachtende schepen per jaar WLO-Laag</b>	2.919	5.852	6.575	6.799
<b>Wachttijd per jaar (minuten)</b>	106.385	213.306	239.681	247.833
<b>Wachttijd per jaar (uren)</b>	1.773	3.555	3.995	4.131

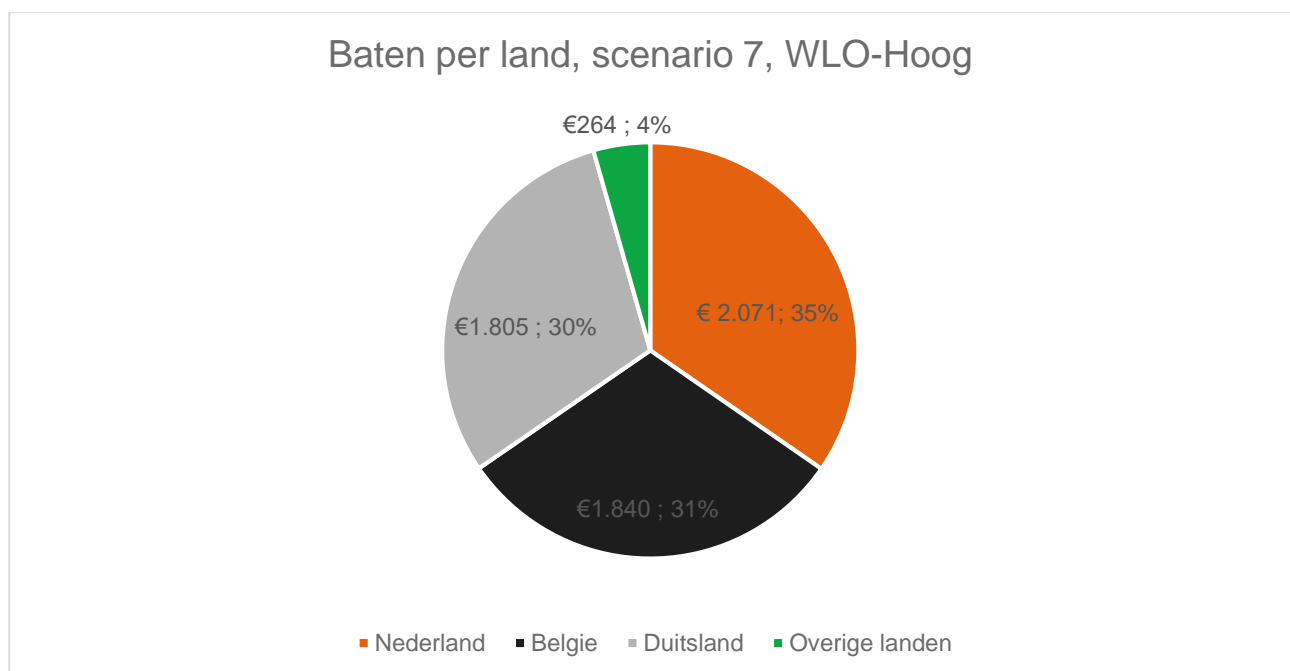
Door de totale wachtkosten te vergelijken met de kosten is bepaald of het maatschappelijk rendabel is om de Moerdijkbruggen te verhogen. In onderstaande tabel zijn de resultaten van deze vergelijking opgenomen. Er kan worden geconcludeerd dat de baten (vermeden wachtkosten) dusdanig laag zijn dat deze niet opwegen tegen de kosten van het verhogen van de Moerdijkbruggen (€ 365 miljoen tot € 380 miljoen). Er is ook een raming gemaakt voor een spoortunnel in plaats van een verhoging. De investeringskosten zijn geraamd op € 271 miljoen. In dit bedrag zijn niet additionele kosten voor beheer en onderhoud opgenomen. Omdat de investeringskosten hoger zijn dan de contante waarde van de vermeden wachtkosten is de spoortunnel niet rendabel.

<sup>35</sup> Deze gegevens zijn afkomstig van de RWS Kostenbarometer Binnenvaart.

Tabel 46 Resultaten analyses wachtkosten van de spoorbrug Dordrecht (x 1000, prijspeil 2018)

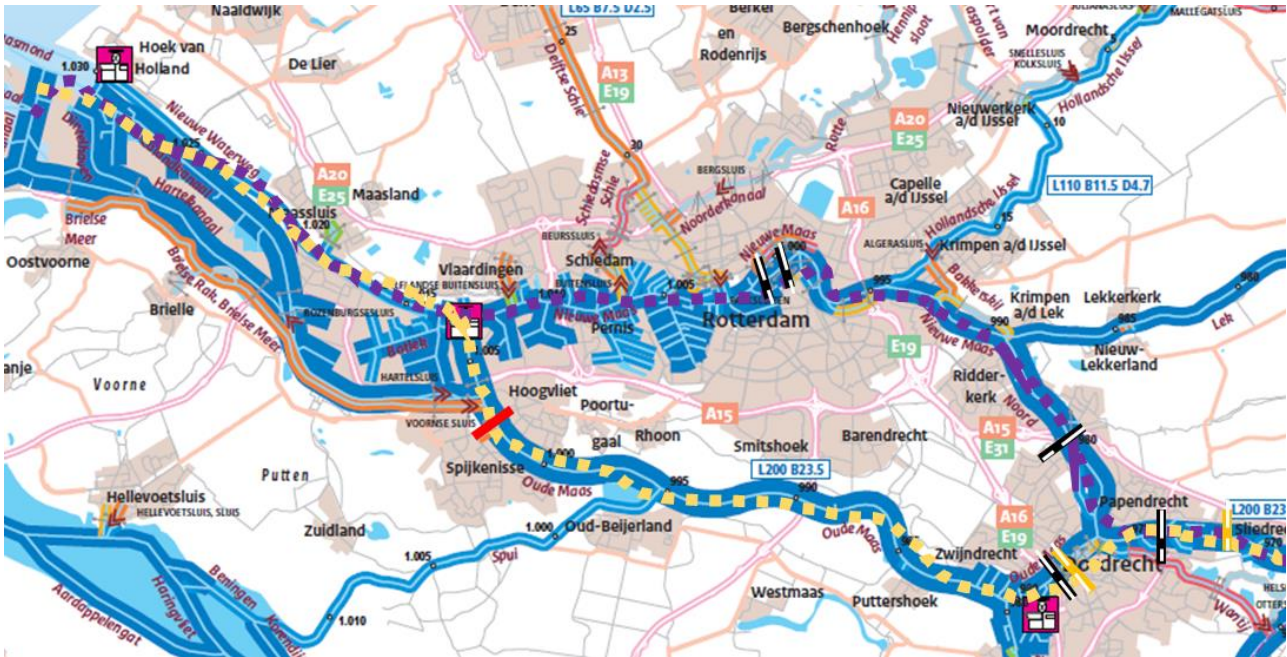
	Nulalternatief	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b>Wachtkosten per uur per schip</b>	€ 0,26	€ 0,26	€ 0,26	€ 0,26
<b>Totale (vermeden) wachtkosten per jaar (WLO-Hoog)</b>	€ 542,21	€ 1.087,15	€ 1.221,58	€ 1.263,123
<b>Totale (vermeden) wachtkosten per jaar (WLO-Laag)</b>	€ 459,36	€ 921,03	€ 1.034,911	€ 1.070,11
<b>Contante waarde (vermeden) wachtkosten WLO- Hoog</b>	€ 5.950,73	€ 5.980,68	€ 7.455,97	€ 7.911,98
<b>Contante waarde (vermeden) wachtkosten WLO-Laag</b>	€ 5.041,43	€ 5.066,80	€ 6.316,67	€ 6.702,99
<b>Contante waarde kosten Moerdijkbruggen</b>		€ 365.692,60	€ 379.548,87	€ 387.419,83
<b>NCW WLO-scenario Hoog</b>		€ -359.711,93	€ -372.092,90	€ -379.507,86
<b>NCW WLO-scenario Laag</b>		€ -360.625,80	€ -373.232,20	€ -380.716,84

De Moerdijkbruggen liggen in een corridor die veelvuldig gebruikt wordt door Duitse en Belgische schepen. Figuur 27 geeft voor Scenario 7 bij toepassing van WLO-scenario Hoog de verdeling van de wachtkosten (contante waarde) over de diverse landen weer. Het uitgangspunt in deze analyse is het land van herkomst en/of bestemming van het schip. Bijvoorbeeld, de wachtkosten van schepen met een Nederlandse herkomst en/of bestemming worden als 'Nederlandse' wachtkosten beschouwd. De totale wachtkosten zijn € 5,0 miljoen (contante waarde). Voor Nederland gaat het om € 2,0 miljoen, voor België om € 1,8 miljoen en de wachtkosten voor Duitsland bedragen € 1,8 miljoen.



Figuur 27 Wachtkosten per land voor de spoorbrug Dordrecht, Scenario 7, WLO-scenario Hoog (x1000, prijspeil 2018)

## 8.5 Spijkenisserbrug



Figuur 28 Overzichtskartaal om aan te geven waar de Spijkenisserbrug (rood) zich bevindt in het Rotterdams Havengebied

De Spijkenisserbrug is een verkeersbrug over de Oude Maas tussen Hoogvliet en Spijkenisse (Maascorridor). De provinciale weg N492 (de Groene Kruisweg) ligt over deze brug. Op moment van schrijven wordt in het programma Vervanging en Renovatie gewerkt aan een renovatieplan voor de Spijkenisserbrug. In dit plan is geen verhoging van het vaste of beweegbare deel opgenomen. Een verhoging van de brug is daarom niet meegenomen in de onderhavige studie.

Wanneer de Spijkenisserbrug moet worden geopend voor een containerbinnenvaartschip gebeurt dit voornamelijk voor schepen afkomstig van de corridor Rotterdam-Duitsland (Rotterdam-Lobith). Vanwege een waterstand die veelal lager is dan de MHWS kennen de vaste bruggen op deze corridor geen hoogtebeperking voor 4-laags high-cube containervaart. Resultaten van analyses uitgevoerd door Havenbedrijf Rotterdam en Rijkswaterstaat laten zien dat 47% van de schepen afkomstig van de Waal de Spijkenisserbrug passeert. Deze schepen kiezen, vanwege hun herkomst of bestemming, voor de route Beneden Merwede – Oude Maas. De andere schepen varen de route Beneden Merwede – Noord – Nieuwe Maas. Op de andere corridors is de doorvaarthoogte van de laagste brug lager dan die van de Spijkenisserbrug, schepen die deze corridors bevaren zorgen niet voor een opening van de Spijkenisserbrug. Via het kanaal Zuid-Beveland kunnen ook schepen de Spijkenisserbrug passeren waarvoor de brug geopend dient te worden, echter is dit een relatief klein aantal. Er dient te worden vermeld dat de Spijkenisserbrug voornamelijk wordt geopend voor andere type schepen (short sea, etc.). In totaal gaat het om circa 6.000 openingen per jaar, voor de containerbinnenvaart gaat het om circa 800 openingen per jaar.

Voor de Spijkenisserbrug zijn de maatschappelijke kosten voor het wegverkeer als gevolg van openingen voor de containerbinnenvaart berekend. Deze kosten zijn afgezet tegen de kosten van een tunnel. Door de aanleg van een tunnel zijn deze openingen niet meer nodig en ontstaan baten voor het wegverkeer. Hier worden de resultaten van de analyses gepresenteerd voor het WLO-scenario Hoog.

## Doorvaarthoogte en brugopeningen

Uitgangspunt in de berekeningen is de doorvaarthoogte die hoort bij de hoogste waterstand die tijdens een normale vloed (top van de sinus) optreedt in het jaar 2100. Bij deze waterstand is een doorvaarthoogte beschikbaar van 10,88 m. Bij deze doorvaarthoogte wordt in het nulalternatief de brug 0,07 keer per uur geopend voor de containerbinnenvaart. Per jaar gaat het in het nulalternatief om 605 openingen per jaar en voor Scenario 7 resulteert dit in 0,14 openingen per uur en 1211 openingen per jaar (inclusief openingen in het nulalternatief). De gemiddelde openingsduur van de Spijkenisserbrug is 12 minuten (brug-open.nl).

De wachtkosten zijn in het nulalternatief € 1,7 miljoen per jaar aan wachtkosten en een contante waarde van de totale wachtkosten € 52,5 miljoen. Het ophogen van kunstwerken naar Scenario 7 veroorzaakt ten opzicht van het nulalternatief geen additionele openingen, de hoogte van Scenario 7 is lager dan de huidige doorvaarthoogte van de Spijkenisserbrug. De in tabel 48 bij dit projectalternatief vermelden maatschappelijke kosten zijn gelijk aan die van het nulalternatief. De in deze tabel opgenomen bedragen zijn inclusief de kosten van de openingen in het nulalternatief.

De kosten voor het aanleggen van een tunnel zijn met behulp van kengetallen geschat op € 400 miljoen. De tunnel wordt aangelegd in vier jaar tijd en daarna zijn er kosten voor beheer- en onderhoud. De additionele kosten voor beheer en onderhoud zijn geraamd op 2,5% per jaar van de investeringskosten, € 10 miljoen per jaar. De contante waarde van de levensduurkosten bedragen € 578 miljoen (100 jaar, discontovoet 4,5%). Naast deze kosten zal de aanleg van een tunnel ook sterke ruimtelijke consequenties hebben in de regio Spijkenisse. De aanleg zal gedurende enkele jaren hinder veroorzaken en met deze ruimtelijk inpassing gaan ook (veel) extra kosten gepaard die hier niet geraamd zijn. Indien gekozen wordt voor een tunnelvariant waardoor de bestaande Spijkenisserbrug komt te vervallen, dan kan de op korte afstand gelegen Hartelbrug als alternatief voor vervoer van gevaarlijke stoffen worden gebruikt. Voor deze quick scan is alleen gekeken naar de kosten van de tunnel en niet naar de ruimtelijke effecten als gevolg van de aanleg.

Wanneer men de kosten van de tunnel van de baten, vermeden wachtkosten wegverkeer, worden afgetrokken dan resteert voor alle projectalternatieven een negatief saldo. De maatschappelijke kosten van de tunnel zijn hoger dan de maatschappelijke baten (negatieve NCW). De netto contante waarde is voor Scenario 7 € -525 miljoen. Dit betekent dat een tunnel aanleggen in alle gevallen niet rendabel is.

Door middel van een vingeroefening zijn de maatschappelijke kosten van alle openingen van de Spijkenisserbrug veroorzaakt door de zee- en binnenvaart berekend. De resultaten zijn opgenomen in Tabel 47 in de kolom "alle scheepvaart". Momenteel zijn er circa 6000 openingen (bron: RDW) per jaar waarvan de wachtkosten circa € 17 miljoen per jaar zijn. De contante waarde van deze wachtkosten is € 520 miljoen. De mogelijke baten zijn in huidige situatie lager dan de kosten van een tunnel. In deze berekening is echter alleen rekening gehouden met de groei van het wegverkeer en niet van de zee- en binnenvaart. Uitgaande van een toename in het aantal zee- en binnenvaartschepen kan de baten-kostenverhouding in de toekomst wellicht wel positief uitvallen.

Tabel 47 Resultaten analyses additionele openingen Spijkenisserbrug (bedragen x1000, prijspeil 2018)

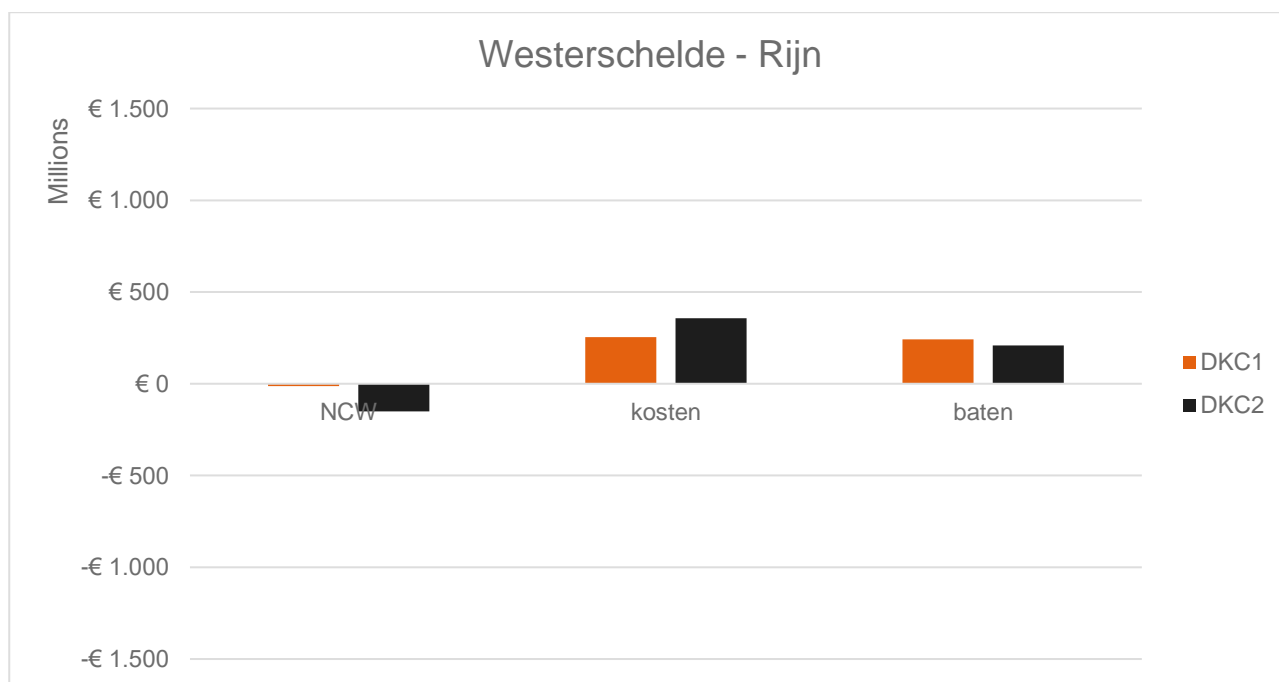
	Nulalternatief	Scenario 7 (2030)	Scenario 4 (2030)	Scenario 8 (2030)	Alle scheepvaart (volumes 2017)
<b>Openingen per uur</b>	0,07	0,14	0,19	0,33	0,68
<b>Openingen per jaar</b>	605	1211	1672	2908	6000
Resultaten zijn incl. wachtkosten nulalternatief					
<b>(Vermeden) Wachtkosten per jaar</b>	€ 1.716	€ 1.716	€ 3.023	€ 6.527	€ 17.006
<b>Contante waarde (vermeden) wachtkosten</b>	€ 52.545	€ 52.545	€ 92.576	€ 199.885	€ 520.841
<b>Contante Waarde kosten tunnel</b>	€ 577.727	€ 577.727	€ 577.727	€ 577.727	€ 577.727
<b>Netto Contante Waarde</b>		€ -525.182	€ -485.150	€ -377.841	€ -56.886



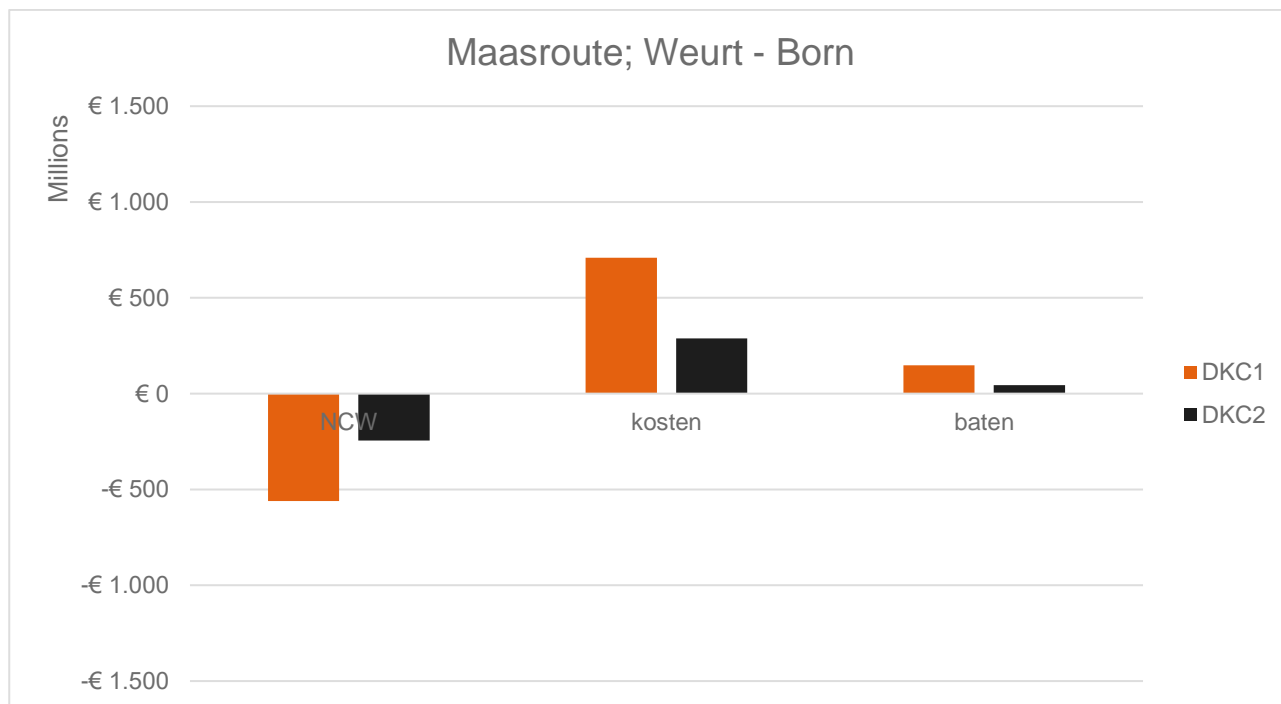
## 9 VERSCHILLEN MET EERDERE STUDIE

De uitkomsten van 'MKBA Aanpassing Doorvaarthoogte Kunstwerken' (DKC1) maakten duidelijk dat het voor de vaarwegcorridors Westerschelde-Rijn, Rotterdam-Amsterdam, Amsterdam-Noord-Nederland en de Maasroute (Weurt-Bron) mogelijk kansrijk kan zijn kunstwerken op termijn te verhogen. Dit project (DKC2) heeft als doel een meer gedetailleerdere MKBA op te stellen voor deze vier corridors. Door middel van een grotere detaillering van de kostenraming, detaillering van herkomst en bestemmingsrelaties met baten, buitenlandse baten (weglekeffecten) is getracht de onzekerheden rondom de uitkomsten van de MKBA te verkleinen en dus de nauwkeurigheid te vergroten. Daarnaast zijn, ten opzichte van DKC1, enkele analyses toegevoegd zoals de kosten van omvaren ten opzichte van de kosten van het verhogen van bruggen en de maatschappelijke gevolgen van een toename van het aantal openingen van beweegbare bruggen. Voor de Maasroute (Weurt-Born) geldt dat de scope verschilt tussen beide studies. In DKC1 was de gehele corridor onderwerp van studie. In DKC2 behoorden alleen de bruggen over de kanaaldelen tot de scope. De grotere detaillering en aanvullende analyses zorgen ervoor dat de resultaten van beide studies verschillen.

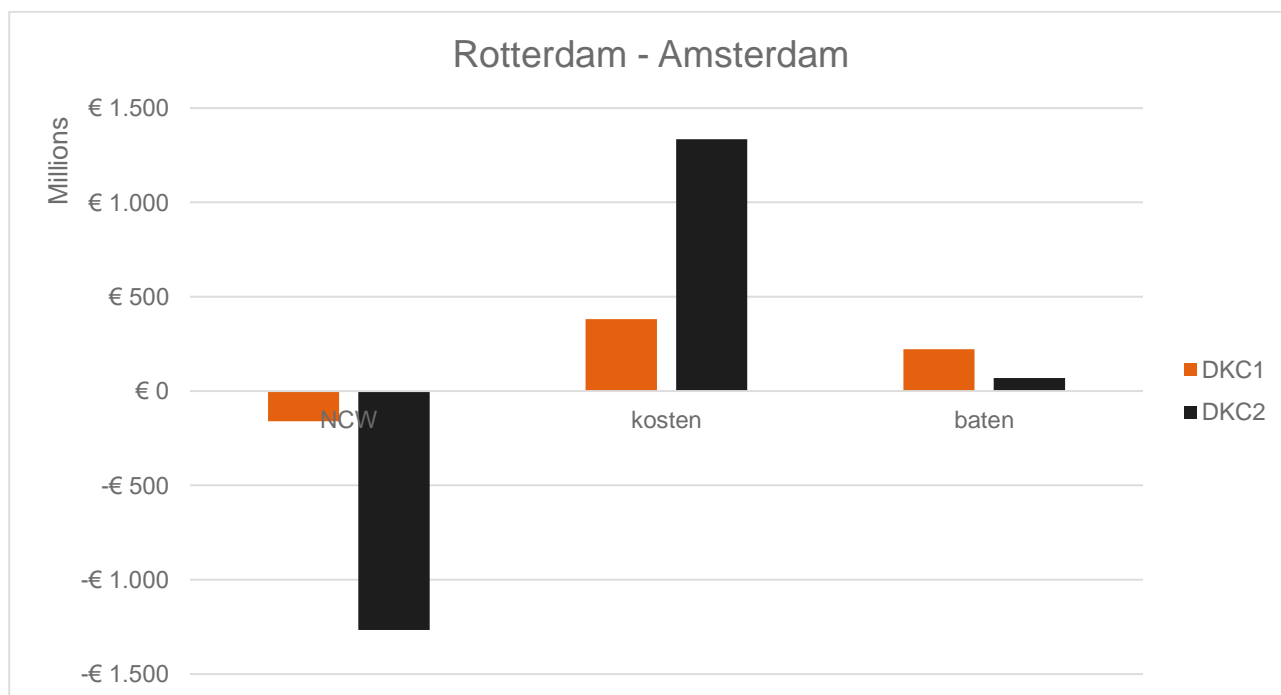
In de Figuren 29 tot en met 32 zijn de resultaten van beide studies opgenomen voor Scenario 7 bij toepassing van het WLO-scenario Global Economie (DKC1) en WLO-scenario Hoog (DKC2). Deze figuren laten zien dat het saldo van kosten en baten (NCW) in beide studies negatief is. De NCW daalt voor de corridors Rotterdam-Amsterdam, Amsterdam-Noord-Nederland en Westerschelde-Rijn. Dit komt door een stijging van de kosten en een daling van de baten. In dit hoofdstuk worden deze verschillen in resultaten besproken.



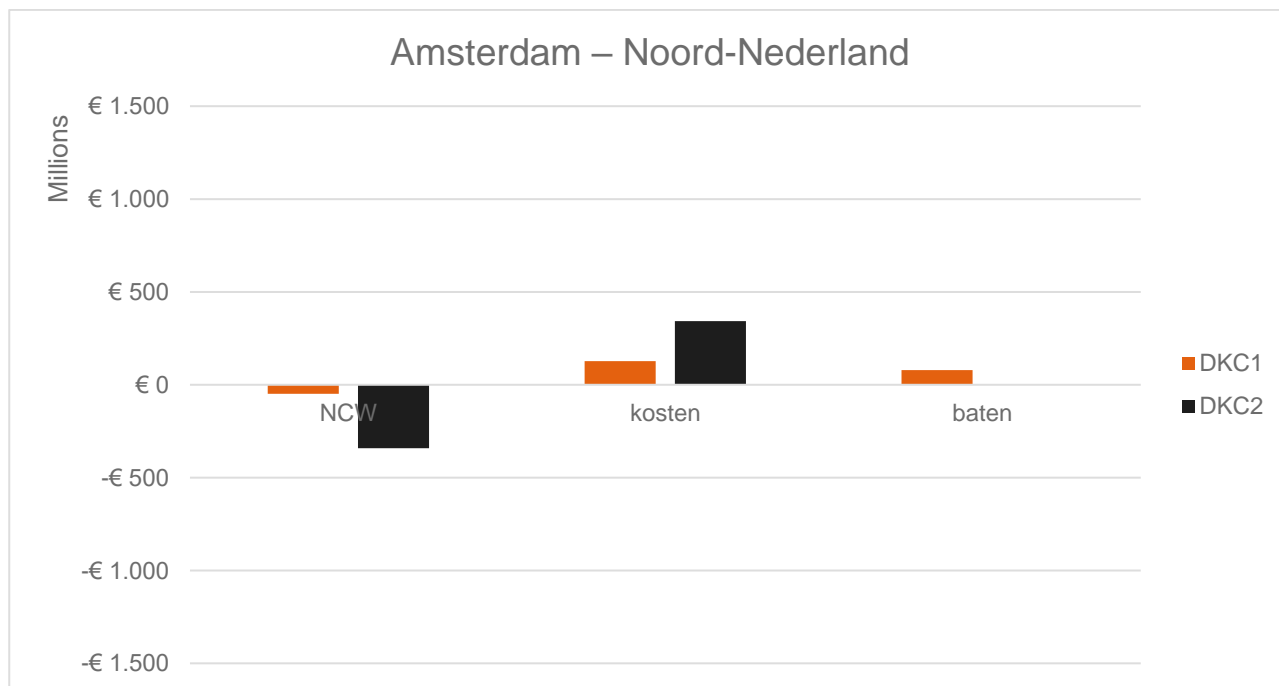
Figuur 29 Westerschelde – Rijn; verschil in MKBA-Resultaat tussen DKC1 en DKC (Scenario 7, WLO-scenario Hoog)



Figuur 30 Maasroute; Weurt-Born; verschil in MKBA-Resultaat tussen DKC1 en DKC (Scenario 7, WLO-scenario Hoog)



Figuur 31 Rotterdam-Amsterdam; verschil in MKBA-Resultaat tussen DKC1 en DKC 2 (Scenario 7, WLO-scenario Hoog)



*Figuur 32 Amsterdam - Noord-Nederland; verschil in MKBA-Resultaat tussen DKC1 en DKC (Scenario 7, WLO-scenario Hoog). De baten op deze corridor vallen fors lager uit omdat de uitgangspunten zijn gewijzigd. In DKC1 was het uitgangspunt dat de corridor Amsterdam – Rotterdam was verhoogd, wat zorgt dat alle containerschepen die van Noord-Nederland naar Rotterdam varen geen doorvaarthoogtebeperking kennen en daarmee baten genereren. DKC 2 wijkt hiervan af en kijkt alleen naar de ophoging van de corridor Amsterdam – Noord Nederland. Schepen die doorvaren richting het Amsterdam-Rijnkanaal hebben dus geen baat bij het ophogen van (alleen) de corridor Amsterdam-Noord-Nederland*

*In de corridor Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland wordt er wel van uitgegaan dat alle bruggen op deze twee corridors verhoogd worden*

## 9.1 Verschillen in NCW

Het saldo van kosten en baten (NCW) stijgt voor de corridor Maasroute; Weurt-Born ten opzichte van DKC1. Dit wordt voornamelijk veroorzaakt door de verandering in de scope van deze corridor. In DKC1 waren alle bruggen over de Maas en twee kanaalpanden opgenomen, in DKC2 enkel de bruggen over de twee kanaalpanden. De kosten voor het verhogen van de bruggen op deze corridor zijn in DKC2 dus aanzienlijk lager ten opzichte van DKC1. In DKC2 vielen, bijvoorbeeld, de spoorbrug bij Venlo en de spoorbrug bij Buggerum buiten de scope. Ondanks de daling van de kosten blijft de NCW in DKC2 negatief voor deze corridor.

In Tabel 48 zijn de resultaten zichtbaar van de gevoeligheidsanalyse uit DKC1 omtrent de Maasroute waarin enkel de twee kanaalpanden zijn opgenomen. Hierin is zichtbaar dat de resultaten uit DKC2 negatiever zijn.

*Tabel 48 Gevoeligheidsanalyse omtrent NCW corridor Maasroute; Weurt - Born exclusief investeringskosten voor kunstwerken over rivieren (x1000, prijspeil 2015) uit DKC1*

Maasroute; Weurt - Born	Scenario 7 (GE)	Scenario 4 (GE)	Scenario 7 (RC)	Scenario 4 (RC)
<b>Totaal kosten</b>	€ 75.350	€ 99.891	€ 75.350	€ 99.891
<b>Totaal baten</b>	€ 121.184	€ 90.739	€ 30.131	€ 22.561
<b>Netto Contante Waarde</b>	€ 45.834	€ -9.152	€ -45.219	€ -77.330

Sinds 1 april 2016 gelden nieuwe regels voor het disconteren van effecten. Zo is de discontovoet waarmee de effecten van publieke fysieke investeringen worden verdisconteerd verlaagd van 5,5% naar 4,5%. Voor gezondheidseffecten en klimaateffecten wordt nu een discontovoet van 3,0% gebruikt. Deze wijzigingen leiden er toe dat, bij een gelijk nominaal bedrag, de contante waarde van kosten en baten in DKC2 hoger zijn dan in DKC1.

## 9.2 Verschillen in kosten

In DKC2 zijn de geraamde kosten hoger dan in DKC1. Het ophogen van de bruggen heeft invloed op de buitengebieden. De aardenbanen dienen een extra hoogteverschil te overbruggen. In DKC1 was aangenomen dat wanneer er een weg op de aardebaan aanwezig is een extra hoogteverschil van 1% helling te realiseren is. Voor spoorbruggen was in DKC2 aangenomen dat een extra hellingspercentage van 0,5% te realiseren is. De benodigde maatregelen in de buitengebieden zijn in DKC1 op grove wijze geschat op basis van expert judgement van de kostendeskundige. In DKC2 zijn de ontwerpeisen van infrastructuurbeheerders zoals ProRail als uitgangspunt genomen en de ontwerpvoorschriften gevolgd in de raming van de kosten van de benodigde aanpassingen in de buitengebieden. Met name de ontwerpvoorschriften die in DKC2 zijn gevolgd met betrekking tot het spooralignement zorgen voor grotere buitengebieden ten opzichte van DKC1. Hierdoor zijn de kosten voor de benodigde aanpassingen in de buitengebieden hoger geworden. Waar in DKC1 de vastgoedkosten buiten beschouwing waren gelaten, heeft in DKC2 aanvullend onderzoek plaatsgevonden van het te verwerven vastgoed en de bijbehorende kosten. Door de vastgoedkosten op te nemen zijn de kosten fors gestegen. Vooral voor de corridors Rotterdam – Amsterdam en Amsterdam – Noord-Nederland heeft de vergroting van de buitengebieden en het opnemen van vastgoedkosten grote gevolgen gehad voor de kosten van het project. De kosten voor het ophogen naar Scenario 7 voor deze corridors zijn gestegen van respectievelijk € 382 miljoen naar € 1,3 miljard en van € 128 miljoen naar € 342 miljoen. De stijging van de kosten voor Westerschelde-Rijn wordt voornamelijk veroorzaakt door de vergroting van de buitengebieden (aanrijgebieden, aardebaan).

## 9.3 Verschillen in baten

De baten van het project verschillen tussen DKC2 en DKC1. Er zijn twee redenen waarom de baten in DKC2 lager zijn dan in DKC1. In DKC1 is gewerkt met de WLO-scenario's Global Economy (GE) en Regional Communities (RC). Deze zijn in 2015 vervangen door de WLO-scenario's Hoog en Laag. In Hoog en Laag zijn de vervoersvolumes in het zichtjaar 2030 beduidend lager dan de scenario's GE en RC. Vooral het verschil in vervoersvolumes tussen Hoog en het oude GE-scenario is groot. In onderstaande tabel is voor de telpunten Weurt, Beatrixsluizen en Volkeraksluizen het geprognosticeerde aantal TEU in het GE-scenario (2028) en WLO-scenario Hoog opgenomen. Tabel 49 maakt duidelijk dat het procentueel verschil in aantal TEU tussen scenario GE en WLO-scenario Hoog varieert van 22% tot 35%. Het gebruik van WLO-scenario Hoog in DKC2 leidt, ten opzichte van DKC1, tot een daling van het aantal TEU-km met baten als gevolg van het project. De baten in het zichtjaar 2030 zijn daardoor lager dan in DKC1.

Tabel 49 Geprognosticeerde aantal TEU in scenario GE en WLO-scenario Hoog (zichtjaar 2030).

Telpunt	TEU GE	TEU Hoog	% verschil
Weurt	461.646	321.924	- 30%
Beatrixsluizen	1.293.829	842.229	- 35%
Volkeraksluizen	3.502.773	2.723.864	- 22%

De WLO-scenario's verschillen niet alleen ten aanzien van de vervoersvolumes in het zichtjaar. Er is tevens een verschil te zien in de groei van het vervoer in de tijd. Terwijl in RC het aantal TEU groeit met gemiddeld 2% per jaar en in GE met gemiddeld 5% per jaar is er in WLO-scenario Laag en WLO-scenario Hoog nauwelijks sprake van groei. Kortom, in DKC2 zijn, ten opzichte van DKC1, de baten in het zichtjaar 2030 veel lager en deze groeien minder snel ten opzichte van DKC1.

Naast het gebruik van andere WLO-scenario's heeft de detaillering van herkomst en bestemmingsrelaties met baten ertoe geleid dat het aantal TEU-km met baten voor enkele corridors is afgenomen. De gevolgen van het gebruik van de nieuwe WLO-scenario's en de detaillering van herkomst en bestemmingsrelaties zijn in de baten voor de corridor Amsterdam – Noord-Nederland duidelijk zichtbaar. De baten zijn gedaald van bijna € 80 miljoen naar € 123.000. Om deze reden is de verbinding Rotterdam-Amsterdam-Noord Nederland als afzonderlijke corridor in DKC2 meegenomen.

## 10 CONCLUSIES

Uit de resultaten is gebleken dat het grootschalig ophogen van kunstwerken de welvaart van Nederland niet verhoogt. Voor alle corridors en alle projectalternatieven geldt dat, bij een discontovoet van 4,5%, de kosten niet opwegen tegen de baten. De hoogste kosten-baten verhouding is voor de corridor Westerschelde-Rijn (0,22). Ongeacht het economisch groeiscenario wegen de baten niet op tegen de kosten. Hieronder worden de resultaten voor de vaste bruggen nader beschreven.

### Verdiepingsslag MKBA Ophogen vaste bruggen op de vier corridors

Het resultaat wordt vooral bepaald door de kosten van de projectalternatieven. De investeringskosten van het verhogen van de spoorbruggen zijn, in vergelijking met wegbruggen, enorm hoog. Afhankelijk van de corridor zijn deze 80-90% van de totale investeringskosten. Er zijn verschillende oorzaken van de hoge investeringskosten van spoorbruggen. Ten eerste geldt voor de spoorbruggen het uitgangspunt dat er sloop en nieuwbouw plaatsvindt. Dit brengt hogere kosten met zich mee dan alleen een verhoging. Ten tweede leidt een verhoging van bruggen tot aanpassingen in de buitengebieden van deze bruggen. Ten derde het verwerven en eventuele sloop van vastgoed om de verhoging van (spoor)bruggen mogelijk te maken leidt tot hoge kosten.

Belangrijk hierbij te vermelden is dat de gepresenteerde kosten een indicatie geven van de te verwachten investeringskosten van het verhogen van kunstwerken op een corridor. Voor een individuele brug kunnen de met parametrische ramingsmethodiek geraamde kosten sterk afwijken ten opzichte van een SSK-kostenraming voor een individuele brug.

De projectalternatieven leiden tot een efficiencywinst en daardoor tot een verlaging van transportkosten. Een containerschip kan door de projectalternatieven efficiënter worden beladen. De bezettingsgraad neemt toe en de kosten per TEU-km dalen, het percentage varieert tussen de 15 en 20%, afhankelijk van het projectalternatief. Efficiencywinsten zijn de belangrijkste baten. De totale baten van de projectalternatieven bestaan voor 50% tot 90% uit efficiencywinsten. Daarnaast leidt een transportkostendaling van de binnenvaart tot een verschuiving van containertransport van de weg naar het water. De belangrijkste baten die hieruit voortvloeien zijn efficiencywinsten door met een extra laag high-cube containers te kunnen varen, afname van congestie op de autosnelweg, vermindering van geluidshinder, luchtmissies en beheer en onderhoudskosten aan wegen<sup>36</sup> en klimaateffecten; en toename verkeersveiligheid.

Er zijn meerdere gevoeligheidsanalyses uitgevoerd om de aannames op robuustheid te testen. Zo is er onder andere gekeken naar het effect van 25% minder investeringskosten en het effect zonder CO<sub>2</sub>-heffing voor WLO-scenario Hoog. De resultaten hiervan leiden niet tot andere conclusies.

Vanuit een economisch perspectief heeft het geen zin om nieuwe bruggen met grotere doorvaarthoogte aan te leggen. Dit komt doordat baten pas ontstaan nadat de laatste brug op een corridor wordt verhoogd. Voor alle corridors geldt dat de kosten van het aanpassen van de spoorbruggen het saldo van kosten en baten bepalen. Deze constatering geldt voor alle projectalternatieven.

Eventueel kan de hoogte van een spoorbrug worden aangepast wanneer deze wordt gerenoveerd of vervangen. Echter uit een overzicht van ProRail blijkt dat deze bruggen niet op korte termijn worden gerenoveerd of vervangen (zie bijlage G). Bij V&R zijn de meerkosten van spoorbruggen lager dan de integrale kosten in deze MKBA. De verwachte meerkosten zullen echter nog steeds aanzienlijk zijn (minimaal enkele tientallen miljoenen per spoorbrug).

---

<sup>36</sup> Beheer en onderhoudskosten aan wegen zijn alleen kwalitatief behandeld.

## Ophogen beweegbare bruggen

De wachtkosten van het wegverkeer bij de Spijkenisserbrug veroorzaakt door de containerbinnenvaart wegen niet op tegen de aanlegkosten van een tunnel. Daarnaast zijn ook de maatschappelijke kosten van alle openingen van de Spijkenisserbrug in 2017, veroorzaakt door zee- en binnenvaart, berekend. De contante waarde van deze wachtkosten is € 521 miljoen (WLO-scenario Hoog, 100 jaar, discontovoet 4,5%) tegenover een contante waarde van de kosten van € 578 miljoen. De mogelijke baten zijn in huidige situatie lager dan de kosten van een tunnel. In deze berekening is echter alleen rekening gehouden met de groei van het wegverkeer en niet van de zee- en binnenvaart. Uitgaande van een toename in het aantal zee- en binnenvaartschepen kan de baten-kostenverhouding in de toekomst wellicht wel positief uitvallen.

De resultaten van de verkenning schetsen het beeld dat het verhogen van de Willemsbrug tot de hoogte van de Erasmusbrug maatschappelijk rendabel is voor de projectalternatieven 4, 7 en 8 indien ook de corridor Rotterdam – Amsterdam wordt opgehoogd tot hetzelfde projectalternatief. Feitelijk is hier echter sprake van overschatting van de baten aangezien is gerekend met een brughoogte van NAP + 11,15 m tussen de referentietekens, terwijl de hoogte in het midden van de Willemsbrug door de kromming één meter hoger is en containerschepen in de praktijk gebruik maken van deze grotere doorvaarthoogte.

Voor de Houtribbrug, de Stadsbrug in Zwijndrecht en Spoorbrug in Dordrecht levert ophogen of vervangen geen maatschappelijk rendement op. De wachtkosten voor de scheepvaart bij de spoorbrug Dordrecht wegen niet op tegen de aanlegkosten van een tunnel of het verhogen van de Moerdijkspoorbrug.

## BIJLAGE A GERAADPLEEGDE LITERATUUR

Arcadis, 2016, *MKBA Aanpassing Doorvaartheogte Kunstwerken*.

Brolsma, 2013, *Corridoranalyse containerhoogte*.

Brolsma, 2015, *Rapportage Containerhoogtemetingen*.

CE Delft, 2014, *Externe en Infrastructuurkosten van Verkeer*, CE Delft.

CPB/PBL. (2015). *Toekomstverkenning Welvaart en Leefomgeving. Nederland in 2030 en 2050: twee referentiescenario's*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving/Centraal Planbureau.

Jonkeren, O.E., 2009, *Adaption to Climate Change in Inland Waterway Transport*, Vrije Universiteit Amsterdam.

HKV Lijn in Water, 2018, *Memorandum Ontwerpwaterstanden Brughoogten A27; update september 2018*, Rijkswaterstaat.

HKV Lijn in Water, 2018, *Memorandum Ontwerpwaterstanden Brughoogtes A27- Bepaling ontwerpwaterstanden voor 14 bruggen; update september 2018*, Rijkswaterstaat.

Rijkswaterstaat, 2014, *Kostenbarometer binnenvaart*.

RWS, 2017, *Deelrapportage Vaarwegen voor de Nationale Markt- en Capaciteitanalyse (NMCA)*, Rijkswaterstaat.

RWS, 2017, *Richtlijnen Vaarwegen 2017; Kader verkeerskundig vaarwegontwerp*, Rijkswaterstaat.

Ministerie I&W, 2 mei 2017, brief en rapport aan voorzitter van de Tweede Kamer. *Kosten-batenanalyse brughoogtes*.



## BIJLAGE B MKBA-RESULTAAT; OVERZICHTSTABELLEN

### Westerschelde-Rijn (Inclusief weglekeffect)

Tabel 50 NCW corridor Westerschelde - Rijn in WLO-scenario Laag inclusief weglekeffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Laag		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 357.623	€ 396.032	€ 412.268	€ 301.482
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 230	€ 318	€ 366	€ 39
<b>Totaal kosten</b>		€ 357.853	€ 396.349	€ 412.635	€ 301.522
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 32.422	€ 39.073	€ 43.230	€ 1.179
	Baten nieuw verkeer	€ 872	€ 1.051	€ 1.163	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 5.223	€ 5.223	€ 5.223	€ -
	Klimaat	€ 5.895	€ 5.895	€ 5.895	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 6.427	€ 6.427	€ 6.427	€ -
	Geluid	€ 463	€ 463	€ 463	€ 0
	Veiligheid	€ 820	€ 820	€ 820	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 7.06	€ 8.040	€ 8.681	€ 177
<b>Totaal baten</b>		€ 59.138	€ 66.992	€ 71.901	€ 1.356
<b>Saldo</b>		€ -298.715	€ -329.357	€ -340.734	€ -300.166
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,17	0,17	0,17	0,00
<b>Interne rentevoet</b>		-0,2%	-0,1%	0,0%	-5,2%

Tabel 51 NCW corridor Westerschelde – Rijn van de projectalternatieven in WLO-scenario Hoog inclusief wegleffect  
(x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Hoog		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 357.623	€ 396.032	€ 412.268	€ 301.482
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 230	€ 318	€ 366	€ 39
<b>Totaal kosten</b>		€ 357.853	€ 396.349	€ 412.635	€ 301.522
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 41.714	€ 50.271	€ 55.619	€ 1.517
	Baten nieuw verkeer	€ 1.122	€ 1.352	€ 1.496	€ 0
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 8.004	€ 8.004	€ 8.004	€ 0
	Klimaat	€ 7.907	€ 7.907	€ 7.907	€ 0
	Luchtkwaliteit	€ 8.620	€ 8.620	€ 8.620	€ 0
	Geluid	€ 621	€ 621	€ 621	€ 0
	Veiligheid	€ 1.054	€ 1.054	€ 1.054	€ 0
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 9.219	€ 10.537	€ 11.361	€ 228
<b>Totaal baten</b>		€ 78.263	€ 88.368	€ 94.684	€ 1.744
<b>Saldo</b>		€ -279.590	€ -307.981	€ -317.951	€ -299.778
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,22	0,22	0,23	0,01
<b>Interne rentevoet</b>		0,6%	0,7%	0,7%	-4,6%

## Maasroute; Weurt-Born

Tabel 52 NCW corridor Maasroute; Weurt – Born bij toepassing van WLO-Laag voor Nederland, inclusief wegleffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Laag		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 288.355	€ 309.371	€ 316.976	€ 0
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 119	€ 175	€ 196	€ 0
<b>Totaal kosten</b>		€ 288.474	€ 309.547	€ 317.171	€ 0
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 20.089	€ 22.691	€ 22.195	€ -
	Baten nieuw verkeer	€ 450	€ 478	€ 412	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 1.781	€ 1.676	€ 1.476	€ -
	Klimaat	€ 2.048	€ 1.928	€ 1.697	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 2.218	€ 2.087	€ 1.838	€ -
	Geluid	€ 126	€ 119	€ 105	€ -
	Veiligheid	€ 283	€ 267	€ 235	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 3.781	€ 4.135	€ 3.972	€ -
<b>Totaal baten</b>		€ 30.777	€ 33.380	€ 31.928	€ -
<b>Saldo</b>		€ -257.697	€ -276.166	€ -285.243	€ -
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,11	0,11	0,10	nvt
<b>Interne rentevoet</b>		-1,0%	-0,9%	-1,1%	nvt

Tabel 53 NCW corridor Maasroute; Weurt - Born bij toepassing van WLO-scenario Hoog voor Nederland, inclusief weglekeffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Hoog		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 288.355	€ 309.371	€ 316.976	€ 0
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 119	€ 175	€ 196	€ 0
<b>Totaal kosten</b>		€ 288.474	€ 309.547	€ 317.171	€ 0
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 23.230	€ 26.238	€ 25.665	€ -
	Baten nieuw verkeer	€ 520	€ 553	€ 476	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 2.374	€ 2.234	€ 1.967	€ -
	Klimaat	€ 2.441	€ 2.298	€ 2.023	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 2.643	€ 2.488	€ 2.190	€ -
	Geluid	€ 151	€ 142	€ 125	€ -
	Veiligheid	€ 328	€ 308	€ 272	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 4.420	€ 4.826	€ 4.632	€ -
<b>Totaal baten</b>		€ 36.107	€ 39.088	€ 37.350	€ -
<b>Saldo</b>		€ -252.367	€ -270.459	€ -279.821	€ -
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,13	0,13	0,12	NVT
<b>Interne rentevoet</b>		-1,0%	-0,9%	-1,1%	NVT

## Rotterdam-Amsterdam

Tabel 54 NCW corridor Rotterdam – Amsterdam bij toepassing van WLO-scenario Laag voor Nederland, inclusief weglekeffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Laag		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 1.334.647	€ 1.410.150	€ 1.457.089	€ 1.321
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 932	€ 1.290	€ 1.505	€ 4
<b>Totaal kosten</b>		€ 1.335.579	€ 1.411.440	€ 1.458.594	€ 1.315
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 32.394	€ 39.039	€ 43.192	€ 1.225
	Baten nieuw verkeer	€ 920	€ 1.108	€ 1.226	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 5.792	€ 5.792	€ 5.792	€ -
	Klimaat	€ 6.339	€ 6.339	€ 6.339	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 4.094	€ 4.094	€ 4.094	€ -
	Geluid	€ 317	€ 317	€ 317	€ -
	Veiligheid	€ 870	€ 870	€ 870	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 7.245	€ 8.270	€ 8.911	€ 183
<b>Totaal baten</b>		€ 57.971	€ 65.830	€ 70.741	€ 1.408
<b>Saldo</b>		€ -1.277.608	€ -1.345.610	€ - 1.387.852	€ 83
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,04	0,05	0,05	1,06
<b>Interne rentevoet</b>		-2,1%	-2,0%	-2,0%	5,3%

Tabel 55 NCW corridor Rotterdam-Amsterdam bij toepassing van WLO-Hoog voor Nederland, inclusief weglekeffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Hoog		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investeringen</b>		€ 1.334.647	€ 1.410.150	€ 1.457.089	€ 1.321
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 932	€ 1.290	€ 1.505	€ 4
<b>Totaal kosten</b>		€ 1.335.579	€ 1.411.440	€ 1.458.594	€ 1.315
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 37.592	€ 45.303	€ 50.122	€ 1.421
	Baten nieuw verkeer	€ 1.037	€ 1.250	€ 1.383	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 8.234	€ 8.234	€ 8.234	€ -
	Klimaat	€ 7.732	€ 7.732	€ 7.732	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 4.787	€ 4.787	€ 4.787	€ -
	Geluid	€ 371	€ 371	€ 371	€ -
	Veiligheid	€ 1.009	€ 1.009	€ 1.009	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 8.618	€ 9.806	€ 10.549	€ 213
<b>Totaal baten</b>		€ 69.379	€ 78.492	€ 84.187	€ 1.634
<b>Saldo</b>		€ -1.266.200	€ -1.332.948	€ -1.374.407	€ -21.698
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,05	0,06	0,06	1,23
<b>Interne rentevoet</b>		-1,7%	-1,6%	-1,5%	5,3%

## Amsterdam-Noord-Nederland

Tabel 56 MKBA resultaat Amsterdam – Noord-Nederland bij toepassing van WLO-scenario Laag voor Nederland, inclusief weglekeffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Laag		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 342.030	€ 368.679	€ 379.609	€ 164.015
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 79	€ 107	€ 118	€ 18
<b>Totaal kosten</b>		€ 342.109	€ 368.786	€ 379.727	€ 164.033
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 67	€ 81	€ 89	€ 3
	Baten nieuw verkeer	€ 2	€ 2	€ 3	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 7	€ 7	€ 7	€ -
	Klimaat	€ 8	€ 8	€ 8	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 9	€ 9	€ 9	€ -
	Geluid	€ 0	€ 0	€ 0	€ -
	Veiligheid	€ 1	€ 1	€ 1	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 13	€ 15	€ 16	€ -
<b>Totaal baten</b>		€ 106	€ 124	€ 133	€ 3
<b>Saldo</b>		€ -342.002	€ -368.663	€ -379.594	€ -164.030
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Interne rentevoet</b>		-9,2%	-9,4%	-9,3%	nvt

Tabel 57 MKBA resultaat Amsterdam – Noord-Nederland bij toepassing van WLO-Hoog voor Nederland, inclusief weglekeffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Hoog		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 342.030	€ 368.679	€ 379.609	€ 164.015
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 79	€ 107	€ 118	€ 18
<b>Totaal kosten</b>		€ 342.109	€ 368.786	€ 379.727	€ 164.033
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 76	€ 93	€ 102	€ 3
	Baten nieuw verkeer	€ 2	€ 3	€ 3	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 8	€ 8	€ 8	€ -
	Klimaat	€ 9	€ 9	€ 9	€ -
	Luchtqualiteit	€ 10	€ 10	€ 10	€ -
	Geluid	€ 1	€ 1	€ 1	€ -
	Veiligheid	€ 1	€ 1	€ 1	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 15	€ 18	€ 19	€ -
<b>Totaal baten</b>		€ 123	€ 143	€ 153	€ 3
<b>Saldo</b>		€ -341.986	€ -368.643	€ -379.574	€ -164.029
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Interne rentevoet</b>		-8,4%	-8,4%	-8,4%	nvt



## Rotterdam-Amsterdam-Noord-Nederland

Tabel 58 NCW corridor Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland van de projectalternatieven in WLO-scenario Laag voor Nederland, inclusief wegleffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Laag		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 1.676.677	€ 1.778.829	€ 1.836.698	€ 165.336
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 1.011	€ 1.397	€ 1.623	€ 22
<b>Totaal kosten</b>		€ 1.677.688	€ 1.780.226	€ 1.838.321	€ 165.358
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 32.350	€ 38.986	€ 43.134	€ 1.223
	Baten nieuw verkeer	€ 332	€ 332	€ 332	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 5.780	€ 5.780	€ 5.780	€ -
	Klimaat	€ 6.378	€ 6.378	€ 6.378	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 6.907	€ 6.907	€ 6.907	€ -
	Geluid	€ 394	€ 394	€ 394	€ -
	Veiligheid	€ 877	€ 877	€ 877	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 7.111	€ 8.106	€ 8.728	€ 183
<b>Totaal baten</b>		€ 60.129	€ 67.760	€ 72.530	€ 1.407
<b>Saldo</b>		€ -1.617.559	€ -1.712.466	€ -1.765.791	€ -163.951
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,04	0,04	0,04	0,01
<b>Interne rentevoet</b>		-2,6%	-2,5%	-2,5%	-4,0%

Tabel 59 NCW corridor Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland van de projectalternatieven in WLO-scenario Hoog voor Nederland, inclusief wegleffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Hoog		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 1.676.677	€ 1.778.829	€ 1.836.698	€ 165.336
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 1.011	€ 1.397	€ 1.623	€ 22
<b>Totaal kosten</b>		€ 1.677.688	€ 1.780.226	€ 1.838.321	€ 165.359
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 37.552	€ 45.255	€ 50.069	€ 1.420
	Baten nieuw verkeer	€ 385	€ 385	€ 385	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 7.972	€ 7.972	€ 7.972	€ -
	Klimaat	€ 7.617	€ 7.617	€ 7.617	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 8.248	€ 8.248	€ 8.248	€ -
	Geluid	€ 470	€ 470	€ 470	€ -
	Veiligheid	€ 1.016	€ 1.016	€ 1.016	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 8.441	€ 9.596	€ 10.319	€ 213
<b>Totaal baten</b>		€ 71.701	€ 80.559	€ 86.096	€ 1.633
<b>Saldo</b>		€ -1.605.987	€ -1.699.667	€ -1.752.225	€ -163.726
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,04	0,05	0,05	0,01
<b>Interne rentevoet</b>		-2,0%	-2,0%	-1,9%	-4,0%

## Westerschelde-Rijn (exclusief wegleffect)

Tabel 60 NCW corridor Westerschelde - Rijn in WLO-scenario Laag exclusief wegleffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Laag		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investerings</b>		€ 357.623	€ 396.032	€ 412.268	€ 301.482
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 230	€ 318	€ 366	€ 39
<b>Totaal kosten</b>		€ 357.853	€ 396.349	€ 412.635	€ 301.522
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 85.322	€ 102.823	€ 113.762	€ 3.103
	Baten nieuw verkeer	€ 2.295	€ 2.766	€ 3.060	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 13.745	€ 13.745	€ 13.745	€ -
	Klimaat	€ 15.514	€ 15.514	€ 15.514	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 16.913	€ 16.913	€ 16.913	€ -
	Geluid	€ 1.219	€ 1.219	€ 1.219	€ -
	Veiligheid	€ 2.157	€ 2.157	€ 2.157	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 18.463	€ 21.159	€ 22.844	€ 465
<b>Totaal baten</b>		€ 155.627	€ 176.295	€ 189.213	€ 3.568
<b>Saldo</b>		€ -202.226	€ -220.054	€ -223.421	€ -297.954
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,43	0,44	0,46	0,01
<b>Interne rentevoet</b>		1,8%	1,9%	2,0%	-4,0%

Tabel 61 NCW corridor Westerschelde – Rijn van de projectalternatieven in WLO-scenario Hoog exclusief wegleffect (x1000, prijspeil 2018)

WLO-scenario Hoog		Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	SVIR
<b>Kosten</b>					
<b>Investeringen</b>		€ 357.623	€ 396.032	€ 412.268	€ 301.482
<b>Beheer en onderhoud</b>		€ 230	€ 318	€ 366	€ 39
<b>Totaal kosten</b>		€ 357.853	€ 396.349	€ 412.635	€ 301.522
<b>Baten</b>					
<b>Directe effecten</b>	Efficiency bestaand vervoer	€ 109.774	€ 132.291	€ 146.365	€ 3.992
	Baten nieuw verkeer	€ 2.953	€ 3.558	€ 3.937	€ -
<b>Externe effecten (Leefomgeving)</b>	Vermeden congestie weg	€ 21.064	€ 21.064	€ 21.064	€ -
	Klimaat	€ 20.809	€ 20.809	€ 20.809	€ -
	Luchtkwaliteit	€ 22.685	€ 22.685	€ 22.685	€ -
	Geluid	€ 1.635	€ 1.635	€ 1.635	€ -
	Veiligheid	€ 2.775	€ 2.775	€ 2.775	€ -
<b>Indirecte effecten</b>	Indirecte effecten	€ 24.261	€ 27.730	€ 29.898	€ 599
<b>Totaal baten</b>		€ 205.956	€ 232.548	€ 249.168	€ 4.591
<b>Saldo</b>		€ -151.897	€ -163.802	€ -163.467	€ -296.931
<b>Baten/kosten verhouding</b>		0,58	0,59	0,60	0,02
<b>Interne rentevoet</b>		2,7%	2,7%	2,8%	-3,4%

## BIJLAGE C WATERSTANDEN STADSBRUG VENLO

Tabel 62 Scenario 7; Transportkostenvoordeel gecorrigeerd voor doorvaarthoogte Stadsbrug Venlo

Waterstand	Toelichting	% tijd dat waterstand optreedt	Transportkosten voordeel	Gewogen Transportkosten voordeel
< 11,81 m	Doorvaarthoogte scen 7 kan volledig worden benut	78%	15% per TEU-km	12%
> 11,81 m	Doorvaarthoogte SVIR kan deels worden benut	22%	0% per TEU-km	

Tabel 63 Scenario 4; Transportkostenvoordeel gecorrigeerd voor doorvaarthoogte Stadsbrug Venlo

Waterstand	Toelichting	% tijd dat waterstand optreedt	Transportkosten voordeel	Gewogen Transportkosten voordeel
< 11,25 m	Doorvaarthoogte scen 4 kan volledig worden benut	49%	18% per TEU-km	13%
11,81 m < x < 11,25 m	Doorvaarthoogte scen 7 kan volledig worden benut	29%	15% per TEU-km	
> 11,81 m	Doorvaarthoogte SVIR kan deels worden benut	22%	0% per TEU-km	

Tabel 64 Scenario 8; Transportkostenvoordeel gecorrigeerd voor doorvaarthoogte Stadsbrug Venlo

Waterstand	Toelichting	% tijd dat waterstand optreedt	Transportkosten voordeel	Gewogen Transportkosten voordeel
< 10,98 m	Doorvaarthoogte scen 8 kan volledig worden benut	2%	20% per TEU-km	13%
10,98 m < x < 11,25 m	Doorvaarthoogte scen 4 kan volledig worden benut	46%	18% per TEU-km	
11,81 m < x < 11,25 m	Doorvaarthoogte scen 7 kan volledig worden benut	29%	15% per TEU-km	
> 11,81 m	Doorvaarthoogte SVIR kan deels worden benut	22%	0% per TEU-km	

## BIJLAGE D KENGETALLEN

Tabel 65 Marginale congestiekosten wegvervoer voor een vrachtwagen in de gewichtsklasse > 20 ton (per tonKm, prijspeil 2015)

Marginale congestiekosten	
Vrachtwagen > 20 ton	€ 0.042

Tabel 66 Waardering van externe effecten van luchtvervuiling (per tonkilometer, in eurocent)

Marginale congestiekosten	
Binnenvaart	€ 0.008
Vrachtwagen > 20 ton	€ 0.017

Tabel 67 Waardering van externe effecten van klimaat (per tonkilometer, in eurocent)

Marginale congestiekosten	
Binnenvaart	€ 0.002
Vrachtwagen > 20 ton	€ 0.010

Tabel 68 Marginale ongevalskosten wegvervoer voor een vrachtwagen in de gewichtsklasse > 20 ton (per tonkm, prijspeil 2015)

Marginale ongevalskosten	
Binnenvaart	€ 0.00036
Vrachtwagen > 20 ton	€ 0.002

Tabel 69 Kengetallen kosten geluid per kilometer (Bron: Decisio, 2014, prijspeil 2015)

Marginale geluidskosten	
Vrachtverkeer (HWN)	€ 0.007

## BIJLAGE E TRANSPORTKOSTEN

Tabel 70 Gewogen gemiddelde transportkosten per projectalternatief per TEU-km

Corridor	Sluis	SVIR- streefbeeld	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
<b>Rotterdam- Amsterdam</b>	Beatrixsluis	€ 0,206	€ 0,176	€ 0,170	€ 0,166
	Prinses Irenesluis	€ 0,247	€ 0,211	€ 0,204	€ 0,199
<b>Maasroute; Weurt - Born</b>	Weurtsluis	€ 0,235	€ 0,208	€ 0,204	€ 0,205
<b>Rotterdam – Amsterdam – Noord-Nederland</b>	Beatrixsluis	€ 0,206	€ 0,176	€ 0,170	€ 0,166
<b>Amsterdam – Noord-Nederland</b>	Oranjesluis	€ 0,204	€ 0,175	€ 0,168	€ 0,165
<b>Westerschelde - Rijn</b>	Kreekraksluis	€ 0,260	€ 0,222	€ 0,214	€ 0,209
	Volkeraksluis	€ 0,244	€ 0,209	€ 0,201	€ 0,197

Tabel 71 Transportkosten (exclusief 15% besparing) per scheepsklasse per TEU-km

Scheepsklasse	Prinses Beatrixsluis	Prinses Irenesluis	Kreekrak-sluisen
<b>M2</b>		0,30	0,33
<b>M3</b>	0,27	0,36	0,28
<b>M4</b>	0,28		0,28
<b>M6</b>	0,21	0,27	0,30
<b>M7</b>	0,32	0,28	0,33
<b>M8</b>	0,250	0,28	0,28
<b>M9</b>	0,17	0,19	0,23
<b>M10</b>	0,22	0,28	0,31
<b>M11</b>	0,43	0,20	0,25
<b>M12</b>		0,19	0,26
<b>C3b</b>		0,23	0,26
<b>C3I</b>	0,23	0,19	0,25
<b>C4</b>		0,18	0,19
<b>BII1-L</b>			0,26

Tabel 72 Transportkosten (exclusief 15% besparing) per scheepsklasse per TEU-km

Scheepsklasse	Volkeraksluizen	Sluis Weurt	Oranjesluizen
<b>M2</b>	0,30	0,30	
<b>M3</b>	0,28	0,33	0,28
<b>M4</b>	0,28		
<b>M6</b>	0,28	0,34	0,24
<b>M7</b>	0,32	0,29	0,28
<b>M8</b>	0,26	0,22	0,19
<b>M9</b>	0,22	0,18	
<b>M10</b>	0,31	0,28	0,43
<b>M11</b>	0,24	0,30	0,38
<b>M12</b>	0,21	0,26	
<b>C3b</b>	0,26		
<b>C3I</b>	0,24	0,24	0,24
<b>C4</b>	0,18		
<b>BII1-L</b>	0,26		



## BIJLAGE F TRANSPORTVOLUMES

Tabel 73 TEU met baten Volkeraksluizen

	2030 Laag	2030 Hoog	2040 Laag	2040 Hoog
<b>NL - NL</b>	156.845	168.655	155.675	176.694
<b>Buitenland - NL</b>	368.340	420.506	421.008	533.051
<b>NL - Buitenland</b>	569.338	627.505	624.199	756.002
<b>Totaal</b>	1.094.523	1.216.666	1.200.882	1.465.747

Tabel 74 TEU met baten Kreekraksluizen

	2030 Laag	2030 Hoog	2040 Laag	2040 Hoog
<b>Buitenland - NL</b>	444.231	506.366	507.096	640.416
<b>NL - Buitenland</b>	24.033	25.593	25.544	29.222
<b>Totaal</b>	468.264	531.959	532.640	669.639

Tabel 75 TEU met baten Oranjesluizen

	2030 Laag	2030 Hoog	2040 Laag	2040 Hoog
<b>NL - NL</b>	457.080	484.911	460.828	513.015
<b>Buitenland - NL</b>	430.436	368.340	420.506	421.008
<b>NL - Buitenland</b>	612.690	569.338	627.505	624.199
<b>Totaal</b>	1.186.495	1.094.523	1.216.666	1.200.882

Tabel 76 TEU met baten Gaarkeuken

	2030 Laag	2030 Hoog	2040 Laag	2040 Hoog
<b>NL - NL</b>	161.673	172.816	164.794	184.899

Tabel 77 TEU met baten van de Beatrixsluis

	2030 Laag	2030 Hoog	2040 Laag	2040 Hoog
<b>NL - NL</b>	697.764	739.559	700.634	779.763

Tabel 78 TEU met baten van de Weurtsluis

	2030 Laag	2030 Hoog	2040 Laag	2040 Hoog
<b>NL - NL</b>	249.755	265.290	241.586	273.074
<b>Buitenland - NL</b>	6.865	7.587	7.455	9.004
<b>NL - Buitenland</b>	41.604	42.457	42.959	47.112
<b>Buitenland - Buitenland</b>	298.223	315.334	292.000	329.190
<b>Totaal</b>	596.477	630.668	584.000	658.380

## BIJLAGE G OVERZICHT KOSTEN PER KUNSTWERK

1. corridor Rotterdam - Amsterdam		Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/ Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100 meters	Haanwegig - vereist, 2100				SVIR	Investeringskosten incl. BTW		
Brug									SVIR	7		4	8	Scenario 7
Amsterdam-Rijnkanaal	Amsterdamsebrug	1957	2041 - 2050	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 13.640.000	€ 18.280.000	€ 20.810.000
	Zeeburgerbrug (A10)	1986	2061 - 2070	Vast	Weg	9,25	0,15	-1,25	-1,80	-2,10	n.v.t.	€ 10.960.000	€ 14.010.000	€ 15.710.000
	Nesciobrug	2006	2106	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 30.720.000	€ 34.620.000	€ 36.740.000
	Uylanderbrug (S114)	2014	2114	Vast	Weg	9,46	0,36	-1,04	-1,59	-1,89	n.v.t.	€ 6.180.000	€ 7.690.000	€ 8.570.000
	Muiderbrug (A1) + Muiderfietsbrug	1971	2041 - 2050	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 27.190.000	€ 28.660.000	€ 29.530.000
	Betlembrug (A1) (nieuw)	2015	2091 - 2100	Vast	Weg	9,44	0,34	-1,06	-1,61	-1,91	n.v.t.	€ 8.220.000	€ 10.090.000	€ 11.180.000
	Weiderspoorbruggen	1972/1995	2072 / 2095 (theoretisch)	Vast	Spoor	9,25	0,15	-1,25	-1,80	-2,10	n.v.t.	€ 441.700.000	€ 460.850.000	€ 471.640.000
	Weesperbrug	2013	2091 - 2100	Vast	Weg	9,16	0,06	-1,34	-1,89	-2,19	n.v.t.	€ 4.140.000	€ 5.250.000	€ 5.900.000
	Fietsbrug Nigtevecht	2018	2118	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 8.820.000	€ 11.600.000	€ 13.120.000
	Loenerslootsebrug (201)	2014	2091 - 2100	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 5.040.000	€ 6.400.000	€ 7.210.000
	Breukelerbrug	2015	2091 - 2100	Vast	Weg	9,13	0,03	-1,37	-1,92	-2,22	n.v.t.	€ 5.060.000	€ 7.690.000	€ 8.540.000
	Maarssebrug	1938	2051 - 2060	Vast	Weg	9,4	0,30	-1,10	-1,65	-1,95	n.v.t.	€ 5.330.000	€ 6.820.000	€ 7.710.000
	Zuilensebrug (N230)	1979	2079	Vast	Weg	9,83	0,73	-0,67	-1,22	-1,52	n.v.t.	€ 3.170.000	€ 4.320.000	€ 4.940.000
	Demka spoorbrug 1	1956	2066	Vast	Spoor	9,69	0,59	-0,81	-1,36	-1,66	n.v.t.	€ 149.750.000	€ 149.750.000	€ 149.750.000
	Demka spoorbrug 2 (Werkspoorbrug)	2003	2103	Vast	Spoor	9,5	0,40	-1,00	-1,55	-1,85	n.v.t.	€ 301.180.000	€ 318.690.000	€ 328.580.000
	Vlieutenspoorbrug	1969	2069	Vast	Spoor	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 434.390.000	€ 451.480.000	€ 461.120.000
	Vlieutenspoorbrug 2	2017	2117	Vast	Spoor	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 51.070.000	€ 51.070.000	€ 51.070.000
	Hogew eidebrug	2008	2108	Vast	Weg	9,55	0,45	-0,95	-1,50	-1,80	n.v.t.	€ 3.810.000	€ 4.730.000	€ 5.270.000
	Prins Clausbrug	2003	2103	Vast	Weg	10,3	1,20	-0,20	-0,75	-1,05	n.v.t.	€ 15.240.000	€ 16.990.000	€ 17.970.000
	Dafne Schippersbrug (fietsbrug)	2017	2117	Vast	Weg	9,59	0,49	-0,91	-1,46	-1,76	n.v.t.	€ 20.670.000	€ 21.270.000	€ 21.620.000
De Meerbrug + fietsbrug	1936	2061 - 2070	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 7.610.000	€ 9.520.000	€ 10.640.000	
Galecopperbruggen (A12)	1971	2041 - 2050	Vast	Weg	9,39	0,29	-1,11	-1,66	-1,96	n.v.t.	€ 26.940.000	€ 28.930.000	€ 30.120.000	
Jutphase trambrug	1983	2083	Vast	Spoor	9,15	0,05	-1,35	-1,90	-2,20	n.v.t.	€ 42.610.000	€ 44.830.000	€ 46.060.000	
Jutphasebrug + fietsbrug	1938	2041 - 2050	Vast	Weg	9,15	0,05	-1,35	-1,90	-2,20	n.v.t.	€ 4.750.000	€ 5.750.000	€ 6.320.000	
Nieuw egeinsebrug (N408)*	1978	2078	Vast	Weg	8,92	-0,18	-1,58	-2,13	-2,43	€ 1.670.000	€ 4.130.000	€ 5.270.000	€ 5.930.000	
Lekkanaal	Overeindsbrug	2015	2091 - 2100	Vast	Weg	9,1	0,00	-1,40	-1,95	-2,25	n.v.t.	€ 5.850.000	€ 7.150.000	€ 7.880.000
	Beatrixbrug	1933	2051 - 2060	Vast	Weg	9,96	0,86	-0,54	-1,09	-1,39	n.v.t.	€ 3.880.000	€ 5.150.000	€ 5.900.000
	Prinses Beatrixsluis benedenhoofdbrug	2018	2118	Vast	Weg	9,4	0,30	-1,10	-1,65	-1,95	n.v.t.	€ 2.880.000	€ 3.490.000	€ 3.850.000
Lek	Lekbrug bij Vianen	1936	2036	Vast	Weg	9,14	0,04	-1,36	-1,91	-2,21	n.v.t.	€ 440.000	€ 440.000	€ 440.000
	Jan Blankenbrug (A2)	1997	2071 - 2080	Vast	Weg	11,16	2,06	0,66	0,11	-0,19	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	€ 5.990.000
Amsterdam - Rotterdam (Regio Rotterdam)	Erasmusbrug	1996	onbekend	Bew eegbaar/vast	Weg	9,68	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Willemsbrug*	1981	onbekend	Vast	Weg	8,33	-0,77	-2,17	-2,72	-3,02	Kosten ophogen naar hoogte Erasmusbrug: €26.281.341			
	Koninginnebrug	1929	onbekend	Bew eegbaar	Weg	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Brienoordbruggen	1965/1996	2020-2030	Bew eegbaar	Weg	24,45	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

2. Corridor Amsterdam -		Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorraarhoogte 2100		H aanwezig - vereist, 2100				Investeringskosten incl. BTW		
Noord-Nederland						meters	SVIR	7	4	8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Markermeer/IJsselmeer	Houtribsluizen/brug	1972	2071 - 2080	Beweegbaar	Weg	6,63	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Van Starckenborghkanaal	Eibersburen	2007	2091 - 2100	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Zuidhorn spoorbrug	2017	2115	Vast	Spoor	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 170.350.000	€ 189.070.000	€ 202.400.000	€ 208.290.000
	Zuidhorn wegbrug	2017	2091 - 2100	Beperkt beweegbaar	Weg	3,65/8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 1.760.000	€ 5.570.000	€ 5.890.000	€ 7.260.000
	Hoge wegbrug Zuidhom (N355)	2015	2115	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 1.260.000	€ 3.210.000	€ 4.270.000	€ 4.680.000
	Aduarderbrug (N983)	2018	2091 - 2100	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 1.250.000	€ 5.070.000	€ 6.640.000	€ 6.760.000
	Dorkwerderbrug	2016	2091 - 2100	Beperkt beweegbaar	Weg	4,35/8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 1.250.000	€ 5.070.000	€ 6.640.000	€ 6.750.000
	Walfridusspoorbrug	2003	2103 (theoretisch)	Vast	Spoor	9,35	0,25	-0,94	-1,50	-1,70	n.v.t.	€ 188.910.000	€ 202.710.000	€ 207.870.000
	Noordzeebrug (N370)	2015	2061 - 2070	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 6.220.000	€ 8.730.000	€ 10.070.000	€ 10.570.000
	Gerrit Krolbrug*	1936	2015 - 2020	Beweegbaar	Weg	8,95	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Gerrit Krol voetbrug 1	2021	2120	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 12.595.016	€ 13.311.510	€ 13.656.066	€ 13.782.707
	Gerrit Krol voetbrug 2	2021	2120	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,34	-1,90	-2,10	€ 12.595.016	€ 13.311.510	€ 13.656.066	€ 13.782.707

\* Gerrit Krolbrug wordt gesloopt.

3. Corridor Rotterdam - Antwerpen	Brug	Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100		H aanwezig - vereist, 2100			Investeringskosten incl. BTW			
						meters	SVIR	7	4	8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8
Regio Rotterdam via Breeddiep	Nieuwe Botlekbrug	2015	2091 - 2100	Beweegbaar	Weg	11,5	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Spijkenisserbrug	1978	2051 - 2060	Beweegbaar	Weg	9,94	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Oostroute: Schelde-Rijnkanaal	Slaakbrug (N257)	1973	2061 - 2070	Vast	Weg	9,7	0,60	-0,80	-1,35	-1,65	n.v.t.	€ 3.590.000	€ 4.470.000	€ 4.990.000
	Vossemeerbrug	1973	2061 - 2070	Vast	Weg	9,7	0,60	-0,80	-1,35	-1,65	n.v.t.	€ 4.460.000	€ 6.200.000	€ 7.140.000
	Tholensebrug (N286)	1968	2051 - 2060	Vast	Weg	9,7	0,60	-0,80	-1,35	-1,65	n.v.t.	€ 6.110.000	€ 8.650.000	€ 10.090.000
Antwerpsekanaalpand	Kreekraksluis hefdeuren	1974	2071 - 2080	Beperkt beweegbaar	Weg	0/8,9	-0,20	-1,60	-2,15	-2,45	€ 15.060.000	€ 15.060.000	€ 15.060.000	€ 15.060.000
	Kreekrakbruggen (N289)	1974	2051 - 2060	Vast	Weg	8,7	-0,40	-1,80	-2,35	-2,65	€ 1.880.000	€ 4.000.000	€ 4.910.000	€ 5.720.000
	Kreekrakspoorbrug	1971	2071	Vast	Spoor	8,7	-0,40	-1,80	-2,35	-2,65	€ 183.090.000	€ 209.200.000	€ 223.050.000	€ 231.320.000
	Kreekrakbruggen (A58)	1974	2041 - 2050	Vast	Weg	8,7	-0,40	-1,80	-2,35	-2,65	€ 3.820.000	€ 7.030.000	€ 8.390.000	€ 9.180.000
	Bathsebrug	1974	2061 - 2070	Vast	Weg	8,7	-0,40	-1,80	-2,35	-2,65	€ 2.480.000	€ 5.420.000	€ 6.690.000	€ 7.410.000
	Noordlandsebrug (België)	Onbekend	Onbekend	Vast	Weg	8,8	-0,30	-1,70	-2,25	-2,55	€ 2.140.000	€ 4.480.000	€ 5.480.000	€ 6.060.000
Westroute: Kanaal door Zuid-Beweland	Noordlandsebrug spoor (België)	Onbekend	Onbekend	Vast	Spoor	8,8	-0,30	-1,70	-2,25	-2,55	€ 172.540.000	€ 192.610.000	€ 217.600.000	€ 224.050.000
	Bruggen over de Krammersluizen	1987	2071 - 2080	Beweegbaar	Weg	14	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Postbrug	1993	2071 - 2080	Beweegbaar	Weg	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Vlakespoorbrug	1992	2092 (theoretisch)	Beweegbaar	Spoor	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
	Vlakebrug	1993	2071 - 2080	Beweegbaar	Weg	7,39	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

4. Corridor Maasroute: Weurt - Born	Brug	Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100 meters	H aanwezig - vereist, 2100			SVIR	Investeringskosten incl. BTW			
							SVIR	7	4		8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4
	Neerbosschebrug	1980	2071 - 2080	Vast	Weg	9,61	0,51	-0,68	-1,24	-1,44	n.v.t.	€ 3.860.000	€ 6.080.000	€ 6.660.000
	Graafsebrug (N326)	1973	2071 - 2080	Vast	Weg	9,14	0,04	-1,15	-1,71	-1,91	n.v.t.	€ 4.870.000	€ 6.380.000	€ 6.850.000
	Nijmegen spoorbrug	1983	2083	Vast	Spoor	9,17	0,07	-1,12	-1,68	-1,88	n.v.t.	€ 324.600.000	€ 337.640.000	€ 342.430.000
	Dukenbergsebrug	1973	2071 - 2080	Vast	Weg	9,16	0,06	-1,13	-1,69	-1,89	n.v.t.	€ 8.530.000	€ 10.620.000	€ 11.390.000
	Hatertsebrug	1973	2071 - 2080	Vast	Weg	9,16	0,06	-1,13	-1,69	-1,89	n.v.t.	€ 8.020.000	€ 10.290.000	€ 10.980.000
	Maldensebrug	1986	2071 - 2080	Vast	Weg	9,19	0,09	-1,10	-1,66	-1,86	n.v.t.	€ 3.690.000	€ 5.210.000	€ 5.960.000
	Heumen sluisweg (N271)	1986	2071 - 2080	Vast	Weg	9,79	0,69	-0,50	-1,06	-1,26	n.v.t.	€ 3.630.000	€ 4.630.000	€ 4.990.000
Julianakanaal	Echt	1964	2051 - 2060	Vast	Weg	9,51	0,41	-0,78	-1,34	-1,54	n.v.t.	€ 3.050.000	€ 4.220.000	€ 4.670.000
	Roosteren (N296)	1963	2051 - 2060	Vast	Weg	9,54	0,44	-0,75	-1,31	-1,51	n.v.t.	€ 4.170.000	€ 5.910.000	€ 6.660.000

GEVOELIGHEIDSANALYSE															
5.1 Corridor Rotterdam - Duitsland (tot Werkendam)		Brug	Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100 meters	H aanwezig - vereist, 2100				Investeringskosten incl. BTW			
							SVIR	7	4	8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	
Via breeddiep, Nieuwe Waterweg, Nieuwe Maas, Noord en Beneden Merwede.		Erasmusbrug	1996	onbekend	Beweegbaar/vast	Weg	9,68	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Willembrug*	1981	onbekend	Vast	Weg	8,33	-0,77	-2,17	-2,72	-3,02	Kosten ophogen naar hoogte Erasmusbrug: €26.281.341			
		Koninginnebrug	1929	onbekend	Beweegbaar	Weg	0,88	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Brienoordbruggen	1965/1996	2020-2030	Beweegbaar	Weg	24,45	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Brug Alblasterdam	1939	2031 - 2040	Beweegbaar	Weg	10,47	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Papendrechtsebrug (N3)	1964	2041 - 2050	Beweegbaar	Weg	10,79	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Baanhoekbrug (spoor) Sliedrecht	1977, 1979, 1983, 1985	vanaf 2077	Beweegbaar	Spoor	10,75	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
*doorvaarthoogte in het midden v.d. brug voldoet aan SVIR-streefwaarde															
5.2 Corridor Rotterdam - Duitsland (tot Werkendam)		Brug	Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100 meters	H aanwezig - vereist, 2100				Investeringskosten incl. BTW			
							SVIR	7	4	8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	
via Breeddiep, Nieuwe Waterweg, Oude Maas en Beneden Merwede		Nieuwe Botlekbrug	2015	2091 - 2100	Beweegbaar	Weg	11,5	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Spijkemisserbrug	1978	2051 - 2060	Beweegbaar	Weg	9,94	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Stadsbrug Zwijndrecht	1939	2031 - 2040	Beweegbaar	Weg	9,37	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Spoorbrug Dordrecht (dubbel)	1950,1970,1972,1994	vanaf 2055	Beweegbaar	Spoor	9,07	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Papendrechtsebrug (N3)	1964	2041 - 2050	Beweegbaar	Weg	10,79	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
		Baanhoekbrug (spoor) Sliedrecht	1977, 1979, 1983, 1985	vanaf 2077	Beweegbaar	Spoor	10,75	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	
6.1 Corridor Westerschelde - Rijn		Brug	Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100 meters	H aanwezig - vereist, 2100				Investeringskosten incl. BTW			
							SVIR	7	4	8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	
Hollandsch Diep - Nieuwe Merwede		Moerdijkbrug (A16)	1976	2031 - 2040	Vast	Weg	8,95	-0,15	-1,55	-2,10	-2,40	€ 12.310.000	€ 17.620.000	€ 19.930.000	€ 21.250.000
- Beneden Merwede		HSL Brug	2005	2105	Vast	Spoor	14,33	5,23	3,83	3,28	2,98	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Moerdijkspoorbrug	1955	2055	Vast	Spoor	8,46	-0,64	-2,04	-2,59	-2,89	€ 390.790.000	€ 416.780.000	€ 430.930.000	€ 438.960.000
6.2 Corridor Westerschelde - Rijn		Brug	Stichtingsjaar	Theoretisch vervangingsjaar	Vast/Beweegbaar	Modaliteit	Doorvaarthoogte 2100 meters	H aanwezig - vereist, 2100				Investeringskosten incl. BTW			
							SVIR	7	4	8	SVIR	Scenario 7	Scenario 4	Scenario 8	
Beneden Merwede		Stadsbrug Zwijndrecht	1939	2031 - 2040	Beweegbaar	Weg	9,37	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Spoorbrug Dordrecht (dubbel)	1950,1970,1972,1994	vanaf 2055	Beweegbaar	Spoor	9,07	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Papendrechtsebrug (N3)	1964	2041 - 2050	Beweegbaar	Weg	10,79	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
		Baanhoekbrug (spoor) Sliedrecht	1977, 1979, 1983, 1985	vanaf 2077	Beweegbaar	Spoor	10,75	0,00	0,00	0,00	0,00	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.

## COLOFON

### MKBA DOORVAARTHOOGTE KUNSTWERKEN I.R.T. CONTAINERVAART EEN VERDIEPENDE ANALYSE

#### KLANT

Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving

#### AUTEUR

Ron Vreeker

#### PROJECTNUMMER

C05059.000079

#### ONZE REFERENTIE

079989017 G

#### DATUM

17 april 2019

#### STATUS

Definitief

#### Arcadis Nederland B.V.

Postbus 4205  
3006 AE Rotterdam  
Nederland  
+31 (0)88 4261 261

[www.arcadis.com](http://www.arcadis.com)