



Answering
tomorrow's
challenges
today

Scheepvaarteffecten in Deltaprogramma Zoetwater

Actualisatie deltasenario's (eindrapportage)

Rijkswaterstaat

Rotterdam, 19 december 2024

Scheepvaarteffecten in Deltaprogramma Zoetwater

Actualisatie deltasenario's
Eindrapport voor:

Rijkswaterstaat

Rotterdam, 19 december 2024

Rick Janse
Jeroen Bozuwa
Stijn de Smet

Inhoudsopgave

1	Inleiding.....	4
1.1	Achtergrond van de studie	4
1.2	Leeswijzer	5
2	Deltascenario's 2024	6
2.1	Inleiding	6
2.2	Nationaal Watermodel (NWM) scenario's.....	6
2.3	KNMI-scenario's (invoerbestand).....	8
3	Methodiek Effectmodule Scheepvaart.....	10
3.1	Bouwstenen Effectmodule	10
3.2	Effectmodule Scheepvaart.....	12
4	Resultaten Effectmodule Scheepvaart	16
4.1	Variabele vaarkosten	16
4.2	Variabele kosten: opslag en alsnog varen	17
4.3	Modal shift (transport)kosten.....	19
4.4	Emissies	20
4.5	Toename jaarlijkse kosten	22
4.6	Plausibiliteit	23
	Bijlage I: Schematische weergave Effectmodule Scheepvaart.....	25
	Bijlage II: Uitgangspunten van de Effectmodule Scheepvaart.....	26
	Bijlage III: Methodologie emissies	29

1 Inleiding

1.1 Achtergrond van de studie

Nederland is een land met veel water. Ruim 18% van het Nederlandse oppervlakte bestaat uit water. De lengte van de grotere wateren bedraagt zo'n 7.150 km¹. Het overgrote deel, zo'n 6.500 km, bestaat uit vaarten en kanalen. De overige 650 km betreft de grote rivieren (Rijn, Waal, Merwede en Maas). Deze wateren worden voor meerdere doeleinden gebruikt. Zo dient zoetwater als primaire bron voor de drinkwatervoorziening, maakt de landbouwsector gebruik van het water om landbouwgronden te besproeien en gebruikt de industrie zoetwater als koelwater. Tot slot maakt de binnenvaartsector gebruik van het water om goederen van A naar B te vervoeren.

Alhoewel Nederland veel (zoet)water heeft, is zoetwater een schaars goed. In sommige periodes is er – als gevolg van klimaatverandering – minder zoetwater voorhanden en wordt zoetwater daarmee nog schaarser. Om alle gebruikers van het zoetwater gebruik te laten maken van zoetwater, wordt intensief beleid gevoerd. Eén van de pijlers van dit beleid is het Delta Programma Zoetwater (DPZW). Binnen dit programma wordt enerzijds in beeld gebracht wat de mogelijke schadekosten zijn voor de verschillende gebruikers van zoetwater ingeval van een verminderde beschikbaarheid. Anderzijds worden binnen DPZW maatregelen genomen om Nederland weerbaar te maken tegen zoetwater tekorten. Hierbij wordt onder meer gekeken naar het verdelen van zoetwater tussen de verschillende gebruikers.

In voorbereiding op de volgende (derde) fase van het Deltaprogramma Zoetwater (2028-2033) voert Rijkswaterstaat (in opdracht van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, hierna IenW) de regie. Onderdeel van deze voorbereiding is het doorrekenen van de effecten voor de scheepvaart op basis van de deltasenario's.

1.1.1 De rol van Ecorys bij de effectbepaling voor de scheepvaart

Voor de belangrijkste gebruikers zijn binnen DPZW effectmodulen opgesteld die in kaart brengen wat de eventuele schade voor de gebruiker is wanneer er voor een langere periode minder water beschikbaar is. Ten behoeve van DPZW heeft Ecorys de Effectmodule Scheepvaart ontwikkeld, waarmee een inschatting wordt gemaakt van de effecten op de scheepvaartsector.

¹ Compendium voor de Leefomgeving (21 juni 2021), uitgegeven door het Centraal Bureau voor de Statistiek, Planbureau voor de Leefomgeving, het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu en Wageningen University & Research.

Als gevolg van lager water, is het immers niet mogelijk om alle aangeboden vracht over het water te vervoeren. De Effectmodule Scheepvaart berekent vervolgens de impact voor de scheep- en binnenvaart voor de verschillende deltasce­nario's. Voor elk scenario varieert de manier waarop de sector reageert op mogelijke klimaatveranderingen en sociaaleconomische veranderingen, en daarmee ook hoe zij de verwachte goederenstroom kan vervoeren. De vracht zal niet altijd vervoerd kunnen worden, daarom moet er naar alternatieven gezocht worden. Omdat deze alternatieven waarschijnlijk duurder zijn dan het 'normale' transport zal er een economische schade optreden. Deze Effectmodule bouwt voort op de modellentrein van Deltares die specifiek ontwikkeld is voor DPZW (grafisch afgebeeld in Bijlage I).

Begin 2018 is deze module ontwikkeld en opgeleverd. In 2023 heeft Ecorys een actualisatie en uitbereiding van deze Effectmodule uitgevoerd, aangezien reeds meer materiaal voorhanden was om de schade van droogte te bepalen.

1.1.2 Doel van de opdracht

Deze rapportage heeft tot doel om inzicht te geven in de huidige en toekomstige zoetwateropgave door inzicht te geven in de effecten op de scheepvaart, waaronder de transportkosten, modal shift en emissies.

1.2 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt beknopt ingegaan op de betekenis van de deltasce­nario's en de daarbij horende KNMI-sce­nario's die als invoerbestanden gelden voor de berekening van de Effectmodule Scheepvaart. Vervolgens wordt in hoofdstuk 3 de methodiek van Effectmodule toegelicht. In hoofdstuk 4 ligt de focus op de resultaten, waarbij stapsgewijs de effecten worden beschreven.

Het rapport bevat ook een aantal bijlagen waarin de technische details zijn opgenomen:

- Bijlage I: Schematische weergave Effectmodule Scheepvaart
- Bijlage II: Uitgangspunten van de Effectmodule Scheepvaart
- Bijlage III: Methodologie emissies

2 Deltascenario's 2024

2.1 Inleiding

Nieuwe inzichten in de wereldwijde klimaatverandering, de gevolgen van emissiereductie in Nederland en sociaaleconomische groei laten zien dat het watersysteem onder druk komt te staan. In de toekomst kunnen we met het huidige watersysteem niet alle functies meer volledig ondersteunen. Daarom zijn in opdracht van IenW en de Deltacommissaris de wateropgaven voor 2050 en 2100 in beeld gebracht door de Deltascenario's uit 2017 te actualiseren. In deze actualisatie zijn recente ontwikkelingen en inzichten verwerkt, waaronder de KNMI'23-klimaatscenario's, doelstellingen van klimaatakkoorden ter CO₂-reductie en socio-economische ontwikkelingen zoals het Welvaart en Leefomgeving (PBL) waarin beleid is uitgewerkt op het bevorderen van brede welvaart gebaseerd op mogelijke ontwikkelingen van economie, demografie, mobiliteit en milieu².

Deze nieuwe scenario's laten binnen een bandbreedte van klimaatverandering vier toekomstbeelden zien, met ieder een eigen verhaallijn. De belangrijkste variabelen binnen de scenario's zijn de uitstoot van broeikasgassen en socio-economische ontwikkelingen zoals bevolkingsgroei, economische groei en ruimtelijke ontwikkelingen. Over het algemeen zien we dat de zoetwaterbeschikbaarheid onder druk staat, hetgeen de afgelopen jaren al door (langdurige) droge perioden tot uitdrukking kwam. De deltasenario's schetsen een beeld waarin deze druk verder toeneemt. Door een beperkter wateraanbod in de zomer en een grotere watervraag zullen diverse effecten optreden, waaronder effecten voor de scheepvaart (bijvoorbeeld diepgangbeperkingen voor schepen, waardoor ze minder vracht kunnen meenemen of moeten omvaren). We beschrijven - voordat we in hoofdstukken 3 en 4 nader ingaan op de systematiek en resultaten - de verschillende deltasenario's en de daarbij horende KNMI-scenario's die als invoerbestand gelden voor de Effectmodule Scheepvaart.

2.2 Nationaal Watermodel (NWM) scenario's

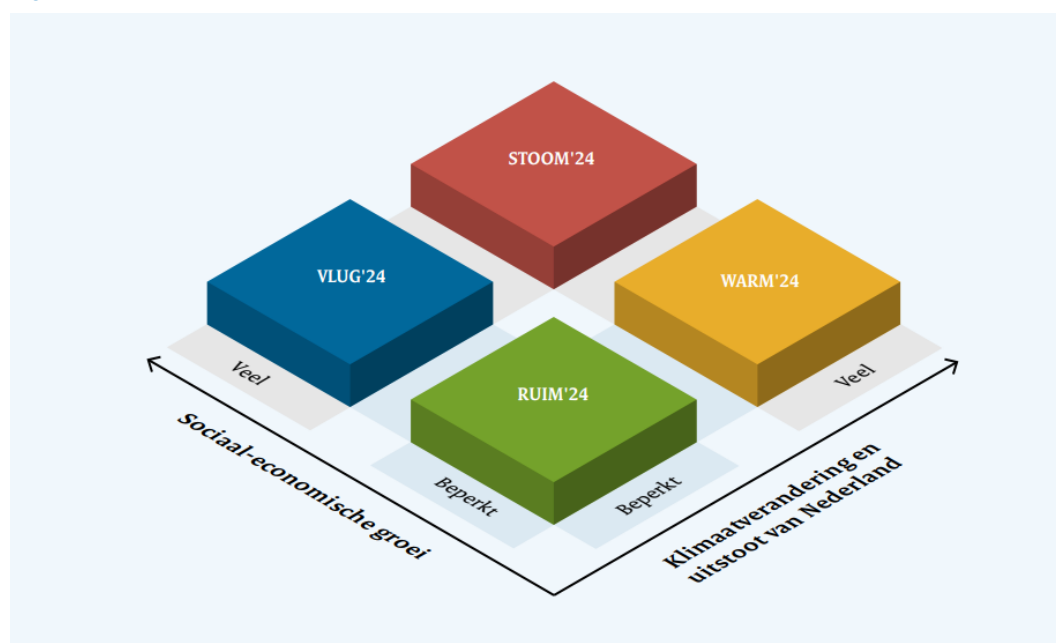
Figuur 2.1 geeft een schematisch overzicht van de Nationaal Watermodel (NWM) deltasenario's. De scenario's Vlugs'24 en Ruims'24 veronderstellen beperkte klimaatverandering met veel mitigerende maatregelen (inspanning) om broeikasgasemissies terug te dringen. Daarentegen gaan Stoom'24 en Warm'24 uit van een sterke klimaatverandering en beperkte mitigatie inspanningen. De tweede variabele, socio-economische ontwikkelingen, zijn hoog voor Vlugs'24 en Stoom'24 en laag voor Ruims'24 en Warm'24. Deze socio-economische ontwikkelingen zijn opgebouwd uit verschillende variabelen: bevolkingsomvang, economische groei, ruimtelijke verandering, verstedelijking, natuur, landbouw, scheepvaart, drinkwater en energietransitie. Hoe de drie factoren – klimaatverandering, inspanning en socio-economische ontwikkelingen – zich ontwikkelen, is zeer bepalend voor de wateropgaven. Hieronder leggen we aan de hand van Figuur 2.1 de verschillen tussen de deltasenario's beknopt toe.

² [Sociaal-economisch beleid vanuit een bredewelvaartsperspectief](#)

Op de X-as wordt voor klimaatveranderingen uitgegaan van twee klimaatscenario's **IPCC-scenario SSP1-2.6** & **IPCC-scenario SSP5-8.5**. Wanneer de temperatuurstijging onder de 2 graden blijft ten opzichte van pre-industrieel niveau en het Parijs-akkoord uit 2015 succesvol wordt uitgevoerd, wordt **IPCC-scenario SSP1-2.6** toegepast. Wanneer de gemiddelde wereldwijde temperatuur met 4 graden stijgt in 2100 en de reductiedoelstellingen van het Parijs-akkoord niet worden gehaald, is **IPCC-scenario SSP5-8.5** van toepassing.

De Y-as toont maatschappelijke veranderingen gerelateerd aan de bevolkingsomvang en economische ontwikkelingen. Het begin van deze as toont beperkte sociaaleconomische groei met een licht groeiende bevolkingsomvang die na 2040 licht afneemt en een beperkte economische groei kent. Het bovenste gedeelte van deze as toont een sterke bevolkingsgroei gerelateerd aan een sterk groeiende economie. Gebaseerd op de klimaatverandering en uitstoot van Nederland op de X-as en de sociaaleconomische groei kunnen er 4 NWM deltasenario's worden gedefinieerd.

Figuur 2.1: NWM deltasenario's



2.2.1 *Vlug'24*

In dit scenario wordt uitgegaan van een SSP1-2.6 klimaatscenario, waarbij de temperatuur stijgt met 1,7 graad in 2050 en 2100 ten opzichte van pre-industrieel. De grilligheid neemt toe, maar in mindere mate dan in Stoom en Warm. De bevolkingsomvang neemt toe tot 20,7 miljoen in 2050.

2.2.2 *Ruim'24*

In dit scenario wordt uitgegaan van een SSP1-2.6 klimaatscenario, waarbij de temperatuur stijgt met 1,7 graad in 2050 en 2100 ten opzichte van pre-industrieel. De grilligheid neemt toe, maar in mindere mate dan in Stoom en Warm. De bevolkingsomvang daalt tot 17,9 miljoen mensen in 2050.

2.2.3 Warm'24

In dit scenario wordt uitgegaan van een SSP5-8.5 klimaatscenario met een mondiale temperatuurstijging van 2,4 graden in 2050 en 4,9 graden in 2100. De grilligheid wat betreft neerslagextremen en drogere perioden neemt in dit scenario enorm toe. De bevolkingsomvang daalt tot 17,9 miljoen mensen in 2050.

2.2.4 Stoom'24

In dit scenario wordt uitgegaan van een SSP5-8.5 klimaatscenario met een mondiale temperatuurstijging van 2,4 graden in 2050 en 4,9 graden in 2100. De grilligheid wat betreft neerslagextremen en drogere perioden neemt in dit scenario enorm toe. De bevolkingsomvang neemt toe tot 20,7 miljoen in 2050.

2.3 KNMI-scenario's (invoerbestand)

De NWM deltasenario's, uitgelegd in sectie 2.2, werken met twee uitstootscenario's betreffend IPCC scenario's SSP1-2.6 en SSP5-8.5. Deze IPCC scenario's worden uitgedrukt met **lage uitstoot** en **hoge uitstoot**. De twee varianten van beide uitstootscenario's hebben betrekking op de mate waarin de **zomer droger** en de **winter natter** wordt.

De combinaties van de natte en droge variant met de lage en hoge uitstoot resulteren in verschillende KNMI-scenario's die fungeren als invoerbestand voor de Effectmodule Scheepvaart. Als allereerst is een scenario ontwikkeld voor **gematigde** klimaatverandering (uitstoot) waarop het referentiescenario is gebaseerd.

In de **KNMI-scenario's** worden naast het referentie-scenario alleen de **droog** scenario's gebruikt, omdat de focus in het **Deltaprogramma Zoetwater**³ op waterbeschikbaarheid ligt en deze in de droge varianten het meest onder druk komt te staan. In de KNMI-scenario's wordt naast de referentiereeks, gewerkt met drie klimaatreeksen: lage uitstoot met een tijdreeks tot 2100, hoge uitstoot met een tijdreeks tot 2050 en hoge uitstoot met een tijdreeks tot 2100. In de KNMI klimaatscenario's hoeft een droger klimaat niet te betekenen dat alle seizoenen, zoals de winter, ook daadwerkelijk droger worden. In sommige scenario's, zoals eerder besproken, kunnen de winters juist natter uitpakken. Dit zorgt ervoor dat, ondanks een algemene trend richting droogte, er in de winter genoeg neerslag kan zijn om hogere waterstanden te ondersteunen. Dit maakt extra vrachtvervoer over water mogelijk, zelfs binnen een scenario dat als droog wordt gezien. De KNMI-scenario's nemen de economische effecten ook mee, deze groeiscenario's kunnen variëren van laag, gematigd tot hoog.

Door specifiek te kijken naar de variabelen van de NWM Deltascenario's konden de KNMI-scenario's uit sectie 2.3 gekoppeld worden aan de scenario's: **vlug, ruim, stoom en warm '24** zoals omschreven in **Tabel 1**. Hiermee kan de impact op de scheepvaart onder verschillende klimaatomstandigheden nauwkeuriger worden ingeschat.

³ [Deltascenario's 2024 Hoofdrapport | Publicatie | Deltaprogramma](#)

Tabel 1: Koppeling tussen NWM deltasenario's en KNMI-scenario's

NWM Deltasenario	KNMI scenario	Jaarreeks
Referentie 2028	2050_Md_control	1991-2020
Ruim 2100/2050	2100_Ld_future_Laag	2026-2055
Vlug 2050	2100_Ld_future_Hoog	2026-2055
Warm 2050	2050_Hd_future_Laag	2034-2063
Stoom 2050	2050_Hd_future_Hoog	2034-2063
Stoom 2100	2100_Hd_future_Hoog	2073-2102

Er is voor gekozen om sociaal-economisch vergelijkbare situaties met elkaar te vergelijken, omdat de verschillenanalyse anders vooral de impact van sociaal-economische groei zou laten zien en weinig zou zeggen over de effecten van waterafvoer en klimaat. Om te voorkomen dat de berekende effecten buiten proportie groot zijn en de klimaateffecten onvolledig zichtbaar worden, willen we de sociaal-economische effecten uitfasen in de effectmodule en ons enkel richten op de klimaateffecten. Dit doen we door in het referentiescenario dezelfde sociaal-economische groei te gebruiken, zodat alleen de impact van klimaatveranderingen aan te tonen is.

Ter illustratie van hoe de KNMI-scenario's met elkaar worden vergeleken: wanneer het NWM Deltascenario Stoom 2100 wordt vergeleken met de referentie uit 2028, dient het KNMI-scenario 2100Hd_future_ **Hoog** te worden vergeleken met 2050_Md_control_ **Hoog**. Op dezelfde wijze geldt voor de vergelijking tussen het scenario Warm 2050 en de referentie uit 2028 dat 2050Hd_future_ **Laag** moet worden vergeleken met 2050_Md_control_ **Laag**. Op deze manier worden de sociaal-economische effecten uitgefaseerd.

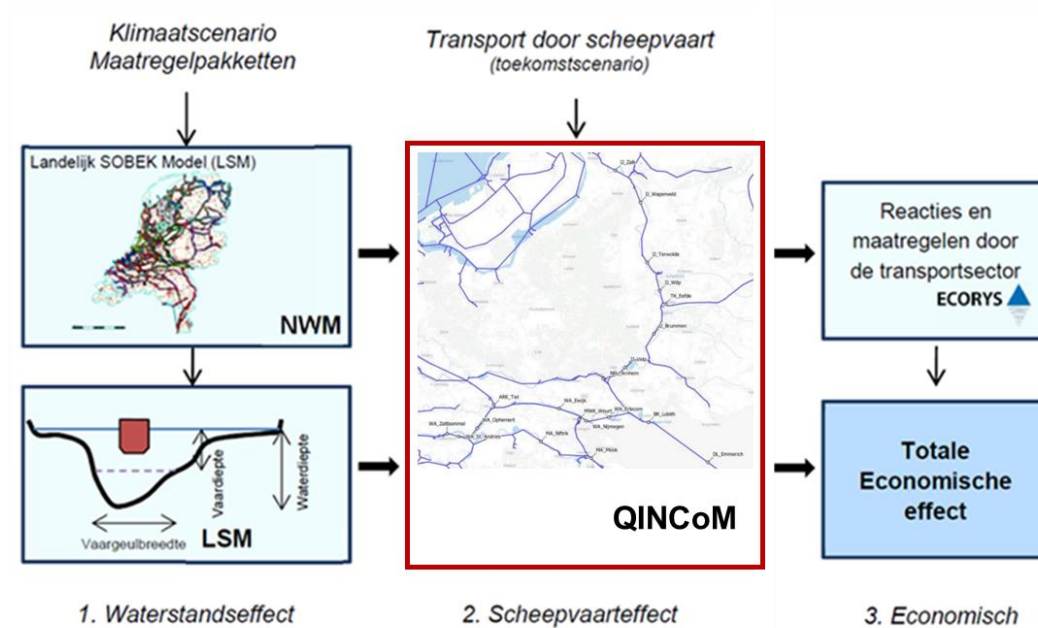
3 Methodiek Effectmodule Scheepvaart

In het kader van het DPZW heeft Ecorys een post-processing tool ontwikkeld om de effecten van langere periodes met laagwater op de scheepvaartsector te kunnen bepalen, genaamd Effectmodule Scheepvaart. De tool wordt in nauwe samenhang met twee tools van Deltares gebruikt. [Figuur 3.1](#) geeft de onderlinge samenhang tussen de verschillende tools weer. Tevens wordt in Bijlage I een schematische weergave van de Effectmodule Scheepvaart gepresenteerd. Dit hoofdstuk omschrijft de methodiek die gebruikt is, waarbij we ook aangeven welke input vanuit Deltares gebruikt is.

3.1 Bouwstenen Effectmodule

Deze sectie omschrijft welke modellen er zijn gebruikt om tot de uiteindelijk Effectmodule Scheepvaart te maken. Deze modellen zijn weerspiegelt in [Figuur 3.1](#).

Figuur 3.1: Schematisch overzicht van de bouwstenen van de effectmodule scheepvaart



3.1.1 Landelijk hydrologisch model (LHM) en Landelijk SOBEK model (LSM)

Het nationaal water model (NWM) gebruikt twee afzonderlijke modellen om de hydrologie en hydrodynamica te berekenen. Als eerste berekent het Landelijk Hydrologisch Model (LHM) de landelijke hydrologische condities op basis van de meteorologie. Dit model berekent ook de watervraag van de verschillende regio's, wat een belangrijke invoer is voor het Landelijk SOBEK Model (LSM). Het LSM berekent de hydrodynamica (waterstanden en debieten) van het oppervlaktewater (hoofdwatersysteem en grote kanalen en boezems) van Nederland.

3.1.2 Quick Inland Navigation Cost Model (QINCoM)

De uitvoer van LSM (waterstanden en afvoeren) wordt vertaald naar representatieve. Vaardieptes door middel van een script als preprocessing van een scheepvaartmodel. In het scheepvaartmodel worden de vaarbewegingen en vaarkosten van de binnenvaart berekend, met als doel om de belasting van het netwerk te kunnen bepalen. Met behulp van een aantal bewerkingen wordt het mogelijk gemaakt om schades te berekenen. In plaats van BIVAS wordt nu gebruik gemaakt van het Quick Inland Navigation Cost Model (QINCoM), dat een efficiëntere analyse mogelijk maakt. QINCoM focust op knelpunten in de scheepvaart in plaats van hele netwerken, wat resulteert in een snellere en eenvoudiger te interpreteren modeluitvoer.

In QINCoM zijn vijf mogelijke reacties van de scheepvaart geanalyseerd:

1. Vaker varen
2. Omvaren (niet mogelijk binnen QINCoM)
3. Niet meer varen
4. Later varen
5. Modal Shift

3.1.3 Data Deltares

Uit het QINCoM model rollen verschillende indicatoren voor de huidige en toekomstige situatie met betrekking tot de NWM Deltascenario's. Deze variabelen zijn – uitgesplitst naar NSTR goederenklassen⁴ & CEMT-klassen⁵ – aangeleverd ten behoeve van de doorrekening in de Effectmodule Scheepvaart:

- Vaarbewegingen (in aantal)
- Totale vracht (in ton)
- Totaal aantal containers (in aantal TEU)
- Totale vaarkosten (in Euro)
- Variabele vaarkosten (in Euro)
- Totale Tonkm (in tonkm)
- Vracht die vervoerd kan worden (in ton)
- Achtergebleven vracht (in ton)
- Achtergebleven vracht na 3 dagen (in ton)

Deze variabelen zijn over een tijdreeks van 90 jaar (3x30) verstrekt voor de referentiescenario's en de vijf Deltascenario's. Om de additionele vaarkosten voor de deltasenario's t.o.v. de referentiesituatie te kwantificeren is onderstaande formule toegepast.

$$(\text{Deltascenario}_1 - \text{Synthetische Mediaan}_{\text{deltascenario}_1}) - (\text{Referentie} - \text{Synthetische Mediaan}_{\text{referentie}})$$

⁴ Voor de effectmodule scheepvaart wordt gebruikgemaakt van NSTR-klassen, die aangeven welk type goederen op het schip wordt vervoerd, zoals landbouwproducten, ertsen of chemische producten. Deze klassen zijn gekoppeld aan specifieke vervoerstypen binnen de scheepvaart, zoals droge bulk, natte bulk, container of overig. Hierdoor kan het volume van bijvoorbeeld droge bulktransporten nauwkeurig worden bepaald.

⁵ Voor de effectmodule scheepvaart worden CEMT-klassen gebruikt, die de grootte en capaciteit van schepen categoriseren. Deze klassen zijn gekoppeld aan specifieke vaarwegen en bepalen welke scheepsgroottes geschikt zijn voor bepaalde routes. Hierdoor kan de efficiëntie van vervoer per binnenvaart op diverse waterwegen nauwkeurig worden ingeschat.

De synthetische mediaan wordt gebruikt om de effecten van extreme waarden en variaties in de dataset te reduceren. Door het toepassen van gestandaardiseerd ijkpunt (in de vorm van de synthetische mediaan) dat representatief is voor de totale set data, biedt de vergelijking een robuuste vergelijking bij een verschillenanalyse.

3.2 Effectmodule Scheepvaart

De Effectmodule Scheepvaart wordt gevoed met de QINCoM output om de economische gevolgen voor de scheepvaart voor elk van de NWM deltasceario's te berekenen. Deze economische gevolgen zijn gebaseerd op (verwachte) gedragsreactie van de scheepvaartsector. Voor elke (gedrags)reactie zijn gemiddeldes, genomen over een tijdsreeks van 90 jaar, berekend.

Tabel 2 Gedragsreacties scheepvaart n.a.v. NWM deltasceario's

Reactie	Korte omschrijving	Berekeningswijze
1. Vaker varen	Om de lading te voeren moet 1 schip vaker varen of worden meerdere schepen in gezet.	Geen nabewerking in module (QINCoM output)
2. Omvaren	De lading wordt via een andere route vervoerd. De vertrek en aankomst haven blijven gelijk	Geen nabewerking in module (QINCoM output)
3. Niet meer varen	Besloten wordt om de lading niet langer per binnenvaart te vervoeren	Meegenomen in effecten vaart uitstellen / modal shift
4. Vaart uitstellen	Besloten wordt om de lading tijdelijk op te slaan. Er is sprake van achtergebleven vracht	Kwantificering kosten tijdelijke opslag
5. Andere modaliteit	Besloten wordt om de lading met een andere modaliteit (weg of spoor) te vervoeren	Kwantificering extra kosten andere modaliteit
6. Omvaren via andere haven	De lading wordt vanuit een andere vertrekhaven vervoerd naar de bestemmingshaven.	Kwalitatief => komt zeer weinig voor

In grote lijnen worden de volgende effecten verwacht: (1) extra kosten als schepen minder beladen kunnen varen, (2) goederen gaan tijdelijk in opslag moeten en op een later moment varen en (3) goederen worden met een ander vervoersmiddel vervoerd.

3.2.1 Variabele vaarkosten

De bovenste twee gedragsreacties, vaker varen en omvaren, resulteren in extra vaarkosten, aangezien schepen minder beladen kunnen varen. In praktijk resulteert dit in een verandering van de **variabele vaarkosten**. Deze verandering wordt ontleend uit het scheepvaartmodel (QINCoM), en in grote mate gebaseerd op de indicator 'totale vaarkosten'. In de Effectmodule worden de vaarkosten gecorrigeerd op basis van het prijspeil. In praktijk gaat het dan om een prijspeilcorrectie tussen 2014 en 2024 van circa 1,262 of een prijspeilcorrectie tussen de periode 2017 en 2024 van circa 1,247, afhankelijk uit welk jaartal de oorspronkelijke data komt.⁶

⁶ [StatLine - Dienstenprijzen: commerciële dienstverlening en transport, index 2021=100](#)

Vervolgens zal deze toename van vaarkosten naar verwachting leiden tot vraagsubstitutie. Dat is een reactie van de verladers van de binnenvaartsector dat zij minder vracht laten aanvoeren. Deze reactie is een logisch gevolg van laagwater want fabrieken gaan iets zuiniger met hun goederen om en zullen ook minder produceren. Dit zorgt voor een afname van de toegenomen vaarkosten vanwege het feit dat klanten minder goederen laten vervoeren.

Bij het bepalen van de vraagsubstitutie worden per deltasenario een aantal berekeningen uitgevoerd. Eerste wordt de relatieve prijsstijging (in kosten per tonkm) berekend door QINCoM indicatoren 'totale vaarkosten' te delen door de 'totale tonkilometers'. Vervolgens wordt deze verwachte prijsstijging vermenigvuldigd met de vraagelasticiteiten per goederengroep (NSTR-klasse), zodat de vraagafname per goederengroep kan worden bepaald. Voor specifieke details van gebruikte vraagelasticiteiten verwijzen wij naar Bijlage II.

3.2.2 Variabele kosten: opslag en alsnog varen

Wanneer varen niet meer mogelijk is en vaart uitgesteld dient te worden dan zullen goederen (tijdelijk) op de kade blijven liggen. Goederen gaan dan (tijdelijk) in opslag en worden daarna alsnog per binnenvaartschip vervoerd, of ze worden met een andere modaliteit naar de plaats van bestemming getransporteerd. Een vaste aanname in de Effectmodule is dat vracht uiterlijk drie dagen in opslag blijft en daarna wordt vervoerd; via een binnenvaartschip of via een andere modaliteit. De methodiek van deze gedragsreactie gaat nader in op de berekeningen en uitgangspunten om de variabele kosten van tijdelijke opslag en alsnog varen te berekenen.

Allereerst wordt er dus besloten om de vracht tijdelijk op te slaan, hierdoor is er sprake van [achtergebleven vracht](#). De achtergebleven vracht (uitgedrukt in tonnen) wordt ontleend uit het scheepvaartmodel (QINCoM). Op deze achtergebleven vracht wordt wel een correctie toegepast. In een aantal jaren (<10) is de hoeveelheid achtergebleven vracht in de referentiesituatie groter dan in het deltasenario, hetgeen resulteert in negatieve achtergebleven vracht. Dit geeft m.a.w. aan dat in het deltasenario meer vracht kan worden vervoerd (bijvoorbeeld veroorzaakt door nattere winters). In gezamenlijkheid met Deltares en RWS is ervoor gekozen om deze negatieve waarden voor achtergebleven vracht gelijk aan 0 te veronderstellen.

Op basis van de hoeveelheid achtergebleven vracht worden vervolgens diverse gevolgkosten berekend, denk aan [variabele opslagkosten](#) of [variabele kosten om alsnog te varen](#). De tijdelijke opslagkosten voor achtergebleven vracht worden vermenigvuldigd met de geactualiseerde opslagkosten per EUR/ton afgebeeld in [Tabel 3](#).

Tabel 3 Kengetallen opslagkosten (in EUR/ton of EUR/TEU) prijspeil 2024

Type opslagkosten	Actuele waarden (prijspeil 2024)
Bulk	
Totale opslagkosten	8,1 EUR/ton
Variabele opslagkosten (als onderdeel van totale opslagkosten)	6,5 EUR/ton
Container	
Huur terrein voor 3 dagen opslag	2,7 EUR/TEU
Variabele opslagkosten (handling)	14,2 EUR/TEU

De kosten die worden gemaakt om de achtergebleven vracht alsnog per binnenvaart te vervoeren, worden aangeduid als variabele vaarkosten. Deze kosten per ton/TEU zijn gecorrigeerd voor het prijspeil van 2024 met een correctiefactor van 1,262. De bijbehorende kengetallen zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 Kengetallen vaarkosten (in EUR/ton of EUR/TEU) prijspeil 2024

Vaarkosten per goederensoort (in euro p. ton / TEU)	Actuele waardes (prijspeil 2024)
Bulk - [0] Landbouw	16,7 EUR/ton
Bulk - [1] Voeding en vee	12,1 EUR/ton
Bulk - [2] Mineralen	12,4 EUR/ton
Bulk - [3] Aardolie	20,4 EUR/ton
Bulk - [4] Ertsen	11,6 EUR/ton
Bulk - [5] Staal	16,1 EUR/ton
Bulk - [6] Bouwmaterialen	8,9 EUR/ton
Bulk - [7] Meststoffen	17,5 EUR/ton
Bulk - [8] Chemische prod,	16,6 EUR/ton
Bulk - [9] Goederen	22,0 EUR/ton
Bulk - Leeg (geen lading)	14,0 EUR/ton
Containers	24,30 EUR/TEU

3.2.3 Modal shift (transport)kosten

Tot slot kan er na drie dagen worden besloten om de vracht die op de kade ligt via een [andere modaliteit te vervoeren](#). Binnen de Effectmodule wordt gekeken naar het vervoer per spoor- of over weg. De totale modal shift (uitdrukt in tonnen) wordt berekend door de achtergebleven vracht na drie dagen te vermenigvuldigen met de elasticiteiten voor spoor- en wegvervoer. De kengetallen voor deze elasticiteiten zijn opgenomen in de Bijlage II.

Vervolgens wordt de achtergebleven vracht vermenigvuldigd met de afstand (aantal tonkilometers per ton) om de modal shift van binnenvaart naar spoor of weg uit te drukken in tonkilometers. Deze tonkilometers worden daarna vermenigvuldigd met de kosten per tonkilometer (in euro's) voor respectievelijk spoor- en wegvervoer (zie Tabel 5).

Tabel 5: Kosten per tonkm voor spoor- en wegvervoer

Kosten per tonkilometer (in EUR/tonkm)	Bulk goederen (prijspeil 2024)	Container goederen (prijspeil 2024)
Wegvervoer	0,077 EUR/tonkm	0,065 EUR/tonkm
Spoor	0,006 EUR/tonkm	0,007 EUR/tonkm

Bron: Ministerie IenW. (2023). Kostenkengetallen voor het goederenvervoer ([link](#))

3.2.4 Emissies

In het algemeen geldt dat voor de kwantificering van effecten gebruik is gemaakt van de resultaten uit QINCoM. In praktijk simuleert QINCoM namelijk alle reizen gegeven verschillende deltasce­nario's. Met behulp van een aantal (na)bewerkingen wordt het mogelijk om de impact op emissies te berekenen.

Bij het berekenen van emissies in de Effectmodule Scheepvaart is onderscheid gemaakt tussen emissies als gevolg van:

- [Emissies in de binnenvaartsector](#) zelf als gevolg van vaker varen (met een lagere beladingsgraad), omvaren (zelfde vertrek- en eindpunt) en langer wachten bij sluisen
- Emissies ten opzichte van andere modaliteit waarbij vervoersvolume verplaatst van de binnenvaart naar de weg of het spoor ([modal shift](#))

Om deze verandering van emissies te bepalen is het volgende stappenplan gevolgd:

- [Stap 1](#) van de analyse vormt het startpunt van de analyse door de totale scheepsbewegingen en achtergebleven lading af te leiden uit de QINCoM.⁷
- In [stap 2](#) worden de vervoersvolumes verdeeld over de binnenvaartvloot. Daarbij is een inschatting gemaakt van de karakteristieken van de huidige binnenvaartvloot. Zo wordt het type schepen (31 verschillende scheepstypes) afgeleid uit historische BIVAS reeksen, waarin het aantal reizen is gedocumenteerd.
- [Stap 3](#) bevat de verduurzaming van de binnenvaartvloot. De CCNR (2022) schetst eind 2022 twee transitiescenario's voor de gehele binnenvaartvloot; conservatieve en innovatieve.⁸ Deze worden als uitgangspunt gebruikt om het aandeel duurzame brandstoffen in de scheepvaart te bepalen.
- [Stap 4](#) voegt de broeikasgasemissiefactoren per type schip toe aan de analyse. Om de verandering in de milieuprestatie te bepalen wordt gebruik gemaakt van de kengetallen uit STREAM⁹, evenals vlootkarakteristieken (o.a. laadvermogen, beladingsgraad, gemiddelde afstand per reis).
- Om de jaarlijkse impact te bepalen wordt de waardering van broeikasgasemissies toegevoegd ([stap 5](#)). Deze waardering voorgestelde prijzen in het recente Handboek Milieuprijzen.¹⁰
- Tot slot bevat [stap 6](#) de berekening van de gemiddelde impact. Zo wordt voor elk jaar de kans van optreden vermenigvuldigd met de impact. Het totaal geeft het gemiddelde risico, hetgeen leidt tot een berekening van de jaarlijkse verandering van emissies

In Bijlage III wordt de methodologie en gebruikte kengetallen nader toegelicht.

⁷ Deze gebruikt QINCoM output cijfers worden afgeleid uit (1) Totale Tonkm (in tonkm) en (2) Vracht infeasible minimum 3 dagen (in ton)

⁸ CCNR (2022), CCNR roadmap for reducing inland navigation emissions

⁹ CE Delft (2020), STREAM Goederenvervoer 2020 ([link](#))

¹⁰ CE Delft (2023), Handboek Milieuprijzen 2023

4 Resultaten Effectmodule Scheepvaart

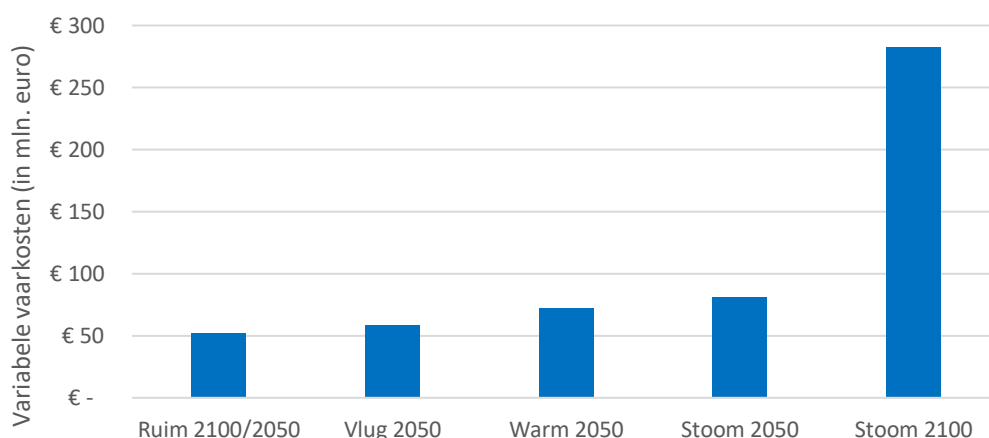
Dit hoofdstuk presenteert de geactualiseerde resultaten van de Effectmodule Scheepvaart. Hierin worden de extra kosten gekwantificeerd die voortvloeien uit de verwachte gedragsreacties voor de scheepvaart bij verschillende deltasenario's. Voor alle deltasenario's is een vergelijking gemaakt met de referentiesituatie, waardoor de resultaten altijd een verschillen analyse weergeven. Achtereenvolgens worden de volgende effecten beschreven; (1) variabele vaarkosten, (2) variabele kosten vanwege opslag en alsnog varen, (3) (transport)kosten vanwege modal shift en (4) emissiereductie.

4.1 Variabele vaarkosten

Figuur 4.1 laat de verandering van de totale vaarkosten zien voor de verschillende deltasenario's. De toename van vaarkosten wordt vooral veroorzaakt doordat schepen vaker (met een lagere beladingsgraad) varen.

De toename van variabele vaarkosten voor de deltasenario's Ruim, Vlug, Warm en Stoom 2050 liggen in een gemiddeld jaar tussen de €50 miljoen en ruim €80 miljoen. Deze stijging wordt voornamelijk veroorzaakt door de gedragsreacties vaker varen. Stoom 2100 is duidelijk het meest extreme scenario, en vertoont dus ook de hoogste toename in vaarkosten, afgerond €300 miljoen in een gemiddeld jaar. De langere tijdshorizon (2100) en het klimaatscenario (SSP5-8.5 klimaatscenario met 4,9°C temperatuurstijging) verklaren de hogere vaarkosten in Stoom 2100.

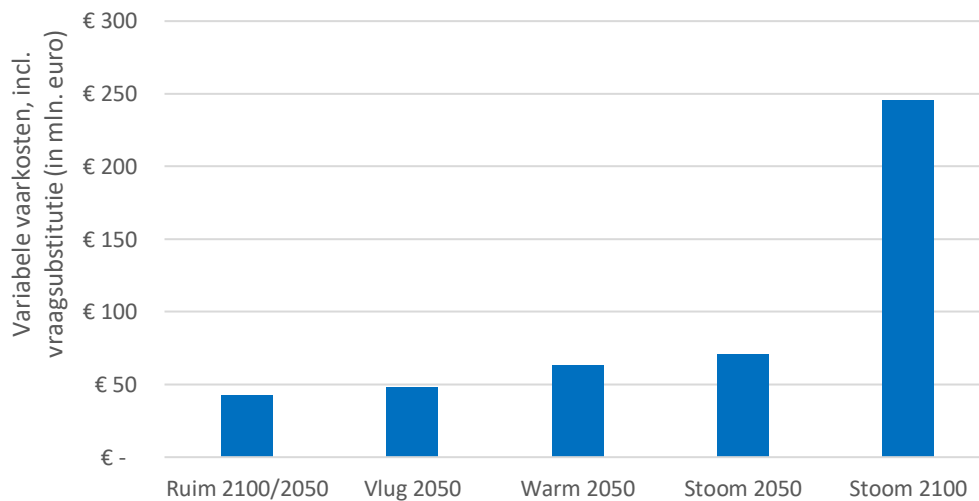
Figuur 4.1 Variabele vaarkosten per delta scenario (in mln. euro)



Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

In de berekeningen van vaarkosten kan vraagsubstitutie worden meegenomen, waarbij een toename van vaarkosten kan leiden tot reductie van de vraag naar goederen. In [Figuur 4.2](#) worden de variabele vaarkosten inclusief deze (potentiele) vraagsubstitutie weergegeven per deltasценario. De variabelen vaarkosten nemen nog steeds in dezelfde orde van grote toe. Bij de deltasценario's Ruim, Vlug, Warm en Stoom 2050 dient rekening te worden gehouden met een gemiddelde toename van vaarkosten tussen de €43 miljoen (Ruim 2050/2100) en ruim €71 miljoen (Stoom 2050). In Stoom 2100 ligt de toename van vaarkosten met €245 miljoen nog steeds een substantieel hoger.

Figuur 4.2 Variabele vaarkosten inclusief vraagsubstitutie per deltasценario (in mln. euro)

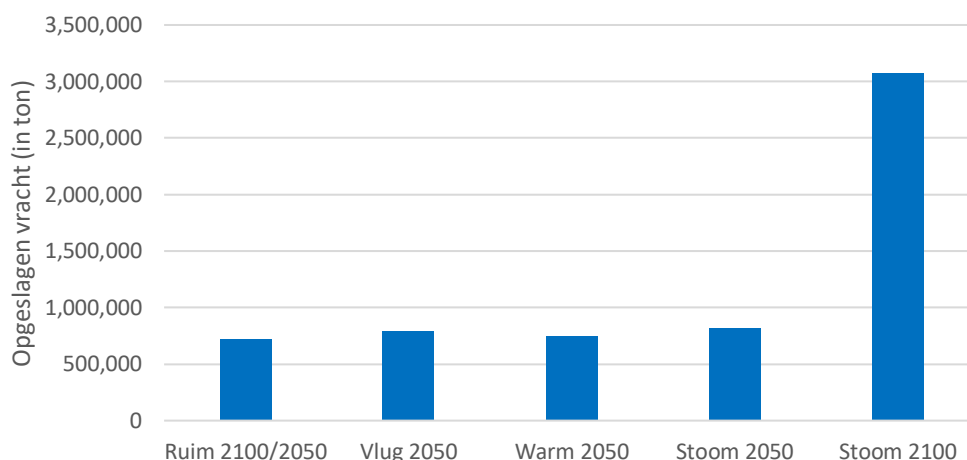


Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

Wanneer er gekeken wordt naar de verschillende goederensegmenten, nemen de vaarkosten het meeste toe voor natte bulk, deze goederengroep omvat circa 35% van het totaal van de gemiddelde kostenstijging.

4.2 Variabele kosten: opslag en alsnog varen

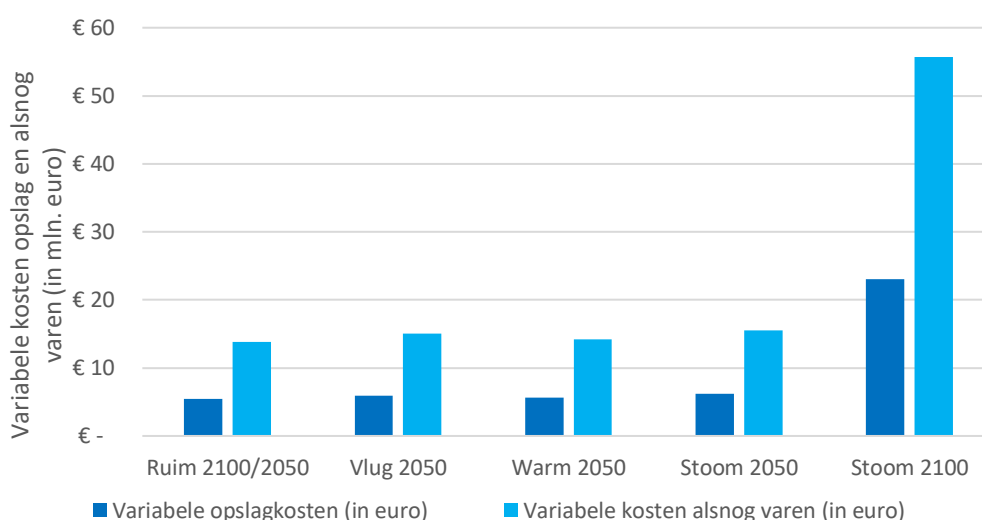
In dit onderdeel wordt het effect beschreven van de variabele kosten die ontstaan door het tijdelijk opslaan en alsnog vervoeren van achtergebleven vracht. Zoals eerder toegelicht in de methodiek, ontstaan deze effecten zodra de vaart tijdelijk wordt uitgesteld. De vracht blijft (maximaal) 3 dagen op de kade blijft liggen, waarna wordt besloten om de vracht alsnog per binnenvaart te vervoeren. In [Figuur 4.3](#) wordt per deltasценario weergegeven hoeveel vracht tijdelijk zal worden opgeslagen.

Figuur 4.3 Vracht die tijdelijk (<3 dagen) wordt opgeslagen per deltasenario (in ton)

Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

In een gemiddeld jaar in het scenario Stoom 2100 bedraagt de hoeveelheid vracht die tijdelijk dient te worden opgeslagen op circa 3 miljoen ton. Voor de andere Deltascenario's varieert de hoeveel opgeslagen vracht tussen de 0,7 à 0,8 miljoen ton (zie [Figuur 4.3](#)). Het gaat met name om de tijdelijke opslag van natte bulk en containers. Het minst getroffen door achtergebleven vracht is het segment van droge bulk.

Verladers staan uiteindelijk voor de keuze wat te doen met de opgeslagen vracht; deze kan alsnog worden vervoerd per binnenvaartschip of middels een andere modaliteit worden vervoerd. De variabele (transport)kosten van alsnog varen zijn in [Figuur 4.4](#) afgebeeld. In sectie 4.3. wordt overigens nader ingegaan op de kosten als gevolg van modal shift.

Figuur 4.4 Variabele kosten: opslag en alsnog varen per deltasenario (in mln. euro)

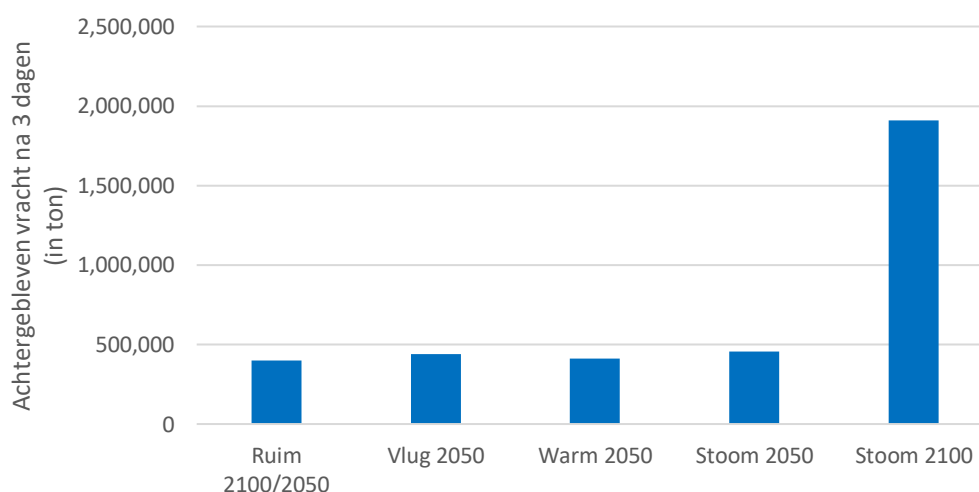
Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

In Figuur 4.4 zijn de variabele kosten voor opslag en alsnog varen op basis van een gemiddeld weergegeven. Voor het scenario Stoom 2100 liggen de variabele opslagkosten op ongeveer €23 miljoen, terwijl deze voor de andere deltasenario's tussen de €5 à €6 miljoen liggen. De variabele kosten van alsnog varen bedragen voor Stoom 2100 circa €55 miljoen, terwijl deze voor de andere NWM deltasenario's tussen de €14 en €16 miljoen liggen. Het ligt daarbij voor de hand dat de ladingsegmenten met de grootste volumes opgeslagen vracht – met name natte bulk en containers – leiden tot deze extra vaarkosten en opslagkosten.

4.3 Modal shift (transport)kosten

Tot slot kunnen verladers er ook voor kiezen om lading met een alternatieve modaliteit te vervoeren. De beschikbare alternatieven (in deze studie) zijn vervoer per spoor of de weg, hetgeen gepaard gaat met additionele (transport)kosten. De kostprijs per tonkilometer via de weg en het spoor ligt immers hoger dan in de binnenvaart. Deze additionele kosten worden gebaseerd op de vracht die meer dan 3 dagen op de kade is achterblijft. In Figuur 4.5 wordt de hoeveelheid achtergebleven vracht na 3 dagen weergegeven.

Figuur 4.5 Achtergebleven vracht (>3 dagen) per deltasenario (in ton)



Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

Deltasenario Ruim, Vlug, Warm en Stoom 2050 laten zien dat er minder dan 500.000 ton vracht in aanmerking voor modal shift. In Stoom 2100 is het wel de verwachting dat dit volume stijgt tot bijna 2 miljoen ton. Vervolgens rest de vraag: via welke modaliteit (spoor of weg) worden deze volumes vervoerd?

Daarbij constateren we dat de capaciteit van wegvervoer aanzienlijk groter is dan die van spoorvervoer. Kijkend naar de huidige modal split in het internationale vervoer wordt doorgegaans een verhouding van circa 95% wegtransport tegenover 5% spoortransport gehanteerd.

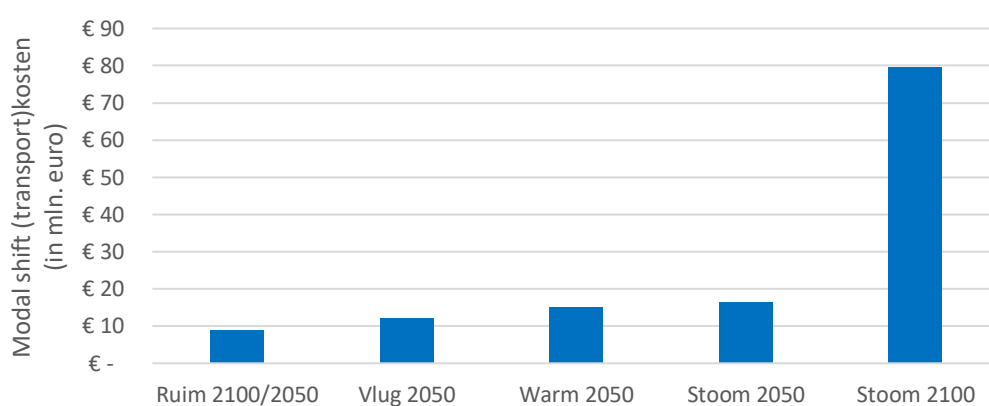
¹¹ Een vergelijkbare verhouding van modal shift hebben we toegepast bij de doorrekening van de modal shift (zie Tabel 6). Ook gezien de beperkte omvang (en mogelijk verspreide bestemmingen) lijkt het aannemelijker dat wegtransport als alternatieve vervoersmodaliteit zal worden gekozen.

¹¹ CBS Statline, goederenvervoer ([link](#))

Tabel 6: Aandeel modal shift van de binnenvaart naar spoor of weg

	Aandeel Spoor	Aandeel Weg
Modal shift (in %)	2%	98%

Figuur 4.6 presenteert de gemiddelde kosten voor modal shift van binnenvaart naar spoor en weg voor elk van de deltasenario's. In Stoom 2100 bedragen de kosten circa €90 miljoen. De kosten in de andere deltasenario's ligt tussen de €10 en €20 miljoen. De kosten voor modal shift naar spoor zijn het hoogst voor natte bulk, gevolgd door droge bulk.

Figuur 4.6 Modal shift (transport)kosten per deltasenario (in mln. euro)

Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

4.4 Emissies

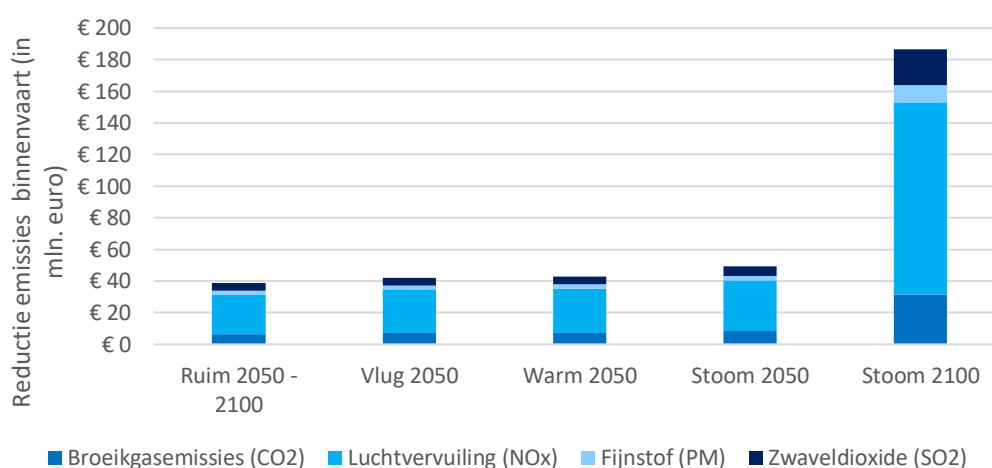
De toename van emissies komt voor een belangrijk deel voort uit extra emissies in de **binnenvaartsector** zelf, waaronder het vaker varen (met een lagere beladingsgraad), omvaren (zelfde vertrek- en eindpunt), en langer wachten bij sluizen. Een tweede oorzaak van toegenomen emissies is het gevolg van een modal shift van binnenvaart naar weg en spoor. Met name vervoer via de weg is per vervoerde ton over het algemeen veel vervuilender dan per binnenvaart. De kosten van deze extra emissies weerspiegelen de extra kosten voor de maatschappij (bijvoorbeeld de extra kosten die gemoeid zijn met de gezondheid van mensen als gevolg van toegenomen uitstoot van schadelijke stoffen).

Emissies in de binnenvaartsector

Figuur 4.7 presenteert de toename van broeikasgasemissies in de binnenvaartsector. Deze komen voort doordat binnenvaartschepen vaker varen, omvaren en/of (langer) wachten bij sluizen.

De grootste impact – vanwege de diepgang – slaat neer bij schepen die droge- (circa 22%) en natte bulk (circa 37%) vervoeren. De exacte verdeling is afhankelijk van het exacte Deltascenario. De gemiddelde jaarlijkse impact van laagwater op de extra emissies in de binnenvaartsector varieert sterk per Deltascenario. Het Deltascenario ‘warm’ laat een impact van circa 56.000 ton CO₂, 800.000 kg NO_x, 30.000 kg PM en meer dan 77.000 kg SO₂ zien. Op basis van de gebruikelijke waarderingskengetallen voor emissies (in 2023) bedraagt de jaarlijkse risicotename tussen de circa €40 en €190 miljoen (afhankelijk van het Deltascenario). Grofweg 65% van deze emissies worden veroorzaakt door de uitstoot van stikstof (NO_x).

Figuur 4.7 Emissiereductie in de binnenvaart (in mln. euro)

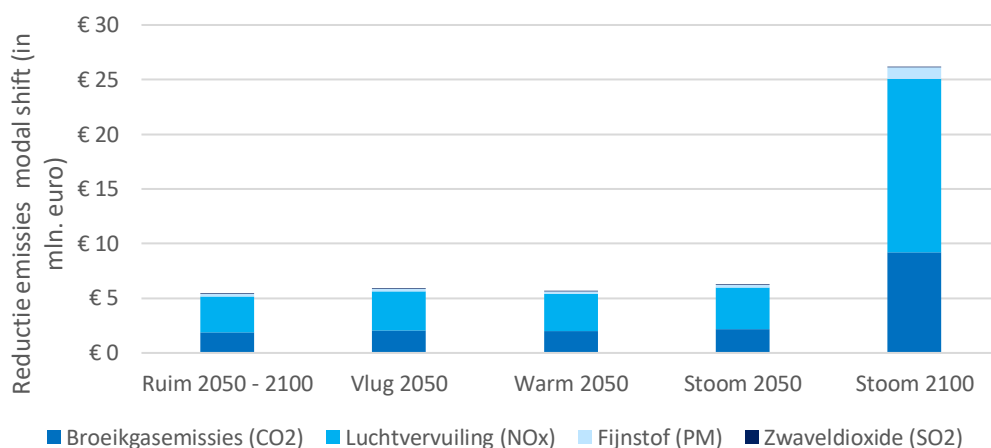


Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

Modal shift emissies

De toename van broeikasgasemissies als gevolg van een modal shift is gebaseerd op de hoeveelheid achtergebleven vracht (na 3 dagen). Uit de QINCoM modelresultaten blijkt dat er tussen de 400.000 ton en 2,7 miljoen ton achterblijft als gevolg van extreem laag water. Als binnenvaart niet langer een optie is, worden deze goederen alsnog per spoor maar vooral via de weg vervoerd (zie sectie 4.3). De grootste impact slaat neer bij schepen die natte bulk vervoeren, hetgeen volgens de modelresultaten als eerst verschuift naar weg (en incidenteel het spoor).

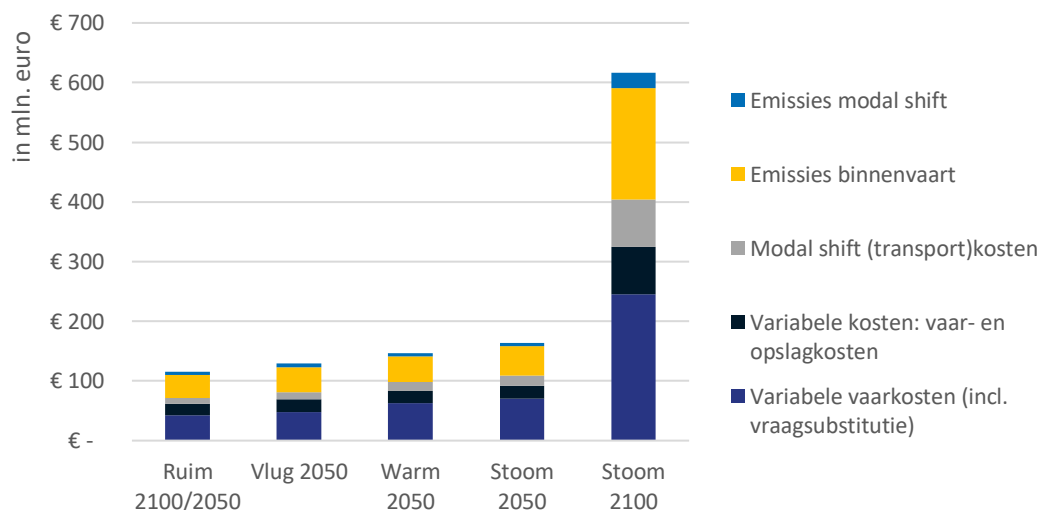
De gemiddelde jaarlijkse toename van emissies is met tussen de €5 en €26 miljoen substantieel te noemen. Dit komt voornamelijk omdat vervoer over de weg een grotere ‘footprint’ per ton heeft dan het vervoer per binnenvaart.

Figuur 4.8 Emissiereductie modal shift (in mln. euro)

Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

4.5 Toename jaarlijkse kosten

De toename van variabele vaarkosten (gecorrigeerd voor vraagsubstitutie), variabele kosten opslag en alsnog varen, modal shift kosten en emissies zijn bij elkaar opgeteld om te komen tot het totale jaarlijkse (gemiddelde) effect. In Figuur 4.9 wordt de totale kostentoeename per jaar weergegeven.

Figuur 4.9 Gemiddelde jaarlijkse kosten per deltascenario (in mln. euro)

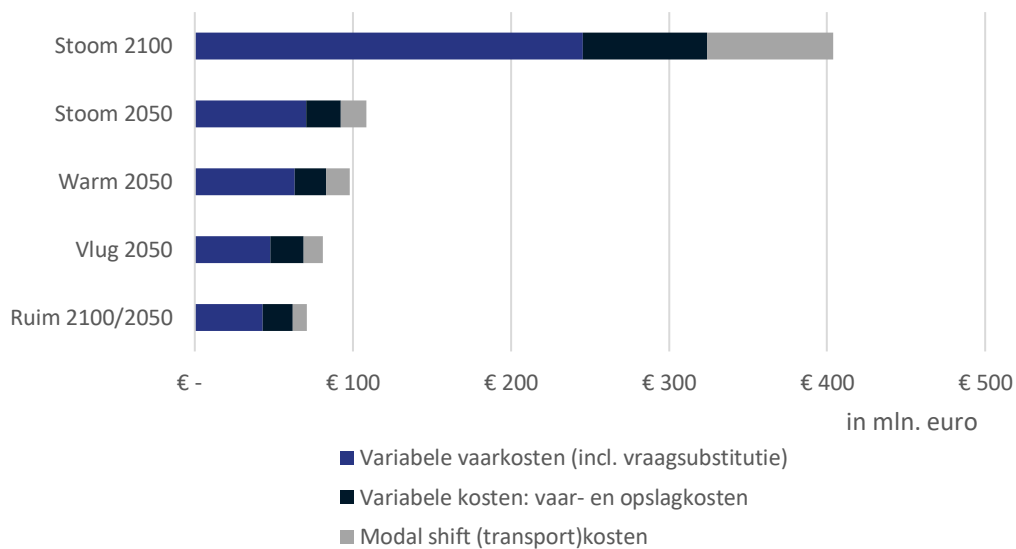
Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

4.6 Plausibiliteit

Om de plausibiliteit van deze studie te controleren, is het belangrijk de resultaten te toetsen aan bestaande literatuur/rapporten waarbij ook de economische effecten voor de scheepvaart als gevolg van laagwater (door klimaatverandering) zijn onderzocht. Zo voerde Erasmus UPT in 2018, in opdracht van CBRB en BLN/Schuttevaer, een onderzoek uit naar de economische impact van laagwater op de binnenvaartsector en verladers.¹²

Wel dient vooraf te worden opgemerkt dat beide onderzoeken op verschillende punten afwijken. Denk aan de methodiek (hier: QINCoM), jaar van uitvoering (hier: 2024), klimaat-scenario's (actuele deltasenario's) en scope (hier: Rijnvaart). Voor een eerlijk vergelijk laten we de waardering van emissies in deze plausibiliteitstoets achterwege. In Figuur 4.10 wordt het totale economische effect per deltasenario weergegeven.

Figuur 4.10 Totaal economische effecten per deltasenario (in mln. euro)



Bron: Ecorys, bewerkt o.b.v. resultaten uit QINCoM simulaties

Zodra we de uitkomsten van de Effectmodule Scheepvaart vergelijken met de resultaten van het onderzoek naar de economische impact laagwater vallen een aantal zaken op:

- Allereerst zien we dat de economische schade in het 'meest extreme' deltasenario (Stoom 2100) gelijk is aan circa €400 miljoen, waarmee de schade ongeveer €100 miljoen hoger ligt in vergelijking met het onderzoek door Erasmus UPT (gelijk aan €295 miljoen).
- Voor de overige deltasenario valt de gemiddelde economische schade lager uit dan de raming van Erasmus UPT in 2018. De economische schade varieert tussen de €70 en 110 miljoen.

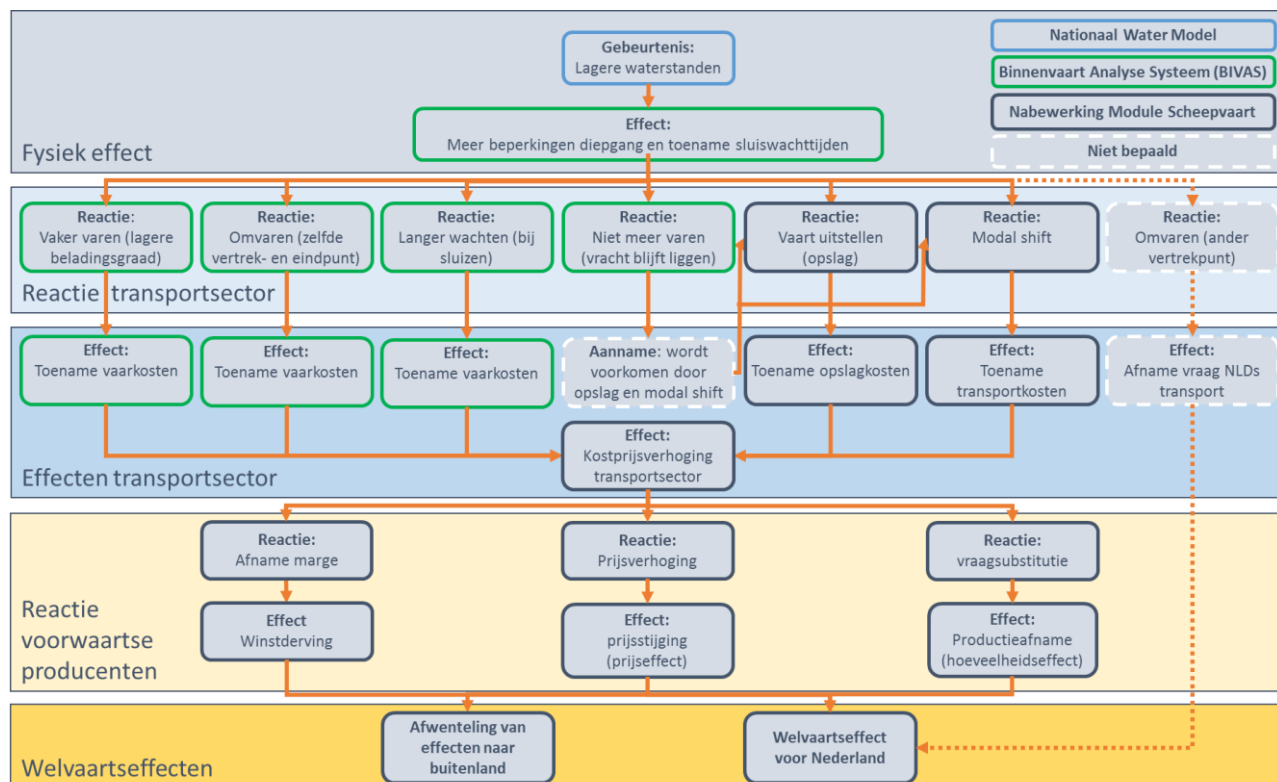
Dergelijke verschillen kunnen (deels) verklaard worden door de tijdsperiode waarin de onderzoeken zijn uitgevoerd. Sinds 2018 zijn er diverse ontwikkelingen geweest die van invloed kunnen zijn op de economische effecten van laagwater. Denk aan de Deltascenario's (toegelicht in Hoofdstuk 2). De toekomstige impact van klimaatverandering is daarmee naar boven bijgesteld, waardoor het te verklaren is dat de schade in de toekomst, zoals geraamd in de effectenmodule, zal toenemen.

¹² Erasmus UPT (2018), Economische impact laagwater ([link](#))

Ondanks dat een 1-op-1 vergelijking niet mogelijk is schatten beide studies de schade voor de scheepvaart in de orde van honderd(en) miljoenen euro's liggen, wat wijst op een substantiële economische impact.

Bijlage I: Schematische weergave Effectmodule Scheepvaart

Figuur BI.11 Schematische weergave werking van de Effectmodule Scheepvaart



Bron: Ecorys (2018)

Opmerking: In plaats van BIVAS wordt nu gebruik gemaakt van het Quick Inland Navigation Cost Model (QINCoM),

Bijlage II: Uitgangspunten van de Effectmodule Scheepvaart

In deze Bijlage wordt een overzicht gegeven van de rekenstappen in de Effectmodule Scheepvaart. Daarbij wordt het verschil tussen de oorspronkelijke en nieuwe inputwaardes weergegeven, alsmede vermelding van de gebruikte bronnen.

Algemeen: Outputs BIVAS / QINCoM outputs

Als algemene eerste stap wordt de BIVAS / QINCoM model outputs in de Effectmodule Scheepvaart geladen. Zo wordt o.a. met behulp van een aantal bewerkingen de schade berekend. In totaal worden de volgende indicatoren voor de 'huidige' en 'toekomstige' situatie (2050) opgenomen:

- Aantal Vaarbewegingen (in aantal)
- Totale Vracht (in ton)
- Totale TEU (in aantal)
- Totale Reistijd (in min)
- Totale Vaarkosten (in euro)
- Totale Variabele Vaarkosten (in euro)
- Totale Vaste Vaarkosten (in euro)
- Totale Afstand (in km)
- Totale TonKM (in tonkm)
- Totale Vracht Niet vervoerd (in ton)
- Totale Vracht niet vervoerd na minimum van drie dagen droogte (in ton)

Toename variabele vaarkosten

Stap 1: Verandering van vaarkosten

- Verandering van vaarkosten ontleend uit indicator 'Totale Vaarkosten (in euro)' tussen de 'huidige' en 'toekomstige' situatie;
- Aanpassing vaarkosten aan het prijspeil 2014/2017 naar prijspeil 2024;
 - Conversie van EUR 2014 naar EUR 2024 = 1,262
 - Conversie van EUR 2017 naar EUR 2024 = 1,247

Toename variabele opslagkosten

Stap 1: Verandering van achtergebleven vracht (gecorrigeerd voor opslag)

Verandering van achtergebleven vracht ontleend uit indicatoren 'Totale Vracht Niet vervoerd (in ton)' en 'Totale Vracht niet vervoerd na minimum van drie dagen droogte (in ton)' tussen de 'huidige' en 'toekomstige' situatie;

Stap 2: Verandering van variabele opslagkosten

Bij de verandering van variabele opslagkosten is een uitsplitsing gemaakt tussen opslagkosten voor bulk en gecontaineriseerde vracht. In Tabel BII.1 volgt een overzicht met de geactualiseerde opslagkosten, waarbij een prijspeilcorrectie van 1,247 is doorgevoerd (prijspeil 2017 naar 2024);

Tabel BII.1 Overzicht van opslagkosten

Type opslagkosten	Oorspronkelijke waardes (prijspeil 2017)	Actuele waardes (prijspeil 2024)
Totale opslagkosten - bulk	6,5 EUR/ton	8,1 EUR/ton
Variabele opslagkosten (als onderdeel van totale opslagkosten) - bulk	5,2 EUR/ton	6,5 EUR/ton
Huur terrein voor 3 dagen opslag - container	2,2 EUR/TEU	2,7 EUR/TEU
Variabele opslagkosten (handling) - container, incl. huur terrein	11,4 EUR/TEU	14,2 EUR/TEU

Bron: Oorspronkelijke invoer gebaseerd op interviews en aannames

Stap 3: Verandering van kosten om alsnog te varen

Bij de verandering als gevolg van de gemaakte kosten om de achtergebleven vracht alsnog per binnenvaart te vervoeren, wordt uitsplitsing gemaakt per goederensoort. De vaarkosten komen uit het QINCoM model en die zijn gebaseerd op het prijspeil van 2014 en daarom daar ook een actualisatie doorgevoerd. In Tabel BII.2 volgt een overzicht met de geactualiseerde vaarkosten, waarbij een prijspeilcorrectie van 1,262 is doorgevoerd (prijspeil 2014 naar 2024).

Tabel BII.2 Overzicht van vaarkosten

Vaarkosten (in euro p. ton / TEU) per goederensoort	Oorspronkelijke waardes (prijspeil 2014)	Actuele waardes (prijspeil 2024)
Bulk - [0] Landbouw	13,4 EUR/ton	16,7 EUR/ton
Bulk - [1] Voeding en vee	9,7 EUR/ton	12,1 EUR/ton
Bulk - [2] Mineralen	9,9 EUR/ton	12,4 EUR/ton
Bulk - [3] Aardolie	16,3 EUR/ton	20,4 EUR/ton
Bulk - [4] Ertsen	9,3 EUR/ton	11,6 EUR/ton
Bulk - [5] Staal	12,9 EUR/ton	16,1 EUR/ton
Bulk - [6] Bouwmaterialen	7,1 EUR/ton	8,9 EUR/ton
Bulk - [7] Meststoffen	14,0 EUR/ton	17,5 EUR/ton
Bulk - [8] Chemische prod,	13,3 EUR/ton	16,6 EUR/ton
Bulk - [9] Goederen	17,6 EUR/ton	22,0 EUR/ton
Bulk - Leeg (geen lading)	11,2 EUR/ton	14,0 EUR/ton
Containers	19,4 EUR/TEU	24,30 EUR/TEU

Stap 4: Verandering van transportkosten a.g.v. modal shift

Bij de verandering van transportkosten als gevolg van modal shift wordt gebruik gemaakt van de transportkosten van de alternatieve modaliteiten (spoor en weg) per type lading (bulk en container). In Tabel BII.3 volgt een overzicht met de geactualiseerde transportkosten) waarbij de nieuwe kostenkengetallen zijn gebruikt en de meest actuele, deze zijn aangepast naar het prijspeil van 2024 met de factor 1.247.

Tabel BII.3 Overzicht transportkosten (in euro per ton-kilometer) per type lading

	Oorspronkelijke waarden (prijspeil 2017)	Actuele waarden (prijspeil 2024)
kosten per tonkm, wegvervoer, bulk	0,062 EUR/tonkm	0,077 EUR/tonkm
kosten per tonkm, wegvervoer, container	0,052 EUR/tonkm	0,065 EUR/tonkm
kosten per tonkm, spoor, bulk	0,006 EUR/tonkm	0,007 EUR/tonkm
kosten per tonkm, spoor, container	0,023 EUR/tonkm	0,029 EUR/tonkm

Toename structurele jaarkosten

In eerste instantie is bij de toename van structurele jaarkosten de benodigde structurele opslagcapaciteit en het structurele modal shift volume bepaald aan de hand van elasticiteiten. Vervolgens wordt in Tabel BII.4 en Tabel BII.5 de oorspronkelijke en geactualiseerde waarden voor opslag en modal shift nader gespecificeerd, waarbij een prijspeilcorrectie van 1,247 is doorgevoerd (prijspeil 2017 naar 2024). Er is gekozen voor deze prijspeilcorrectie vanwege de specificatie in het CBS zakelijke dienstverlening prijsindex.

Tabel BII.4 Overzicht kosten opslagcapaciteit

	Oorspronkelijke waarden (prijspeil 2017)	Actuele waarden (prijspeil 2024)
Pachtprijs haven terrein Port of Rotterdam	57,8 EUR/co /jaar	72,08 EUR/ m ² /jaar
Jaarkosten infrastructuur voor droge bulk	28,1 EUR/ton	35,04 EUR/ton (door eerdere aanpassing)
Kosteninfrastructuur voor natte bulk opslag - investeringskosten	288-625 EUR/ton	Blijft gelijk aan de oorspronkelijke waarde
Pachtkosten voor opslag natte bulk	11,6 EUR/ton	14,46 EUR/ton
Jaarkosten infrastructuur voor natte bulk opslag	52,2 EUR/ton	65,09 EUR/ton (door eerdere aanpassing)
Pachtprijs inland terminal	46,3 EUR/ m ² /jaar	57,73 EUR/ m ² /jaar
Jaarkosten infrastructuur voor containeropslag	89,9 EUR/ton	112,10 EUR/ton (door eerdere aanpassing)

Net als in Tabel BII.3 zijn de waarden van Tabel BII.5 ook geïndexeerd op het prijspeil van 2024. Dit om ervoor te zorgen dat alles naar het prijspeil van 2024 is gehaald. De kosten zijn gecorrigeerd met de factor 1.247. Dit is de prijspeil correctie voor Vervoer in de CBS zakelijke dienstverlening.

Tabel BII.5 Overzicht kosten modal shift capaciteit

	Oorspronkelijke waarden (prijspeil 2017)	Actuele waarden (prijspeil 2024)
Vaste kosten spoorcapaciteit (sec de trein) - bulk	409 EUR/ton	510 EUR/ton
Vaste kosten spoorcapaciteit (sec de trein) - container	5.586 EUR/ton	6.965 EUR/ton
Vaste kosten wegcapaciteit (sec de vrachtwagen) - bulk	1.375 EUR/ton	1.714 EUR / ton
Vaste kosten wegcapaciteit (sec de vrachtwagen) - container	1.092 EUR/ton	1.361 EUR/ton

Bijlage III: Methodologie emissies

In dit hoofdstuk wordt de gehanteerde methodologie – zoals beknopt beschreven in hoofdstuk 3 – in meer detail stapsgewijs toegelicht.

Stap 1: Vaststellen totale tonkilometers en achtergebleven vracht

In het algemeen geldt dat voor de kwantificering van effecten gebruik is gemaakt van de resultaten uit QINCoM. Zo simuleert QINCoM alle reizen zoals deze zijn geregistreerd in de referentie voor toekomstige waterstandscenario's, en doet dit voor een reeks van 90 jaar.

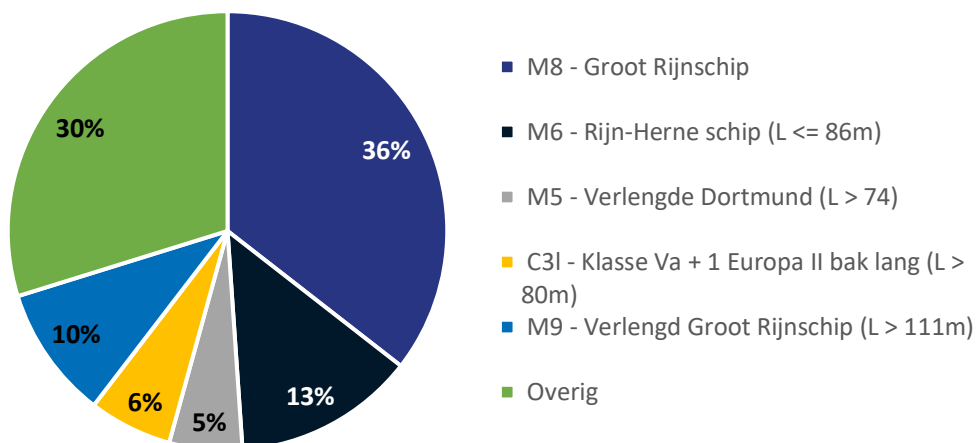
Elk jaar in deze reeks van 90 moet worden beschouwd als een individueel onafhankelijke trekking. Elke trekking heeft evenveel kans op optreden en vertegenwoordigt de rivierwaterstanden en -snelheden zoals deze kunnen voorkomen gedurende één jaar.

Stap 1 van deze analyse vormt het startpunt van de analyse door de scheepsbewegingen en achtergebleven lading (beide QINCoM post-processing output) af te leiden;

Stap 2: Prognose vervoersaantallen en type schepen

In stap 2 worden de vervoersvolumes verdeeld over de binnenvaartvloot. Daarbij is een inschatting gemaakt van de karakteristieken van de huidige binnenvaartvloot. Zo wordt het type schepen afgeleid uit historische QINCoM reeksen waarin het aantal reizen is gedocumenteerd. In onderstaande Figuur wordt de vlootsamenstelling weergegeven.

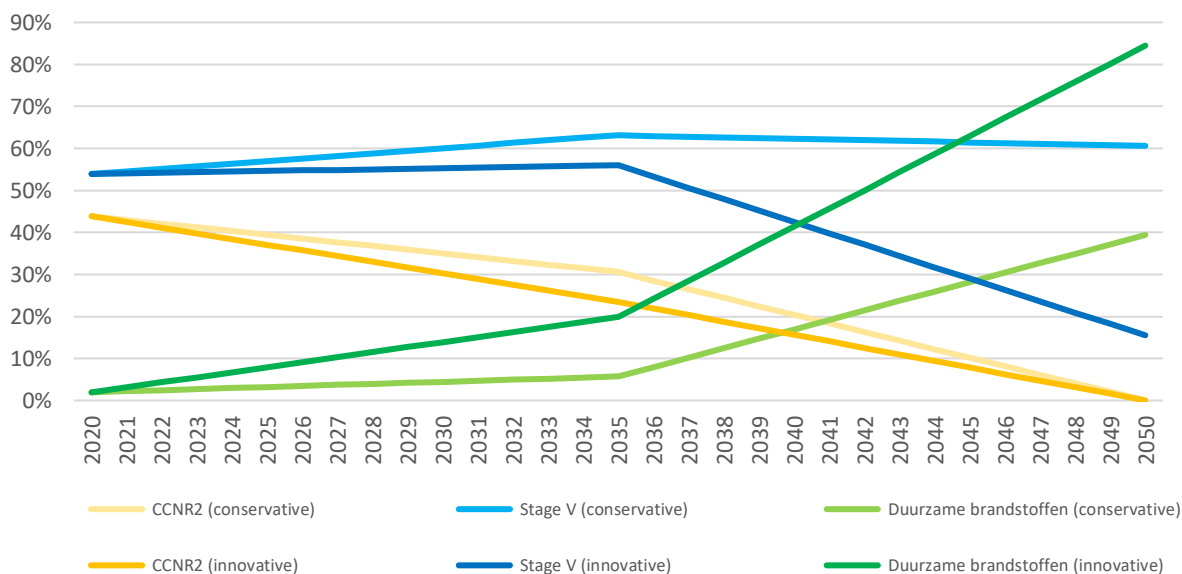
Figuur BIII.1 Vlootsamenstelling naar type schepen (weergave bij >5% aandeel)



Stap 3: Verduurzaming van de vloot

Stap 3 bevat de verduurzaming van de binnenvaartvloot. De CCNR (2022) schetste eind 2022 twee transitie-scenario's voor de gehele binnenvaartvloot; conservatieve en innovatieve.¹³ Deze worden als uitgangspunt gebruikt om het aandeel duurzame brandstoffen in de binnenvaart te bepalen. Ten behoeve van deze studie is als uitgangspunt 2024 genomen (met een beperkt verschil tussen beide scenario's).

Figuur BIII.2 Verduurzaming van de binnenvaartvloot



Bron: CCNR (2023)

Stap 4: Emissiefactoren per type schip

Stap 4 voegt de emissiefactoren per type schip toe aan de analyse. Om de verandering in de milieuprestatie te bepalen wordt gebruik gemaakt van de kengetallen uit STREAM.¹⁴ Daarbij zijn de waarderingskengetallen voor 2024 als leidend veronderstelt.

Stap 5: Waardering van broeikasgasemissies

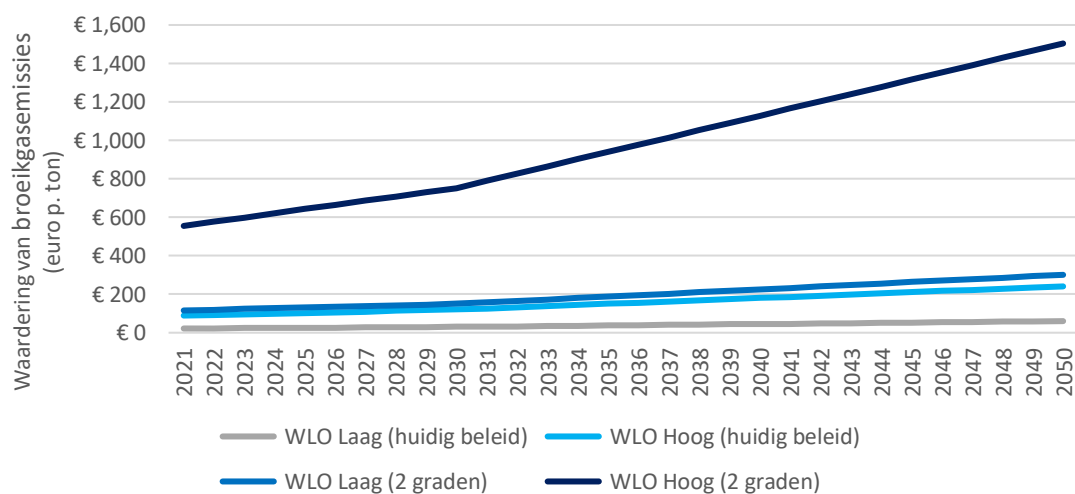
Om de jaarlijkse impact te bepalen wordt de waardering van broeikasgasemissies toegevoegd (stap 5). Deze waardering voorgestelde prijzen in het recente Handboek Milieuprijzen.¹⁵

Voor klimaat geeft Figuur BIII.3 de (tijdelijke) waarderingskengetallen die dienen te worden gebruikt in een economische impactstudie (MKBAs). Hierbij zijn de voorgeschreven prijzen vanuit de WLO opgehoogd met de jaarlijkse groeivoet en inflatie, zodat de prijzen nu zijn weergegeven in het prijspeil van 2024.

¹³ CCNR (2022), CCNR roadmap for reducing inland navigation emissions

¹⁴ https://ce.nl/wp-content/uploads/2021/03/CE_Delft_190325_STREAM_Goedervervoer_2020_DEF_Versie2.pdf

¹⁵

Figuur BIII.3 Emissiewaardering**Stap 6: jaarlijkse (gemiddeld gewogen) verandering van emissies**

Tot slot bevat [stap 6](#) het berekenen van het gemiddelde. Zo wordt voor elk jaar de kans van optreden (1,1% voor de selectie van 90 jaren) vermenigvuldigd met de impact. Het totaal geeft het jaarlijkse gemiddelde, hetgeen leidt tot een berekening van het jaarlijkse (gemiddeld gewogen) verandering van emissies.



Postbus 4175
3006 AD Rotterdam
Nederland

Watermanweg 44
3067 GG Rotterdam
Nederland

T 010 453 88 00
F 010 453 07 68
E netherlands@ecorys.com

K.v.K. nr. 24316726

W www.ecorys.nl