

# Laagwater in de binnenvaart

*“De effecten van laagwater op de Rijn op de operationele activiteiten en de aantrekkelijkheid van de modaliteit binnenvaart.”*

Erasmus Universiteit Rotterdam

Erasmus School of Economics

Milan Duijvestijn

Bachelor scriptie Economie & Bedrijfseconomie

Studentnummer: 619476

Begeleider: M.E. Streng

Tweede beoordelaar: H.C. Mosmans

Datum definitieve versie: 8-7-2024

Het geschrevene in deze scriptie is de opvatting van de auteur en niet noodzakelijk die van de begeleider, tweede beoordelaar, Erasmus School of Economics of Erasmus Universiteit Rotterdam

## Samenvatting

De huidige klimaatveranderingen en de hieruit volgende droogteperioden kunnen ingrijpende consequenties hebben voor de wereld. Een overgang van de Rijn van een gemengde rivier naar een regenrivier is hier een voorbeeld van. De Rijn krijgt steeds vaker te maken met laagwaterperioden. Doordat de Rijn de belangrijkste rivier is binnen het West-Europese transportnetwerk leidt dit mogelijk tot problemen.

In dit onderzoek worden hoofdzakelijk operationele activiteiten geanalyseerd en de effecten die laagwater hierop heeft. De uitgevoerde analyses wijzen op een daling van de beladingsgraad en het aantal vervoerde tonnen ten tijde van laagwater. Het aantal uitgevoerde reizen lijkt in deze tijd juist tijdelijk toe te nemen, net als de omzet. Een ander beeld dat geschetst kan worden, is dat in periodes na laagwater, de markt snel lijkt te herstellen en daarmee terugkeert naar de oude situatie.

De betrouwbaarheid en efficiëntie van de binnenvaart lijkt achteruit te gaan ten tijde van laagwater, waardoor verladers mogelijkheden bij andere modaliteiten in overweging nemen. Op het gebied van snelheid en volume blijft de binnenvaart haar concurrentievoordeel daarentegen nog steeds behouden. Op het gebied van uitstoot en prijs lijkt de binnenvaart minder aantrekkelijk te worden tijdens laagwater. Ook deze veranderingen lijken na herstel van waterstanden, snel terug te keren naar de situatie van voor laagwater.

## Inhoud

Samenvatting.....	1
1. Introductie.....	4
1.1 Onderzoeksvragen.....	5
1.2 Hypothesen .....	6
1.3 Structuur .....	7
2. Theoretisch kader .....	8
2.1 Binnenvaart – modaliteit en ontwikkeling.....	9
Modaliteit.....	9
Ontwikkeling binnenvaart en Rijn .....	11
Economische invloed .....	13
2.2 Laagwater .....	13
Conceptualisatie .....	14
Hydrologische en klimaat gerelateerde achtergrond .....	14
2.3 Impact van laagwater op operationele en logistieke activiteiten .....	16
2.4 Economische gevolgen van laagwater.....	18
2.5 Aantrekkelijkheid van de binnenvaart als modaliteit .....	19
Elementen .....	20
2.6 Conclusie .....	21
3. Methodologie.....	22
3.1 Data .....	23
4. Analyse en resultaten .....	24
4.1 Waterstanden bij pegel-Kaub.....	24
Analyse .....	24
Resultaten.....	26
4.2 Beladingsgraden .....	26
Analyse .....	26
Resultaten.....	28
4.3 Vervoerde tonnages .....	28
Analyse .....	29
Resultaten.....	31
4.4 Aantal transporten .....	31
Analyse .....	31
Resultaten.....	32

4.5 Gevolgen operationele kosten en opbrengsten .....	32
Analyse .....	32
Resultaten.....	34
4.6 Elementen vervoerskeuze binnenvaart .....	35
Analyse .....	35
Resultaten.....	39
5. Conclusie .....	40
Samenvatting belangrijkste bevindingen .....	40
Interpretatie van bevindingen.....	42
Tekortkomingen en verbeterpunten .....	43
Slotwoord.....	44
Referenties .....	45
Bijlage A: Tabellen .....	49
Bijlage B: Figuren .....	50

# 1. Introductie

De huidige klimaatveranderingen en het toenemende aantal uitdagingen waar de wereld mee te maken heeft, kunnen ingrijpende consequenties hebben voor de hele wereld. Eén van de gevolgen hiervan is de toenemende frequentie van laagwaterperioden in de West-Europese rivieren. In de afgelopen zes jaar zijn er twee perioden geweest van extreem laag water, de jaren 2018 en 2022. Onder andere de binnenvaart wordt door deze gebeurtenissen hard geraakt. Een gevolg hiervan is dat niet alleen de binnenvaart zelf geraakt wordt, maar ook alle andere partijen die op een manier betrokken of afhankelijk zijn van de binnenvaart.

De reden dat laagwater een probleem vormt voor de binnenvaart, ligt vooral in het feit dat schepen minder vol kunnen worden beladen bij lagere waterstanden. Doordat schepen minder vol beladen kunnen worden, zullen meer schepen moeten worden gebruikt om dezelfde hoeveelheid lading van A naar B te kunnen vervoeren. De binnenvaart als geheel beschikt niet over voldoende capaciteit om dit helemaal op te kunnen vangen, waardoor er problemen kunnen ontstaan bij de verladers.

Echter, er zijn niet alleen maar negatieve effecten voor de binnenvaart ten gevolge van laagwater. Een voorbeeld van een positief gevolg is de laagwatertoeslag. Dit is een toeslag die meestal in staffelvorm wordt toegekend boven op de vrachtprijs die verladers betalen. Dit begint vaak bij een waterstand onder de 181 cm. Gemiddeld genomen in de markt van droge bulk neemt de toeslag bij iedere 10 cm daling met 10% van de vrachtprijs toe. Hierdoor kunnen schippers (deels) gecompenseerd worden voor het aantal tonnen dat minder kan worden vervoerd, veroorzaakt door lagere waterstanden. Verladers zijn immers afhankelijk van de modaliteit die zij hebben gekozen, zodat goederen en grondstoffen van en naar de fabriek vervoerd kunnen worden. Zij zijn hierdoor bereid meer geld te betalen om de dagelijkse bedrijfsvoering niet of in mindere mate af te hoeven schalen.

In de meeste contracten tussen vervoerders en verladers is er een clause opgenomen waarin staat dat bij een dermate lage waterstand de contracten vrij vallen. Prijzen van transporten worden in dergelijke gevallen steeds voorafgaand aan de reis vastgesteld.

Een ander mogelijke bijkomstigheid is dat bij minder capaciteit op het water mogelijk gekozen wordt om productie tijdelijk af te schalen of te kijken naar een andere manier van transport. Beide opties zullen hoge extra kosten met zich meebrengen voor verladers. Met het oog op een 'modal shift' van weg- naar watertransport, kunnen toenemende aantal perioden van laagwater leiden tot dalende zekerheid van de modaliteit binnenvaart (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2023). Hierdoor zou een 'reverse modal shift' kunnen optreden, waarbij verladers de andere kant op bewegen, en overstappen van water- naar wegtransport. Dit zou echter tegen de doelen van het Ministerie van

Infrastructuur en Waterstaat ingaan, dat probeert de toekomst op een zo groen mogelijke manier in te slaan.

Naast het feit dat de lagere waterstanden ervoor kunnen zorgen dat de schepen minder vol beladen kunnen worden, kan het ook voorkomen dat rivieren gestremd worden. In dat geval is het helemaal niet meer mogelijk om de rivier te bevaren. De stap naar wegtransport ligt in dat geval erg voor de hand. Echter is de capaciteit binnen het wegtransport ook niet ongelimiteerd. Veel voorkomende perioden van extreem laag water kunnen dus leiden tot dalende zekerheid voor verladers in de binnenvaart. Binnenvaart wordt in dat geval minder betrouwbaar en dit zou de modaliteit kunnen schaden in zijn aantrekkelijkheid. Om meer te kunnen zeggen over de veranderingen en het effect dat laagwaterperioden hebben op de aantrekkelijkheid van de modaliteit binnenvaart zal er een set aan criteria moeten worden opgesteld. Aan de hand van deze set met criteria zal kunnen worden vastgesteld of de binnenvaart daadwerkelijk haar aantrekkelijkheid verliest als gevolg van toenemende perioden van laagwater.

Een ander belangrijk onderdeel van de binnenvaart dat onderzoek vereist zijn de effecten van laagwater op de operationele activiteiten. Gemiddeld gezien over de afgelopen tien jaar, wordt er door de binnenvaart ruim 350 miljoen ton vervoerd op jaarbasis en voor 2,7 miljard euro bijgedragen aan het bruto binnenlands product (bbp) (CBS, 2024). Om een beeld te krijgen over de effecten die kunnen optreden als gevolg van laagwaterperioden, is het van belang om data te gebruiken afkomstig uit perioden van ‘normaal’ en ‘laag’ water. Later zal dieper worden ingegaan op de specificatie bij welke waterstand er gesproken kan worden van normaal of laag water.

## 1.1 Onderzoeksvragen

Naar aanleiding van de bovenstaande genoemde mogelijke bedreigingen voor de binnenvaart, en daarmee de relevantie van het onderwerp, zijn er enkele deelvragen opgesteld. Het doel van deze deelvragen is om tot een antwoord te komen op de vastgestelde hoofdvraag. De hoofdvraag van dit onderzoek luidt als volgt:

*Hoe beïnvloedt het laagwater op de Rijn de operationele activiteiten en aantrekkelijkheid van de modaliteit binnenvaart?*

In deze onderzoeksvraag wordt specifiek gekeken naar trajecten die uitgevoerd worden op de rivier de Rijn. Hier is voor gekozen omdat de binnenvaart de meeste problemen ten gevolge van laagwater ondervindt op deze rivier. In het theoretische kader zal dieper worden ingegaan op welke trajecten dit zijn. Antwoorden op de genoemde onderzoeksvraag zullen worden gevormd aan de hand van de volgende deelvragen in combinatie met hypothesen die later zullen worden geëvalueerd.

1. *In hoeverre beïnvloedt de toenemende frequentie van laagwaterperioden het aantal bewegingen in de binnenvaart?*
2. *Wat is het effect van laagwaterperioden op de Rijn op de operationele kosten en opbrengsten van de binnenvaart?*
3. *Hoe veranderen de elementen voor vervoerskeuze door verladers ten aanzien van de binnenvaart door de toenemende frequentie van laagwaterperioden op de Rijn?*

## 1.2 Hypothesen

Ten gevolge van de bovenstaande deelvragen zijn de volgende hypothesen opgesteld:

1. *Het aantal operationele bewegingen ten tijde van laagwater stijgt naar aanleiding van laagwaterperioden.*
2. *Operationele kosten van de binnenvaart stijgen en opbrengsten nemen toe ten tijde van laagwater.*
3. *De toenemende frequentie van laagwaterperioden op de Rijn leiden tot een verslechtering van de concurrentievoordelen van de binnenvaart.*

De eerste hypothese die zal worden behandeld in dit onderzoek stelt dat het aantal operationele bewegingen tijdens laagwater zal stijgen naar aanleiding van aanhoudende laagwaterperioden. Deze verwachting kan worden geschetst omdat de schepen voor een kleiner deel kunnen worden beladen doordat de waterstand lager is. Deze lagere belading van schepen leidt ertoe dat voor dezelfde hoeveelheid lading een grotere hoeveelheid schepen moet worden ingezet. Mede om deze reden wordt verwacht dat het totaal aantal bewegingen/reizen omhoog zal gaan.

Ten tweede wordt verwacht dat de operationele kosten van de binnenvaart zullen toenemen ten tijde van laagwater. In eerste instantie zullen met name de schippers dit gaan merken. Het feit dat schepen in perioden van laagwater voor een kleiner deel kunnen worden beladen, zal ertoe leiden dat de vaste kosten die gemaakt worden nu verdeeld moeten worden over een kleiner aantal tonnages. Binnen deze hypothese wordt ook gekeken naar de veranderingen van operationele opbrengsten ten gevolge van laagwaterperioden. De eerdergenoemde laagwatertoeslagen zorgen voor een (gedeeltelijke) kostenverdeling veroorzaakt van de gemiste opbrengsten door laagwater.

De laatste hypothese volgt uit het feit dat er verwacht wordt dat het imago en de perceptie in de richting van de binnenvaart negatief beïnvloed zal worden, aangezien de modaliteit met steeds meer onzekerheid te maken zal krijgen. Deze onzekerheid is onwenselijk voor verladers en andere betrokkenen in de sector. De kans bestaat dat verladers hierdoor zullen kiezen voor een andere modaliteit en een 'reverse modal shift' zullen uitvoeren. In dit onderzoek zal worden onderzocht welke elementen belangrijk zijn voor verladers met betrekking tot vervoersmiddelkeuze, en in welke mate deze elementen veranderen ten gevolge van laagwater.

## 1.3 Structuur

Het onderzoek zal zich in het eerstvolgende hoofdstuk (2) vooral richten op de achterliggende theorie die van belang is om dit onderzoek te verrichten. Eén van de belangrijkste onderdelen van deze theorie richt zich op de waterstanden. In deze sectie zal worden vastgesteld op welke punten de waterstanden voornamelijk van belang zijn voor dit onderzoek, en bij welke standen er gesproken kan worden van 'normaal' en 'laag' water. Op het moment dat deze definitie is vastgesteld kan er gekeken gaan worden naar welke perioden met elkaar vergeleken gaan worden in het onderzoek. Het onderzoek richt zich namelijk op enkele specifieke delen van de Rijn in Nederland en Duitsland. Hierbij is het van belang om trajecten te specificeren waarbij laagwater duidelijk heeft plaatsgevonden. Op deze manier kunnen er diverse businesscases worden opgesteld die met elkaar worden vergeleken. Hierbij zullen ook de verschillende ladingssoorten, die op de trajecten vervoerd worden, meegewogen worden.

Vervolgens zal er een theoretisch kader worden opgesteld waarin het definiëren van verschillende onderwerpen binnen de binnenvaart centraal staat. Hierbij wordt gefocust op het uiteenzetten wat laagwater is en waardoor het veroorzaakt wordt. Verder wordt er gekeken naar ontwikkeling en geschiedenis van de binnenvaart. Binnen dit theoretisch kader zal tevens een analyse geschetst worden op basis van reeds uitgevoerde onderzoeken naar de effecten van laagwater op de binnenvaart. Onder meer onderzoeken, die zich richten op economische effecten van recente laagwaterperioden, worden hierin meegewogen.

Vervolgens zal in het derde hoofdstuk de methodologie beschreven en toegelicht worden. Hierin wordt duidelijk op welke manier het onderzoek uitgevoerd wordt om op een zo goed mogelijke manier de antwoorden op de deelvragen te kunnen geven. Deze antwoorden zijn uiteindelijk van belang om de gestelde hypothesen wel of niet te verwerpen. Aan de hand daarvan kunnen er uiteindelijk conclusies getrokken worden als antwoord op de hoofdvraag. In dit hoofdstuk zal tevens de gebruikte data worden toegelicht. Hierbij zal worden genoemd op welke wijze de gebruikte data is verkregen. Verder zullen de vaktermen die gebruikt worden in de data worden gedefinieerd.

Hoofdstuk 4 zal bestaan uit het tonen en analyseren van de gevonden resultaten. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van een combinatie van tekstuele, visuele en tabelmatige structuur. Op deze manier kunnen de verschillende businesscases op een overzichtelijke manier met elkaar vergeleken worden.

Tot slot zal hoofdstuk 5 bestaan uit de conclusie waarin de antwoorden op de vragen zullen worden besproken en de gestelde hypothesen worden geëvalueerd. Ook is hier ruimte voor een discussie met tekortkomingen en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek.



## 2. Theoretisch kader

In dit hoofdstuk wordt de theoretische basis gelegd voor het onderzoek naar de effecten van laagwater in de Rijn op de operationele activiteiten en de aantrekkelijkheid van de modaliteit binnenvaart. Het doel van het hoofdstuk is om de theoretische en historische context te verduidelijken en hierdoor beter te kunnen begrijpen. Hierbij is het van belang om relevante concepten uitgebreid te definiëren. Om de impact van laagwater op de binnenvaart duidelijk in beeld te krijgen is het essentieel om deze zaken verduidelijkt te hebben.

Allereerst zal een contextueel achtergrond worden gegeven met betrekking tot de modaliteit binnenvaart. Hierin zal onder meer worden gefocust op wat de binnenvaart nu daadwerkelijk is, hoe een transportketen gebruikmakende van binnenvaart eruit kan zien en de ontwikkeling van de binnenvaart door de tijd heen.

Dit wordt gevolgd door een paragraaf waarin het definiëren van het concept laagwater centraal staat. Hierbij zal verder worden uitgelegd wat laagwater inhoudt en wat de oorzaken van laagwater zijn. Vervolgens zal de hydrologische en klimaat gerelateerde achtergrond van de rivier de Rijn worden besproken. Binnen deze hydrologische gegevens zullen onder meer de waterstanden op de rivier de Rijn en de oorzaken vanuit klimaatverandering worden meegenomen. Bovendien zullen er grenzen worden opgesteld waarbinnen gesproken kan worden van normaal en laag water.

Nadat de essentiële informatie om te begrijpen wat laagwater inhoudt gegeven is, zal er verdere context worden gegeven bij de effecten die laagwater heeft veroorzaakt in het verleden. Dit zal worden onderverdeeld in twee delen. Als eerste zullen de operationele en logistieke effecten worden behandeld, gevolgd door een deel met betrekking tot de economische effecten.

Tot slot zal de aantrekkelijkheid van de binnenvaart worden besproken. Hierbij is het van belang om een aantal elementen vast te stellen die verladers meewegen in hun keuze voor een modaliteit. Naast binnenvaart zal er dus ook gekeken worden naar welke verschillen er bestaan tussen de verschillende modaliteiten: weg, water en spoor. De concurrentievoordelen van de binnenvaart zullen later ook aan bod komen. In de analyse zal de ontwikkeling hiervan worden weergegeven in perioden met normaal en laag water.

Na het uitwerken van dit theoretische kader zal de basis gelegd zijn voor het uitvoeren van een juiste analyse in het volgende hoofdstuk. Hierop volgend zullen de resultaten worden opgemaakt.

## 2.1 Binnenvaart – modaliteit en ontwikkeling

Om het centrale probleem in dit onderzoek goed in kaart te kunnen brengen is het van belang duidelijk uiteen te zetten wat de binnenvaart inhoudt en hoe de sector in elkaar zit. De binnenvaart is de sector waarbinnen het binnenvaartschip een vervoersmiddel is dat gebruikt wordt voor het transport van allerlei soorten goederen. De sector binnenvaart op zich valt vervolgens weer op te delen in verschillende soorten bedrijven en betrokkenen.

### Modaliteit

Aan de ene kant zijn er de (1) verladers, dit zijn ondernemingen die hun goederen van punt A naar punt B vervoerd willen hebben. Aan de andere kant zijn er de (2) binnenvaartondernemers die ervoor zorgen dat de lading vervoerd wordt tussen de beide punten, dit zijn onder meer de schippers. De binnenvaartmarkt wordt gedomineerd door kleine ondernemers die slechts één of enkele schepen in het bezit hebben (van der Geest, et al., 2023). Om deze twee partijen op een soepele en efficiënte wijze samen te laten komen wordt er in de sector veel gewerkt met een intermediair. Een andere term die hieraan gegeven wordt in de binnenvaart is (3) bevrachtingskantoor.

De functie van deze bevrachtingskantoren ligt onder meer in het aangaan van contracten met verladers om verzekerd te zijn van bepaalde ladingpakketten. Hierop volgend zullen de bevrachters zorgen dat deze lading gekoppeld wordt aan een schip/binnenvaartondernemer. In de sector binnenvaart is beschikbaar werk in twee hoofdcategorieën onder te verdelen: spotwerk en contractwerk.

Spotwerk speelt zich af op de vrije markt, die op ieder moment van de dag onderhevig is aan prijsschommelingen. De vrachtprijs wordt dus net voor het overeenkomen van de reis pas vastgesteld. Deze prijs is onder meer afhankelijk van tijdsduur, hoeveelheid tonnen, waterstanden, ladingssoort, etc.

Contractwerk is vervolgens weer in twee categorieën te onderscheiden: vervoerscontracten en chartercontracten.

De vervoerscontracten zijn contracten tussen de verlader en de vervoerder. In veel gevallen in de binnenvaart zal de vervoerder het bevrachtingskantoor zijn, doordat de meeste schippers maar één schip in bezit hebben. In deze contracten worden zaken vastgelegd als contractduur, vervoershoeveelheid, laad- en losplaatsen, vrachtprijs, risicospreiding, laagwatertoeslag, etc.

Chartercontracten daarentegen zijn contracten waarbij de verlader een schip huurt. Dit kan zijn in de vorm dat een schip voor bepaalde tijd voor de verladers zal gaan varen. Ook is het mogelijk dat het schip voor één of enkele reizen wordt ingezet voor de verlader, zoals overeengekomen in het contract.

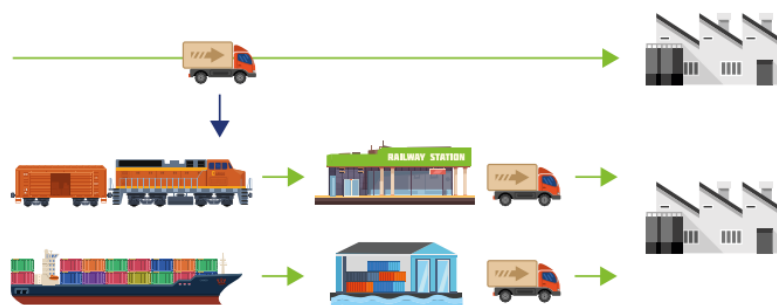
Naast grote commerciële bedrijven zijn er meerdere bevrachtingscoöperaties actief in de sector binnenvaart. Dit zijn organisaties waar schippers/binnenvaartondernemers als lid deel uitmaken van het bevrachtingskantoor. Het kantoor neemt de schippers dus veel werkzaamheden uit handen en verzekert hen van werk en daardoor dus ook van opbrengsten. Het is echter ook mogelijk dat grote organisaties zelf de uitvoering van hun vervoer via water in handen houden, en hiermee dus enkele bovenstaande genoemde stappen overslaan.

De situatie zoals hierboven is de meest gemakkelijke combinatie, een transport waarbij een ladingpakket van punt A naar B moet en daarmee compleet is. In werkelijkheid ligt dit gecompliceerder. Er zijn namelijk fabrieken en oogstlocaties die niet direct aan het water liggen. Om deze fabrieken toch van dienst te kunnen zijn via de modaliteit binnenvaart is een zogeheten 'modal split' van belang.

Een modal split is een situatie waarin een gedeeltelijke modal shift heeft plaatsgevonden, en de oude modaliteit (veelal wegvervoer) nog gedeeltelijk gebruikt wordt. In het goederenvervoer is sprake van een modal shift in het geval dat er van wegvervoer wordt overgegaan op vervoer via water of spoor (Rondaij et al., 2020). Figuur 1 toont een schematische afbeelding waarop dit proces duidelijk zichtbaar is. De modal split in dit geval bestaat uit een situatie waarin het grootste deel van het transport wordt uitgevoerd via water of spoor, en het laatste deel over de weg. Dit zit hem in het feit dat dit laatste stuk veelal niet bereikbaar is via water of spoor.

## Figuur 1

### *Modal split in de transportsector*



*Figuur 1: Schematische afbeelding van een gedeeltelijke modal shift, de verschuiving van wegtransport naar spoor/weg en water/weg (Rondaij et al., 2020).*

Dit proces toont duidelijk hoe de binnenvaart in zijn werk gaat. Er is een bepaalde hoeveelheid lading beschikbaar dat direct van oogstlocatie, vrachtwagen, trein of zeeboot af komt. Deze lading moet op een overslagplaats worden overgeheveld in de grote ladingbak van het binnenvaartschip. Vervolgens

begint het binnenvaartschip zijn transportreis en bij aankomst op de eindbestemming (overslagplaats), zal de lading worden overgebracht in een vrachtwagen, trein, zeeboot of fabriek.

De lading die vervoerd wordt over water is onder te verdelen in drie hoofdcategorieën: droge lading, natte lading en containers. Hierbij bestaat droge lading uit goederen als agribulk, kolen, ertsen, bouwmaterialen, zout, zand en grind. Natte lading daarentegen wordt in een grote tank opgeslagen, dit zijn goederen als mineralen en eetbare oliën. Containers zijn grote stalen boxen die gemakkelijk van schip op vrachtwagen kunnen worden geplaatst en andersom. Containers worden gemeten in Twenty foot Equivalent Units (TEU). Op deze manier is het gemakkelijker voor de bedrijven in de logistieke sector om de containers te kwantificeren.

## Ontwikkeling binnenvaart en Rijn

Om een duidelijk beeld te schetsen over de binnenvaart is het van belang de geschiedenis en ontwikkeling van de sector in kaart te brengen. Hierbij zal worden ingegaan op de binnenvaart in het algemeen en specifiek op de binnenvaart dat zich afspeelt op de Rijn. Aandacht wordt onder meer besteed aan hoe de Rijn de belangrijke ader in West-Europees transport is geworden, zoals het dat vandaag de dag nog steeds is. Verder wordt er gekeken naar ontwikkelingen met betrekking tot vervoerde tonnages, aantal binnenvaartschepen, veel gebruikte trajecten en economische gegevens.

De geschiedenis van de Rijnvaart gaat terug tot het begin van de Christelijke jaartelling, de tijd van de Romeinen. Zij waren immers de eersten die de in Nederland gelegen waterwegen hebben aangelegd. De Romeinen gebruikten de Oude Rijn als afbakening van het Rijk, waarbij de Rijn de noordgrens aangaf. De rivieren werden in die tijd voornamelijk gebruikt voor het vervoer van troepen. Later heeft dit zich ontwikkeld tot transport van goederen die moeilijk te vervoeren waren over land (Brolsma, 2010).

Jaren van ontwikkeling volgden hierop. In de vijftiende eeuw ontstonden steeds meer bonden tussen handelaren en schippers. Een punt wat hierbij sterk onder de aandacht kwam in deze handelskringen was transport over water (Verrips, 1991). De sterke groei van de steden in voornamelijk Duitsland leidde tot meer aandacht op de commerciële vaart. Een samenwerking in de handelskringen tussen de Kamers van de Verenigde Oost-Indische Compagnie (VOC) in combinatie met toegenomen internationale handel heeft geleid tot sterke stijging van de binnenlandse vaart (Lesger, 1993).

Vervolgens werd in 1804 het Octrooiverdrag voor de Rijn getekend door de leiders van het hedendaagse Frankrijk en Duitsland. Het doel hiervan was, in combinatie met het afschaffen van tolheffing, de octrooien te centraliseren. Met de opgehaalde bedragen kon de vaarweg fors verbeterd worden door een internationale organisatie. Dit had tot gevolg dat in 1814 het Verdrag van Parijs werd

getekend, wat ervoor zorgde dat vrije scheepsvaart op de grote Europese rivieren nu genormaliseerd was. Dit heeft uiteindelijk de basis gelegd voor de Centrale Commissie voor de Rijnvaart (CCR, 2020).

Door onder meer een verbeterde vaarweg en de ontwikkeling van stoom als krachtbron voor stalen schepen in de negentiende eeuw, waren schepen niet meer afhankelijk van wind om voortgestuwd te worden. Dit leidde tot een forse stijging in de efficiëntie van de scheepsvaart, met als gevolg onder meer een forse bloei in de binnenvaart, de Rijnvaart in het bijzonder.

Gedurende de twintigste eeuw maakte de scheepsvaart nog meer ingrijpende ontwikkelingen door. Begin van deze eeuw kwamen er steeds meer motorschepen. Na het einde van de Tweede Wereldoorlog steeg dit aantal in een hoog tempo. In combinatie met groeiende welvaart bloeide de binnenvaart nog verder op. In 1956 waren er voor het eerst meer motorschepen dan sleepboten op het water. In 1957 werd zelfs de duwboot op de markt gebracht. Een andere ver ingrijpende ontwikkeling was de introductie van radarsystemen. Hierdoor werd varen in de nacht en ten tijde van slecht zicht mogelijk (Brolsma, 2010).

In de huidige eeuw hebben er wederom positieve ontwikkelingen plaatsgevonden op het gebied van de Rijnvaart. Tegenwoordig geldt de Rijn als de belangrijkste vaarweg binnen het Europese netwerk. Van alle goederen die de binnenvaart vervoert, wordt ongeveer 80% vervoerd op de Rijn (Federale Vereniging van Duitse Binnenvaart, 2024). Hierbij wordt alleen de Nederrijn jaarlijks al gebruikt door 200.000 schepen, wat resulteert in een gemiddelde van 550 schepen per dag.

Een nodige toevoeging hieraan is dat de Rijn in verschillende delen is onder te verdelen, zoals afgebeeld in Figuur 2. De Rijn heeft een totale lengte van 1.233 kilometer. Het deel hiervan dat bevaarbaar is, ligt tussen de Noordzee bij Rotterdam en de Rheinfelden bij Bazel, deze lengte bedraagt 884 kilometer. Het eerste deel van de Rijn ligt in de Rheinfelden bij Bazel en loopt tot aan Kaub. Dit wordt de Bovenrijn genoemd. Doordat het water op dit deel van de Rijn gevaarlijk kan zijn, is het van belang dat schippers die hier varen veel scheepservaring hebben. De hoogte van het terrein op dit stuk van de Rijn daalt hier namelijk van 252 naar 76 meter (Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, 2024).

Vervolgens is de Midden-Rijn afgebakend tussen Kaub en Keulen. Vanaf Keulen tot Emmerich loopt de zogeheten Nederrijn. Door de gunstige ligging van de Rijn is dit de belangrijkste vaarweg van Europa. De toegang tot de Rijndelta en bijbehorende havens leidt ertoe dat handel vanuit de Duitse industrie gemakkelijk in contact staat met de internationale zeehandel aan de Zuidelijke Noordzee. Deze Rijndelta bestaat onder meer uit grote havens als Antwerpen, Rotterdam en Amsterdam.

## Economische invloed

Jaarlijks wordt er gemiddeld genomen 300 miljoen ton aan vracht vervoerd op de Rijn (CCR, 2022). Om aan te tonen hoe belangrijk de Rijn als rivier is voor de economie van onder meer Nederland en Duitsland is het van belang om hier financiële gegevens bij te voegen. In de afgelopen twintig jaar heeft de volledige vervoerssector over water gemiddeld genomen 2,5 miljard euro bijgedragen aan de Nederlandse economie. Verder heeft het in dezelfde periode werk geboden dat per jaar gelijk staat aan 19.000 voltijdeenheden (CBS, 2024).

### Figuur 2

*Rivier de Rijn tussen Rotterdam en Bazel*



*Figuur 2: Kaart van West-Europa met in de Rijn afgebeeld tussen Rotterdam en Bazel. Op de Midden-Rijn kan pegel-Kaub worden gevonden (CCR, 2022).*

## 2.2 Laagwater

Nu de binnenvaart als modaliteit is gedefinieerd kan er gefocust worden op een van de belangrijkste uitdagingen waar de sector mee in aanraking komt: laagwater in rivieren. Dit onderzoek zal zich specifiek richten op de rivier de Rijn. Om iets te kunnen zeggen over deze situatie moet eerst verder gedefinieerd worden wat laagwater daadwerkelijk inhoudt. Binnen Europese overheden en andere belangenorganisaties heerst er over het algemeen consensus over wat laagwater inhoudt en wanneer er gesproken wordt van laagwater.

## Conceptualisatie

De Duitse DIN-norm 4049 definieert laagwater als volgt: “Een toestand in een bovengronds water waarbij de waterstand of afvoer een bepaalde waarde (drempelwaarde) heeft bereikt of onderschreden.” (Deutsches Institut für Normung, 1992). Een andere definitie gegeven door de Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR) is als volgt: “Er is sprake van laagwater wanneer de actuele afvoer lager is dan een rivier typische drempelwaarde.” (ICBR, 2019). Om te kunnen bepalen of er sprake is van normaal of laag water zijn drempelwaarden van de waterstanden en/of rivierafvoer noodzakelijk. In de volgende paragraaf zal hier specifiek op worden ingegaakt.

Een andere term die wordt gebruikt in de binnenvaart om laagwater aan te duiden is de Overeengekomen Lage Rivierstand (OLR). Deze stand wordt vastgesteld door de Centrale Commissie voor de Rijn (CCR). Hierbij richt de commissie zich op historische gegevens om de drempelwaarden vast te stellen (CCR, 2022).

Zowel de industrie als de samenleving in het algemeen heeft er baat bij dat perioden van laagwater op tijd worden herkend. Om deze reden zijn er tegenwoordig steeds meer organisaties actief bezig met onderzoeken naar mogelijkheden om waterstanden te voorspellen op basis van data. Eén van de zaken, die erg belangrijk is hierbij, is het achterhalen van de oorzaken van laagwater. Zodra de oorzaken gevonden worden, kunnen er mogelijk oplossingen voor de toekomst worden achterhaald.

De voornaamste oorzaken die gevonden zijn voor laagwater zijn langer aanhoudende perioden van sterk afnemende afvoer uit grondwater die worden herkend in het stroomgebied. In combinatie met dalende hoeveelheden neerslag en dalende neerslagretentie kan dit leiden tot extra droge perioden. Neerslagretentie verwijst naar de situatie waarin water wordt vastgehouden in de vorm van sneeuw en/of ijs. Mede als gevolg van een afname in de hoeveelheid vastgehouden water, zal het waterpeil en de hieruit resulterende afvoer sterk dalen (Brahmer, 2018).

## Hydrologische en klimaat gerelateerde achtergrond

Dit onderzoek zal zich vooral richten op het analyseren van de verschillen tussen perioden met laagwater en perioden met normale waterstanden. Om hier onderscheid in te kunnen maken zullen grenzen moeten worden vastgesteld. Deze drempelwaarden kunnen worden opgesteld aan de hand van een aantal pegels. Dit zijn plaatsen waar de waterstanden worden gemeten door de Duitse overheid. Eén van de belangrijkste en meest zeggende pegels in de Rijn is de pegel in Kaub.

De pegel Kaub bevindt zich in de gelijknamige Duitse plaats Kaub. De plaats bevindt zich op de zogeheten Midden-Rijn en is hierdoor een belangrijke ader in de Europese waterweg. Een groot deel van de handel dat aankomt in de Rotterdamse haven gaat immers over de Midden-Rijn om andere

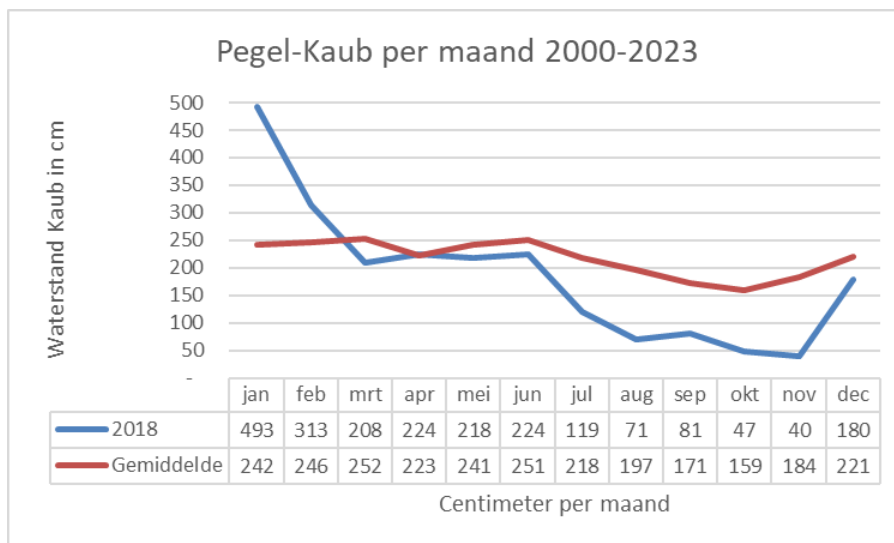
delen van Europa te kunnen bereiken. Het punt bij Kaub is één van de smalste punten in de Rijn, wat Kaub erg gevoelig maakt voor lage waterstanden. De stand die over het algemeen wordt aangehaald als laagwater bij Kaub is 78 centimeter (cm).

In contractwerk wordt meestal gesproken van toeslagen bij Kaub lager dan 81 cm. Dit betekent echter niet dat de diepte van het water tot de bodem slechts die afstand betreft. In de praktijk kan er ongeveer 100 cm bij pegel Kaub worden gevoegd om tot de werkelijke vaardiepte te komen. Het nulpunt van de pegel ligt namelijk hoger dan de daadwerkelijke rivierbedding. De vaardiepte hier heeft betrekking op de maximale dieptegang dat een schip kan nemen in de rivier: het verschil tussen de kiel (onderzijde schip) en het wateroppervlak (Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 2022).

Zoals gezegd is Kaub een van de plaatsen langs de Rijn die het meest gevoelig is voor lage waterstanden. Om meer te weten te komen over de waterstanden bij Kaub zal er moeten worden vastgesteld wat de waterstanden de afgelopen jaren zijn geweest rond dit punt. De afgelopen 20 jaar hebben zich enkele jaren voorgedaan waar de pegel-Kaub zich onder deze grens van 81 cm heeft bewogen. De meest extreme maanden zien we terug in 2003, 2011, 2015, 2018 en 2022. In 2018 heeft de pegel bij Kaub 106 dagen lager gestaan dan 81 cm en nog eens 45 dagen onder de 130 cm (WSV, 2024). Hierdoor is 2018 een extreem jaar geweest op het gebied van laagwater, wat dan ook vele negatieve effecten heeft veroorzaakt (Figuur 3).

### Figuur 3

*Gemiddelde waterstanden bij pegel-Kaub per maand*



*Figuur 3: Gemiddelde waterstanden bij pegel-Kaub per maand. De blauwe lijn toont de stand in het jaar 2018 en de rode lijn toont de gemiddelde standen in de overige jaren 2000 tot en met 2023 (WSV, 2024), bewerkt.*



Het feit dat de Rijn een rivier is die afhankelijk is van aanvoer uit zowel sneeuw als regen maakt het erg gevoelig voor klimaatveranderingen. Meteorologen verwachten in de toekomst toenemende neerslag gedurende de wintermaanden. In combinatie met stijgende temperaturen heeft dit tot gevolg dat er minder water in de vorm van sneeuw of ijs achterblijft boven in de bergen. Dit leidt tot verhoogde waterstanden in die maanden doordat water direct de rivieren in stroomt.

Echter, in de zomermaanden zal het omgekeerde effect plaats vinden. Minder smeltwater uit de bergen en minder neerslag in de zomer, in combinatie met toenemende temperaturen en verdamping, zal ervoor zorgen dat het waterpeil in die periode lager zal zijn. Het gevolg hiervan is dat er meer dagen zullen zijn die geteld kunnen worden als laagwater (Jonkeren, Rietveld, & van Ommeren, 2007).

### 2.3 Impact van laagwater op operationele en logistieke activiteiten

Laagwater leidt ertoe dat schepen bij eenzelfde hoeveelheid lading (in gewicht), dichterbij de bodem van de rivier komen te liggen. Dit kan grote problemen veroorzaken en risico's met zich meebrengen (ICBR, 2019). De combinatie van lage waterstanden en de toenemende hoeveelheid strenge eisen die aan infrastructuur gehouden worden, leidt eveneens tot uitdagingen voor de binnenvaartsector. Aanpassingen van de vloot en de rivieren zijn dus essentiële zaken die besproken dienen te worden tussen de verschillende belanghebbende.

Het eerste probleem dat directe aanpassingen van de operationele activiteiten vereist, is de afname van het waterpeil. Op het moment dat de waterdiepte afneemt, verandert de verhouding tussen waterdiepte en diepgang. Dit heeft tot gevolg dat er hogere weerstand komt vanuit de bodem en het schip meer motorvermogen nodig heeft. Ook betekent minder ruimte onder de kiel, bij een gelijke snelheid, tot een diepere inzinking van het schip (Kempmann & Roux, 2021). Op deze manier stijgt het energieverbruik van schepen en neemt de reistijd toe.

Op het moment dat de waterstand op een bepaalde drempelwaarde terechtkomt, daalt het maximale laadvermogen van een schip. Een 110 meter bij 11,45 meter schip dat normaal gezien een maximale capaciteit van 2800 ton heeft, zal bij een waterstand bij Kaub van 200 cm al effecten ervaren. Aangezien de maximale diepgang bij Kaub in werkelijkheid 100 cm hoger is dan de pegel, kan een dergelijk schip met een diepgang van minder dan 300 cm zijn schip nog maximaal vullen. Op het moment dat het water verder zakt, is het niet meer mogelijk om een schip met 300 cm diepgang te laten varen, de bodem zal in een dergelijk geval geraakt worden. Hierdoor dient het schip met een kleinere hoeveelheid te worden beladen (van Strien, 2024).

Dit is niet direct het moment dat verladers in de markt forse kostenstijgingen zullen ervaren. Als eerste ervaren de vervoerders (schippers) de gevolgen van laagwater. Een afnemende waterdiepte leidt tot

een afname van de maximale laaddiepte en hoger energieverbruik. Hierdoor kan er minder lading meegenomen worden aan boord. De schippers krijgen dus voor minder tonnen betaald dan dat zij gewoonlijk mee zouden kunnen nemen. In de meeste actuele contracten zijn laagwaterclausules opgenomen. Dit betekent dat vanaf een bepaalde drempelwaarde, veelal 181 cm, een bepaald percentage per centimeter verloren ruimte moet worden betaald over de vrachtprijs. Op deze manier worden schippers (gedeeltelijk) gecompenseerd voor het feit dat zij minder tonnen mee kunnen nemen.

Het verlies in lading, dat ontstaat vanaf de waterstand waarbij minder geladen kan worden en het punt dat laagwatertoeslag gerekend kan worden, is een kost voor de schipper zelf. De schipper kan deze minder verdiende euro's niet direct op iemand verhalen. Echter, in de werkelijke markt zal dit op een gegeven moment leiden tot een hogere vrachtprijs per ton.

Op het moment dat het water zodanig zakt en onder de gegeven drempelwaarde komt, ontstaan tekorten aan scheepsvolume en bijkomende hogere transportkosten. Er kan gekozen worden voor het inzetten van kleinere of extra schepen, echter in een oververhitte markt ten tijde van laagwater kampen alle vervoerders met hetzelfde probleem.

Verladers hebben om deze redenen verschillende scenario's uitgetekend om zich weerbaar op te kunnen stellen in perioden van laagwater. Zo beschikken verladers en bevrachters over besluitvormingsketens die afgaande op de waterstanden bepaalde scenario's voorschrijven. Op deze manier staan alle pijlen binnen een organisatie dezelfde kant op in zulke onvoorspelbare situaties.

De verlader kan op verschillende manieren reageren. Ten eerste kunnen zij ervoor kiezen over te stappen naar een andere modaliteit, waaronder de weg, dat onder meer vanwege een structureel chauffeurstekort niet veel ruimte heeft om op te schalen (Van Leeuwen, 2022). Deze reverse modal shift, waarbij watervoer terugkeert naar wegvervoer is onwenselijk voor de sector binnenvaart. In 2018 hebben zich met name op het gebied van containervervoer situaties voorgedaan, waarbij containers over gingen op wegvervoer en daar in de periode erna gebruik van bleven maken. Deze ladingpakketten heeft de binnenvaart verloren en de uitdaging is deze pakketten terug te winnen.

Een andere optie die verladers hebben is de productie in de fabrieken tijdelijk afschalen. Dit zijn ingrijpende maatregelen die alleen gemaakt worden in het geval dat de transportkosten dermate hoog worden dat produceren niet meer winstgevend is. Dit zal verder worden behandeld in de volgende paragraaf. Doordat de beladingsgraad naar beneden gaat, en er per transportreis minder lading wordt meegenomen, kunnen verladers er ook voor kiezen schepen vaker voor hen te laten varen. Dit zal leiden tot hogere totale transportkosten, maar biedt verladers wel de mogelijkheid de fabriek zo min mogelijk af te hoeven schalen.

Een optie die veel terug te zien is in de markt is de modal split. Waarbij de grootste hoeveelheid lading eerst per binnenvaartschip naar een goed bereikbaar punt worden vervoerd, en vanuit daar worden overgezet op vrachtwagens. Op deze manier kan er toch een grote hoeveelheid lading worden vervoerd ondanks het lage water.

Deze mogelijke oplossingen ten tijde van laagwater laten zien hoe belangrijk een goede samenwerking tussen de drie hoofdmodaliteiten is: weg, spoor en water. Een punt waar deze drie modaliteiten samenkomen worden trimodale terminals genoemd. Dit biedt kansen om gemakkelijk en snel te wijzigen van modaliteit ten tijde van laagwater.

## 2.4 Economische gevolgen van laagwater

De binnenvaart speelt een grote rol in de economie. Het is na wegtransport de meest gebruikte modaliteit voor goederenvervoer in Nederland. Onder meer het feit dat de Rotterdamse haven in verbinding staat met de Rijn en hiermee een volledig vervoerstraject tussen de Rotterdamse Maasvlakte en Bazel faciliteert, is hier een veroorzaker van.

Dit leidt ertoe dat stoorzenders voor de sector, waaronder vallend, perioden van laagwater op de Rijn, een groot gevaar kunnen vormen voor de Nederlandse economie. Het grootste deel van de Rijn ligt in buurland Duitsland. Om die reden zal er worden gekeken naar beide economieën. Met name het feit dat de Rijn dé verbindende schakel is tussen de Rotterdamse haven en het Duitse industriële Rijn-Ruhrgebied toont aan wat een impact de Rijn heeft op beide economieën. Het Rijn-Ruhrgebied wordt gezien als hét industriële hart van Duitsland (Hospers, 2004).

Analyse uitgevoerd in opdracht van ABN Amro suggereert dat internationale vrachtvolumes dalen ten tijde van laagwater (CBS, 2022). Dit komt doordat schepen, als gevolg van laagwater, minder lading mee kunnen en/of mogen nemen (Kara, van Reeken-van Wee, & Swart, 2023). Een oorzaak die hieraan toe te schrijven valt, is een reverse modal shift, waarbij verladers terugkeren naar transport over weg in plaats van water.

De droogteperiode in 2018 heeft in Nederland en Duitsland gezamenlijk geleid tot 2,7 miljard euro schade. Hierbij behoorde het grootste deel van 2,4 miljard euro tot de impact in Duitsland, de overige 295 miljoen euro had betrekking op de Nederlandse economie (Streng & Saase, 2020). Oorzaken waaraan deze financiële schade onder meer zijn toe te rekenen, zijn hogere vrachtprijzen, overstap naar andere modaliteit en het afschalen van productie door fabrieken. Hierbij dient vermeld te worden dat het afschalen van productie de grootste veroorzaker is van negatieve financiële gevolgen voor verladers. Dit wordt om deze reden zoveel mogelijk vermeden door verladers.

Bovendien kan overstap naar andere modaliteiten de kosten van transport sterk verhogen. Kosten voor wegtransport liggen gemiddeld gezien 35% hoger dan transport via water. Dit is echter niet mogelijk voor alle sectoren (Streng & Saase, 2020). Maatregelen om deze reverse modal shift te voorkomen zijn noodzakelijk voor de binnenvaart.

Niet alleen andere modaliteiten worden duurder, de vrachtprijs in de binnenvaart gaat ook omhoog ten tijde van laagwater. Er is meer vraag bij een dalende hoeveelheid ladingruimte. Op een markt van vraag en aanbod zal dit automatisch leiden tot een stijging van de evenwichtsprijs. Voor de binnenvaartsector zelf kan dit leiden tot positieve effecten. Op het moment dat er laagwatertoeslagen in rekening kunnen worden gebracht, zal de omzet stijgen. Bij een dermate lage waterstand, wanneer contracten vrijvallen, zal er zelfs op de vaste contracten een actuele marktprijs gerekend gaan worden. Op deze manier kunnen bevrachters een zeer hoge prijs vragen aan verladers doordat zij het zich nauwelijks kunnen veroorloven productie in fabrieken af te schalen.

Dit toont aan dat er niet alleen maar negatieve economische effecten voortvloeien uit laagwater op de Rijn. De schippers kunnen een hogere marktprijs gaan rekenen evenals de bevrachtingskantoren. Als het water op een dermate lage stand komt, zijn het de verladers die de rekening grotendeels voorgeschoteld krijgen. Indien verladers overstappen naar een andere modaliteit, en niet meer terugkeren naar de binnenvaart, zal de sector binnenvaart wel degelijk financieel geraakt gaan worden.

Deze reverse modal shift blijkt in praktijk minder vaak te gebeuren dan verwacht. Fabrieken zijn gebouwd op specifieke locaties die erg toegankelijk zijn voor bijvoorbeeld de binnenvaart of een spoor. Het is in een dergelijk geval erg kostprijsverhogend om over te stappen op een andere modaliteit dan voorheen.

## 2.5 Aantrekkelijkheid van de binnenvaart als modaliteit

Een belangrijke graadmeter om te kunnen vaststellen wat het effect van laagwater is op de aantrekkelijkheid van en perceptie richting de binnenvaart, zijn de criteria die verladers toekennen aan een modaliteit. Het gaat hier om de elementen die verladers in acht nemen voor hun vervoerskeuze van hun goederen en grondstoffen. Hierbij is het van belang om duidelijke criteria op te stellen. Op deze manier kan worden vastgesteld of er daadwerkelijk wijzigingen optreden in de aantrekkelijkheid van de binnenvaart. In hoeverre deze elementen gelijk blijven of veranderen ten tijde van laagwater zal uiteindelijk mee gaan spelen in de resultaten volgend uit dit onderzoek.

Doordat schepen minder kunnen vervoeren en de goederen dus niet volledig kunnen worden vervoerd van A naar B, zijn verladers gebruikmakend van de binnenvaart kwetsbaar. Het gevaar bestaat dat deze perioden in de nabije toekomst steeds vaker optreden, hierdoor zal de binnenvaart als modaliteit in

toenemende mate onzeker kunnen worden. Een alternatief hiervoor is voor veel sectoren het wegtransport, dat slechts in uitzonderlijke weersomstandigheden transporten niet kan uitvoeren.

Een belangrijk punt dat hierbij in acht dient te worden genomen is het feit dat voor bepaalde ladingsoorten deze 'reverse modal shift' niet realistisch is om uit te voeren. Met name bulkgoederen kunnen niet gemakkelijk worden vervoerd via containers. "Het gemiddelde binnenvaartschip op de Rijn staat gelijk aan 110 vrachtwagens." (Brenninkmeijer & Wittig, 2022).

Op basis van nieuwsartikelen, openbaar beschikbare interviews met personen uit de sector en uitgevoerde interviews bij personen binnen NPRC zijn er enkele criteria naar voren gekomen. Hieruit zijn de belangrijkste criteria opgesteld. Deze zijn gekozen op basis van de frequentie dat zij genoemd zijn in de gesprekken met verladers. Het is hierbij van belang onderscheid te maken tussen de verschillende ladingsoorten die de verladers vervoerd willen hebben. Containers kunnen gemakkelijker worden overgezet op vrachtwagens dan droge bulkgoederen zoals graan of kolen.

## Elementen

Voor bedrijven is *betrouwbaarheid* het belangrijkste element dat in acht wordt genomen bij het kiezen van een vervoersmiddel. Bedrijven zijn gebaat bij een consistente logistieke keten. Bedrijven met grote fabrieken kunnen het zich niet veroorloven de productie af te schalen. Deze zijn er op gericht maximale productie aan te houden. Het afschalen van productie kan leiden tot enorme schadekosten zoals te zien is geweest in het jaar 2018 (Streng, Saase, & Kuipers, 2020).

Het element dat hier erg dichtbij staat, heeft betrekking op de *kosten*. Bedrijven willen zoveel mogelijk winst maken. Lage transportkosten kunnen hier goed aan bijdragen. Mede hierdoor proberen verladers de goedkoopste manier van transport te kiezen in hun logistieke keten.

In de huidige tijd zijn steeds meer blikken gericht op klimaatvriendelijk ondernemen, met oog voor het *milieu*. Een belangrijk deel van de uitstoot die bedrijven veroorzaken komt voort uit transport gerelateerde zaken. Om de uitstoot te minimaliseren zullen bedrijven zich richten op transport modaliteiten die hieraan kunnen bijdragen. Het afwegen van de verschillende hoeveelheden uitstoot per ton lading is dus erg belangrijk geworden voor bedrijven. Hierbij dienen ook andere negatieve externaliteiten te worden meegenomen, zoals opstopping en geluidshinder.

Het vierde element waar verladers sterk rekening mee houden is de *volume mogelijkheid* van een modaliteit. Een standaard Rijnschip kan lading meenemen dat gelijk staat aan het vervoer van 120 volle vrachtwagens (IVR, 2024).

De grote hoeveelheid goederen en grondstoffen moet in zijn totaliteit vervoerd worden van A naar B. Een belangrijk onderdeel hierbij is de efficiëntie van het vervoer. Hierbij is de *snelheid* van een

modaliteit erg belangrijk. Bedrijven richten zich op een vervoersmiddel dat op een zo snel en efficiënt mogelijke wijze kan transporteren.

## 2.6 Conclusie

De binnenvaart als sector heeft de laatste decennia grote ontwikkelingen doorgemaakt. Dit heeft geleid tot een aandeel van de Nederlandse transportsector van ongeveer 30% (CBS, 2024). Doordat de binnenvaart erg afhankelijk is van klimaat gerelateerde ontwikkelingen is de markt kwetsbaar. Onder meer toenemende intensiteit van laagwaterperioden leidt tot deze kwetsbaarheid.

Verladers kunnen onverhoopt tot hoge kosten komen te staan doordat laagwatertoeslagen actief worden in perioden van laagwater. In extreme situaties kunnen contracten zelfs compleet losgelaten worden, waardoor prijzen volledig vrij onderhandelbaar zijn, zonder verdere verplichtingen richting elkaar. De verandering van de Rijn als gemengde (sneeuw/regen) rivier naar een regenrivier speelt hierin een grote rol. De verwachting is dan ook dat laagwaterperioden vaker zullen optreden in de maanden na de zomer.

Laagwater vereist aanpassingen in de operationele activiteiten van alle belanghebbende binnen de sector binnenvaart. Vervoerders dienen de beladingsgraad van hun schip aan te passen om te voorkomen dat zij vastlopen op de bodem van de rivier. Andere mogelijkheden zijn onder meer het samenwerken met andere modaliteiten in een zogeheten modal split. Hierbij wordt een deel van het transport via water en een deel via weg of spoor uitgevoerd.

In 2018 heeft het laagwater een dermate grote impact gehad, waardoor het probleem laagwater steeds meer onder de aandacht is gekomen. Onderzoek wijst uit dat de droogte van 2018 heeft geleid tot een economische schade van 2,7 miljard euro in Nederland en Duitsland samen (Streng et al., 2020).

Een ander gevaar dat laagwater meebrengt, is verandering van de perceptie met betrekking binnenvaart. Om deze wijzigingen te kunnen meten, zijn enkele belangrijke elementen die verladers meewegen in hun vervoerskeuze, aangehaald in dit hoofdstuk. Hieruit is naar voren gekomen dat de belangrijkste elementen zijn: betrouwbaarheid, kosten, milieu, volume en snelheid.

Nu de theoretische en wetenschappelijke achtergrond uitgebreid uiteengezet is kan er begonnen worden aan het empirische onderdeel van dit onderzoek.

### 3. Methodologie

Om daadwerkelijk iets te kunnen zeggen over de effecten van laagwater op de binnenvaart, is het van belang dat de juiste onderzoeksmethode wordt gebruikt. In dit onderzoek wordt gekeken naar de effecten van laagwater op de operationele activiteiten en de aantrekkelijkheid van de binnenvaart. Een goed passende methode om dit onderzoek te verrichten, is het vergelijken van situaties waarin het water op een normale en lage stand heeft gestaan. Hierbij is het van belang de intentie en de tijdsduur van het laagwater mee te nemen in de analyse.

De methode die hierbij het beste past is de empirische methode waarin voor verschillende trajecten, verschillende businesscases worden vergeleken. Allereerst zullen businesscases met betrekking tot de operationele activiteiten met elkaar worden vergeleken. Hierin zal gefocust worden op mogelijke veranderingen in het aantal uitgevoerde transporten, aantal vervoerde tonnages en de beladingsgraad. Op deze manier kan er goed inzicht worden verkregen in de ontwikkelingen die op dit gebied plaats vinden. Door deze verkregen inzichten met elkaar te vergelijken, kan er vastgesteld worden of er verschillen toe te schrijven zijn aan perioden van laagwater.

Nadat deze operationele activiteiten geanalyseerd zijn, zal er een analyse los worden gelaten op de kosten en opbrengsten die resulteren op het gebied van de operationele activiteiten. Het doel hierbij is het achterhalen in welke mate de kosten en opbrengsten beïnvloed worden ten gevolge van laagwater op de Rijn.

Tot slot zal het laatste deel bestaan uit een analyse waarin de aantrekkelijkheid van de binnenvaart als modaliteit wordt onderzocht. Hierbij is het van belang om de elementen voor vervoersmiddelkeuze door verladers duidelijk te hebben afgebakend. Het vergelijken van deze businesscases zal ertoe leiden dat er een zo duidelijk mogelijk beeld wordt geschetst over de effecten van laagwater op de aantrekkelijkheid van de modaliteit binnenvaart. Ter verduidelijking van deze elementen en veranderingen hierin, hebben er interviews plaatsgevonden met representatieve personen binnen NPRC: CEO, logistiek manager en commercieel manager.

### 3.1 Data

Om de analyse uit te kunnen voeren zijn veel gegevens nodig afkomstig uit de sector binnenvaart. Hierbij is het van belang dat de data afkomstig is uit verschillende jaren met normaal en laag water. Vervolgens zijn de gegevens van waterstanden en transporten aan elkaar gekoppeld op basis van datum. Op deze manier kunnen mogelijke effecten van laagwater worden ondervonden. De verzameling van deze transportdata is uitgevoerd in samenwerking met een groot bevrachtingskantoor actief op de Rijn, NPRC. Op basis van cijfers vanuit NPRC (2024), CBS (2024), Destatis (2024) en BIVAS (2023) zijn analyses opgesteld die getoond worden in het volgende hoofdstuk. Verder is de data met betrekking tot waterstanden op de Rijn vrij beschikbaar op de website van Elwis (WSV, 2024).

De waarden die meegenomen worden in de analyse hebben allen een specifieke term in de sector binnenvaart. Dit vergt enige verduidelijking voor personen die weinig affiniteit hebben met de binnenvaart.

Het aantal bewegingen dat een schip maakt, kan worden vertaald naar het aantal reizen. Dit is de hoeveelheid reizen dat een schip maakt van A naar B. Een reis is compleet wanneer er op één locatie lading is geladen in het schip, en op een andere locatie lading is gelost uit het schip.

Het aantal tonnages dat een schip vervoerd, bestaat uit het gewicht dat er aan lading in het schip geladen wordt bij de beginlocatie. In de scheepsvaart worden gewichten in tonnen aangegeven, een ton staat gelijk aan duizend kilogram. Er wordt hierbij uitgegaan van het ingeladen gewicht. Onder andere door weersomstandigheden en verspilling kan het namelijk voorkomen dat het ingeladen en uitgeladen gewicht in lichte mate van elkaar verschilt. Voor een algemeen beeld wordt er in dit onderzoek slechts uitgegaan van het ingeladen gewicht.

De beladingsgraad wordt weergegeven als een percentage. Dit percentage bestaat uit het ingeladen gewicht gedeeld door het maximale gewicht dat een schip kan vervoeren op één reis. Deze maximale waarde wordt de sloopstonnage genoemd en kan sterk verschillen tussen de verschillende formaten schepen. Gemiddeld gezien kunnen schepen in de Nederlandse binnenvaart 1600 ton vervoeren per reis (IVR, 2024)

Vervolgens worden de wijzigingen in operationele kosten en opbrengsten aangehaald. Hierbij wordt er gefocust op transportdata verkregen vanuit bevrachtingskantoren en onderzoeksbureaus zoals CBS, Panteia en Destatis. Opvattingen en beelden met betrekking tot de elementen voor vervoerskeuze zijn vastgesteld aan de hand van nieuwsartikelen, wetenschappelijke rapporten die zich richten op de sector en interviews uitgevoerd bij binnenvaartcoöperatie NPRC.



## 4. Analyse en resultaten

Dit hoofdstuk zal zich richten op het verkrijgen en analyseren van de data. Op basis van deze analyse kan er een overzicht worden gegeven waarin de resultaten besproken worden. De analyse zal worden onderverdeeld in meerdere secties. Als eerste zal een analyse worden uitgevoerd met betrekking tot de waterstanden van de Rijn bij Kaub. Op basis van deze uitkomsten kan er achterhaald worden in welke jaren de waterstanden normaal of laag zijn geweest. Om de daaropvolgende effectenanalyse uit te kunnen voeren is deze informatie essentieel. De analyse van effecten op de operationele activiteiten zal zich richten op veranderingen in beladingsgraden, aantal reizen en vervoerde tonnen. Het is mogelijk dat uitkomsten per ladingssoort verschillen, om deze reden is het van belang onderscheid te maken in verschillende ladingssoorten.

De laatste analyse die zal worden opgesteld, houdt verband met de aantrekkelijkheid van de modaliteit binnenvaart en de perceptie richting de binnenvaart door verladers. Hierbij wordt aan de hand van de criteria van verladers geanalyseerd in hoeverre er wijzigingen optreden in de sector binnenvaart ten tijde van laagwaterperioden.

### 4.1 Waterstanden bij pegel-Kaub

De waterstanden van de Rijn, die in deze analyse wordt meegenomen zijn de standen bij de pegel bij Kaub, gelegen op de Midden-Rijn, op kilometer 546,3 van de Rijn (Contargo, 2024). Hierbij wordt gebruik gemaakt van de beschikbare data vanaf 2000 tot en met 2023, geregistreerd door de Duitse Rijkswaterstaat (WSV, 2024).

#### Analyse

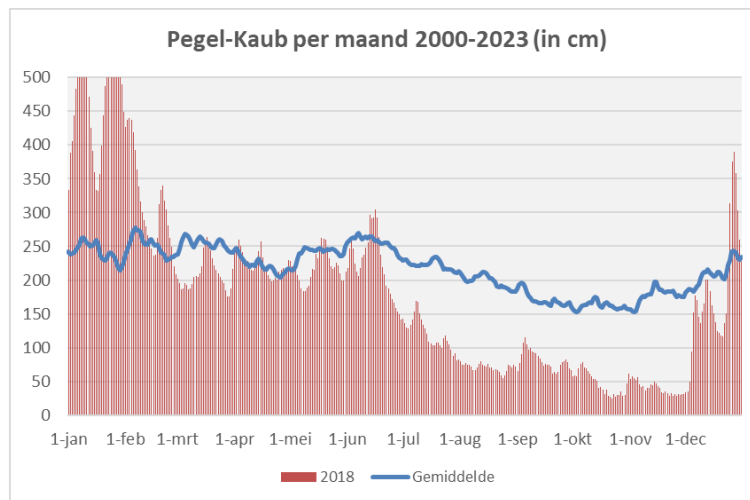
In deze 24 jaar heeft het water bij Kaub in totaal op 363 dagen onder de kritieke waarde van 81 cm gestaan (WSV, 2024). Deze waterstand is een drempelwaarde die over het algemeen gebruikt wordt in de binnenvaart waarbij contracten vrijvallen. In een dergelijke situatie hebben verlader en vervoerder geen verplichtingen meer naar elkaar. Het grootste deel van deze dagen kan worden toegeschreven aan 2018. In dat jaar heeft de pegel-stand 106 dagen onder de 81 cm gestaan (Figuur 10, Bijlage B). Op 22 oktober 2018 is de waterstand gedaald tot 25 cm.

Een duidelijk patroon dat te herkennen is in de data, kan worden teruggevonden in onderstaande Figuur 4. Te zien is dat de waterstand vanaf de maanden juni en juli gemiddeld genomen begint met dalen. Een herstel van deze standen wordt vanaf de periode na oktober waargenomen. Vervolgens laat de figuur ons zien dat vanaf de maanden oktober en november sprake is van een gemiddelde stijging. Deze stijging houdt aan tot het begin van de lente in het volgende jaar. Op basis hiervan kan worden

aangenomen dat in de afgelopen 23 jaar, gemiddeld genomen, laagwater voornamelijk voor kwam tussen de maanden augustus en november.

#### Figuur 4

*Gemiddelde waterstanden bij pegel-Kaub in periode 2000-2023*



*Figuur 4: Gemiddelde waterstanden per dag in cm in de periode tussen 2000 en 2023. 2018 is hier separaat afgebeeld in de vorm van de rode grafiek. De blauwe lijn weergeeft de gemiddelde waarden van de overige jaren (WSV, 2024), bewerkt.*

Vervolgens is voor ieder individueel jaar gekeken naar de zoals hierboven geclassificeerde; 'laagwatermaanden', zijnde augustus, september, oktober en november. Hierbij is wederom het jaar 2018 een extreem voorbeeld dat dient aangehaald te worden. Hier is deze droogteperiode duidelijk te herkennen in de maanden voorafgaand aan december (Zie Figuur 4). Figuur 8 (Bijlage B) toont het aantal dagen dat de waterstand onder de kritieke waarde van 81 cm is geweest per maand in de periode 2000-2023. Dit geeft dezelfde trend weer als in als Figuur 4.

Dit geeft ons voldoende informatie om door te gaan naar het volgende deel van de waterstanden analyse. Nu duidelijk is in welke maanden de effecten gemeten zullen worden, kunnen de specifieke maanden per jaar worden bekeken. Dit zal informatie geven over in welke jaren laag of normaal water plaats heeft gevonden.

In Figuur 9 (Bijlage B) worden de maanden augustus tot en met november 2018 en 2019 met elkaar vergeleken op het gebied van waterstanden bij Kaub. Hierin zien we duidelijke verschillen terug. Om tot een vergelijking te komen die optimaal uitgevoerd kan worden, dient er gekeken te worden naar dagen waarop de waterstand boven de 180 cm is gebleven in 2019 en onder de 81 cm is gebleven in 2018. Dit brengt een meest zuivere uitkomst in de analyse. In de markt worden over het algemeen de laagwaterstaffels gestart bij Kaub lager dan 181 cm (Contargo, 2024). In 2018 is het water in de genoemde perioden zodanig laag geweest dat veel contracten vrijvielen.

Tot slot laat Figuur 10 (Bijlage B) ons zien dat de waterstand bij Kaub deze eeuw in dertien verschillende jaren onder de kritieke waarde van 81 cm is gekomen (54%). De jaren 2003, 2011, 2015, 2018 en 2022 werden hierbij het vaakst getroffen door laagwater, met een minimumaantal van dertig dagen per jaar.

## Resultaten

Uit de analyse uitgevoerd op de data van WSV (2024), van de jaren 2000-2023, blijkt dat de momenten waarin laagwater bij Kaub voorkomt, gemiddeld gezien het vaakst vallen in de maanden augustus tot en met november (Figuur 8, Bijlage B). In de meest recente periode zijn de jaren 2018 en 2022 hierin het meest extreem geweest.

Verder leidt de analyse tot een vaststelling van de laagwaterjaren door te stellen dat de jaren 2003, 2011, 2015, 2018 en 2022 het meest getroffen zijn door laagwater. Voor vergelijkingen op algemeen gebied zullen deze jaren dus worden gekwalificeerd als laagwater, waarbij in dit onderzoek het jaar 2018 zal worden meegenomen in de detailanalyse. Overige jaren hebben ook laagwater gezien maar in mindere mate en zijn hierdoor geschikt om te kwalificeren als 'normale' jaren.

## 4.2 Beladingsgraden

Om iets te kunnen zeggen over veranderingen in de beladingsgraad zal eerst moeten worden achterhaald wat de gemiddelde beladingsgraad is geweest in het recente verleden. Hierbij zal rekening gehouden worden met drie verschillende soorten lading: droge lading, natte lading en containers. Als eerste zal de droge lading geanalyseerd worden. De beladingsgraad van een schip wordt gemeten door het ingeladen (vervoerde) gewicht te delen door het maximaal gewicht dat in het schip kan worden meegenomen.

### Analyse

#### *Droge lading*

Op het moment dat waterstanden dalen, zorgt dit ervoor dat schepen met een hogere diepgang dichter bij de bodem van de rivier komen te liggen. Daalt het water zodanig veel, kan dit leiden tot het gedwongen minder meenemen van lading. Op basis van transportdata van NPRC (2024) blijkt dat in normale situaties de beladingsgraad bij droge bulkgoederen gemiddeld genomen rond de 75% ligt.

Op basis van cijfers vanuit NPRC (2024) blijkt een duidelijke afname in beladingsgraden ten tijde van laagwater. Als eerste is gekeken naar reizen die langs Kaub komen in de periode in 2018 tegenover 2019 (week 41 t/m 47). In 2018 ligt de beladingsgraad in deze periode slechts op 28%, terwijl dit een jaar later, met een hoger waterpeil op 68% uitkomt (Tabel 1, Bijlage A). Dit betekent t.o.v. de gebruikelijke beladingsgraad een daling van 64%. In vergelijking met de maximale capaciteit van een schip komt dit neer op een daling van 73%.

Wat opvalt is dat ook de reizen die niet langs Kaub komen in 2018 een lagere beladingsgraad hebben dan in 2019, respectievelijk 63% en 77% (Tabel 2, Bijlage A). Dit kan verklaard worden doordat ook het water tot aan in de Nederrijn in dergelijke situaties lager ligt dan gewoonlijk.

Schepen met een capaciteit van minder dan 1000 ton lijken minder gevoelig te zijn voor laagwater. De diepgang van deze schepen is van zichzelf al lager dan grotere schepen (CCR, 2016).

### *Natte lading*

Over het algemeen ligt de beladingsgraad van tankschepen die natte lading vervoeren vrijwel gelijk met die van droge lading schepen. Bij normale waterstanden, waarbij schepen niet hoeven af te schalen zouden zij in feite tot 100% kunnen laden (Figuur 11, Bijlage B). In de praktijk gebeurt dit echter niet altijd. De beladingsgraad op basis van gegevens van BIVAS (2023) ligt dan gemiddeld genomen rond de 80%.

Gedurende perioden van laagwater lijkt de afnemende lijn in beladingsgraad voor natte ladingschepen in lijn te lopen met droge ladingschepen. Een van de Nederlandse schippers uit de tankvaart geeft aan gewoonlijk zo'n 3000 ton te vervoeren. In de periode dat er laagwater is kan slechts 1150 ton worden geladen. Dit bedraagt een daling van 62% ten opzichte van de gebruikelijke belading.

### *Containers*

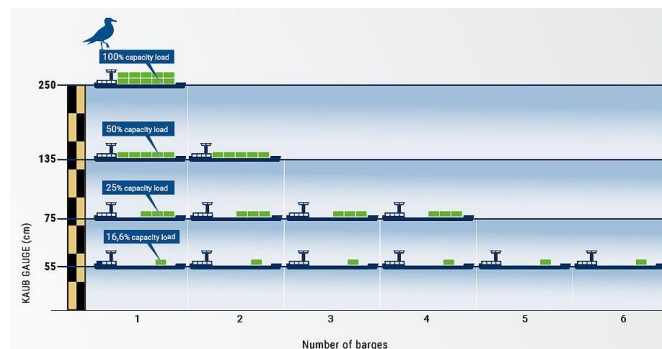
Op het gebied van containers kan er niet specifiek ingegaan worden op gemiddelde beladingsgraden, aangezien containers veel verschillende goederen kunnen bevatten. Mede hierdoor is iedere scheepsbelading van containers verschillend. Goederen met een laag soortelijk gewicht nemen relatief veel ruimte in en wegen relatief minder. Mede door de sterke mate van diversiteit in containervervoer zijn deze gegevens slechts beperkt beschikbaar.

Een ander belangrijk punt dat hierbij te noemen valt, is dat de binnenvaart veel lege containers vervoert. Lege containers zijn relatief licht in gewicht en kunnen gemakkelijk in grote hoeveelheden teruggebracht worden naar de (overslag)havens.

Op basis van data van Contargo Logistics (2024) geeft onderstaande Figuur 5 duidelijk weer hoe snel de beladingsgraad afneemt voor containerschepen. Een schip dat gewoonlijk 500 TEUs kan vervoeren, kan bij een waterstand van 135 cm nog slechts de helft vervoeren. Dit betekent dat een dubbele hoeveelheid schepen nodig is voor dezelfde hoeveelheid lading. Bereikt de stand bij Kaub een hoogte van 55 cm dan daalt de beladingsgraad van een dergelijk groot schip tot 16,6%.

## Figuur 5

### Beladingsgraden containerlading per waterstand bij Contargo



Figuur 5: Beladingsgraden per waterstand volgens de normen van Contargo (2024).

## Resultaten

Samenvattend kan op basis van de gebruikte data gesuggereerd worden dat binnenvaartschepen op de Rijn over het algemeen niet hun volledige ladingscapaciteit benutten. In laagwaterperioden lijkt deze beladingsgraad nog verder terug te lopen. Op basis van de geanalyseerde data vanuit NPRC (2024) en BIVAS (2023) zien we een afname in de beladingsgraad ten opzichte van de totale ladingscapaciteit van een schip van gemiddeld 74%. Wordt er gerekend met vermindering van beladingsgraad ten opzichte van de gebruikelijke situatie dan ligt deze afname op 64%. Dit laat ons een gemiddeld belading zien van slechts 27% van de maximale ladingscapaciteit.

De aparte categorie containers wordt anders bekeken dan droge en natte lading. Containers kunnen geladen zijn met veel verschillende soorten goederen. Hierbij wordt gemeten in zowel tonnen als containers. Er kan dus niet simpelweg gesteld worden dat bij een bepaalde stand nog maar de helft van het aantal containers meegenomen kan worden. Voor juiste vaststelling moet gerekend worden op basis van gewicht.

Doordat niet alle transportdata openbaar beschikbaar is, zijn uitzonderingen in de sector mogelijk. Om een zo hoog mogelijke mate van generaliseerbaarheid te behalen met hoge representativiteit is er gebruik gemaakt van een combinatie van gegevens afkomstig van NPRC (2024) en BIVAS (2023).

### 4.3 Vervoerde tonnages

In de logistieke sector worden over het algemeen tonnen gebruikt voor de aanduiding van het totaal vervoerde aantal goederen. Deze vervoerde tonnages zullen zich voornamelijk richten op droge en natte bulk, hierdoor minder op containers aangezien data met betrekking tot gewichten van containers minder goed meetbaar is in de praktijk. Om deze reden zullen containers worden behandeld aan de hand van het aantal Twenty foot Equivalent Units (TEUs).

## Analyse

### Droge bulk

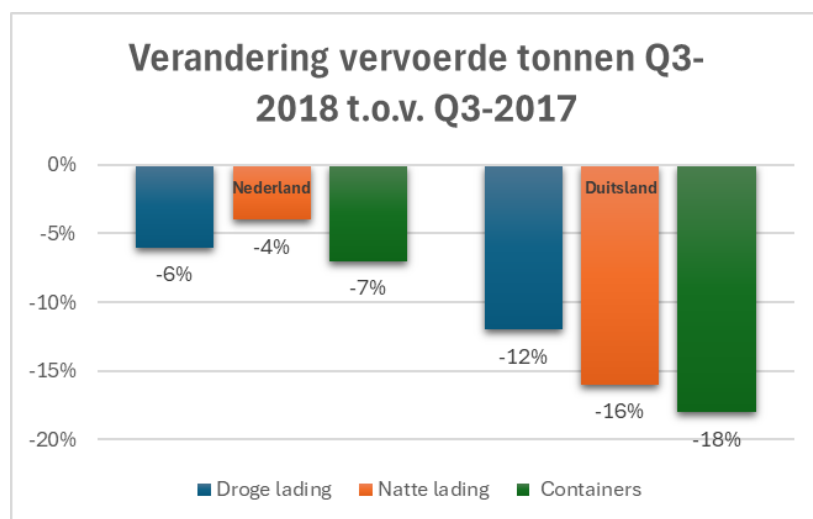
Op het moment dat de periodes in de herfst van 2018 en 2019 met elkaar vergeleken worden, kan worden geobserveerd dat in de maanden met laagwater minder tonnen vervoerd worden dan gewoonlijk (Figuur 12, Bijlage B). In Nederland heeft dit tot gevolg gehad dat er in de periode Q3-2018 6% minder ton droge lading werd vervoerd dan hetzelfde kwartaal een jaar eerder (CBS, 2024). In Duitsland leidde de laagwaterperiode van 2018 tot een afname van het aantal vervoerde tonnen van 12% (onderstaande Figuur 6) (Destatis, 2024).

Opvallend is echter dat de totale tonnages over het jaar niet sterk lijken te verminderen. Tot halverwege december 2018 bleef de stand bij Kaub extreem laag. Vanaf het herstel in waterstand herstelde het aantal vervoerde tonnen ook snel. Januari 2019 liet een toename zien in vervoerde tonnen droge bulk ten opzichte van december 2018 van 14,5% (CBS, 2024). Dit wijst erop dat een gedeelte van de uitgestelde lading alsnog vervoerd is op momenten in de periode ná laagwater.

In Figuur 12 (Bijlage B) kan worden opgemerkt dat in de perioden van laagwater de totale vervoerde hoeveelheid droge lading op de Rijn lager wordt. Figuur 13 (Bijlage B) toont ons dat de totale hoeveelheden in Nederland vervoerde tonnen hierdoor nauwelijks geraakt worden, deze zijn immers stabiel over de periode 2011-2021. Een goede manier om dit te herkennen is door Figuur 13 en Figuur 14 elkaar te vergelijken op patronen.

### Figuur 6

*Verandering vervoerde tonnen in Nederland en Duitsland bij laagwater 2018*



*Figuur 6: Verandering in vervoerde tonnen lading in de periode Q3-2018 t.o.v. Q3-2017, opgesplitst voor Nederland en Duitsland in drie hoofdcategorieën (CBS, 2024 & Destatis, 2019), bewerkt.*

### *Natte bulk*

In normale situaties maakt de ladingcategorie natte bulk in Nederland en Duitsland respectievelijk, 30% en 25% uit van de totale binnenvaart. Ondanks een lichte daling in Nederland in het droogtejaar 2018 blijft de natte lading een stijgende lijn vertonen op het gebied van vervoerde tonnen. In Figuur 6 zien we een totale daling van vervoerde tonnen van 2,34% in 2018 t.o.v. 2017 (CBS, 2024).

Kijken we echter naar de uitsplitsing in kwartalen, dan zien we een andere uitkomst. In het derde en vierde kwartaal van 2018 werd gemiddeld 5% minder natte lading vervoerd in Nederland dan in dezelfde kwartalen een jaar eerder (Figuur 15, Bijlage B). Op het moment dat waterstanden stegen en teruggingen naar normaal werd deze gemiste lading vrij snel ingehaald in 2019, met in het eerste kwartaal een mutatie van +14,8% t.o.v. Q4-2018 (CBS, 2024).

Kijkend naar Figuur 6 met betrekking tot Duitsland, zien we grotere verschuivingen, met een daling in natte bulk tonnages van 16% (Destatis, 2019).

### *Containers*

Op basis van de laatste twaalf jaar worden er in Nederland jaarlijks ruim vijf miljoen containers vervoerd door de binnenvaart (CBS, 2024). Op het moment dat Figuur 17 (Bijlage B) bekeken wordt zien we een daling in 2018 t.o.v. 2017 van 3,5% in het aantal vervoerde containers. Een vergelijking van Q3-2018 en Q3-2017 laat een daling zien van ongeveer 7% in Nederland. Voor buurland Duitsland geldt een grotere impact van 18% daling (Destatis, 2024).

Figuur 18 (Bijlage B) toont ons een vele malen sterkere daling in het vierde kwartaal van 2018 t.o.v. hetzelfde kwartaal een jaar eerder. Deze daling bedroeg namelijk 15,8%. In de maanden net ná 2018 zien we dat een herstel ingezet is. Januari 2019 laat ons een stijging in het aantal vervoerde TEUs in Nederland zien van 18,9% (CBS, 2024). Hierbij lijkt het containervervoer te herstellen in de richting van haar oude hoeveelheid, een inhaalslag lijkt te worden gemaakt voor het geleden verlies.

Ondanks dit herstel lijkt de containerbinnenvaart de periode daaropvolgend hard geraakt te worden door het lage water. Een deel van het containertransport is overgenomen door wegvervoer. Circa tien procent van de gehele containerbinnenvaart is verloren gegaan en niet meer teruggekeerd naar de sector. De negatieve trendlijn in Figuur 18 onderschrijft deze gebeurtenis. Op de traditionele Rijn lag het containervervoer 11% achter op het eerste kwartaal van 2018 (Figuur 19, Bijlage B).

## Resultaten

Op basis van cijfers in bovenstaande uitgevoerde analyses (CBS, 2024), blijkt dat het aantal vervoerde tonnen gedurende de laagwaterperiode van 2018, sterk afnam. Dit heeft in alle drie de hoofdcategorieën plaatsgevonden. Hetzelfde effect zien we terugkeren in andere laagwaterjaren. Een oorzaak hiervan kan onder meer worden gevonden in de verplichte afname van de beladingsgraad van voornamelijk grote schepen.

Schepen worden minder diep beladen vanwege de lage waterstand, dit betekent automatisch een kleinere hoeveelheid lading per transport. Dit resulteert in een daling van de totale capaciteit van de binnenvaartvloot, met als gevolg een toenemende krapte op de markt.

De volgende paragraaf zal zich richten op de mogelijke oplossing: het uitvoeren van meer transporten met minder belading. Dit zou eventueel het verlies op ladingcapaciteit compenseren. De uitgevoerde analyse wijst erop dat deze compensatie niet voldoende is gedurende de laagwaterperioden, aangezien het totale vervoerde gewicht tijdens deze perioden lager blijft dan gewoonlijk.

Hoeveelheden droge en natte lading lijken zich daarentegen vlug te herstellen nadat de waterstanden terugkeren naar normale hoogten. Dit kan onder andere worden verklaard door een inhaalslag van de achterstallige volumes die gewoonlijk in het laatste kwartaal van 2018 vervoerd zouden worden.

Een probleem voor de toekomst zou hieruit voort kunnen komen. De totale hoeveelheid vervoerde containers blijft ondanks herstel, achter op de trend die het voor 2018 volgde. Er kan geconcludeerd worden dat momenteel 11% van de containermarkt verloren is gegaan naar weg en spoor (CBS, 2024).

### 4.4 Aantal transporten

Een volgend punt, dat erg belangrijk om vast te stellen hoe de operationele activiteiten beïnvloed worden door lage waterstanden, is het aantal transporten in verschillende situaties met elkaar vergelijken. Dit gebeurt wederom aan de hand van een vergelijking tussen periodes waarin het water normaal of laag is geweest. Om een beter beeld te krijgen wordt in enkele jaren dieper ingegaan op maand en week specifieke data. Totale jaaraantallen zullen ook in overweging genomen worden om te onderzoeken of de totale lading verandert of gelijk blijft.

### Analyse

Op het moment dat het aantal Rijntransporten op een meer gedetailleerde wijze bekeken gaat worden vallen vooral de maanden met lage waterstanden sterk op. Op basis van transportdata van NPRC (2024) kan worden opgemerkt dat in de weken 41 t/m 47 van 2018 een gemiddeld aantal reizen uitgevoerd uit naam van het bevrachtingskantoor, 68% hoger ligt dan in dezelfde weken een jaar later (2019).



Op basis van reisdata uit van BIVAS (2023) blijkt dat het totaal aantal uitgevoerde reizen in het hele jaar 2018 4,3% hoger is geweest dan in 2017. Wordt er een vergelijking gemaakt met 2014, dan zien blijkt dit verschil groter te zijn, namelijk een stijging van 14,6% in het aantal reizen. De stijgingen zijn vooral te zien bij grotere scheepsformaten. Het aantal reizen uitgevoerd door de schepen in de grootste scheepsklassen 4, 5, en 6 (oplopend in laadvermogen) laten in 2018 een duidelijke toename zien van respectievelijk, 4%, 10% en 13%, t.o.v. 2017 (Figuur 20, Bijlage B). Deze schepen merken als eerste de effecten van lage waterstanden doordat deze schepen van zichzelf al dieper liggen. Deze schepen dienen dus over het algemeen eerder minder lading mee te nemen dan schepen van kleiner formaat.

Deze toename zien we terug in de gehele sector binnenvaart. Hierin dient niet direct onderscheid te worden gemaakt in de drie ladingscategorieën: droge lading, natte lading en containers. Paragraaf 2 en 3 toonde ons een afname in de beladingsgraad en tonnen.

## Resultaten

Op basis van bovenstaande analyse lijkt laagwater een toename in het aantal transporten te veroorzaken in de betreffende periode. Het Binnenvaart Analyse Systeem (2023) laat zien dat het aantal transporten in het hele jaar 2018 4,3% hoger heeft gelegen dan in 2017. Hierbij is voornamelijk de toename te vinden in scheepsklasse 4, 5 en 6. Doordat niet alle transportdata uit de markt beschikbaar is, zijn er uitzonderingen mogelijk en zal deze uitkomst niet automatisch gelden voor alle vervoerders binnen de sector.

## 4.5 Gevolgen operationele kosten en opbrengsten

### Analyse

#### *Operationele kosten*

Een belangrijk effect dat mogelijk optreedt als gevolg van lage waterstanden zijn toenemende operationele kosten voor de scheepsvaartondernemers. Hierbij wordt vooral gefocust op de schipperskant. Eerdere analyse op basis van de gebruikte data wees op een dalende beladingsgraad bij laagwater. Hierdoor kan de schipper minder tonnen in rekening brengen aan de opdrachtgever. Bij een Kaub-stand van 200 cm of lager begint een groot Rijnschip met minder lading meenemen dan het schip gewoonlijk aankan. Echter wordt in de markt pas een laagwatertoeslag betaald aan de schippers bij een waterstand onder de 181 cm (Contargo & NPRC, 2024). Hierdoor zal de schipper die contract gebonden reizen uitvoert dus de eerste twintig centimeter voor zijn eigen rekening moeten nemen, wat gezien kan worden als omzetverlies.

Naast het feit dat er tot op zekere hoogte omzetverlies kan optreden, is het mogelijk dat de operationele kosten per ton toenemen vanwege laagwater. Doordat er minder lading per transport vervoerd kan worden, daalt het totaal aantal tonnen. De operationele kosten moeten nu worden gedeeld door een kleinere hoeveelheid tonnen, waardoor de kosten per ton hoger lijken te worden.

De operationele kosten lijken in algemene zin vrij constant te blijven, ongeacht de hoeveelheid lading. Een factor die wel lijkt te dalen in het totaalbeeld, zijn de brandstofkosten. Doordat een schip lichter is wordt er minder brandstof verbruikt. De totale verandering in kosten is gering, variabele kosten hebben namelijk slechts betrekking op 20% van de totale kosten (van der Meulen, et al., 2023). In het betreffende onderzoek hebben variabele kosten betrekking op brandstof en 50% van de onderhoudskosten.

De wijzigingen die optreden in kosten per ton worden voornamelijk gevonden in de variabele kosten, zo blijkt uit onderzoek van Jonkeren (2023). De toename van de variabele kosten in 2018 ten opzichte van een jaar eerder bedroeg 15%. Ten opzichte van 2016 betekende dit zelfs een stijging van bijna 30%. De vaste kosten zijn over de jaren 2015-2021 vrij stabiel. Hierbij wordt vooral gekeken naar de schepen die worden geclassificeerd als grote schepen (2700 ton lading), deze schepen zijn goed voor ruim 50% van het beschikbare ladingsvermogen in de Rijnvaartlanden. (van der Horst, Hoogervorst, & Francke, 2020).

### *Operationele opbrengsten*

Op basis van de uitgevoerde analyses zien we een toename in operationele opbrengsten terugkomen in perioden van laagwater (CBS, 2018). In eerste instantie is er een omzetsdaling te herkennen. Dit wordt onder meer veroorzaakt doordat schippers minder lading kunnen vervoeren per transport, en dus voor minder tonnen vergoeding krijgen. Deze noodzakelijke daling van de beladingsgraad vraagt om meer transporten, met als doel dezelfde hoeveelheid lading te vervoeren als gewoonlijk. De vraag naar de modaliteit stijgt en het aanbod daalt, hierdoor stijgt de marktprijs (Figuur 21, Bijlage B).

Het bestaan van laagwaterclausules verhoogt de omzet vervolgens nog verder. Dit houdt in dat vanaf een bepaalde waterstand laagwatertoeslagen worden uitgekeerd. Deze werken ter vergoeding en zorgen ervoor dat de schipper toch de omzet krijgt die hij normaal gesproken ook zou ontvangen bij belading onder normale omstandigheden. Bevrachtingskantoren kunnen schippers op deze manier vergoeden voor de (gedeeltelijk) misgelopen omzet.

Contargo (2024) rekent verladers laagwatertoeslagen op geladen containers vanaf een stand bij Kaub van 150 cm of lager. Voor één TEU wordt een toeslag gerekend van veertig euro. Bij iedere 20 cm daling stijgt de toeslag met vijftien of twintig euro. Op het moment dat de stand onder de 80 cm komt wordt er alleen nog maar op individuele onderhandeling gewerkt.

Ook binnenvaartcoöperatie NPRC (van Strien, 2024) werkt met laagwatertoeslagen. Met iedere verlader zijn individuele afspraken gemaakt. In de algemene zin wordt Kaub lager dan 181 cm aangehouden als startpunt van de laagwatertoeslagen. Deze wordt gerekend in 10% van de vrachtprijs voor elke tien centimeter extra daling. Vrachtprijzen met verladers liggen immers al vaak vooraf vast in contracten. Hierdoor is het voor bevrachtingskantoren van belang om deze toeslagen te ontvangen om de verhoogde marktprijs te kunnen betalen aan de schippers. Dezelfde grens van 81 cm wordt gewoonlijk aangehouden om contracten vrij te laten vallen en de vrije markt op te kunnen gaan.

Uit data van CBS (2024) blijkt dat de vrachtprijzen in perioden van laagwater fors zijn gestegen. Bij extreem lage gemiddelde waterstanden in een kwartaal zien we dat de vrachtprijs flink toeneemt. Dit resulteerde in een totale omzetsijging in 2018 van 13% ten opzichte van een jaar eerder. Het derde kwartaal van 2018 leverde zelfs een stijging op van 17,5% (CBS, 2018). In Q4 2018 werd een omzet bereikt die 31,8% hoger lag dan dezelfde periode in 2017.

In eerste en tweede kwartaal van 2019 liepen de omzetcijfers in zowel Nederland als Duitsland direct terug, na de hoge prijzen in 2018. Dit wordt teruggezien in de afname van de omzet van 22,1% in het eerste kwartaal van 2019 ten opzichte van het laatste kwartaal van 2018 (CBS, 2024). Ook wanneer verder wordt gekeken naar Q4 2019 herkennen we eenzelfde terugloop in de omzet. De omzet in Q4 2019 lag op basis van cijfers van CBS (2024) 19,1% lager dan Q4 2018. Waterstanden stegen en liepen terug naar normale waarden (CCR, 2019).

## Resultaten

Op basis van bovenstaande uitgevoerde analyses lijken operationele kosten in algemene zin gelijk blijven ten tijde van laagwater. Enkel de variabele kosten per ton nemen toe. Doordat de variabele kosten niet het grootste deel uitmaken van de totale kosten wordt dit effect afgezwakt. Het omzetverlies in vroege stadia van laagwater leidt tot de grootste kostenpost voor schippers.

Cijfers van CBS (2024) ten tijde van laagwater wijzen, door een toenemende vrachtprijs in combinatie met laagwatertoeslagen, op een forse toename van de omzet. Op deze manier worden schippers gecompenseerd voor de misgelopen lading. De kosten voor verladers gaan hierdoor omhoog (CBS, 2024). Een herstel in de prijzen en omzetcijfers wordt snel na het herstel in waterstanden herkend in de markt.

## 4.6 Elementen vervoerskeuze binnenvaart

### Analyse

Verladers houden vast aan meerdere elementen bij het kiezen van vervoersmiddelen voor het transport van goederen en grondstoffen. Uit nieuwsartikelen en interviews met personen uit de binnenvaartsector zijn deze elementen vastgesteld. Door deze elementen uiteen te zetten en vast te stellen in hoeverre een modaliteit voldoet aan de eisen van verladers, kunnen er vergelijkingen worden gemaakt. De vergelijking wordt gemaakt door het extreme jaar 2018, te vergelijken met periodes voor en na dat jaar. Op basis van deze analyse zal worden vastgesteld in hoeverre de perceptie die verladers hebben over de binnenvaart, verandert ten tijde en ten gevolge van laagwaterperioden op de Rijn.

### Betrouwbaarheid

Het eerste element dat duidelijk naar voren komt is de betrouwbaarheid. Verladers zijn erg gebaat bij betrouwbaarheid. Hierbij wordt gefocust op punctualiteit en consistentie. Een bedrijf dat grondstoffen naar de fabriek vervoerd wil hebben, kan het zich niet veroorloven om een dag zonder grondstoffen te zitten. Dit kan immers tot forse financiële schade leiden.

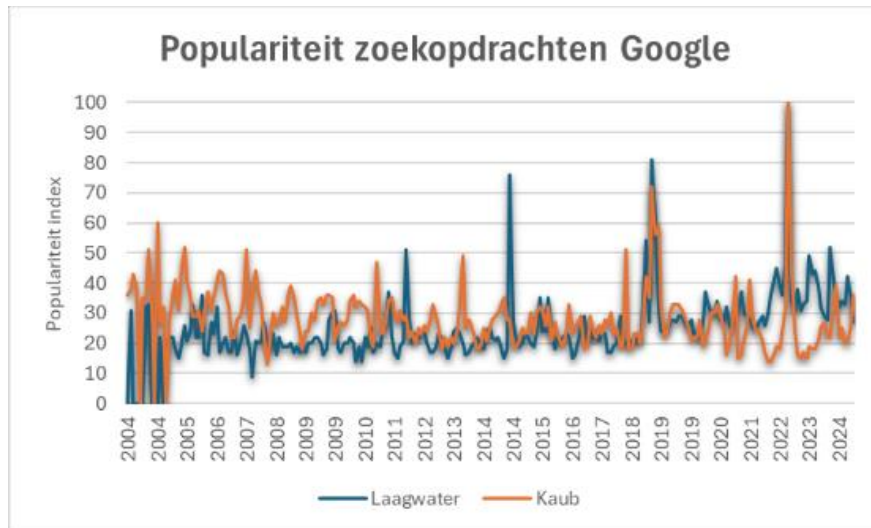
In jaren dat het water *normale standen* bereikt, waardoor geen logistieke aanpassingen vereist zijn, scoort de binnenvaart hoog op betrouwbaarheid. Vaartijden fluctueren gewoonlijk nauwelijks en schepen kunnen een duidelijk overeengekomen hoeveelheid lading meenemen. Doordat schepen van een dermate groot formaat zijn vergeleken met vrachtwagens, hebben de verladers een zekerheid dat de grote hoeveelheid lading aankomt op locatie.

Echter, in extreem droge jaren, waar 2018 een goed voorbeeld van is, neemt deze betrouwbaarheid sterk af. Schepen kunnen minder vol beladen worden en moeten meer bewegingen maken. Hierdoor wordt verwacht dat het drukker wordt op de vaarweg met vertragingen tot gevolg. Doordat de maximale lading per schip sterk afneemt door lage waterstanden, kan niet alle lading meer vervoerd worden. Verladers zijn hierdoor niet meer zeker van een onverstoord productieproces. Verladers zijn genoodzaakt andere modaliteiten in overweging te nemen om voortzetting van het productieproces te garanderen in laagwaterperioden.

Zoals in Figuur 7 te zien is stijgt de populariteit van de zoekopdrachten Kaub en laagwater sterk en heeft het haar piekmomenten ten tijde van laagwaterperioden. Dit lijkt te wijzen op het feit dat met name ten tijde van laagwater veel interesse is voor de onderwerpen. Verladers zijn dan ook minder geneigd om voor binnenvaart te kiezen gedurende laagwater. Zij kunnen er niet zeker van zijn dat lading op tijd vervoerd wordt.

## Figuur 7

### Populariteit zoekopdrachten laagwater en Kaub



Figuur 7: Overzicht van de populariteit op Google.nl van de termen "laagwater" en "Kaub". Afgebeeld als index waarbij 100 een maximale populariteit weergeeft van het onderwerp (Google, 2024).

### Kosten

Het volgende element waar verladers zich sterk op richten is het kostenbeeld. Om veranderingen op te merken, moeten de prijzen van de drie verschillende hoofdmodaliteiten in kaart worden gebracht.

In jaren met normale waterstanden, zien we een verdeling waarbij binnenvaart en spoorvervoer vele malen goedkoper zijn dan wegtransport. In perioden met laagwater lijkt deze situatie te veranderen. Schippers willen vergoed worden voor de lading die zij gewoonlijk zouden kunnen vervoeren met hun schip. Deze rekening komt in algemene zin bij de verlader te liggen doordat laagwatertoeslagen zijn opgenomen in contracten. Transporten op de spotmarkt zullen ook veel duurder worden doordat de vrachtprijs op de markt sterk toeneemt.

Het kostenvoordeel dat binnenvaart heeft t.o.v. andere modaliteiten lijkt hierdoor sterk af te nemen. In gewone situaties bedraagt de vrachtprijs van de binnenvaart twee tot drie keer zo weinig als dat van het wegvervoer. In vergelijking met spoorvervoer is de binnenvaart 1,5 keer zo goedkoop (Panteia, 2023). In perioden van laagwater kan dit sterk teruglopen doordat eerder al bleek dat binnenvaartprijzen meer dan verdubbelen.

## *Milieu*

Het huidige ondernemen is steeds meer gericht op het minimaliseren van negatieve externaliteiten, met in het bijzonder de uitstoot van schadelijke stoffen. Transport is een van de grootste veroorzakers van deze uitstoot. In algemene zin is de binnenvaart erg schoon in vergelijking met wegtransport. Dit komt voornamelijk door de grote hoeveelheid lading dat een binnenvaartschip mee kan nemen tijdens een transport. De uitstoot kan hierbij worden gemeten in gram per tonkilometer. In jaren met normale waterstanden, doet de binnenvaart het erg goed in vergelijking met andere modaliteiten op het gebied van milieu. De binnenvaartsector veroorzaakt relatief weinig CO<sub>2</sub>-uitstoot en weinig andere negatieve externaliteiten.

Terwijl wegvervoer de laatste 14 jaar gemiddeld 0,080 kg per tonkilometer CO<sub>2</sub> uitstootte, bedroeg dit voor de binnenvaart meer dan 50% minder, namelijk 0,031 kg. Het spoor doet het op dit gebied daarentegen nog beter: slechts 0,010 kg per tonkilometer (Figuur 22, Bijlage B, (van der Geest, 2022)).

Maar op het gebied van gemiddelde emissie, waaronder vallend stikstof en fijnstof, doet het wegtransport het vele malen beter dan de binnenvaart. Voor de binnenvaart bedraagt dit 9 gram (g) per kilowattuur (kWh), terwijl dit voor het wegtransport slechts 0,7 g/kWh bedraagt. In perioden van laagwater treedt er een sterk negatief effect op voor de sector binnenvaart. In 2018 zien we een gemiddelde daling van 64% in beladingsgraad (zie H4.2). Doordat brandstofverbruik niet in dezelfde mate afneemt als de beladingsgraad blijft de totale uitstoot relatief gelijk. Echter, de uitstoot per tonkilometer stijgt fors in perioden van laagwater. Het voordeel van de binnenvaart wordt hiermee gedeeltelijk te worden weggenomen.

## *Volume*

Een belangrijk element voor verladers is de hoeveelheid volume dat vervoerd kan worden op een transport. Binnenvaart doet het op dit gebied vele malen beter dan weg- en spoorvervoer. Een groot Rijnschip kan zo'n 3000 ton lading vervoeren. Om deze lading in een vrachtwagen van 25 ton te krijgen zijn er 120 wagens nodig. Met name op het gebied van overslagtijden boekt de binnenvaart veel tijdswinst. Het spoor wint het op dit onderdeel ook niet van de binnenvaart. Hier zien we bij dezelfde vergelijking dat een treinwagon van 65 ton, ertoe zou leiden dat er rond de 47 wagons nodig zijn ter vervanging van een groot Rijnschip van 110 meter.

Cijfers van Koninklijke Binnenvaart Nederland (2023) wijzen uit dat een 110 meter schip bij iedere tien centimeter daling, een verlies van 100 tot 120 ton tot gevolg heeft. Dit leidt tot een daling van de totale ladingscapaciteit van Rijnschepen van één miljoen per maand. In de laagwatermaanden zien we dan ook een duidelijke afname in de beladingsgraad bij binnenvaartschepen. Hierdoor neemt het volumevoordeel dat schepen hebben af, maar blijft in zekere mate sterk aanwezig.

Het voordeel hierin is vooral terug te zien in bij droge bulk lading. Deze ladingssoort is gemakkelijk in grote hoeveelheden in een bak te vervoeren. Containers daarentegen kunnen gemakkelijk worden overgezet op spoor of vrachtwagen. Hierdoor is deze ladingssoort erg gevoelig om te worden overgenomen door andere modaliteiten. Verladers houden hier dan ook sterk rekening mee.

Het extreme jaar 2018 heeft geleid tot een structurele afname van het containervervoer via binnenvaart. Deze hoeveelheid lading is weggevallen en vooralsnog niet teruggekeerd. Dit is een goed voorbeeld van de zo gevreesde reverse modal shift.

### *Snelheid*

Het efficiënt en snel vervoeren van goederen is in de huidige economie erg belangrijk. In normale situaties is dit een competitief voordeel van de binnenvaart tegenover andere modaliteiten. Het vervoer van de binnenvaart van 2150 ton droge bulk lading van Hengelo naar Koblenz duurt één dag en veertien uur (Cofano, 2024). Op het moment dat alleen naar tijd wordt gekeken, lijkt dit in vergelijking tot wegtransport niet efficiënt, een vrachtwagen doet hier slechts 3,5 uur over (Google Maps, 2024). Echter, voor eenzelfde hoeveelheid lading dient het wegvervoer meer dan 70 vrachtwagens naar Koblenz te sturen. De totale reistijd (arbeid) die de binnenvaart hiermee bespaart, bedraagt ruim tweehonderd uur. In spitsuren kan dit voordeel nog hoger uitvallen doordat het wegtransport file kan ervaren op wegen.

In situaties van laagwater zien we dit voordeel wederom sterk afnemen. Bij een gemiddelde beladingsgraad van droge bulkschepen ten tijde van laagwater (25%), zal een groot Rijnschip nog ongeveer 500 ton kunnen vervoeren per transport. Het snelheidsvoordeel dat de binnenvaart heeft ten opzichte van wegtransport, neemt in bovenstaand voorbeeld af naar twintig uur.

Boven op de getallen, dient te worden vermeld dat de tijdsduur van een binnenvaartreis ten tijde van laagwater omhoog gaat. Door hogere frequentie schepen aan de sluisen zullen de wachttijden bij sluisen verhoogd worden. Vaarwegen worden smaller waardoor schepen elkaar niet overal kunnen passeren, hierdoor zijn eenrichtingsvaarwegen van toepassing in extreme situaties (Broslma & Roelse, 2011).

Laad- en lostijden zullen in actieve vorm afnemen, maar door hogere frequentie schepen zullen hier ook langere wachttijden zijn. Daarentegen, het volladen van tankschepen gaat nu vele malen sneller. Voor de schippers is dit een positieve ontwikkeling. Zij ontvangen een hogere vergoeding voor een minder zwaarbeladen schip, en voeren de reis sneller uit (tankschepen).

## Resultaten

De betrouwbaarheid van een modaliteit staat erg hoog in het vaandel bij verladers. Er moet vertrouwen in elkaar zijn bij het doen van zaken en wederzijdse afhankelijkheden. Op deze manier wordt voorkomen dat verstoringen in productieprocessen plaats vinden. Bij normale standen scoort de binnenvaart erg hoog. Ten tijde van laagwater neemt de betrouwbaarheid echter sterk af. Verladers zijn minder geneigd de binnenvaart te gebruiken als modaliteit en gaan om zich heen kijken naar alternatieven.

Vervolgens zien we een kostenvoordeel van de binnenvaart ten opzichte van zowel spoor- als wegvervoer. Echter, ten tijde van laagwater kan de vrachtprijs wel oplopen tot meer dan twee keer de gangbare prijs. Dit neemt het voordeel voor de binnenvaart weg en maakt spoor en weg aantrekkelijker voor verladers.

Op het gebied van milieu doet de binnenvaart het met name op het gebied van CO<sub>2</sub> uitstoot erg goed in vergelijking tot wegvervoer, met een uitstoot van meer dan 50% minder per tonkilometer. Het spoor is de minst vervuilend op het gebied van CO<sub>2</sub>, met een uitstoot van 0,010 kg per tonkilometer. Dit is driemaal zo laag als de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de binnenvaart. Op het gebied van stikstof en fijnstof loopt de binnenvaart sterk achter op het wegvervoer. Ten tijde van laagwater wordt het voordeel van de CO<sub>2</sub> uitstoot van de binnenvaart weggenomen. Door een beladingsgraad die 64% lager ligt dan gangbaar, wordt de CO<sub>2</sub> uitstoot per tonkilometer bijna tweemaal hoger dan in normale situaties. Dit brengt de binnenvaart erg dichtbij wegtransport.

Op het gebied van volume is de binnenvaart absolute marktleider. Een groot Rijnschip staat qua capaciteit gelijk aan zowel 120 vrachtwagens als 47 treinwagons. Laagwater brengt de binnenvaart in een negatieve situatie, waardoor een schip bij extreem laagwater nog slechts voor 25% of minder beladen kan worden.

Tot slot blijkt uit de analyse dat een transport dat per binnenvaart 38 uur duurt, via wegtransport slechts 3,5 uur duurt. Een binnenvaartschip neemt daarentegen vele malen meer lading mee. De totale tijdsduur ligt voor de binnenvaart dus fors lager. Ondanks een afname in de beladingsgraad bij laagwater, behoudt de binnenvaart haar voordeel op het gebied van tijd. Dit voordeel wordt weliswaar ingeperkt, maar doordat slechts één keer hoeft te worden gelost, lijkt tijd te worden gewonnen.



## 5. Conclusie

In deze scriptie is onderzocht in hoeverre laagwater op de Rijn de operationele activiteiten en de aantrekkelijkheid van de binnenvaart als modaliteit beïnvloedt. Om een antwoord te kunnen formuleren op deze onderzoeksvraag zijn er drie deelvragen met bijbehorende hypothesen opgesteld. Ten eerste werd gesteld dat het toenemende aantal laagwaterperioden het aantal operationele bewegingen zal laten toenemen. Vervolgens heeft de tweede hypothese betrekking op de operationele kosten en opbrengsten. Hierin werd gesteld dat operationele kosten van de binnenvaart stijgen ten tijde van laagwater en de operationele opbrengsten toenemen. Tot slot is de verwachting geschetst dat de toenemende frequentie van laagwaterperioden in de Rijn zal leiden tot een verslechtering van de concurrentievoordelen van de binnenvaart. De elementen die belangrijk zijn voor verladers bij het maken van een vervoerskeuze zullen naar verwachting negatief veranderen ten aanzien van de binnenvaart.

Aan de hand van verschillende analyses is onderzocht in hoeverre laagwater op de Rijn de bovenstaande hypothesen bevestigt of ontkracht. Uit de uitgevoerde analyses binnen dit onderzoek, is aan de hand van de geraadpleegde bronnen, gebleken dat de waterstanden bij Kaub een grote impact hebben op de binnenvaart.

Allereerst is het belangrijk om te benoemen welke jaren worden geschaald onder jaren met perioden van extreem laag water. Hierbij wordt vooral gekeken naar het aantal dagen dat de waterstand bij pegel Kaub onder de 81 cm heeft gestaan. Op basis van cijfers van WSV (2024) bleek 2018 het meest extreme jaar in de eenentwintigste eeuw, met maar liefst 106 dagen waarop de waterstand onder de 81 cm bleef. Andere jaren met een hoge frequentie van dagen met een waterstand lager dan 81 cm waren 2003, 2011, 2015 en 2022. Deze informatie kan goed gebruik worden om vast te stellen wanneer laagwater het meest voorkomt. Deze resultaten wijzen erop dat in de huidige eeuw, laagwater het meest voorkomt in de periode tussen augustus en november (WSV, 2024).

### Samenvatting belangrijkste bevindingen

#### *Operationele activiteiten*

De uitkomsten van uitgevoerde analyses met betrekking tot operationele activiteiten lijken erop te wijzen dat beladingsgraden gedurende laagwaterperioden sterk afnemen. Deze afname in beladingsgraden lijkt samen te vallen met een afname in het aantal vervoerde tonnen in dezelfde periode. Tegelijkertijd lijkt het aantal transporten tijdens laagwater juist toe te nemen. Deze trends suggereren dat er veranderingen plaatsvinden in de efficiëntie en frequentie van binnenvaarttransporten. Op basis van transportdata afkomstig van binnenvaartcoöperatie NPRC (2024)

en BIVAS (2023) zien we een daling van de beladingsgraad ten opzichte van gebruikelijke situaties van 64%.

Verder lijkt het aantal vervoerde tonnen ten tijde van laagwaterperioden af te nemen. De resultaten gevonden uit de analyse op basis van cijfers van CBS (2024) laten deze daling zien. Op het moment dat waterstanden herstellen, wordt een snel herstel opgemerkt in deze cijfers. Dit suggereert dat uitgestelde tonnen later alsnog worden vervoerd door de binnenvaart. Ondanks dat de uitgestelde hoeveelheid containers gedeeltelijk ingehaald worden in de opvolgende periode, lijkt een structurele daling te zijn ontstaan op dit gebied. Dit doet een reverse modal shift vermoeden.

Verder wijzen de uitkomsten vanuit de gebruikte reisdata op een toename in het aantal uitgevoerde transporten tijdens laagwater. Het totaal aantal reizen van 2018 blijkt hoger te zijn dan 2017. Verder zien we op basis van transporten van NPRC (2024) een toename in de transporten langs Kaub in de weken 41 t/m 47 van 68% ten opzichte van 2019. De stijgingen lijken te wijzen op een grotere impact voor schepen in de klassen 4, 5 en 6. Doordat deze schepen van origine een grotere diepgang hebben zijn zij eerder genoodzaakt zich in mindere mate te beladen.

#### *Operationele kosten en opbrengsten*

Op basis van gesprekken met management leden van NPRC (2024) komt naar voren dat laagwater in eerste instantie nadelig kan zijn voor schippers. Een lagere beladingsgraad houdt in dat schippers vergoed worden voor een kleinere hoeveelheid lading. De voornaamste kostenpost voor schippers hierin lijkt hem voornamelijk te zitten in dit omzetverlies. Gewoonlijk wordt begonnen met afschalen van lading bij een waterstand van 200 cm bij Kaub. Echter, laagwatertoeslagen worden gemiddeld genomen pas uitbetaald bij een stand van 180 cm of lager. De eerste twintig centimeter is dus voor eigen rekening.

Verder lijken de kosten per ton licht toe te nemen (Jonkeren O. , 2023). Op basis van deze analyse wordt het beeld geschetst dat variabele kosten in 2018 zijn toegenomen met 15% t.o.v. een jaar eerder. Doordat minder ton wordt meegenomen dient het brandstofverbruik te worden verdeeld over minder tonnen. Aangezien brandstofverbruik (incl. een deel onderhoud) slechts 20% van de totale kosten uit lijkt te maken wordt deze kostenstijging sterk afgezwakt (van der Meulen, et al., 2023).

Cijfers van CBS (2024) wijzen op een toename van de omzetcijfers ten tijde van laagwater op de Rijn. Op het moment dat schepen minder lading mee kunnen nemen, daalt de totale ladingscapaciteit van de binnenvaart. Een daling van het capaciteitsaanbod lijkt de oorzaak te zijn voor de stijging van de vrachtprijs. Dit in combinatie met de uitkering van laagwatertoeslagen wijst op een forse toename van de omzet bij laagwater. Hierbij valt in 2018 een stijging van de omzet in Q4 te herkennen van 31,8% ten opzichte van hetzelfde kwartaal een jaar eerder (CBS, 2024). Deze omzet lijkt in de periode dat

waterstanden herstellen snel terug te keren naar haar oude niveau. De vergelijking tussen het eerste kwartaal van 2019 en het laatste kwartaal van 2018 wijst op een daling in 2019 van 22,1% (CBS, 2024).

### *Elementen vervoerskeuze*

Op basis van een kwalitatieve analyse met betrekking tot de elementen die verladers belangrijk vinden in het maken van een vervoerskeuze is geprobeerd mogelijke verschuivingen vast te stellen. Als eerste wordt gekeken naar betrouwbaarheid van de modaliteit. Waar de betrouwbaarheid van binnenvaart gewoonlijk hoog is doordat vaartijden nauwelijks fluctueren en afgesproken hoeveelheden lading van A naar B worden vervoerd. Er is een dermate grote zekerheid dat de lading vervoerd wordt. In jaren met laagwater neemt deze betrouwbaarheid echter af. Verladers gaan alternatieven bekijken.

Het kostenbeeld is het volgende punt dat erg belangrijk is voor verladers. Ten tijde van laagwater lijken vrachtprijzen sterk toe te nemen. In combinatie met laagwatertoeslagen worden transportkosten hoger, dit wijst op een afname van het kostenvoordeel dat binnenvaart heeft t.o.v. spoor en weg.

Op het gebied van CO<sub>2</sub>-uitstoot doet de binnenvaart het gewoonlijk erg goed, met een uitstoot van 50% minder per tonkilometer dan wegvervoer. Ten tijde van laagwater lijkt dit voordeel fors verminderd te worden, doordat de uitstoot verdeeld moet worden over een kleinere hoeveelheid vervoerde lading.

De volumevoordelen die de binnenvaart heeft ten opzichte van weg en spoor lijken in situaties van laagwater af te nemen. Doordat schepen minder diep beladen kunnen worden zijn er voor een bepaalde hoeveelheid lading meer schepen nodig.

De verandering van dit volumevoordeel wijst op een wijziging in het snelheidsvoordeel dat de binnenvaart heeft t.o.v. andere modaliteiten. Meer transporten zorgen voor een drukkere vaarweg wat lijkt te leiden tot congestie. Om eenzelfde hoeveelheid lading te vervoeren als in situaties met normale waterstanden is nu meer tijd nodig. Ondanks deze wijzigingen lijkt de binnenvaart, ondanks afnemende efficiëntie, nog steeds efficiënter te zijn dan andere modaliteiten op het gebied van snelheid bij laagwater.

### *Interpretatie van bevindingen*

Deze resultaten suggereren dat laagwater aanzienlijke uitdagingen creëert voor de binnenvaartsector. Uit de bovenstaande bevindingen kan worden opgemerkt dat de invloed van laagwater op de binnenvaart aanwezig is op verschillende fronten. Ten eerste lijken beladingsgraden in de gebruikte datasets af te nemen bij laagwater. Vervolgens wijst de analyse erop dat vervoerde tonnen in een specifieke periode afnemen. Ondanks dit lijkt in de perioden na laagwater de markt snel te herstellen. De lagere beladingsgraden lijken gedeeltelijk te worden gecompenseerd door een tijdelijke toename in het aantal uitgevoerde transporten ten tijde van laagwater.

De operationele opbrengsten en kosten lijken beide toe te nemen ten tijde van laagwater op de Rijn. Dit is in eerste instantie nadelig voor de sector. In een verder gevorderd stadium lijkt het echter positief uit te pakken voor de binnenvaart, door relatief hogere omzetstijging t.o.v. kostenstijging.

De mate waarin de binnenvaart voldoet aan de elementen die verladers belangrijk vinden bij het kiezen van een modaliteit lijken in zekere mate te wijzigen in laagwaterperioden. Resultaten op basis van geraadpleegde bronnen suggereren dat deze wijzigingen slechts tijdelijk zijn, waardoor de impact op de binnenvaart als geheel niet groot is.

## Tekortkomingen en verbeterpunten

Het is belangrijk om op te merken dat dit onderzoek enkele beperkingen heeft en het hierdoor mogelijk is dat andere uitkomsten resulteren op basis van data van andere bevrachters of vervoerders. Een van de oorzaken is dat transportdata van bevrachters niet altijd openbaar raadpleegbaar is. Door gebruik te maken van een verzameling van transportdata van NPRC (2024), BIVAS (2023), CBS (2024) en Destatis (2024) is geprobeerd de representativiteit te maximaliseren. Toekomstig onderzoek met een uitgebreidere dataset zou nuttig kunnen zijn om de gevonden trends en ontwikkelingen met betrekking tot operationele activiteiten verder te bevestigen en beter te begrijpen.

Ook op het gebied van resultaten uit de uitgevoerde analyses met betrekking tot kosten en opbrengsten is het van belang om enkele tekortkomingen te benoemen. Doordat slechts met één partij (NPRC, 2024) direct contact is geweest in de vorm van interviews wordt de generaliseerbaarheid van de uitkomsten beperkt. Ondanks dit is er geprobeerd op basis een combinatie van cijfers van CBS (2024) en nieuwsartikelen een zo representatief mogelijke analyse op te stellen met betrekking tot de operationele kosten en opbrengsten.

Analyses met betrekking tot elementen die de vervoerskeuze van verladers bepalen kunnen verbeterd worden door met meer partijen direct in contact te komen. Hierdoor kunnen completere beelden verkregen worden waardoor generaliseerbaarheid en representativiteit verhoogd kunnen worden. Dit is dan ook een suggestie voor verder wetenschappelijk onderzoek. Op deze manier zal het in grotere mate mogelijk worden om beleidsbepalingen te maken gebaseerd op de gevonden resultaten.

## Slotwoord

Kortom, dit onderzoek heeft aangetoond dat laagwater de operationele activiteiten van de binnenvaart tijdens laagwater negatief beïnvloed. Daarentegen neemt de omzet ten tijde van laagwater wel toe. Over de mate van impact kan discussie bestaan en deze impact lijkt verschillend te kunnen zijn tussen verschillende delen van de markt. Verder wetenschappelijk onderzoek kan hier een positieve bijdrage aan leveren door zich te focussen op het gebruik van een completere set aan data. Dit zal de representativiteit mogelijk verhogen en daarmee ook de generaliseerbaarheid naar een groter deel van de markt. Ook de mate waarin de binnenvaart voldoet aan elementen die verladers meewegen in hun vervoerskeuze lijkt te veranderen bij laagwater. Het algemene beeld richting de binnenvaart lijkt hiermee niet sterk te veranderen, doordat de resultaten de suggestie wekken dat de situatie bij herstel van waterstanden snel terugkeert naar de normale situatie.

Deze uitkomsten laten zien dat het voor de sector binnenvaart van belang is meer onderzoek te doen naar de effecten van laagwater op de binnenvaartsector als geheel en de mogelijkheden die er zijn om een reverse modal shift tegen te gaan. Dit zal kunnen bijdragen aan een verduurzaming van het transportnetwerk in zijn geheel en daarmee de mate van veerkracht die het netwerk kan bieden.

## Referenties

- BIVAS. (2023). *Binnenvaart Analyse Systeem*. Opgehaald van Rijkswaterstaat.nl:  
<https://bivas.chartasoftware.com/Home>
- Brahmer, G. (2018). *Inventarisatie van de laagwateromstandigheden in de Rijn*. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR).
- Brenninkmeijer, F., & Wittig, F. (2022). *Als de welvaart ons lief is, houden we de Rijn bij hoog en laag water bevaarbaar*. Opgehaald van de Volkskrant: <https://www.volkskrant.nl/columns-opinie/opinie-als-de-welvaart-ons-lief-is-houden-we-de-rijn-bij-hoog-en-laag-water-bevaarbaar~bc25ccfb/>
- Brolsma, J. (2010). *Beknopte geschiedenis van de binnenvaart en vaarwegen - ontwikkeling van de natte infrastructuur in Nederland*. Rijkswaterstaat - Dienst Verkeer en Scheepvaart .
- Brolsma, J., & Roelse, K. (2011). *Richtlijnen Vaarwegen 2011*. Rijkswaterstaat.
- CBS. (2018). *Grootste omzetgroei transportsector in ruim 7 jaar*. Opgehaald van Centraal bureau voor de Statistiek: <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2018/50/grootste-omzetgroei-transportsector-in-ruim-7-jaar>
- CBS. (2022). *Statline Binnenvaart; goederenvervoer, vervoerstroom, soort lading, 2010-2022*. Opgehaald van CBS.nl:  
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83019NED/table?ts=1718826587310>
- CBS. (2024). *Binnenvaartdiensten; prijsindex 2015=100, 2014-2023*. Opgehaald van Centraal Bureau voor de Statistiek:  
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/84050NED/table?searchKeywords=binnenvaart>
- CBS. (2024). *Statline Binnenvaart; goederenvervoer, vervoerstroom, soort lading, 2012-2023*. Opgehaald van CBS.nl:  
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/85528NED/table?searchKeywords=binnenvaart%20onatte%20lading>
- CBS. (2024). *Transportbedrijven; omzetontwikkeling, index 2015=100*. Opgehaald van CBS.nl:  
<https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/83856NED/table?ts=1720277875718>
- CBS. (2024). *Vervoer over water*. Opgehaald van Centraal bureau voor de statistiek:  
<https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/economie/vervoer-over-water>
- CCR. (2019). *Market insight Europese binnenvaart - november 2019*. Centrale commissie voor de Rijnvaart - EC.
- CCR. (2020). *Wordingsgeschiedenis - inleiding*. Opgehaald van Centrale Commissie voor de Rijnvaart:  
<https://www.ccr-zkr.org/11010100-nl.html#:~:text=De%20Centrale%20Commissie%20werd%20ingesteld,van%20het%20Congres%20van%20Wenen.>
- CCR. (2022). *Jaarverslag 2022 - Europese binnenvaart marktobservatie*. Centrale Commissie voor de Rijnvaart - EC.

- CCR. (2022). *Overeengekomen Lage Rivierstand (OLR) op de Rijn 2022*. Opgehaald van Centrale Commissie voor de Rijnvaart: [https://ccr-zkr.org/files/infovoiedeau/Resolution2022-II-19\\_nl.pdf](https://ccr-zkr.org/files/infovoiedeau/Resolution2022-II-19_nl.pdf)
- Cofano. (2024). *The blue road - duurzaam vervoer over water*. Opgehaald van Blueroadmap.nl: <https://www.blueroadmap.nl/#/>
- Contargo. (2024). *Low water surcharge for fairness during times of low water*. Opgehaald van Contargo.net: <https://www.contargo.net/en/business/auxiliary-conditions/low-water/>
- Destatis. (2024). *Goods carried, transport performance (inland waterway transport): Germany, months, classification of goods (divisions and groups)*. Opgehaald van Destatis.de: <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=abruftabelleBearbeiten&levelindex=1&levelid=1720259167016&auswahloperation=abruftabelleAuspraegungAuswaehlen&auswahlverzeichnis=ordnungsstruktur&auswahlziel=werteabruf&code=46321-0006&auswahltext=&w>
- Deutsches Institut für Normung. (1992). *DIN 4049-1*. Opgehaald van Din.de: <https://www.din.de/en/getting-involved/standards-committees/naw/publications/wdc-beuth:din21:1987523>
- Federale Vereniging van Duitse Binnenvaart . (2024). *System wasserstraße*. Opgehaald van Binnenschiff.de: <https://www.binnenschiff.de/system-wasserstrasse/wasserstrasse/>
- Google. (2024). *Trends kaub/laagwater*. Opgehaald van Google.nl: <https://trends.google.nl/trends/explore?date=all&q=kaub>
- Google Maps. (2024). *Route Hengelo naar Koblenz-Wallersheim*. Opgehaald van Google Maps: <https://www.google.nl/maps/dir/Hengelo/Koblenz,+Wallersheim,+Duitsland/@51.3037325,5.9440379,8z/data=!3m1!4b1!4m14!4m13!1m5!1m1!1s0x47b80e075f37792f:0x400de5a8d1e63e0!2m2!1d6.7927725!2d52.2574121!1m5!1m1!1s0x47be7cdc1abc8541:0xe23c598c0886db89!2m2!1d7.605>
- Hospers, G.-J. (2004). Restructuring Europe's rustbelt: The case of the German Ruhrgebiet. *Intereconomics*, 39(3), 147-156.
- ICBR. (2019). *ICBR-laagwater monitoring aan de Rijn en in het Rijnstroomgebied*. Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn .
- IVR. (2024). *Vloot factsheet*. Bureau Voorlichting Binnenvaart.
- Jonkeren, O. (2023). *Kostenkengetallen voor het goederenvervoer Binnenvaart*. Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.
- Jonkeren, O., Rietveld, P., & van Ommeren, J. (2007). Climate change and inland waterway transport; welfare effects of low water levels on the river Rhine. *Journal of Transport Economics and Policy*, 41(3), 387-411.
- Kara, A., van Reeken-van Wee, J., & Swart, A. J. (2023). *Rimpelingen - Onderzoek naar de invloed van lage Rijnwaterstanden op de Nederlandse economie*. ABN Amro.

- Kempmann, K., & Roux, L. (2021). *“Act now!” over laagwater en de gevolgen daarvan voor de Rijnvaart*. Centrale commissie voor de Rijnvaart.
- Koninklijke Binnenvaart Nederland. (2023). *Laagwatervisie voor de binnenvaart in Nederland en op de Rijn*.
- Lesger, C. (1993). Intraregional Trade and the Port System in Holland, 1400-1700. In K. Davids, & L. Noordegraaf, *The Dutch Economy in the golden Age* (pp. 186-217). Amsterdam.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2022). *Vaarwegdiepte- projectdiepte*. Opgehaald van IENC Kennisportaal: <https://ienc-kennisportaal.nl/i-1-5-vaarwegdiepte-projectdiepte/#:~:text=Definitie,bv%20LAT%2C%20OLW%20en%20OLR>.
- Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat. (2023, december 6). *Modal Shift*. Opgehaald van Rijkswaterstaat: <https://www.rijkswaterstaat.nl/zakelijk/verkeersmanagement/modal-shift>
- NPRC. (2024). Datasysteem Cargos. Rotterdam, Zuid-Holland, Nederland.
- Rondaij, A., Fransen, R., van Meijeren, J., & Spreen, J. (2020). *CO2-besparing ten gevolge van modal shift op de corridors Oost en Zuid in Nederland Decamod effectrapportage*. TNO/Topsector logistiek.
- Streng, M., & Saase, N. v. (2020). *Effectanalyse droogte op de Rijntakken en de Maas*. Rotterdam: Erasmus UPT.
- Streng, M., Saase, N. v., & Kuipers, B. (2020). Economische impact laagwater. *Erasmus UPT*.
- van der Geest, W. (2022). *Vergelijking emissies van binnenvaart, spoor- en wegvervoer. Resultaten Quick Scan Panteia*. Panteia.
- van der Geest, W., de Leeuw van Weenen, R., Otten, M., Scholten, P., van Seeters, D., Bersma, J., & Tachi, K. (2023). *Zero Emissie Binnenvaart: Analyse vervoersketen binnenvaartsectoren*. Panteia.
- van der Horst, M., Hoogervorst, D., & Francke, J. (2020). *Het kleine drogeladingschip op de radar*. Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat.
- van der Meulen, S., Grijspaardt, T., Mars, W., van der Geest, W., Roest-Crollius, A., & Kiel, J. (2023). *Cost Figures for Freight Transport - final report*. Panteia.
- Van Leeuwen, R. (2022). *Chauffeurstekort torenhoog, aantal eigen rijders stijgt drastisch*. Opgehaald van Transportlogistiek.nl: <https://transportlogistiek.nl/branche/chauffeurstekort-torenhoo-aantal-eigen-rijders-stijgt-drastisch/#:~:text=Voor%2052%2C3%20procent%20van,een%20belemmering%20in%20hun%20activiteiten>.
- van Strien, B. (2024). Maximale lading bij vastgestelde diepgang. Logistiek manager NPRC.
- Verrips, J. (1991). *Als het tij verloopt...: over binnenschippers en hun bonden 1898-1975*. Amsterdam: Spinhuis.



Volker, W. (2023). *Supply chain re-design 2023 - Droge bulk binnenvaart & modal shift*. Top Sector Logistiek.

Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes. (2024). *Der Rhein*. Opgehaald van Generaldirektion Wasserstraßen und Schifffahrt:  
[https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/wasserstrassen/01\\_bundeswasserstrassen/02\\_Rhein/Rhein.html?nn=1214418](https://www.gdws.wsv.bund.de/DE/wasserstrassen/01_bundeswasserstrassen/02_Rhein/Rhein.html?nn=1214418)

WSV. (2024). *Wasserstände & Vorhersagen an schifffahrtsrelevanten Pegeln*. Opgehaald van Elwis.de:  
<https://www.elwis.de/DE/dynamisch/Wasserstaende/Pegelvorhersage:KAUB>

## Bijlage A: Tabellen

**Tabel 1**

*Beladingsgraden droge ladingschepen 2018-2019 langs Kaub weken 41 t/m 47.*

Week	2018		2019	
	Beladingsgraad	Kaub (cm)	Beladingsgraad	Kaub (cm)
41	31%	65	68%	180
42	25%	52	70%	216
43	26%	31	68%	190
44	31%	32	66%	178
45	28%	54	70%	188
46	29%	42	74%	230
47	26%	48	62%	188
<b>Gemiddeld</b>	<b>28%</b>	<b>46</b>	<b>68%</b>	<b>196</b>

*Tabel 1: Beladingsgraad droge bulkschepen op transporten langs Kaub in de weken 41 t/m 47 van 2018 en 2019. Dit betreft de periode van 9 oktober tot en met 15 november (NPRC, 2024), bewerkt.*

**Tabel 2**

*Beladingsgraden droge ladingschepen 2018-2019 weken 41 t/m 47 (geen Kaub).*

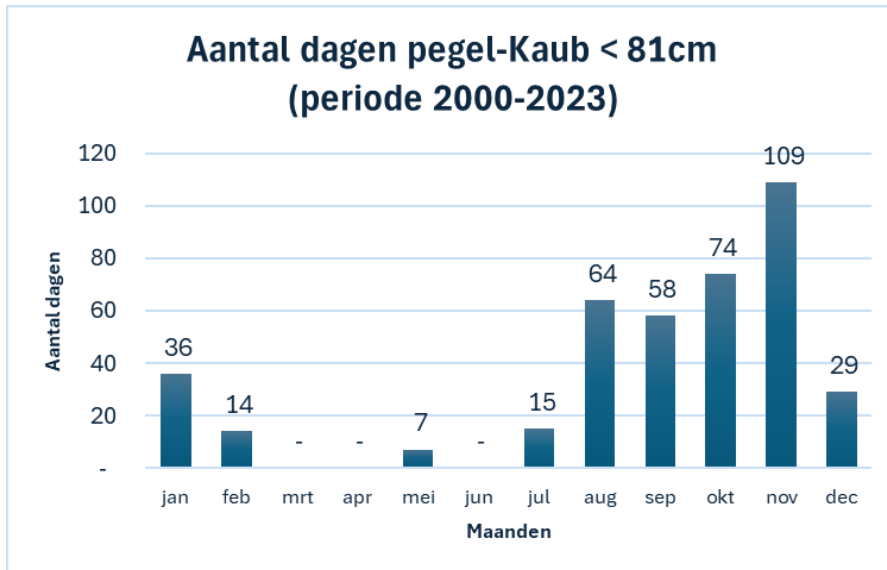
Week	2018		2019	
	Beladingsgraad	Kaub (cm)	Beladingsgraad	Kaub (cm)
41	63%	65	76%	180
42	61%	52	77%	216
43	57%	31	77%	190
44	66%	32	75%	178
45	65%	54	77%	188
46	65%	42	78%	230
47	61%	48	78%	188
<b>Gemiddelde</b>	<b>63%</b>	<b>46</b>	<b>77%</b>	<b>196</b>

*Tabel 2: Beladingsgraad droge bulkschepen op transporten in overige delen (geen Kaub) in de weken 41 t/m 47 van 2018 en 2019. Dit betreft de periode van 9 oktober tot en met 15 november (NPRC, 2024), bewerkt.*

## Bijlage B: Figuren

**Figuur 8**

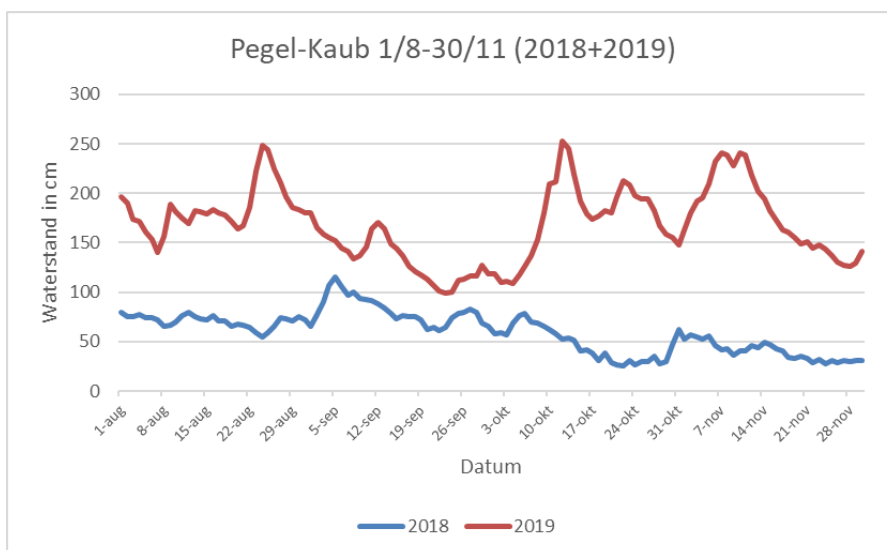
Aantal dagen pegel-Kaub <81 cm per maand



Figuur 8: Aantal dagen waarop de waterstand bij pegel-Kaub in Duitsland onder de 81cm is geweest per maand (WSV, 2024), bewerkt.

**Figuur 9**

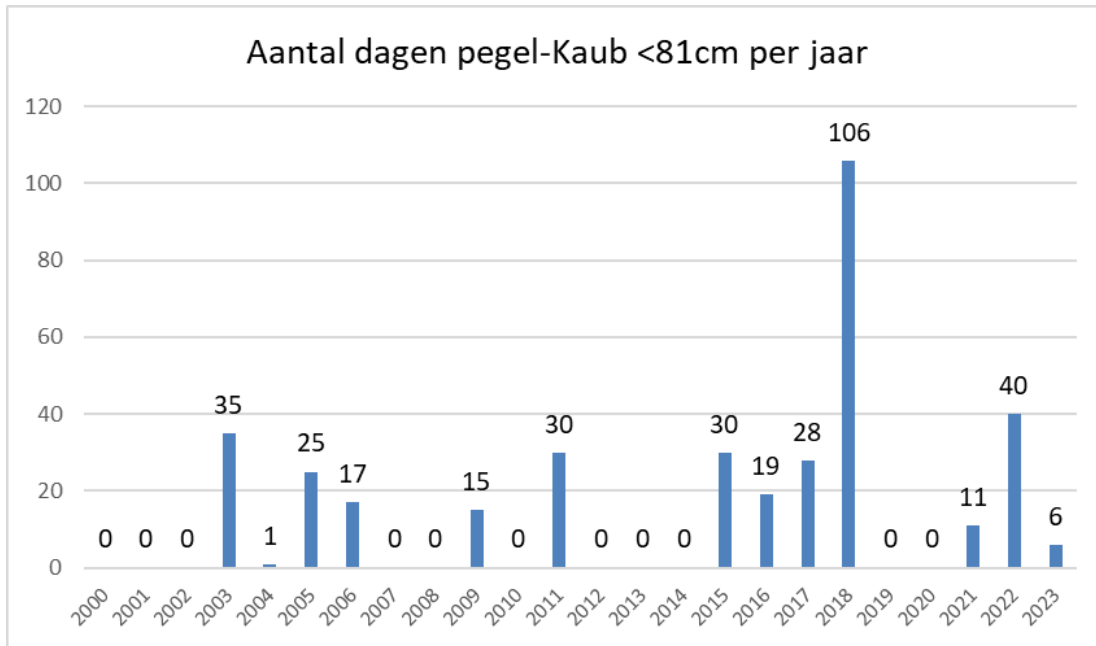
Waterstanden Kaub Aug-Nov 2018-2019



Figuur 9: Waterstanden bij pegel-Kaub in de periode 1/8 t/m 30/11 in de jaren 2018 en 2019. Hierin worden de twee jaren vergeleken. De blauwe lijn is 2018 en de rode lijn staat voor 2019 (WSV, 2024), bewerkt.

### Figuur 10

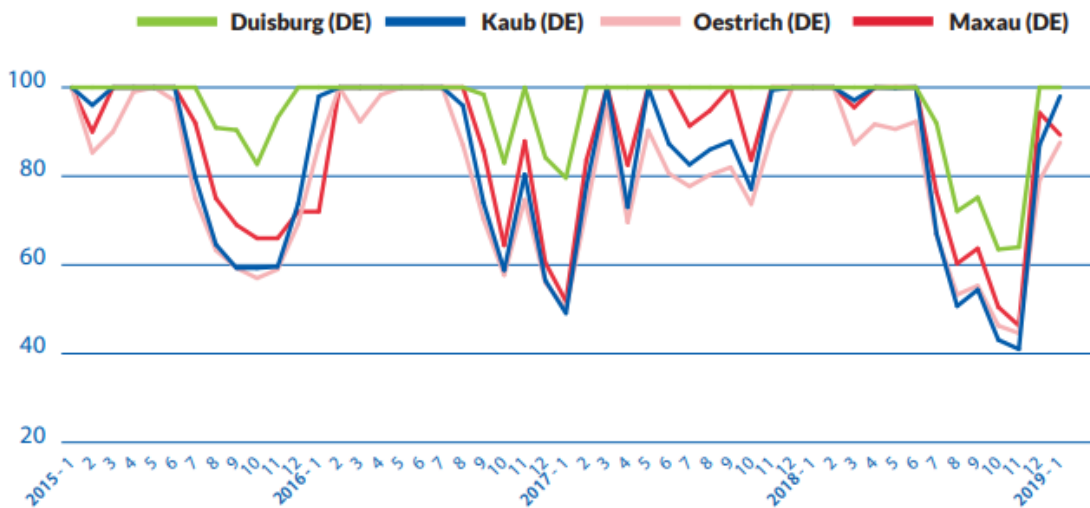
Aantal dagen waterstand Kaub <81cm per jaar



Figuur 10: Grafiek met afgebeeld het aantal dagen per jaar dat de waterstand bij pegel-Kaub in Duitsland onder de kritieke waarde van 81 cm is gekomen (WSV, 2024), bewerkt.

### Figuur 11

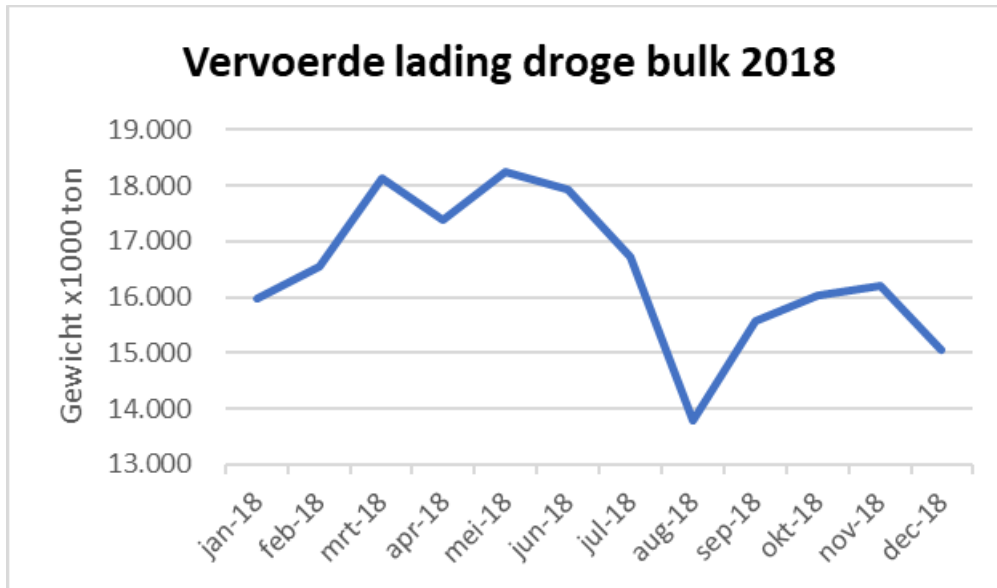
Maximale beladingsgraden langs de Rijn per maand 2015-2019



Figuur 11: Maximale beladingsgraden op verschillende pegels in de Rijn. Gerekend voor schepen met een diepgang van drie meter (CCR, 2019).

**Figuur 12**

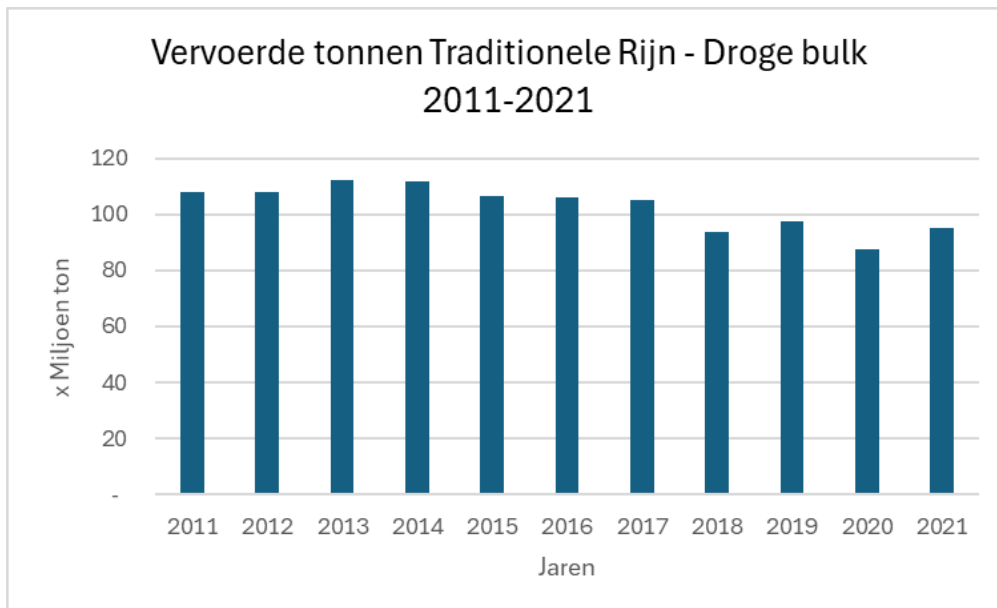
Totaal vervoerde lading droge bulk Nederland 2018



Figuur 12: Totaal vervoerde lading droge bulk in Nederland (incl. aan- en doorvoer) in 2018 (CBS, 2022), bewerkt.

**Figuur 13**

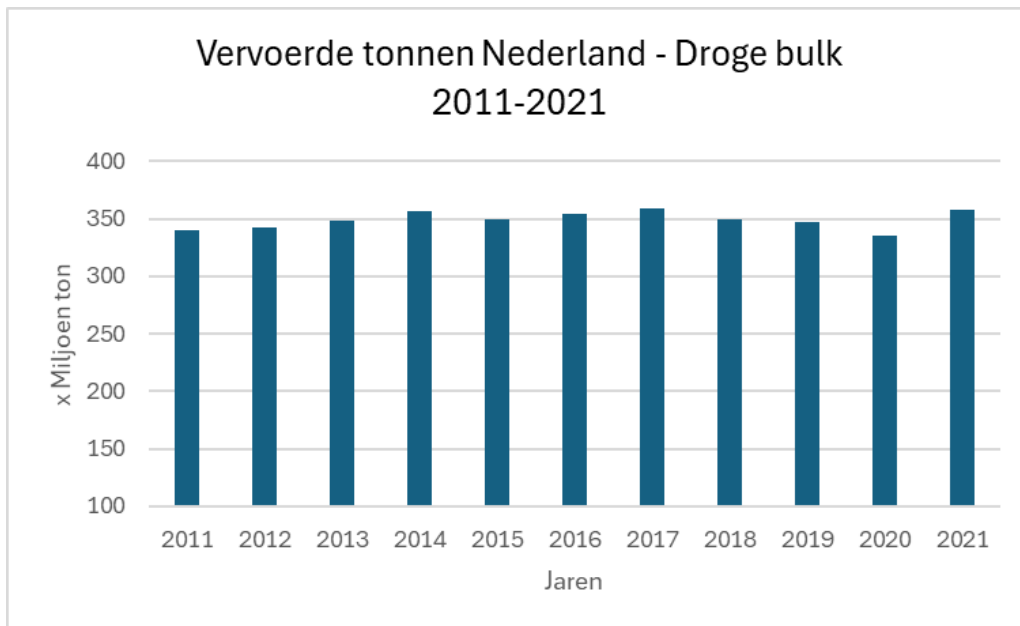
Aantal vervoerde tonnen lading droge bulk op traditionele Rijn



Figuur 13: Het aantal vervoerde tonnen droge bulk op de Traditionele Rijn in de periode 2011-2021. Voor een werkelijk beeld dienen de waarden met één miljoen te worden vermenigvuldigd (CCR, 2022), bewerkt.

**Figuur 14**

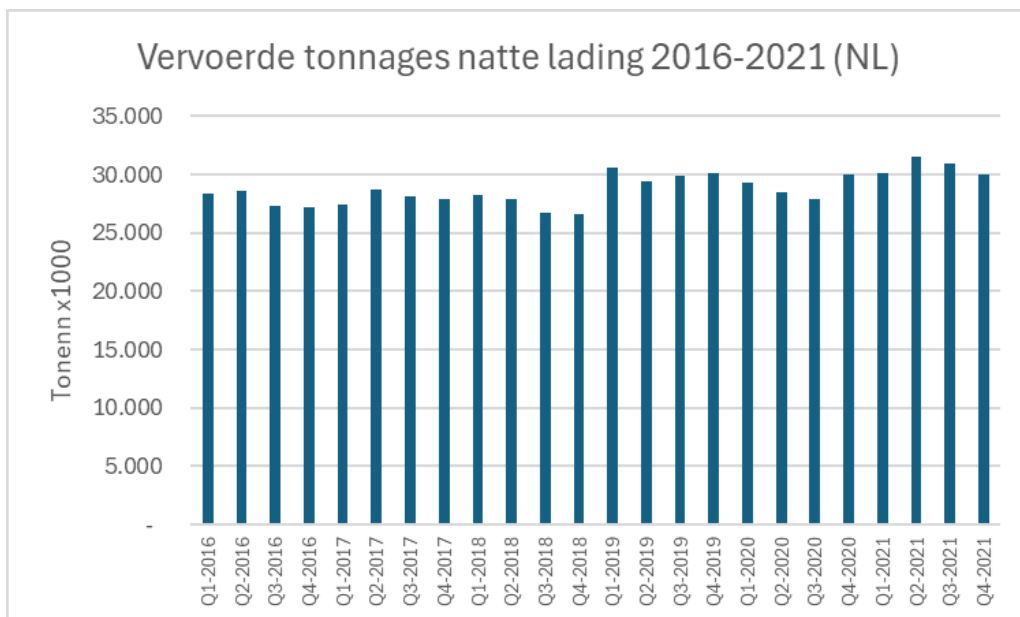
*Aantal vervoerde tonnen lading droge bulk Nederland*



*Figuur 14: Het aantal vervoerde tonnen droge bulk over Nederlandse wateren in de periode 2011-2021. Voor een werkelijk beeld dienen de waarden met één miljoen te worden vermenigvuldigd (CBS, 2022), bewerkt.*

**Figuur 15**

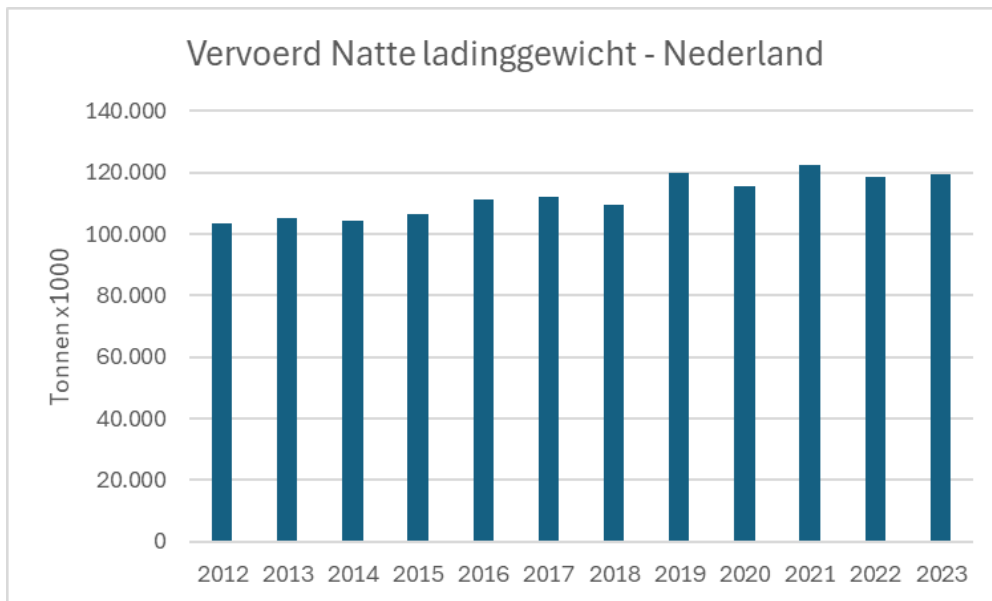
*Aantal vervoerde tonnages natte lading Nederland, per kwartaal*



*Figuur 15: Vervoerde tonnages natte bulk in Nederland in de periode 2016-2021, opgesplitst in kwartalen (CBS, 2024), bewerkt.*

## Figuur 16

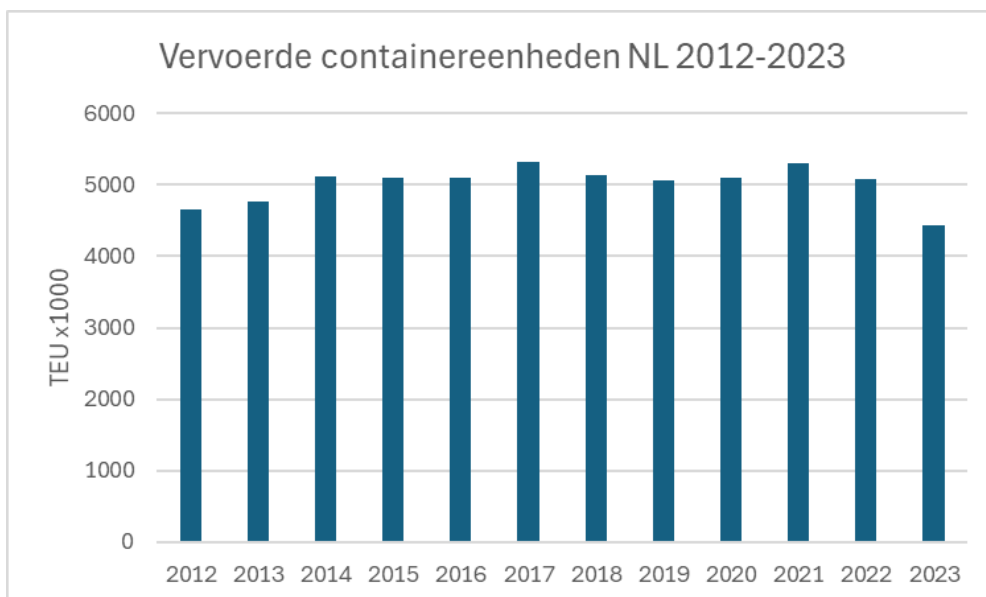
Aantal vervoerde tonnages natte lading Nederland, per jaar



Figuur 16: Vervoerde tonnages natte lading op Nederlandse wateren in periode 2012-2023 (CBS, 2024), bewerkt.

## Figuur 17

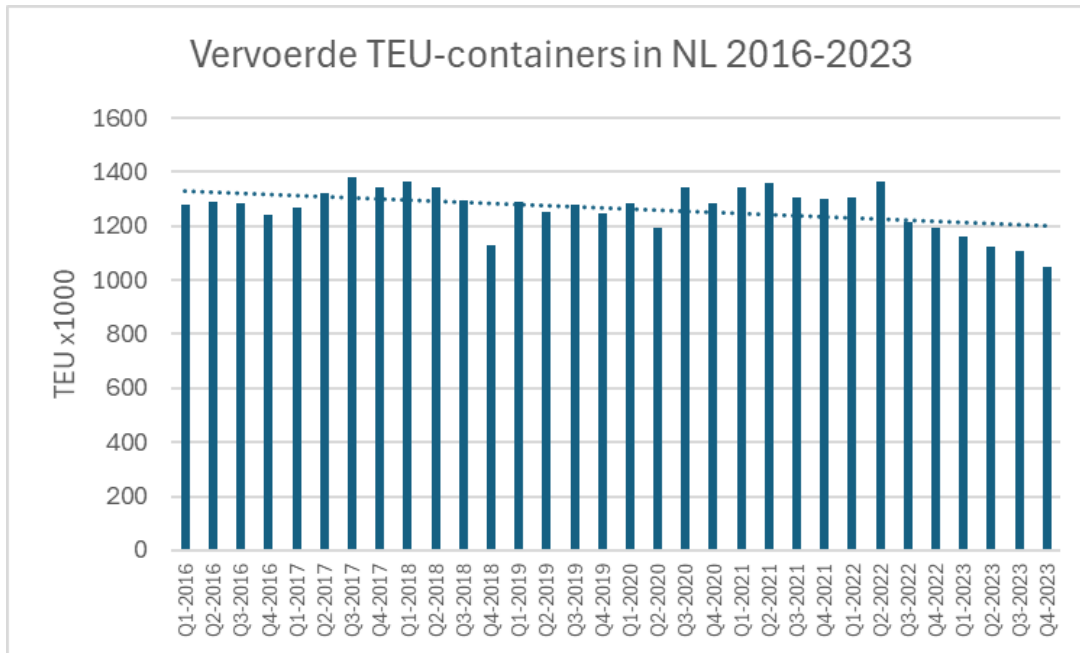
Aantal vervoerde containereenheden (TEUs) in Nederland, per jaar



Figuur 17: Vervoerde containereenheden (TEUs) in Nederland in de periode 2012-2023 (CBS, 2024), bewerkt.

**Figuur 18**

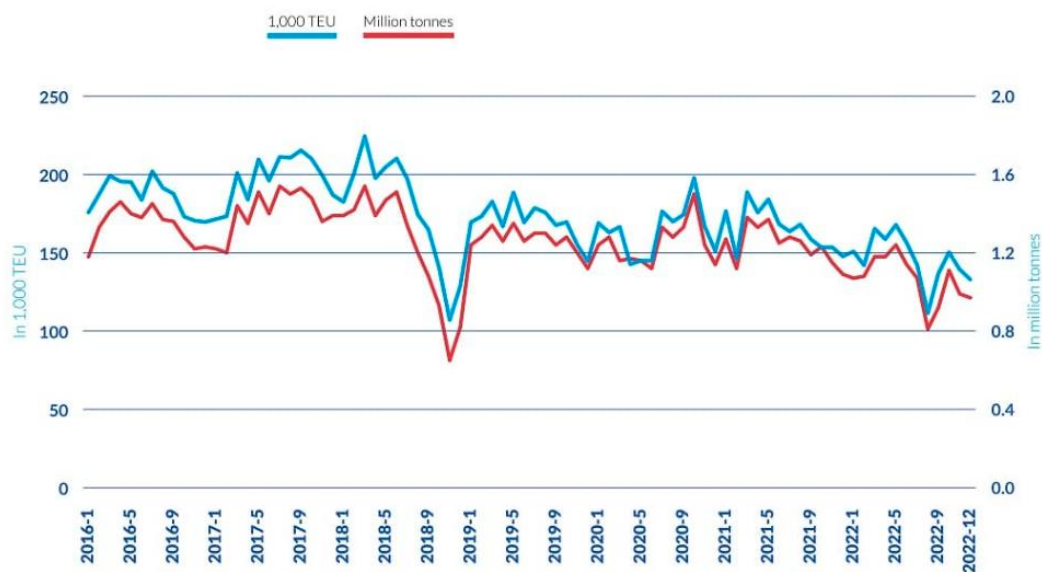
Aantal vervoerde containereenheden (TEUs) in Nederland, per kwartaal



Figuur 18: Vervoerde containereenheden (TEUs) in Nederland per kwartaal in de periode 2016-2023 (CBS, 2024), bewerkt.

**Figuur 19**

Aantal vervoerde containereenheden (TEUs) op traditionele Rijn

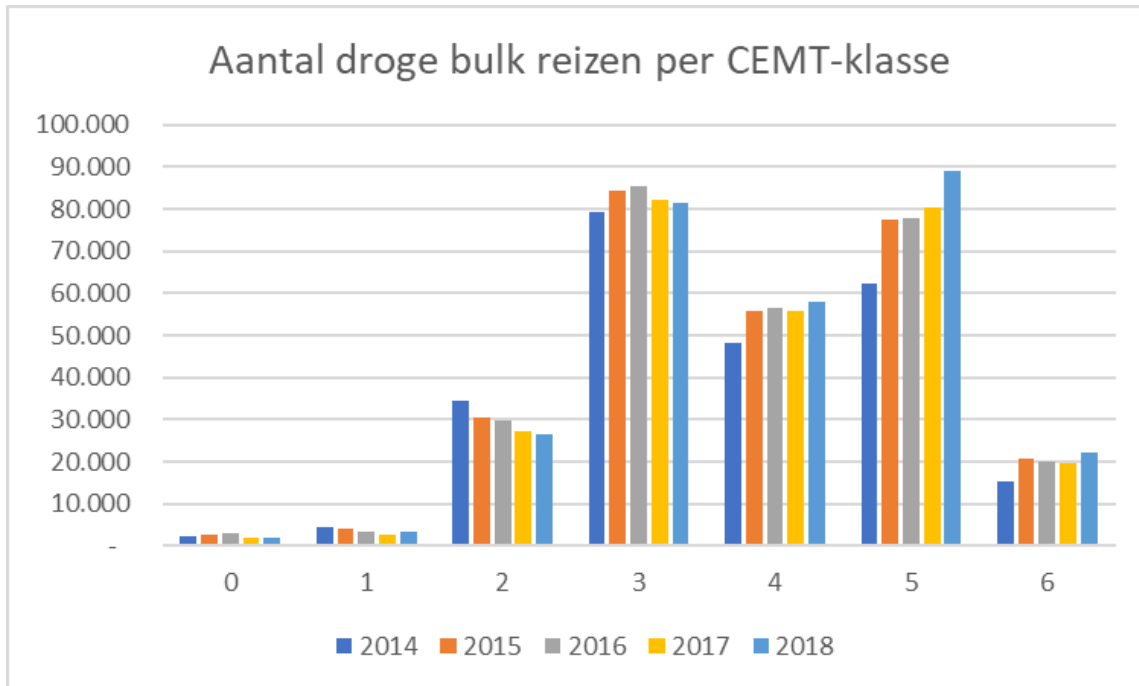


Figuur 19: Maandelijkse containertransport op de Traditionele Rijn (in 1000 TEU en miljoen ton), 2016-2022 (Destatis, 2022)



**Figuur 20**

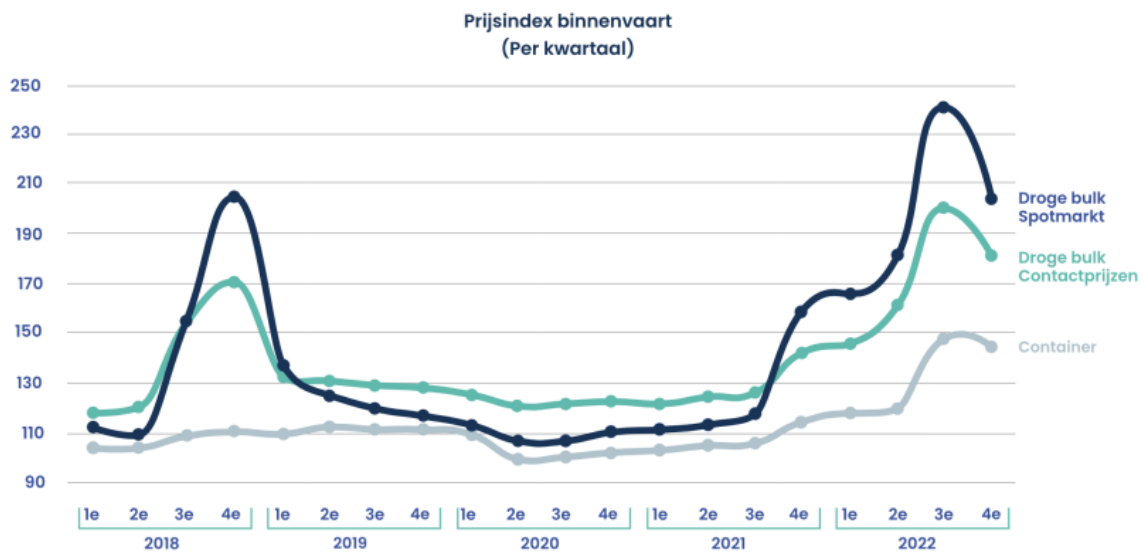
*Aantal droge bulk reizen per CEMT-klasse 2014-2018*



*Figuur 20: Aantal droge bulk reizen per CEMT-klasse in de periode 2014-2018 (BIVAS, 2019), bewerkt.*

**Figuur 21**

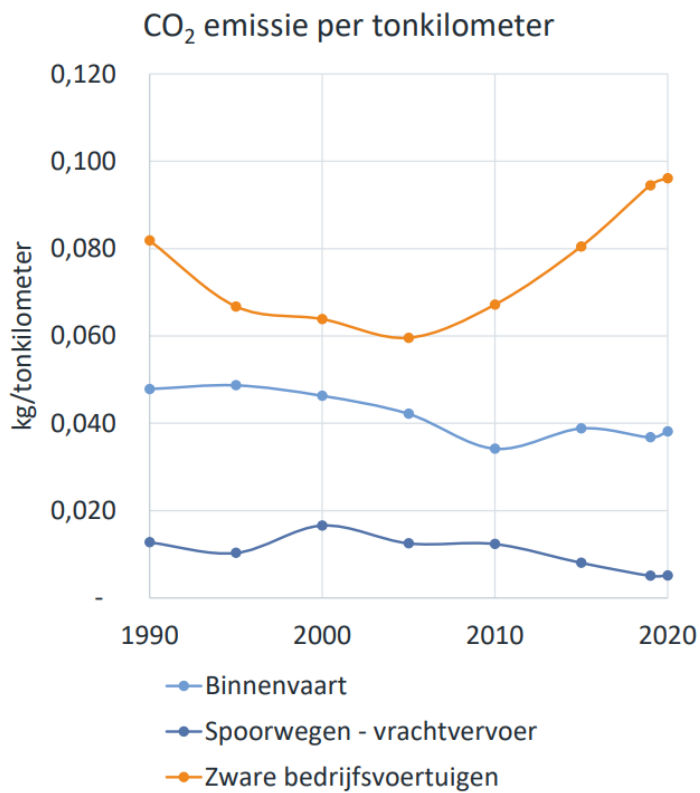
*Vrachtprijsindex voor de Nederlandse binnenvaart*



*Figuur 21: Prijnsindex binnenvaart (per kwartaal) voor de periode 2018-2022. Opgesplitst in hoofdcategorieën droge bulk spot- en contractprijzen en containers (Volker, 2023).*

**Figuur 22**

*Kilogram CO<sub>2</sub>-emissie per tonkilometer voor binnenvaart, spoor- en wegtransport*



*Figuur 22: Kilogram CO<sub>2</sub> emissie per tonkilometer voor binnenvaart, spoor- en wegtransport. Afgebeelde periode van 1990-2020 (van der Geest, 2022).*