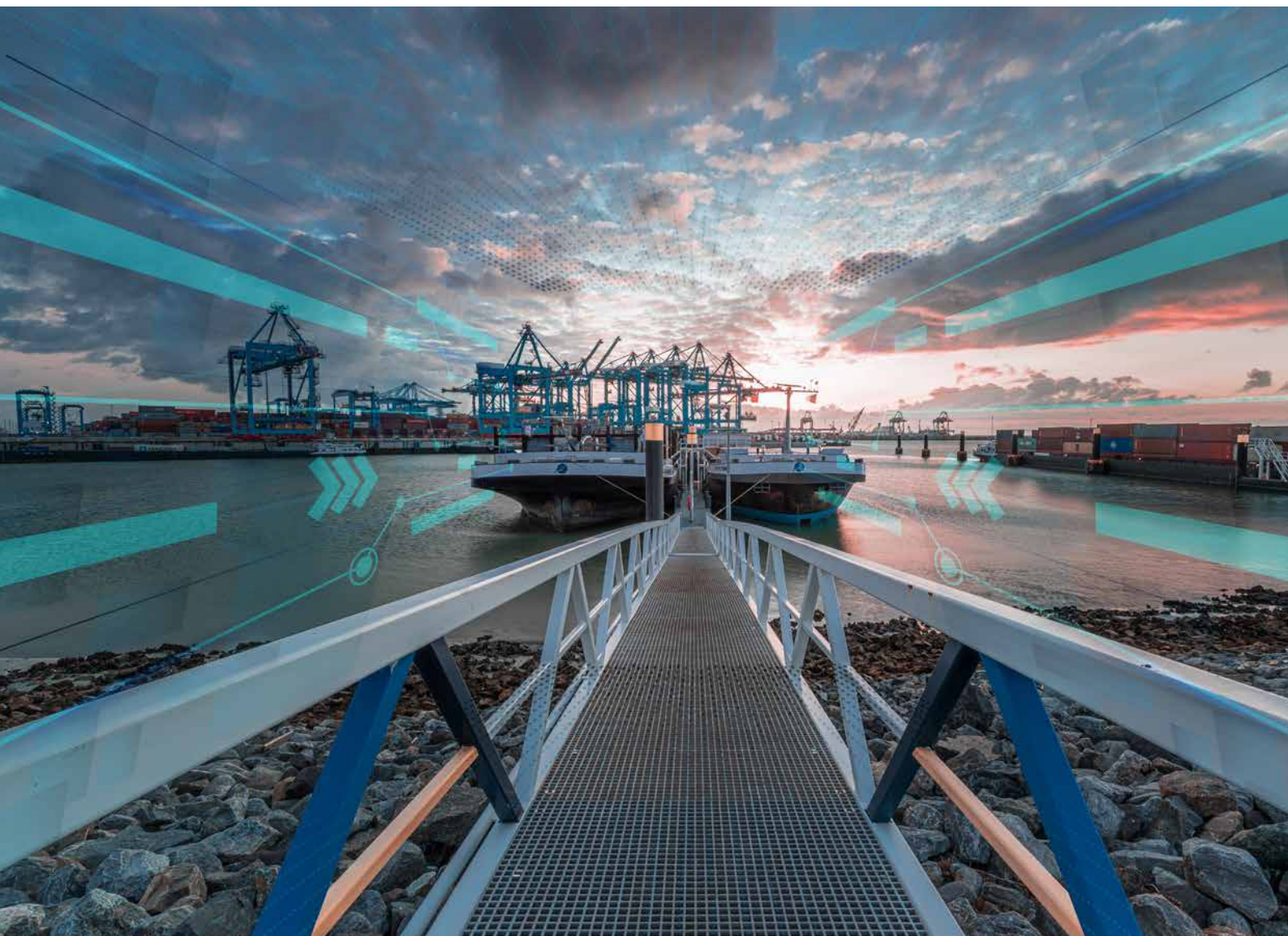




10 SmartPort Trends 2030-2050

OP BASIS VAN 6 JAAR SMARTPORT ONDERZOEK.
IN SAMENWERKING MET DIVERSE KENNIS-
INSTITUTEN EN UNIVERSITEITEN EN RUIM
400 BEDRIJVEN.

smartport.nl



SmartPort is een samenwerkingsverband van het Havenbedrijf Rotterdam, Deltalinqs, de gemeente Rotterdam, TNO, Marin, Deltares, de Erasmus Universiteit Rotterdam en de Technische Universiteit Delft. Door inspireren, initiëren en allianties aangaan, stimuleert en financiert SmartPort wetenschappelijk onderzoek voor en door de bedrijven in de haven van Rotterdam, in samenwerking met kennisinstellingen. Het gaat om kennis ontwikkelen, delen en

gebruiken vanuit één collectieve ambitie. De transitie naar de beste en slimste haven kan alleen slagen wanneer alle betrokken partijen gezamenlijk oplossingen aandragen voor veranderingen in de toekomst. Wij zijn ervan overtuigd dat de grootste impact bij ontwikkeling van kennis is gebaseerd op specifieke vragen uit de markt en dat de beste resultaten worden bereikt door alles te halen uit de samenwerking van handel en industrie, overheden en wetenschap.

www.smartport.nl | [LinkedIn: smartportrdam](#) | [Twitter: SmartPortRdam](#) | [Instagram: smartportrdam](#)

SMARTPORT PARTNERS



WITH CONTRIBUTION





10 SMARTPORT TRENDS 2030-2050

Auteurs:

Dirk Koppenol PhD, Anique Kuijpers MSc, Mel Valies MSc en Wiebe de Boer MSc (SmartPort)



VOORWOORD

'de slimste haven'

Het Havenbedrijf Rotterdam heeft in april 2015 SmartPort opgericht, samen met de Erasmus Universiteit Rotterdam, Technische Universiteit Delft, gemeente Rotterdam en Deltalinqs. Om de expertise binnen Smartport te versterken zijn later ook TNO, Deltares en Marin toegetreden als partner. SmartPort heeft als kennishub van de Rotterdamse haven één centraal doel: kennisontwikkeling voor de haven van de toekomst (2030-2050) op basis van vragen vanuit het Rotterdamse bedrijfsleven en ter versnelling van innovatie. Zes jaar na de oprichting kan worden teruggekeken op een succesvolle samenwerking, waarbij er meerwaarde gecreëerd is voor alle partijen in de *triple helix* (overheid, bedrijfsleven en wetenschap).

Er zijn meer dan 100 onderzoeken uitgevoerd in samenwerking met ruim 400 bedrijven. Er zijn gezamenlijke scenario's van de haven in beeld gebracht inclusief de *stepping stones* die nodig zijn om daar te komen. Verder heeft SmartPort scenario's ontwikkeld voor de versnelling van de energietransitie, tools ontwikkeld om de verzwaringsopties van de infrastructuur beter in beeld te brengen en aangetoond waar er kansen liggen voor nieuwe clusterontwikkeling in de haven. SmartPort heeft ook aan de basis gestaan voor een integrale visie op uitdagingen in de haven, waar juist bedrijven profijt van hebben. Zo zette SmartPort een belangrijke eerste stap in de ontwikkeling van een integrale waterstof visie (CEO Diner – Waterstof Hub Rotterdam; 2018). En signaleerde Smartport op basis van verschillende onderzoeken de urgentie voor een integrale blik op havenontwikkeling. Dit heeft er voor gezorgd dat er met een consortium onderzoek wordt gedaan naar de ruimtelijke uitdaging van de haven en nut en noodzaak voor haven in- en/of uitbreiding.

De trends die in dit rapport worden beschreven zijn - kijkend naar het doel van SmartPort - eigenlijk een bijvangst! Op basis van de 100 onderzoeken is het mogelijk om de 10 belangrijkste trends voor de haven vast te stellen. Hiermee zet Rotterdam weer een extra stap in de richting van het worden van de *Smartest Port*: een haven waar samenwerking, kennisuitwisseling en innovatie centraal staan.

Ik hoop dat op basis van deze trends de discussie over de toekomst van de haven versterkt wordt én het havenbedrijfsleven aanzet tot intensievere samenwerking met elkaar, de overheid en de wetenschap.

Vivienne de Leeuw
CFO Havenbedrijf Rotterdam N.V.
Voorzitter bestuur SmartPort

INLEIDING

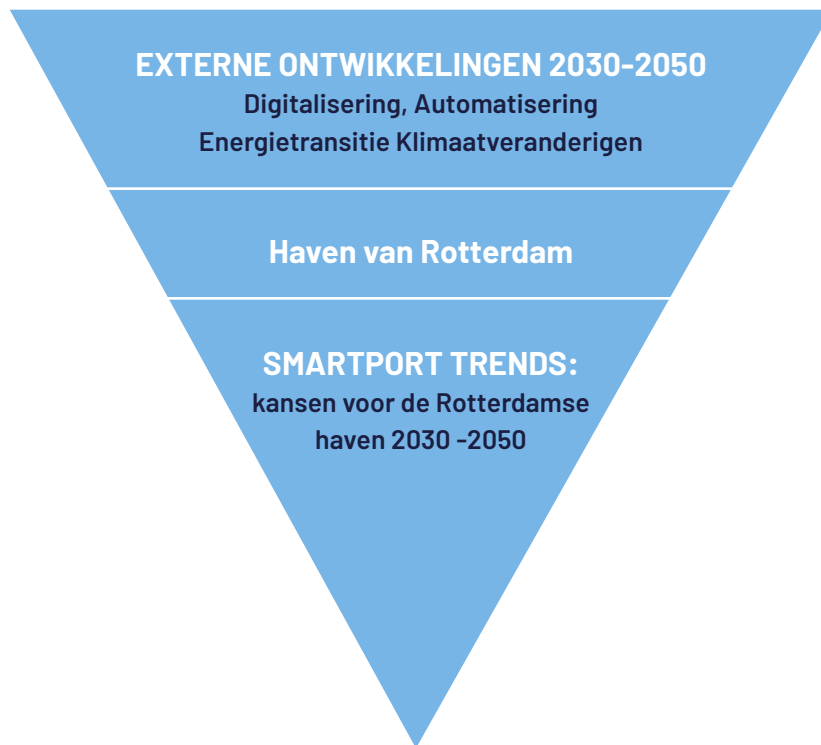
De Rotterdamse haven is als drukste haven van Europa en het op één na grootste petrochemische cluster, een speler van wereldformaat. In Rotterdam 'stad en haven' zijn meer dan 3500 bedrijven actief. Deze zijn goed voor ruim 384.500 banen en 6,2% van de toegevoegde waarde in Nederland.¹ De ontwikkelingen die op de haven afkomen vragen echter om een radicale koerswijziging. Om te profiteren en niet te lijden onder de snelle digitalisering en automatisering, de energietransitie en klimaatverandering is er een andere mindset nodig. De 10 trends in dit rapport laten zien wat de laatste stand van de kennis is van de toekomst van de Rotterdamse haven op basis van SmartPort onderzoek en heeft tot doel om innovatie te versnellen en de kennisagenda te verscherpen!

De haven is in beweging in al zijn facetten. De schaalvergroting in de logistiek en opkomst van (boekings)platformen zetten huidige verdienmodellen en de markt onder druk. Verder hebben de CO₂ reductie doelstellingen (Klimaatakkoord Parijs) en afbouw van het gebruik van petrochemische producten verregaande consequenties voor de raffinaderijen, petrochemie en opslag in Rotterdam. Daarnaast zorgt klimaatverandering voor extreme perioden van hoog én laagwater op de Rijn – de aorta van de Rotterdamse haven – waardoor binnenvaartverkeer onder druk komt te staan.

Rotterdam kan niet wachten, maar moet pro-actief zijn om te profiteren van de trends die op de haven afkomen. Zo zijn er grote kansen voor Rotterdam om virtuele regisseur te worden van wereldwijde goederenoverslag. Tevens biedt het produceren, opslaan en overslaan van schone brandstoffen, zoals waterstof en groene synthetische brandstoffen kansen om Rotterdam om te vormen tot een groen brandstoffencluster. Ook kan Rotterdam een leidende rol nemen in de omgang met klimaatverandering, onder andere door digitalisering en vergroening.

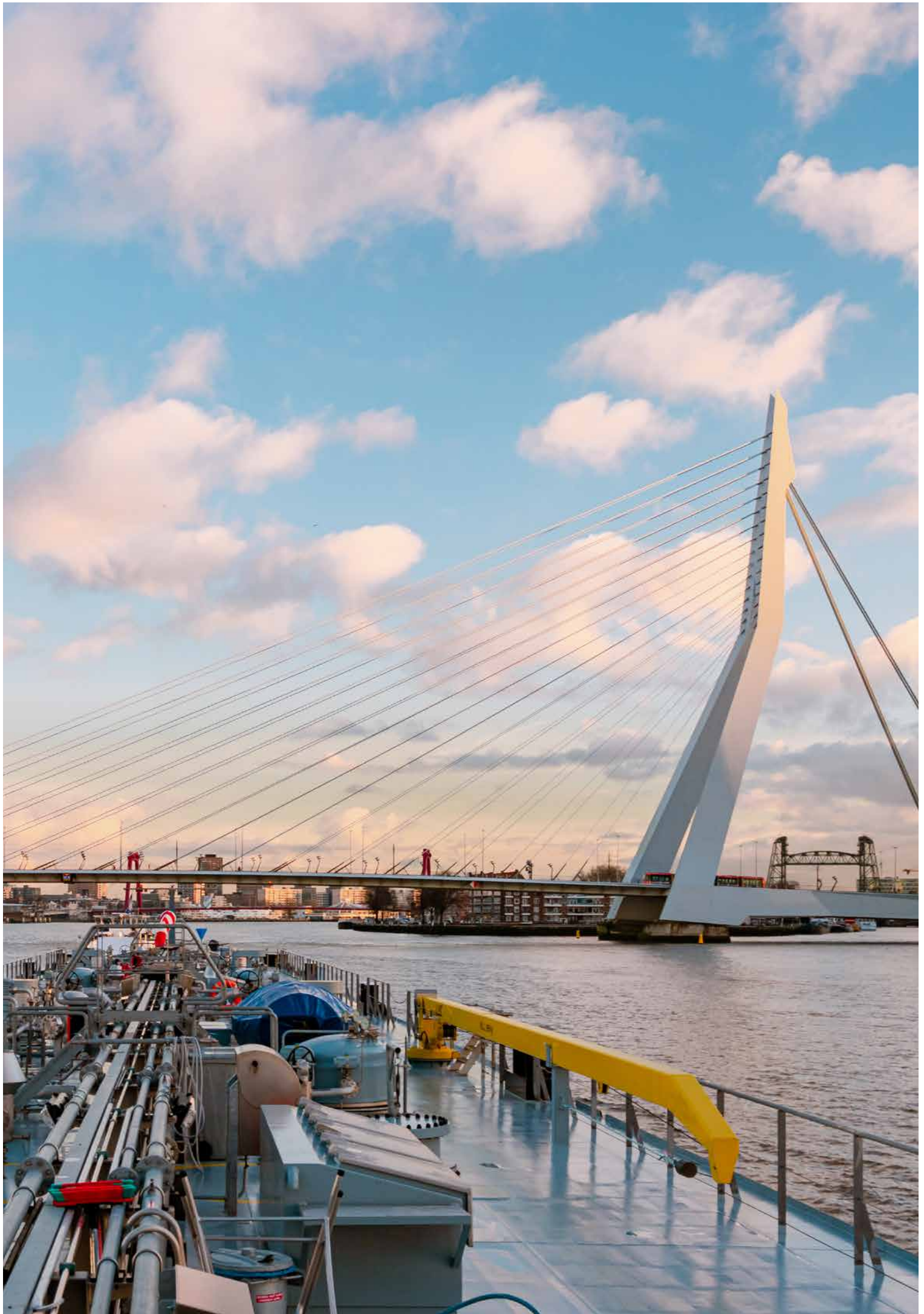
Om de vraagstukken van het havenbedrijfsleven in Rotterdam in beeld te krijgen, is in 2015 de onafhankelijke kennishub SmartPort opgericht. De feiten en cijfers van de daaruit voortvloeiende onderzoeken hebben een schat aan vraag-gedreven kennis opgeleverd over de kansen voor Rotterdam. In dit rapport zijn de meer dan 100 onderzoeken teruggebracht naar de 10 belangrijkste trends van nu* die op de Rotterdamse haven afkomen en grote kansen bieden voor het havenbedrijfsleven tot 2050. Deze trends beschrijven ontwikkelingen die zich nu voordoen en waar Rotterdam specifieke keuzes moet maken om hiervan te (blijven) profiteren. We wensen jullie veel inspiratie en leesplezier!

**SmartPort onderzoek moet voldoen aan vijf voorwaarden: het moet precompetitief zijn, voldoen aan de wetenschappelijke standaarden, gesteund worden door ten minste twee bedrijven actief in de Rotterdamse haven, passen op de vooraf vastgestelde Roadmaps en een focus hebben op 2030-2050. De trends die hier op zijn gebaseerd, zijn een momentopname en kunnen uiteraard veranderen door de tijd in kracht en vorm. Voor de kennisagenda van SmartPort staat flexibiliteit voorop en wordt er altijd open gestaan voor het toevoegen van nieuwe kansrijke trends.*



figuur 1

Bedrijven over de hele wereld worden geconfronteerd met digitalisering, automatisering, de energie transitie en klimaatverandering. Het zijn ontwikkelingen die bedreigend kunnen zijn voor huidige bedrijfsmodellen, maar ook grote kansen bieden. SmartPort richt zich met haar onderzoek specifiek op het havenbedrijfsleven dat actief is in en om de Rotterdamse haven. Met één doel: het in beeld brengen van nieuwe bedrijfskansen en daarmee innovatie versnellen. Op basis van meer dan honderd onderzoeken in de afgelopen 6 jaar, hebben wij de 10 belangrijkste trends in beeld gebracht. Stuk voor stuk ontwikkelingen die specifiek voor het Rotterdamse havenbedrijfsleven kansen bieden.



CONTENTS

Trend 1	Groei online platformtechnologieën in de logistiek	10
Trend 2	Groei van transport via alternatieve routes	12
Trend 3	Toenemende ruimtelijke uitdaging	13
Trend 4	Zelfsturende goederen	15
Trend 5	Zelforganiserende (zeevaart)hub(s)	16
Trend 6	Intelligente binnenvaartcorridor (Digital Twin)	17
Trend 7	Opkomst en groei duurzame brandstoffen	18
Trend 8	Grootschalige industriële elektrificatie en waterstof integratie	20
Trend 9	Opkomst levenscyclus beheer	22
Trend 10	Voorspelbaar en duurzaam asset management	24
<hr/>		
	Waar verdient Rotterdam zijn brood mee in 2050?	25
<hr/>		
	Dankwoord	26
<hr/>		
	Eindnoten	27

Groei online platformtechnologieën in de logistiek

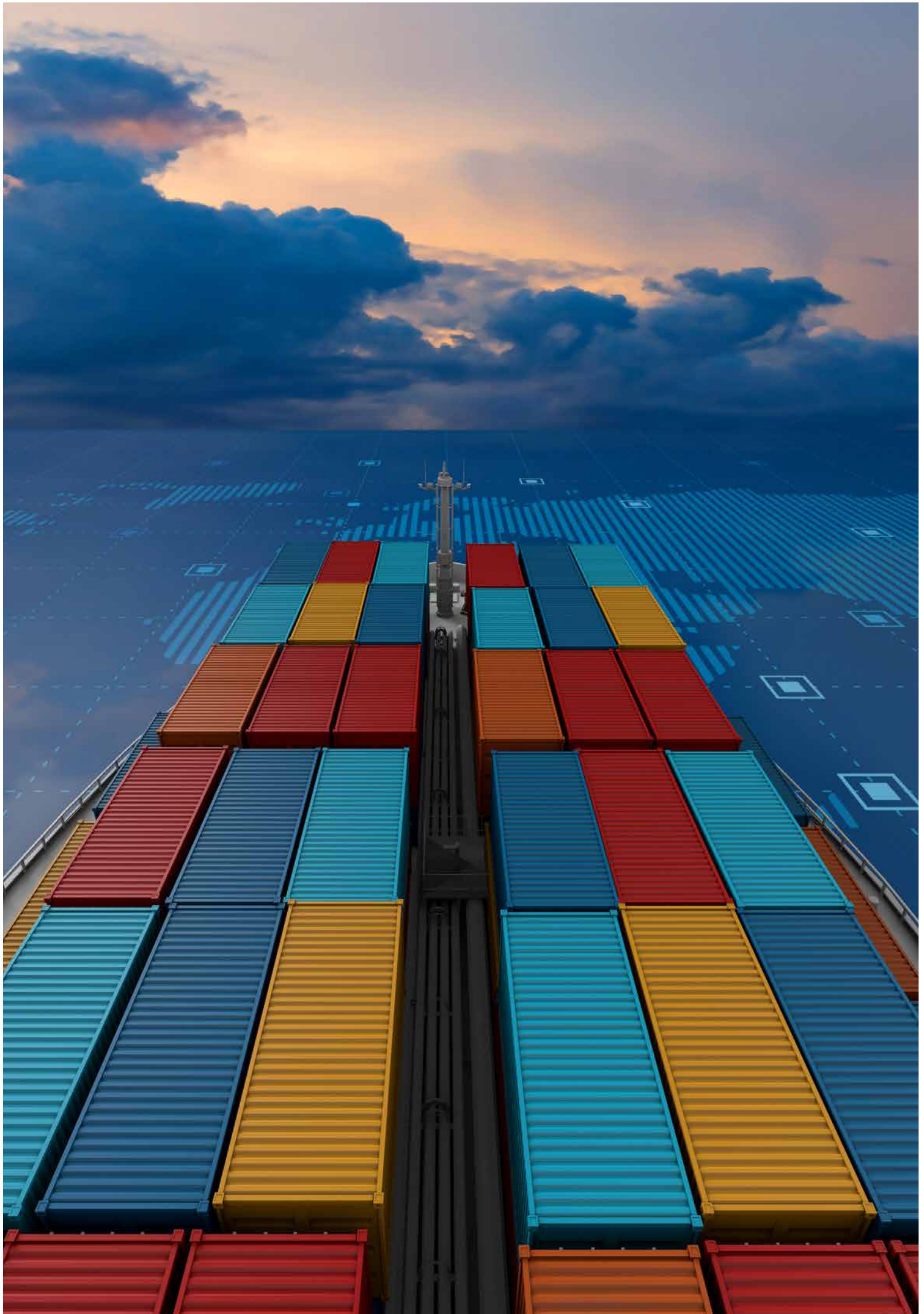
Het online platformmodel als stimulans voor data-gedreven logistiek waarbij waardeproposities van (traditionele) logistieke spelers veranderlijk zijn.

Platformtechnologieën zetten bestaande markten op z'n kop door het gebruik van nieuwe business- en verdienmodellen. Denk aan het grootste hotelboekingsplatform (Booking.com) of taxibedrijf (Uber). Wat deze platformen gemeen hebben, is dat ze een markt betreden maar geen assets hebben. Het grootste taxibedrijf ter wereld heeft geen eigen taxi's, het hotelboekingsplatform heeft geen eigen hotels.

In de logistieke wereld zijn boekingsplatformen ook terrein aan het winnen², bijvoorbeeld Cogoport en Flexport. Wat betekent de opkomst van deze platformen voor de logistieke wereld? Platformen zijn aan een opmars bezig, maar de disruptieve werking van platformmodellen op de logistieke sector is nog onduidelijk.

Om de disruptieve werking van platformen te begrijpen is SmartPort samen met TNO, de Erasmus Universiteit Rotterdam en Fenex het onderzoek gestart naar de impact van boekingsplatformen op de expeditie markt³. Digitaal getransformeerde traditionele expediteurs en de digitale expediteurs brengen een grote verscheidenheid in de transportcapaciteit, *end-to-end* zichtbaarheid en het coördineren van logistieke planningen. Met deze verkenning kan een discussie worden aangegaan wat de rollen en posities zijn van bedrijven in toekomstige ketens en wat heb je als bedrijf daarvoor nodig? Daarnaast rijst de vraag over het delen van data met platformen. Welke data durf je wel en welke niet te delen?

De opmars van online platformen in de logistieke sector is niet meer te stoppen. Activiteiten van partijen kunnen zich verbreden in de keten. Heeft een logistiek bedrijf in de toekomst nog wel logistieke assets? Wie gaat in dat geval wel over de assets? Hebben de grote maritieme bedrijven nog wel schepen in de toekomst? Deze digitale platformen hebben impact op huidige logistieke ketens en bedrijven. Bedrijven danwel bepaalde activiteiten veranderen ingrijpend of verdwijnen zelfs.



Groei van transport via alternatieve routes

Nieuwe concurrentie op goederenvervoer groeit snel en er ontstaan alternatieve routes naar Rotterdams achterland. Wat betekent dit voor de positie van Rotterdam als poort tot Europa?

De Rotterdamse haven kende in 2018 en 2019 een recordjaar op het gebied van containeroverslag door de capaciteit op de *deepsea terminals*, uitstekende achterlandverbindingen en investeringen in (digitale) infrastructuur⁴. De haven heeft een leidende positie en wil dit verder versterken door een betere, snellere en slimmere haven te zijn⁵. Maar wat is de impact van ontwikkelingen in andere Europese havens op de activiteiten en de kracht van de Rotterdamse haven? Meerdere alternatieve routes naar het Europese binnenland beginnen economisch aantrekkelijk te worden. Zo investeert China flink in het Belt and Road initiative⁶ (BRI), waar er niet alleen wordt geïnvesteerd in de zuidelijke Europese havens, maar ook in een spoorverbinding richting Europese binnenhavens. De binnenhavens kunnen via deze spoorwegen gaan fungeren als *'gateways to Europe'*. Daarnaast lijkt de poolroute ook grote potentie te hebben. Onlangs werd bekend dat deze route steeds langer bevaarbaar is.⁷ Wat betekent deze ontwikkeling voor Rotterdam als poort tot Europa?

De afgelopen tijd heeft Duisburg, de grootste Europese binnenland terminal, zich ontwikkeld als een belangrijke containermainport. Ongeveer 30 procent van de handel tussen Europa en China wordt per goederentrein via Duisburg vervoerd. Om de ontwikkelingen van deze *Belt and Road* verbinding te verkennen is SmartPort in samenwerking met de Erasmus Universiteit Rotterdam een onderzoek gestart⁸. Het onderzoek laat zien welke ontwikkelingen in Duisburg invloed hebben op de unieke verkooppunten van Rotterdam als Mainport. Waar Duisburg zich sterk inzet als logistiek knooppunt door het faciliteren van infrastructuur en goederen, zet Rotterdam zich juist in als innovatief en logistiek kenniscentrum. Hierbij is het wel van belang dat Rotterdam de ontwikkelingen van Duisburg nauwkeurig monitort op haar unieke verkooppunten. Want niet alleen ontwikkelingen in Duisburg zijn van invloed op de Rotterdamse haven, maar juist ook ontwikkelingen in Zuid-Europese havens of van alternatieve routes (poolroute, Trans-Siberië spoorlijn).⁹ Het speelveld van Europese havens is onderhevig aan veranderingen en dit roept vragen op, zoals: Welke overeenkomsten zijn er met andere grote Europese zeehavens, zoals Port of Antwerp-Bruges, Port of Hamburg en North Sea Port? Wat zijn de aspecten waar Rotterdam zich op kan onderscheiden?

Het BRI onderzoek biedt inzicht in de ontwikkelingen, de uitdagingen én, misschien nog wel belangrijker, de kansen van de Rotterdamse haven. Wat gaat er voor de Rotterdamse haven en de bedrijven veranderen? Welke kansen kunnen nieuwe samenwerkingen tussen Europese havens bieden? Hoe kunnen huidige *assets* worden ingezet voor een wellicht nieuw business model? Want de trein rijdt; de vraag is met welke kennis en strategische bepalingen moet de Rotterdamse haven opstappen.

Toenemende ruimtelijke uitdaging

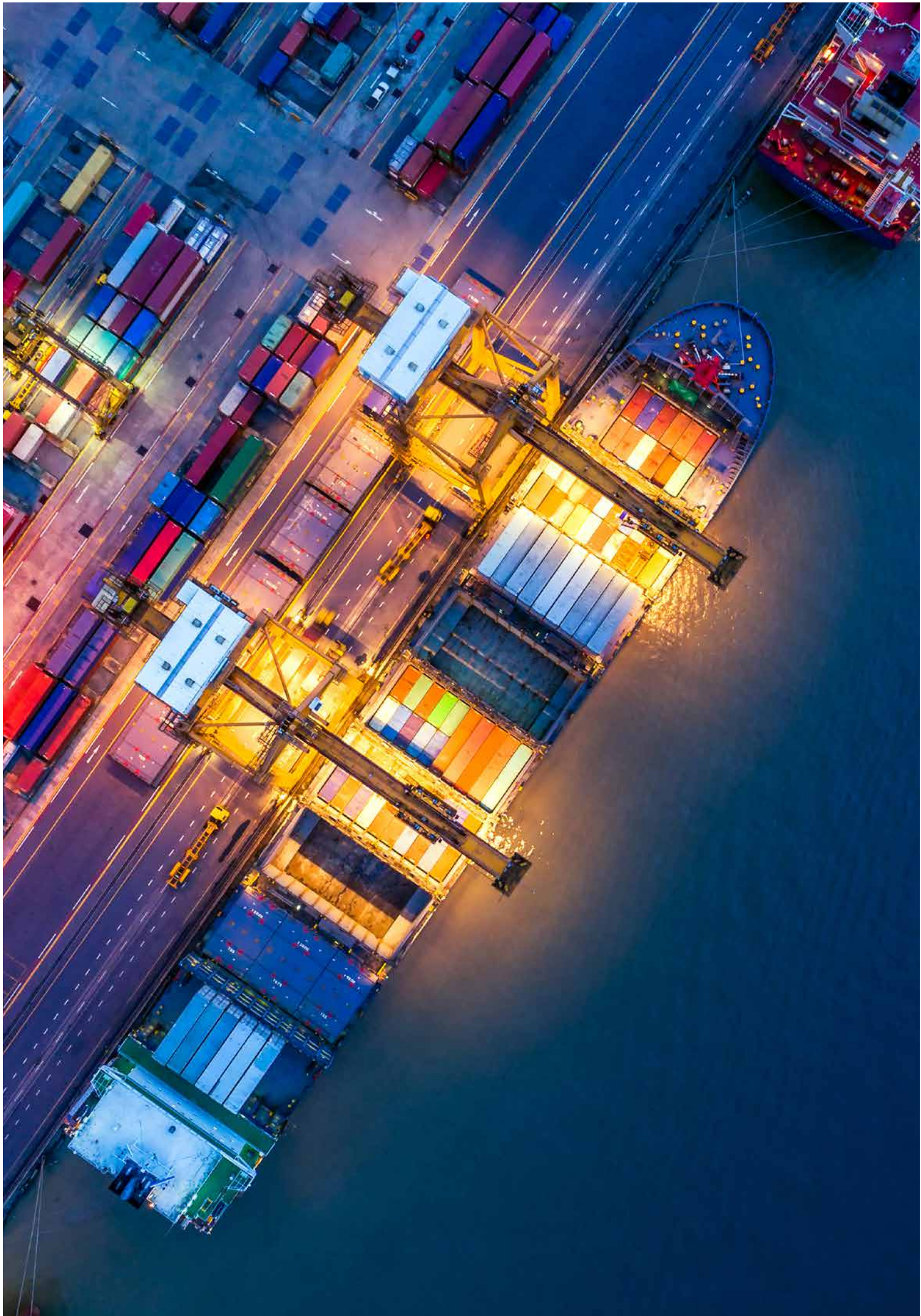
Om de energietransitie mogelijk te maken in de Rotterdamse haven hebben bedrijven meer fysieke, sociale en milieuruimte nodig. Deze ruimte wordt steeds schaarser.

Toen in 2013 Maasvlakte 2 officieel in gebruik werd genomen, was één ding voor iedereen helder: voorlopig was er geen havenuitbreiding meer nodig.¹⁰ Met de vergroting van het havenareaal van 20% (1000 hectare netto) zat de haven van Rotterdam weer ruim in zijn jasje. En dat zit het nog steeds. Maar voor hoe lang? De energietransitie brengt de behoefte aan strategische fysieke ruimte in een stroomversnelling. Om te voldoen aan de CO₂-reductiedoelstellingen van de overheid, werken bedrijven hard aan plannen voor het verduurzamen van processen én zijn er kansen voor de ontwikkeling van een nieuw duurzaam industrieel cluster. Dit vraagt om extra ruimte voor zowel (energie)infrastructuur als bedrijvigheid.

Er is ruimte nodig voor de aanleg van infrastructuur. Door de haven komen nieuwe grondstoffenstromen en bestaande nemen toe (waterstof en CO₂).¹¹ Ook neemt het huidige transport van bijvoorbeeld elektriciteit toe, met een industrie die inzet op CO₂ reductie en dus processen moet elektrificeren. Dit zorgt voor een enorme toename van de elektriciteitsbehoefte en het elektriciteitsverbruik. Sommige experts gaan uit van een toename van een factor 10, anderen zelfs van 20. Dit vraagt om veel extra 'koperdraad' in de haven van Rotterdam. In november 2020 sloegen SmartPort, bedrijven, relevante netbeheerders, overheden en kennisinstituten TU Delft en TNO de handen ineen (onderzoeksproject Gridmaster HIC).¹² Doel is de ontwikkeling van een dynamische scenarioplanner die kan helpen in de discussie met de relevante Rotterdamse partijen om samen tot een goedwerkend netwerk te komen (Gridmaster).

Naast ruimte voor energie-infrastructuur is er ook ruimte nodig om een duurzaam industrieel cluster te ontwikkelen. De vraag is hoeveel? De studie *E-Fuels* (2020), uitgevoerd door TNO, rekende dit uit voor een brandstofcluster dat zich volledig richt op e-methanol (geproduceerd met groene stroom, waterstof en CO₂).¹³ Conclusie: er is tot ca. 600 hectare extra ruimte nodig in 2050. Voor de beeldvorming; 600 hectare is een gebied bijna net zo groot als de Botlek of 2/3 van Maasvlakte 2. Voordat het duidelijk is welke volumes en samenstellingen op langere termijn in het Rotterdamse Havenindustriële Complex (HIC) de boventoon gaan voeren, is er veel afhankelijk van variabelen en de keuzes die worden gemaakt. Daarnaast spelen ook de beschikbare sociale en milieuruimte (denk aan de stikstof- en PFAS-problematiek) en op termijn ook de (klimaat)adaptatieruimte een belangrijke rol in de keuzes die gemaakt (kunnen) worden.

Ruimte ontwikkelen voor bedrijven is één van de hoofdtaken van een haven. De energietransitie brengt nu een extra uitdaging met zich mee. Het vraagt om relevante opbouw van nieuwe activiteiten terwijl op hetzelfde moment andere activiteiten moeten worden om- en afgebouwd. Dit zorgt voor een lastige puzzel onder invloed van tijd. Juist die puzzel gaat SmartPort samen met het Havenbedrijf Rotterdam, Deltalinqs en raffinaderijen onderzoeken.¹⁴ Het doel is om met het havenbedrijfsleven, én op basis van mogelijke scenario's, te verkennen hoe de hectareontwikkeling er uit gaat zien in de periode tot 2050. Deze *joint fact-finding* creëert een gezamenlijk beeld van de impact van wensen en keuzes van bedrijven op het ruimtegebruik in de haven. Dit onderzoek is de eerste stap in het krijgen van inzicht in het ruimtevraagstuk van de Rotterdamse haven en moet gaan helpen om vragen te beantwoorden zoals: 'Is er een Maasvlakte 3 nodig?'



Zelfsturende goederen

Met de ontwikkelingen rondom digitalisering en automatisering, wordt de route niet langer bepaald door de modaliteit, maar door de lading die zichzelf door de keten heen gaat organiseren.

De laatste jaren is er een verschuiving gaande rondom de sturing binnen logistieke ketens. Waar er eerst een focus lag op het ketenniveau, zoals synchromodaal vervoer^{15, 16} (het bieden van een geïntegreerde vervoersoplossing door het benutten van de verschillende modaliteiten), en de modaliteit¹⁷, verschuift de focus nu naar sturing op containerniveau. In 2019 werd er door het Havenbedrijf Rotterdam 'Container 42' gepresenteerd¹⁸. Deze slimme container is uitgerust met sensoren en andere apparatuur om douaneformulieren in te vullen, *cargo-experience* te meten en te communiceren met andere havenhandelingen (bv. een kraan). De data van de containers maken enerzijds efficiënter beheer en aanvullende diensten mogelijk en anderzijds worden logistieke ketens als geheel geoptimaliseerd door efficiënte inzet van slimme containers¹⁹.

Met het verder verslimmen van de modaliteiten en de containers wordt er een eerste stap gezet richting sturing op ladingniveau. Projecten zoals *IoT4Agri*²⁰ laten zien hoe meerwaarde wordt geboden aan bedrijven en overheden. Sensoren op containers bieden de mogelijkheid om op basis van real-time data in te grijpen in het logistieke proces of keten (kwaliteitsverloop van producten²¹, procesafwikkeling, andere route). Digitalisering en automatisering bieden kansen waarbij ladingen zich door het netwerk heen organiseren en via de meest optimale route op de juiste plek terecht komen²². Niet de planner of de vervoerder maar de lading zelf bepaalt waar de lading heen moet. Hoe de lading op de juiste plek en het juiste moment komt wordt in het Physical Internet project belicht. Dit project laat mooi zien hoe ladingen efficiënter kunnen worden vervoerd en hoe infrastructurele netwerken beter kunnen worden benut. Voor het sturen op lading moeten partijen in de keten in staat zijn om in te spelen op veranderingen in de keten. Hoe betrokken partijen efficiënter kunnen inspelen op veranderingen in de keten wordt bijvoorbeeld onderzocht in het Swarm Port.²³ Door te plannen op goederenniveau, is er veel informatie aanwezig op lokaal niveau waardoor er lokale intelligentie ontstaat. Sturing op ladingniveau biedt meerwaarde aangezien bedrijven die goederen internationaal versturen, op zoek zijn naar betrouwbaarheid, snelheid en zekerheid.

In de beweging richting een logistiek systeem waar goederen zichzelf organiseren door de keten, kan een viertal vervolgstappen worden geformuleerd. (1) Het aantonen van de meerwaarde van sturing op ladingniveau, bedrijfsniveau en systeemniveau. (2) Het bepalen van de transitieroute hoe verschillende bedrijven tot een planning komen op goederenniveau. (3) Het opzetten van sturingsstrategieën van goederen op ketenniveau en (4) inzicht krijgen in de beschikbaarheid en betrouwbaarheid en veiligheid van het delen van data. Het sturen van lading is niet alleen afhankelijk de beschikbaarheid van data. Het kan ook onderhevig zijn aan de markt en wat de vraag van de klant is. Denk bijvoorbeeld aan e-commerce. Deze ontwikkelingen zijn van cruciaal belang als het gaat om sturing van lading, maar is dat niet de drijfveer van de bovenstaande logistieke trend.

Zelforganiserende (zeevaart) hub(s)

Het naadloos verbinden van water, weg, en spoor door lokale informatie beschikbaar te stellen en daarmee logistieke processen efficiënter en duurzamer te maken (Seamless Port).

De sterke ontwikkeling van digitalisering en automatisering van de Rotterdamse haven biedt kansen om logistieke ketens duurzamer, betrouwbaarder en concurrerender te maken. Zo zijn de in Rotterdam gelokaliseerde APM Terminals en Rotterdam World Gateway (RWG) al de meeste geautomatiseerde containerterminals ter wereld. Een ander voorbeeld is de Container Exchange Route²⁴ op Maasvlakte 2 waar, via een speciale infrastructuur, logistieke faciliteiten worden verbonden door middel van autonome voertuigen. Met lokale informatie kunnen logistieke processen binnen de hekken autonoom verlopen. Dit kan zelfs worden versterkt door het toepassen van slimme algoritmes in de logistieke keten. *Artificial intelligence* (hierna AI) kan helpen om bijvoorbeeld de coördinatie van de activiteiten van een terminal af te stemmen met binnenvaartschepen, waarbij rekening wordt gehouden met de waterstand van vaarwegen. Vanuit een systeemperspectief biedt AI kansen voor het verder ontwikkelen van een zelf-organiserend logistiek systeem. Lokale informatie wordt gebruikt om voorspellingen te doen waardoor het netwerk robuuster wordt.

Twee projecten waar zelforganisatie centraal staan zijn *SOLport*²⁵ en *Reimagining Logistics with Autonomous trucking*²⁶. In het SOLport project is onderzocht wat een zelf-organiserend systeem betekent voor logistieke partijen en wat de eventuele voor- en nadelen zijn. In het project "Reimagining Logistics with Autonomous Trucking" wordt naast de technische impact van slimme algoritmes gekeken naar de sociale impact. Kortom, wat is de invloed van AI op business modellen en de mens. Dus in plaats van het traditioneel plannen van ritten van trucks, komt er een nieuwe aanpak met een dynamische planning op basis van real-time informatie en algoritmes, waarbij trucks zichzelf inplannen. Wat wordt de verantwoordelijkheid van de planner? En wie is er aansprakelijk als het fout gaat; het algoritme of de mens?

Een zelforganiserende (zeevaart)hub biedt kansen voor bedrijven tot het verhogen van betrouwbaarheid en robuustheid van het logistieke proces, het creëren van een *seamless port* (voorspellen *ETA*) en het kiezen van duurzame vervoersopties.

In de logistiek werken veel organisaties samen om ervoor te zorgen dat goederen onder de juiste condities, op het juiste moment en op de juiste locatie worden geleverd. Om tot een zelf-organiserend systeem te komen waar logistieke processen autonoom worden aangestuurd, zijn er een aantal vervolgstappen nodig. (1) Samenwerking tussen de bedrijven, (2) het verder verfijnen van essentiële en betrouwbare data en (3) het opzetten van pilots met verschillende ketenpartijen, om de impact van technologieën te onderzoeken op business modellen, organisatie- en sociaal niveau.

Intelligente binnenvaartcorridor

(Digital Twin)

De Rotterdamse binnenvaart corridor wordt steeds slimmer door kennis over waterbeweging, infrastructuur en scheepvaartlogistiek aan elkaar te verbinden via slimme algoritmen.

Het verslimmen van de binnenvaartcorridor wordt steeds belangrijker door de toenemende concurrentie vanuit havens zoals Hamburg en Antwerpen, en de uitbreiding van vervoer over land en via de Zuid-Europese havens (i.e. het *Belt and Road Initiative*). Al sinds 2015 ontwikkelt SmartPort onderzoeken naar het optimaliseren van de achterlandverbindingen, met als doel antwoorden te vinden op de vraag: Wat is er nodig om een *seamless port* (naadloze haven) te worden? Door onderzoeksprojecten zoals *Synchrogaming* werden bijvoorbeeld planners van ketenpartijen uitgedaagd om slimmer te kiezen tussen weg, water en spoor. Het doel was vertragingen te verminderen en uitstoot te verlagen.²⁷ Daarnaast is gewerkt aan het verbeteren van datawinning van de diepte van rivieren. Zo is er samen met CoVadem gewerkt aan het optimaliseren van de datastromen van binnenvaartschepen, waardoor in theorie de diepte van de vaarwegen 24/7 gemeten kan worden, zonder extra inzet van meetschepen.²⁸ Om te komen tot optimale routes voor binnenvaartschepen is er zowel logistieke als omgevingsdata (bv. toekomstige waterstand, waterdiepte etc.) nodig.

Het onderzoeksproject *Klimaatverandering en de Binnenvaart (2017-2021)* laat zien hoe met historische data van zowel de omgeving (diepte, stroming, bruggen, sluisen etc.) als de logistiek (locatie van schepen, vaartijden, etc.) enorme meerwaarde wordt gegeven aan bedrijven en overheden.²⁹ Door te voorspellen wat klimaatverandering gaat doen met de waterstanden (zowel bij droogte als hevige neerslag), kunnen er strategische adviezen worden gegeven over ingrepen in de rivier, vlootsamenstelling en de beladingsgraad. Dit project gaf aanleiding tot een *digital twin* van de vaarwegen – een digitale replica van de werkelijkheid – die voor strategische vraagstukken ingezet kan worden. De eerste toepassing hiervoor was het plannen van de ‘beste’ route voor binnenvaartschepen van Danser en de NPRC.³⁰

De vervolgstap is het komen tot een strategische en later operationele applicatie waarmee bedrijven in de praktijk kunnen werken op basis van real-time data, modelsimulaties en zelflerende algoritmen. SmartPort gaat hiervoor werken aan 3 doelen binnen het *Flagship* project “*Artificial Intelligence en data delen*”: (1) het verbeteren van de *digital twin* door te sturen op datazuiverheid, (2) het vaststellen van showcases & simulaties met bedrijven in de keten en (3) het versterken van de samenwerking tussen overheid en bedrijfsleven voor vergroting van het draagvlak achter een slimme corridor.³¹

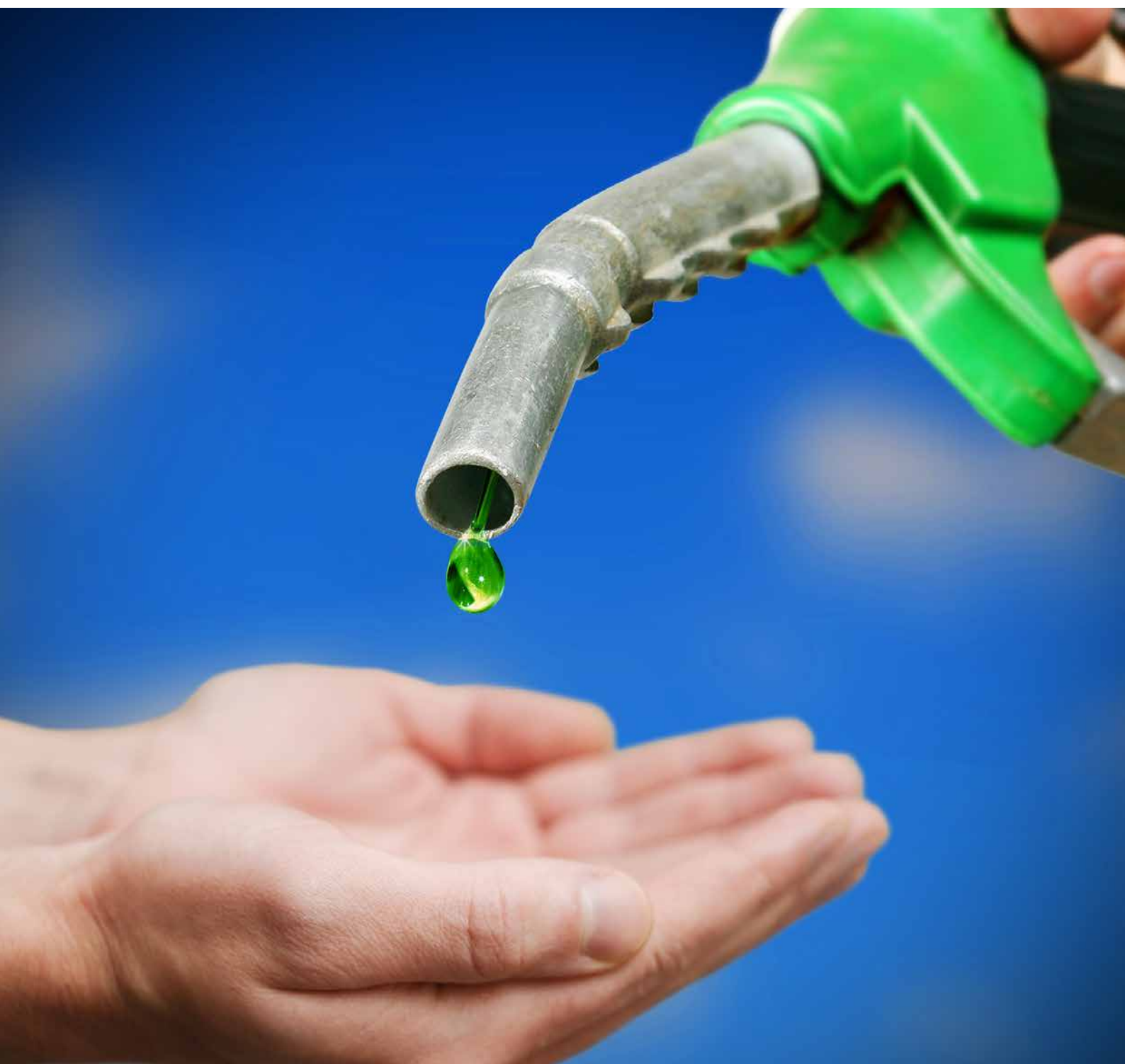
Opkomst en groei duurzame brandstoffen

Het belang van emissiereductie van zwaar transport met trucks en binnenvaart en van industriële processen met hoge temperaturen wordt steeds meer een vereiste en daarmee stijgt het belang van de ontwikkeling van nieuwe duurzame brandstoffen.

Er zijn in de periode 2008-2019 al stappen gezet in het efficiënter en duurzamer maken van de binnenvaart (-12% CO₂ uitstoot) en transport over de weg (-10% CO₂ uitstoot).³² Met alleen het verbeteren van de efficiency worden de klimaatdoelstellingen echter niet gehaald (55% reductie in 2030, 98% in 2050).³³ Sinds 2011 worden er daarom Green Deals gesloten om de stappen naar 2030 en 2050 te versnellen.³⁴ De eerste stap om de emissies in de transport sector te verlagen is in veel gevallen elektrisch rijden/varen (in combinatie met waterstof). Zo rijdt in de Rotterdamse haven sinds 2020 een waterstoftrekker en worden er stappen gezet om waterstofbinnenvaartschepen mogelijk te maken.³⁵ Verder hebben DAF en andere OEM's (truckbouwers) afgesproken om vanaf 2040 geen trucks meer te bouwen die op fossiele energie rijden.³⁶ Hoewel de kosten van waterstof en de brandstofceltechniek nog te hoog zijn (ca. 300% te hoog vergeleken met huidige technieken) en goede tankinfrastructuur mist, biedt het veel potentie voor de toekomst. Toch voldoen deze opties niet voor al het vervoer voor het benodigde vermogen.³⁷ Denk aan het langeafstandsvervoer via de weg (vanaf 1000 km) of zeevaart, en binnenvaartschepen die lang stroomopwaarts moeten varen. Eén van de *bottlenecks* is in dit geval de tankruimte die waterstof inneemt op het voertuig (op basis van een energiedichtheid die 3x tot 7x lager is dan die van diesel). Een mogelijke oplossing kan gevonden worden in de zogenaamde *e-fuels*: brandstoffen die zowel duurzaam zijn als genoeg vermogen kunnen leveren in de toekomst. *E-fuels* zijn synthetische brandstoffen die geproduceerd worden op basis van groene -waterstof, -elektriciteit en CO₂.³⁸ Deze 'groene' brandstoffen hebben grote voordelen: ze nemen minder ruimte in dan waterstof, zijn gemakkelijker op te slaan en te transporteren én in sommige gevallen zijn ze direct te gebruiken in huidige verbrandingsmotoren.³⁹ Op dit moment zijn ze echter nog niet verkrijgbaar tegen een competitief tarief en daarom zijn er zowel pilots als meer onderzoek nodig. Het fieldlab Electrificatie op PlantOne dat op 10 februari 2021 is geopend heeft tot doel om in een consortium van bedrijven te gaan testen met de productie van *e-fuels*.⁴⁰ Dit biedt de Rotterdamse haven kansen om te ontwikkelen tot een duurzame brandstof hub vanaf 2030.

SmartPort ziet drie uitdagingen bij elkaar komen rond de ontwikkeling van nieuwe duurzame brandstoffen voor het havenbedrijfsleven: (1) Het verscherpen van het tijdsfad van de ontwikkeling van de nieuwe brandstoffen, (2) infrastructurele ontwikkeling en (3) technische ontwikkeling.⁴¹ Bij een investering in verduurzaming is het voor een vervoerder van belang dat er een balans bestaat tussen de kosten en de te behalen emissiereductie én dat de CO₂ reductie kan worden aangetoond.⁴² Bij producenten van brandstof en bouwers van schepen en trucks spelen ook factoren zoals productiekosten mee. Met het project STRIVE wordt in beeld gebracht welke meerwaarde *e-fuels* kunnen bieden voor het zwaar wegtransport en welke gemeenschappelijke stappen er nodig zijn om tot de ontwikkeling van betaalbare *e-fuels* te komen.⁴³ Voor het gebruik van *e-fuels* is ook om- en opbouw nodig van opslag-, transport- en tankinfrastructuur. De studie *Gridmaster* laat zien welke verzwaring van transport en opslaginfrastructuur nodig is tot 2080 voor de havenregio Rotterdam.⁴⁴ Vervolgstappen zijn het verbreden van de geografische

focus van de studie en de verbreding van de focus naar bijvoorbeeld tankinfrastructuur. Tenslotte zijn er, om de adoptie van e-fuels te versnellen, nog grote stappen te nemen op het technische vlak en dan met name de meest kostenefficiënte manier van produceren. Met de onderzoeksprojecten *MOOI:eCOform*, *Interreg* en *E2CB* wordt gewerkt aan deze uitdaging.⁴⁵



Grootschalige industriële elektrificatie en waterstof integratie

Voor een succesvolle energietransitie is het nodig om industriële productieprocessen te elektrificeren en fossiele (industriële) brandstoffen te vervangen door duurzamere alternatieven. Grootschalige elektrificatie van de industrie en gebruik van waterstof bieden grote kansen.

Momenteel wordt er in Nederland en op de Noordzee flink gewerkt aan de opschaling van groene windenergie voor grootschalige elektrificatie van onder andere het HIC in Rotterdam. Daarnaast wordt gewerkt aan technieken voor het produceren van waterstof en combineren met andere moleculen zoals CO₂, CO en stikstof met behulp van elektronen. Deze revolutionaire nieuwe conversietechnieken leveren bij uitstek grote kansen voor een industrieel gebied zoals de Rotterdamse haven. Daarnaast heeft het industrieel complex de potentie om als energiebuffer te dienen in periodes van veel windenergie aanlanding. Het juiste onderzoek op deze gebieden ondersteunt de transitie naar een klimaat-neutraal en optimaal concurrerend industrieel havencomplex in de toekomst.

Door deze toekomstige significante veranderingen van industriële productieprocessen, verandert de positie van de Rotterdamse haven. Momenteel is de haven het op één na grootste fossiele brandstof-cluster in Europa waarin wordt geproduceerd en gebunkerd. De conventionele fossiele waardeketen kan worden verduurzaamd door aanpassingen in de industriële systemen, door bijvoorbeeld het plaatsen van e-boilers, industriële warmtepompen of afvang van CO₂ (Porthos). Het ombouwen van deze systemen biedt alleen geen soelaas voor vermindering van fossiele afhankelijkheid tijdens de productie van elementaire industriële chemische bouwstenen en het bereiken van de vereiste hoge industriële proces temperaturen. Beide zijn nodig voor eindproducten waar de maatschappij de komende tijd nog volop gebruik van maakt zoals het gros van de brandstoffen, glas, bouw materiaal en zelfs (blauwe) waterstof (H-vision).

Elektrochemische (conversie) processen welke gebruik maken van groene elektronen creëren hier mogelijkheden. Deze processen zijn populair voor klimaat-neutrale productie van elementaire chemische industriële bouwstenen en de nodige energieopslag. Helaas staan deze technieken nog ver van de markt. Om deze reden lopen er verschillende onderzoeken waarin wordt gekeken naar verdere ontwikkeling op basis van groene waterstof en industriële afvalstromen⁴⁶. Daarnaast zijn er ook pilots in ontwikkeling welke een platform bieden aan kleine schaal demonstraties van de jonge technieken⁴⁷. Bij de grootschalige implementatie van deze technieken, biedt directe integratie met offshore windenergie (opwek-op-zee hubs) een mogelijke oplossing voor het huidige ruimtegebrek in de haven⁴⁸. Naast deze conversie processen biedt (groene) waterstof een geschikt duurzaam alternatief voor het verminderen van fossiele afhankelijkheid tijdens het bereiken van de gevraagde hoge temperatuur tijdens industriële processen.

Zoals gesteld, gaan de huidige processen in het op één na grootste fossiele brandstofcluster in Europa significant veranderen. Hoe zal dit de opzet van deze keten beïnvloeden en welk deel van deze veranderende waardeketen blijft of landt in de Rotterdamse haven? Met deze vraag startte SmartPort in samenwerking met TNO, Havenbedrijf en Sohar Freezone Port het onderzoek *CHAIN* (2020-2021). Naast de aanpassingen in de aanbodzijde (elektrochemische processen) bieden de vraag- en infrastructurele- aspecten ook kansen voor grootschalige elektrificatie. Met een flexibele industriële energievraag en efficiënte uitwisseling van energie tussen bedrijven kan de piekvraag op het elektriciteitsnetwerk worden afgevlakt⁴⁹. Ondanks dat neemt de netto belasting op het netwerk flink toe en zijn toekomstige verzwaringen nodig. Om nu de juiste netwerk investeringsbeslissingen te maken bieden dynamische simulatiemodellen waardevolle tools⁵⁰. Naast de grootschalige elektrificatie en waterstof integratie zal de trend richting circulariteit in het industrieel complex ook meer vorm krijgen richting 2050.



Opkomst levenscyclus beheer

De bouw van duurzame energie opwek en distributie assets is een belangrijke voorwaarde voor het behalen van de klimaatdoelstellingen in 2050, maar de exploitatie en ontmanteling van de hierbij ingezette assets is niet duurzaam. De ontmanteling van offshore windparken is een concreet voorbeeld hiervan.

Offshore windenergie is de laatste periode getransformeerd van een jonge ambitieuze duurzame energiebron tot één van de hoekstenen van de energietransitie. Nederland zal naar verwachting tot 60 GW aan capaciteit installeren om aan de klimaatdoelstellingen van 2050 te voldoen. Paradoxaal genoeg wordt er tijdens de bouw en ontmanteling van deze offshore windparken weinig rekening gehouden met duurzaamheid.

Momenteel is er slechts 2 GW aan windenergie op zee beschikbaar en neemt het aantal windturbines flink toe. Naast het aantal turbines neemt ook de grootte van de magnetische turbines, composieten windbladen en stalen draagconstructies toe. Voor een typisch windpark van 750 MW is meer dan 10.000 ton composiet en 100.000 ton staal nodig. Met de huidige aanpak produceert de bouw van een windpark een uitstoot van meer dan 2.400 ton CO₂ equivalenten en 5.100 ton olie equivalenten per jaar. Life cycle management kan hierbij leiden tot een werkelijk duurzame en maatschappelijk verantwoorde topsector. Met een concrete strategie op basis van bedrijfsoverstijgende input vanuit de sector, zou er gekeken moeten worden hoe dit kan worden gerealiseerd. Samenwerking in de keten biedt hier verlichting.

Windmolens op zee hebben een operationele levensduur van 20-25 jaar. Aan het einde van deze levensduur moet een windpark op een verantwoorde wijze ontmanteld worden. Momenteel is hier echter nog weinig praktijkervaring in opgedaan. Wanneer deze verwijderingsopgave ad-hoc wordt gepland en uitgevoerd, leidt dit tot een toename van negatieve ecologische impact door inefficiënte logistieke processen en onverantwoordelijke verwerking van de restmateriaalstromen. Het project *Decommissioning Offshore Windparken* laat goed zien wat de potentie is van deze restmateriaalstromen. Er liggen kansen voor de Rotterdamse haven en ketenpartijen om deze potentie duurzaam te oogsten. Zo kan optimalisatie van de ontmantelingsopgave zowel ecologisch als economisch winst opleveren⁵¹.



Voorspelbaar en duurzaam asset management

Beheer & onderhoud van de infrastructuur van de Rotterdamse haven wordt steeds slimmer en voorspelbaarder door beter begrip van de conditie van de bestaande infrastructuur, nieuwe monitorings- en onderhoudstechnieken en digitalisering. Dit biedt kansen voor optimaal gebruik van assets in een veranderende omgeving, reductie van emissies en kostenbesparingen.

SmartPort ziet een toenemende focus op slim en voorspelbaar beheer en onderhoud van haveninfrastructuur. Op het gebied van kades zijn er diverse onderzoeken geweest om de sterkte en degradatie van kademuren beter te begrijpen⁵². Met deze kennis kunnen we bestaande kades beter en langer benutten en nieuwe kades scherper ontwerpen⁵³. Vergelijkbaar onderzoek doet SmartPort voor de sterkte van bodembeschermingen⁵⁴. Dit leidt tot kostenbesparingen voor beheer & onderhoud voor kadebeheerders en vergroting van de meerwaarde en (multifunctionele) gebruiksruimte van de kades voor kadegebruikers⁵⁵. Door data en modellen te combineren in zogenaamde *digital twins* kunnen we kades steeds slimmer maken. Dit is niet alleen relevant om het huidige beheer & onderhoud van kades voorspelbaarder te maken, maar ook om te kunnen anticiperen op ander gebruik van de kades en andere omgevingscondities in de toekomst.⁵⁶ Bijvoorbeeld onder invloed van de energietransitie, autonoom varen en klimaatverandering⁵⁷.

Bij het beheer & onderhoud van de vaarwegen ligt de nadruk op het baggeronderhoud om de vaargeulen en havenbekkens op diepte te houden. Met slim en duurzaam sedimentbeheer blijft de haven ook in de toekomst veilig en bevaarbaar tegen aanvaardbare onderhoudskosten en gereduceerde uitstoot van broeikasgassen⁵⁸. SmartPort faciliteert onderzoek naar *varen door slib* om de effecten van het slib op de manoeuvreerbaarheid van schepen te kunnen bepalen⁵⁹. Begrip van de eigenschappen van het slib in de haven is hiervoor cruciaal, want de slibeigenschappen bepalen mede de nautische diepte en de bevaarbaarheid van het slib.⁶⁰ Wanneer schepen veilig door slib kunnen varen, kan dat het baggeronderhoud van de haven van Rotterdam aanzienlijk verminderen. Daarnaast wordt er onderzoek gedaan naar nieuwe meettechnieken om de slibeigenschappen in de toekomst in real-time te meten⁶¹. Tevens is er onderzoek gedaan om de diepte van de vaarweg real-time te meten met behulp van binnenvaartschepen (*CoVadem*)⁶². Met al deze informatie kan diepgang van de vaarweg en status van het slib worden gemonitord en onderhoud op het juiste en meest efficiënte moment worden ingepland.

SmartPort ziet de volgende uitdagingen voor slim en voorspelbaar onderhoud van de haveninfrastructuur. (1) Het vaststellen van de *value cases* om te bepalen welke onderzoeken het meeste meerwaarde bieden voor de beheerders én gebruikers van de infrastructuur. (2) Beter delen, beheren en benutten van data en modellen van de infrastructuur om de conditie ervan real-time te kunnen vaststellen (bijvoorbeeld in *digital twins*). (3) Verduurzaming van het beheer en onderhoud: klimaatneutraal, circulair en rekening houdend met ecologie. (4) Gefaseerde aanpassing van de infrastructuur aan de gevolgen van klimaatverandering en veranderend gebruik van de kade. (5) Aansluiten van de keten om de ontwikkelde kennis en innovaties daadwerkelijk in de praktijk te kunnen brengen (inclusief eventuele aanpassingen in richtlijnen en wet- en regelgeving).

Waar verdient Rotterdam zijn brood mee in 2050?

Waar verdient Rotterdam zijn brood mee in een zelforganiserende en autonome logistiek en een wereld met een sterke afname van het gebruik van olie? Er zijn door SmartPort 10 trends gesignaleerd. Stuk voor stuk kansen die de Rotterdamse haven kan grijpen om zich te onderscheiden van concurrenten in 2050. Dit is bepalend want de concurrentie zit niet stil. Maar wat kunnen we nu actief met deze trends in het achterhoofd?

Voor SmartPort zijn de trends een leidraad om de onderzoeken naar 2030-2050 te verscherpen. Welke routes worden afgestreept en welke worden als kansrijk gezien door het havenbedrijfsleven? Vervolgens wordt in de komende jaren gewerkt aan het verder aanjagen van innovatie door onderzoek, waarbij techniek ontwikkeling wordt versneld, value cases worden verkend en in beeld wordt gebracht welk overheidsbeleid en vaardigheden nodig zijn om een innovatie te laten landen in Rotterdam. Dit levert beslisinformatie op voor bedrijven, voor hun strategie en hun operaties.

Het succes van SmartPort is het succes van het Rotterdamse havenbedrijfsleven. Drie elementen worden als het meest belangrijk gezien om bedrijven te ondersteunen in innovatie. Ten eerste, gaat SmartPort inzetten op het aantonen van de waarde van datadeling. Ten tweede, zet SmartPort zo veel mogelijk in op systeemonderzoek. Dit is onderzoek dat wordt gedaan door een bedrijfsketen, omdat radicale of disruptieve innovaties alleen van de grond komen als alle stoplichten in een keten op groen staan. Radicale of disruptieve innovaties zijn compleet nieuwe diensten of producten die ook nieuw zijn voor de markt. Gezien de trends moet de haven zich juist hier op voorbereiden. Samen onderzoek doen en kennis ontwikkelen (*joint-fact finding*) legt de basis voor deze innovaties. Als derde, steunt SmartPort *living labs*, plekken waar in consortia van bedrijven wordt geëxperimenteerd met nieuwe technieken om hiermee de basis te leggen voor opschaling.

Ondernemerschap is nú investeren met het vertrouwen dat het later geld oplevert. Rotterdam staat voor één van de grootste uitdagingen in decennia. Bedrijfsmodellen moeten radicaal 'om' om te profiteren van de trends die op de haven afkomen. Dit vraagt om grote investeringen, niet alleen van bedrijven, maar ook van de overheid. Juist de overheid heeft behoefte aan een coherente visie in één gebied zoals de regio Rotterdam om te investeren in infrastructuur, havenuitbreidingen en het stimuleren van bedrijfsinnovatie. Positionering is daarbij belangrijker dan ooit te voren. SmartPort is er van overtuigd dat wetenschappelijk onderzoek met het havenbedrijfsleven de basis kan leggen voor deze positionering en het fundament legt voor het Rotterdam van 2050.

Dankwoord

Dit rapport is geschreven door het SmartPort projectontwikkelteam: Dirk Koppenol, Anique Kuipers, Mel Valies en Wiebe de Boer. De trends zijn gebaseerd op de kennis van de meer dan honderd door SmartPort ondersteunde onderzoeken naar de haven van de toekomst. Onze dank gaat dan ook uit naar alle onderzoekers die hier aan hebben bijgedragen en met name de partner kennisinstellingen: Erasmus Universiteit Rotterdam, Technische Universiteit Delft, TNO, Marin en Deltares. Deze onderzoeken waren niet tot stand zijn gekomen zonder de expertise van de meer dan tweehonderdvijftig direct betrokken bedrijven en honderden indirect betrokken bedrijven. Dank daarvoor! Verder zijn we erkentelijk aan de ondersteuning van overheden zoals de provincie Zuid-Holland, gemeente Rotterdam en TKI Dinalog. Ten slotte een directe dank aan de samenwerkingspartners: Havenbedrijf Rotterdam, gemeente Rotterdam, Deltalinqs, TNO, Marin, Deltares, Erasmus Universiteit Rotterdam en Technische Universiteit Delft. We hopen dat dit rapport bijdraagt aan het versnellen van de innovaties van de toekomst voor de Rotterdamse haven.



Eindnoten

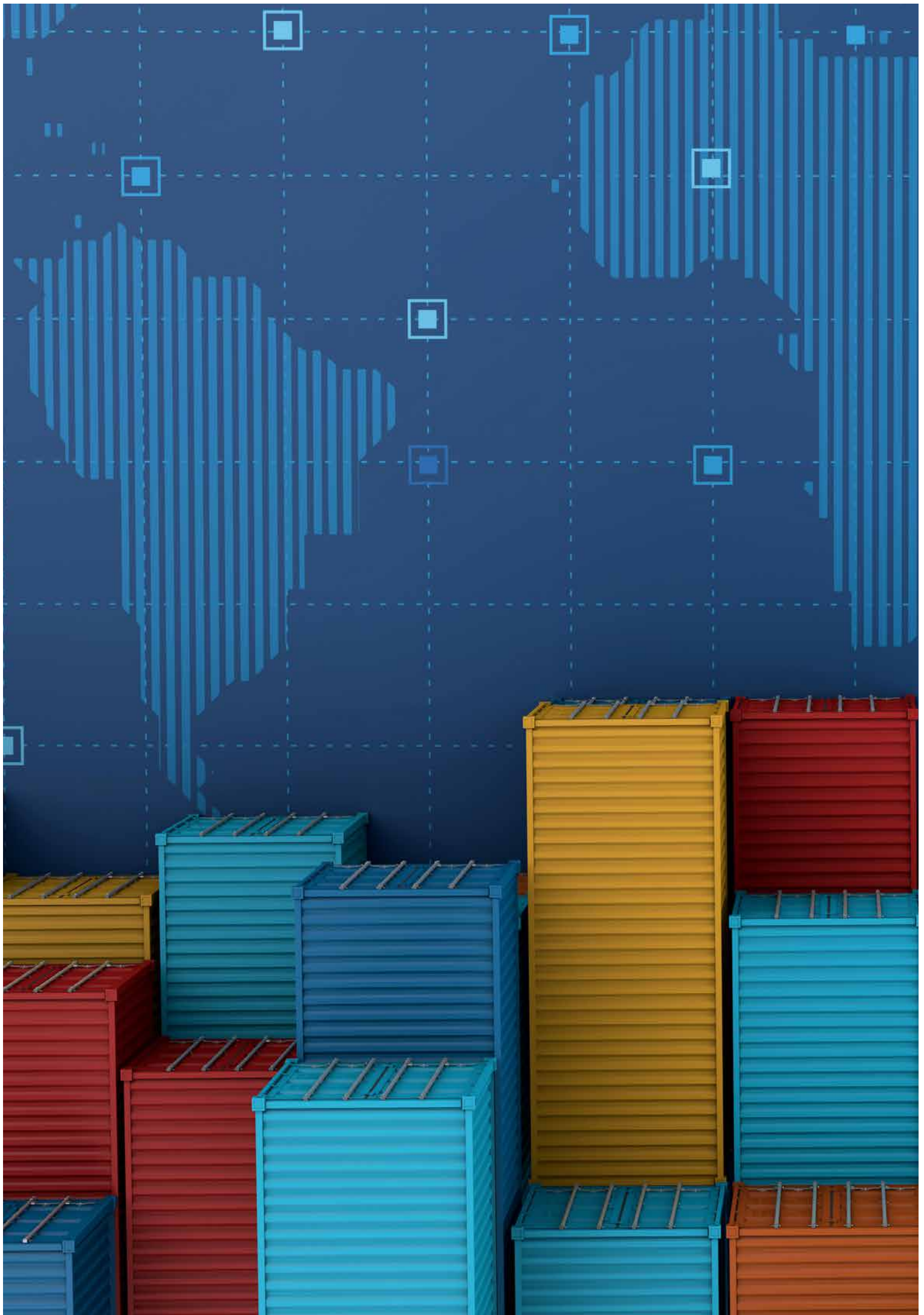
- 1 Bart Kuipers, HET ROTTERDAM EFFECT. DE IMPACT VAN MAINPORT ROTTERDAM OP DE NEDERLANDSE ECONOMIE (2017) <https://www.eur.nl/upt/media/2018-12-rapportrotterdameffectpdf> (18-01-2021) en Port of Rotterdam, FEITEN & CIJFERS. EEN SCHAT AAN INFORMATIE (2019) <https://www.portofrotterdam.com/sites/default/files/feiten-en-cijfers-haven-rotterdam.pdf> (18-01-2021).
- 2 <https://www.nieuwsbladtransport.nl/logistiek/2019/06/12/wat-heeft-een-platform-te-maken-met-mijn-handel/>
- 3 SmartPort onderzoek: Impact van (Boekings)platformen op de expeditiemarkt (2020). Het doel van dit onderzoek is een om een eerste verkenning uit te voeren naar platformmodellen in de logistieke sector. Hierbij is gekeken naar de werking, het eco-systeem, en de toepassing van de boekingsplatformen in de logistieke sector. Door middel van interviews en expertsessies is er onderzocht wat de impact is van platformen op de expeditiemarkt. Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met TNO, Erasmus Universiteit Rotterdam en FENEX.
- 4 <https://www.portofrotterdam.com/nl/containeroverslag-in-Rotterdam-blijft-groeien>
- 5 <https://www.portofrotterdam.com/nl/nieuws-en-persberichten/overslag-haven-rotterdam-bedroeg-4694-miljoen-ton-in-2019>
- 6 Review NO 03/2020: The EU's response to China's state driven investment strategy. (<https://www.eca.europa.eu/en/Pages/DocItem.aspx?did=54733>) Priorities of European Ports for 2019 - 2024: What ports do for Europe, What Europe can do for ports. (<https://www.espo.be/media/Memorandum%20ESPO%20FINAL%20Digital%20version.pdf>).
- 7 Nieuwsblad Transport, Poolroute dit jaar langer bevaarbaar dan ooit, <https://www.nieuwsbladtransport.nl/scheepvaart/2020/12/15/poolroute-dit-jaar-langer-bevaarbaar-dan-ooit/> (12-02-2021) en Independent, Maersk launches first container ship through Arctic route in alarming sign of global warming <https://www.independent.co.uk/climate-change/news/maersk-ship-arctic-route-launch-global-warming-climate-change-a8500966.html> (12-03-2021).
- 8 SmartPort onderzoek: Belt and Road Initiative (2020). In dit onderzoek wordt er een verkenning gedaan naar de strategie van Duisburg rondom de Belt and Road initiative. In kaart wordt gebracht welke eventuele bedreigingen kunnen ontstaan voor de Rotterdamse haven maar juist ook welke kansen er ontstaan. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met Erasmus Universiteit Rotterdam, DHL global Forwarding, Gemeente Rotterdam, ECT, Havenbedrijf Rotterdam.
- 9 Port Technology, Maersk launches first ever Japan UK blockchain train service, <https://www.porttechnology.org/news/maersk-launches-first-ever-japan-uk-block-train-service/> (25-03-2021).
- 10 Dirk Koppenol, Lobby for land, A historical perspective (1945-2008) on the decision-making process for the Port of Rotterdam land reclamation project Maasvlakte 2 (Amsterdam 2016).
- 11 SmartPort onderzoek: PoR Raw Material Study (2021). Uitgevoerd door het Wuppertal instituut samen met het Havenbedrijf Rotterdam en SmartPort.
- 12 SmartPort onderzoek: Gridmaster (2021) richt zich op het ontwikkelen van een nieuwe methode voor adequate, gedegen en bovenal toekomstbestendige investeringsbeslissingen op het gebied van energie-infrastructuur in de Rotterdamse haven. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door een consortium van TenneT, Gasunie, Stedin, Provincie Zuid-Holland, Havenbedrijf Rotterdam, Gemeente Rotterdam, SmartPort, Siemens Nederland, TU Delft, Quintel Intelligence en TNO.
- 13 SmartPort onderzoek: TNO en Voltachem, E-fuels: towards a more sustainable future for truck transport, shipping and aviation (July 2020). <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2020/9/e-fuels-cruciaal-voor-verduurzaming-zwaar-transport/> (20-11-2020).
- 14 SmartPort onderzoek: CIEP en TNO, Verkenning ruimtelijke uitdaging energie transitie in Rotterdam (2021). Dit onderzoek heeft tot doel om op basis van 3 scenario's te bepalen hoe groot de ruimtelijke uitdaging voor de haven is en welke strategische reserveringen er moeten worden gemaakt. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door Havenbedrijf Rotterdam, Deltalinqs en ca. 20 havenbedrijven (m.n. raffinaderijen en tankopslagbedrijven).
- 15 Synchromodaliteit als onderwerp in de lean & green deals, <https://topsectorlogistiek.nl/synchromodaal-transport/> (25-03-2021).
- 16 SmartPort onderzoek: Synchrogaming (2015-2018). Samenwerking verbeteren in de keten om de flexibiliteit van de keten te vergroten. Onderzoek is uitgevoerd door ProRail, Havenbedrijf Rotterdam, Port of Amsterdam, Rijkswaterstaat, The Barn en TKI Dinalog.

- 17 SmartPort onderzoeken: Meerdere onderzoeken zijn uitgevoerd waar de modaliteit centraal stond. Truck platooning (2015-2018). Uitgevoerde quick scan en ontwikkelde value case hebben de sense of urgency vergroot bij stakeholders en de impact van de technologie aangetoond. Project is uitgevoerd in samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam, Rijkswaterstaat, TNO, BVB Logistics, H.N. Post & Zonen, De JongGrauss Transport, Kamps Transport, Overbeek Int. Transport, PostKogeko, De Rijke Trucking, Starmans Transporten, Van der Wal Transport, DHL Global Forwarding, Kloosterboer, Maersk Line en Yusen Logistics. INDEEP project (2018-2019). Het innovatie eco-systeem in kaart brengen (stakeholders, weerstanden, belangen) en inzichten bieden aan stakeholders hoe weerbarstig een innovatietraject kan zijn. Dit project is samen uitgevoerd met Deltalinqs, EUR, Havenbedrijf Rotterdam, TNO, TU Delft, NWO. Barge-Port Stay predictor (2017). De voorspelbaarheid (betrouwbaarheid) verbeteren van de binnenvaart afhandeling in de Rotterdamse haven. Het onderzoek heeft laten zien dat openbare data een goede basis zijn om tot een betrouwbare voorspelling te komen. Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam, Erasmus Universiteit Rotterdam, TNO.
- 18 Container 42, <https://weare42.io/> (25-03-2021).
- 19 SmartPort onderzoek: EURECA (2016-2020). Het onderzoek geeft inzicht in concurrentiepositie van de Rotterdamse haven in de (reefer)containermarkt. Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met ECT, ABB, Havenbedrijf Rotterdam, DL, Seamark.
- 20 SmartPort onderzoek: IoT4Agri project (2020-2021). Door middel van sensoren wordt de kwaliteit gemeten van goederen tijdens transport en waar er door stakeholders interventies in logistieke keten (procesafhandeling, routing) kunnen doen. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met TNO, Wageningen Universiteit, Van Oers United, Thermoking Transportkoeling, Sensortransport, het Internethuis en Euro Pool Systems
- 21 In het IoT4Agri project wordt er gekeken naar perishable products, bijvoorbeeld meloenen en advocado's. Dit kan mogelijk ook worden doorgetrokken naar hoogwaardige producten, zoals IT-producten.
- 22 SmartPort onderzoek: Physical internet project (2015-2020). Onderzoek naar haalbaarheid van het fysieke-internet model waar containerladingen op basis van beschikbare capaciteit en behoeften van de klant (snelheid, prijs, duurzaamheid) zich door de keten verdeelt over de verschillende modaliteiten. Dit onderzoek biedt kansen om inzicht te krijgen in de implementatie van het fysiek-internet concept waardoor ladingen efficiënter worden vervoerd, en infrastructurele netwerken beter worden benut. Dit project wordt uitgevoerd door Groningen Seaports, Havenbedrijf Rotterdam en Rijksuniversiteit Groningen.
- 23 SmartPort onderzoek: SwarmPort (2018-2021). Binnen het SwarmPort project wordt onderzocht met welke data goede modellen kunnen worden gemaakt voor een toekomstbestendig nautisch verkeersmanagement. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam, KRVE, Loodswezen, intertransis, sleepbootmaatschappijen, Swarmlab TNO, TKI Dinalog, en TU Delft.
- 24 Container Exchange Route, <https://www.portofrotterdam.com/nl/zakendoen/haven-van-de-toekomst/innovatie/container-exchange-route-cer>
- 25 SmartPort onderzoek: SOLport (2019-2020). Het doel van dit project is om te onderzoeken onder welke omstandigheden en voor welke type ketens welke vorm van aansturing (zelf organiserend systeem, centrale/decentrale aansturingvorm) het meest geschikt is. Daarnaast wordt onderzocht wat een zelforganiserend systeem betekent voor de betrokken partijen in de logistieke keten wat precies de voor- en nadelen zijn. Dit project wordt uitgevoerd in samenwerking met TNO, Universiteit Twente, Havenbedrijf Rotterdam, NPRC Pharox, Intel, Distribute, en Ab Ovo.
- 26 SmartPort onderzoek: Reimagining Logistics with Autonomous Trucking (2020-2021). In dit project wordt onderzocht wat de meerwaarde is van het toepassen van slimme algoritmes op een inland terminal. Er wordt gekeken wat de impact is op business modellen en de transport planner. Dit onderzoek biedt een eerste stepping stone naar het opschalen van slimme algoritmes in de logistieke ketens. Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met TNO, DHL Global Forwarding en Van Berkel Groep.
- 27 SmartPort onderzoek: Synchrogaming (2015-2018). Samenwerking verbeteren in de keten om de flexibiliteit van de keten te vergroten. Onderzoek uitgevoerd in samenwerking met ProRail, Havenbedrijf Rotterdam, Port of Amsterdam, Rijkswaterstaat, The Barn, TNO, TU Delft en TKI Dinalog.
- 28 SmartPort onderzoek: Covadem+ (2 onderzoeken) (2017 & 2018-2020). Onderzoek naar de kansen voor het combineren van dieptemetingen van o.a. binnenvaartschepen voor 24/7 dieptebepaling vaarwegen en havenbekkens. In dit onderzoek is samen met het Havenbedrijf Rotterdam vastgesteld dat de data zeer bruikbaar zijn voor de rivieren, maar dat o.m. getijde, temperatuur en zoutgehalte dicht bij de monding zorgt voor grote kalibratie uitdagingen. Het verbeteren van de kalibratie zal nog vragen om meer onderzoek. Onderzoek uitgevoerd in samenwerking van CoVadem, Havenbedrijf Rotterdam en Deltares.

- 29 SmartPort onderzoek: Klimaatverandering en de binnenvaart (2017-2021). Het doel van het onderzoek is het verhogen van de voorspelbaarheid van perioden van extreem hoog en laag water en de te nemen maatregelen (infrastructuur, vlootsamenstelling en logistiek concept). Op basis van dit onderzoek, waar Danser, Rijkswaterstaat, CBRB, EICB, NVB, Deltares en het Havenbedrijf aan deelnemen, zijn verschillende vervolgonderzoeken gestart om te komen tot een digital twin van de rivieren om betere voorspellingen te doen. Het onderzoek wordt uitgevoerd door de TU Delft.
- 30 SmartPort onderzoek: Digital twin (2020). Dit onderzoek bouwt voort op de Klimaatverandering en de binnenvaart en de Covadem+ onderzoeken om te komen tot een digital twin van de Rotterdamse vaarwegen richting het achterland. Het doel is om de beste route te bepalen voor binnenvaartschepen op basis van real time data. Dit is uitgevoerd met Danser en de NPRC en er is een vervolgonderzoek in voorbereiding. Het onderzoek wordt uitgevoerd door Deltares en de TU Delft. SmartPort onderzoek: SmartPort Data Dashboard (2020-2021). Opzet van een eenvoudig web raamwerk waarin automatisch belangrijke basisdata van ladingtransport over rivieren wordt bijgehouden. Dit raamwerk moet input gaan geven aan de digital twin en het op te zetten Flagship project rond Artificial Intelligence. Het onderzoek wordt uitgevoerd door Deltares en de TU Delft.
- 31 SmartPort onderzoek: Flagship Artificial Intelligence en data delen (in ontwikkeling).
- 32 CBS: transport stoot tegen landelijke trend meer CO₂ uit. <https://www.nieuwsbladtransport.nl/voorpagina/2019/12/24/cbs-transport-stoot-tegen-landelijke-trend-in-meer-co2-uit/> (Dit werd met name veroorzaakt door het vervoer door de lucht)(20-11-2020). Vervoer over water: 7,5 naar 6,6 miljoen ton (2008-2019) en vervoer over land 6,0 naar 5,4 miljoen ton (2008-2019).
- 33 Trouw, EU schroeft klimaatdoelstelling op: 55 procent minder CO₂ in 2030 <https://www.trouw.nl/duurzaamheid-natuur/eu-schroeft-klimaatdoelstelling-op-55-procent-minder-co2-in-2030-b7a06a0b/> (25-03-2021).
- 34 Sinds 2011 zijn er meer dan 200 greendeals tekent door verschillende sectoren https://www.greendeals.nl/green-deals?f%5B0%5D=thema_s_taxonomy_term_name%3AEnergie&f%5B1%5D=thema_s_taxonomy_term_name%3AGrondstoffen&f%5B2%5D=thema_s_taxonomy_term_name%3AKlimaat&f%5B3%5D=thema_s_taxonomy_term_name%3AMobiliteit (12-11-2020).
- 35 Een gemiddelde heavy-truck op waterstof heeft een actieradius van 400 km, tegenover ruim 2200 kilometer voor een diesel truck. Daarnaast is de opslag en transport van waterstof complex. Er is daarom behoefte aan een andere brandstof. <https://www.ttm.nl/trucks/waalhaven-groep-rijdt-terberg-waterstof-terminaltrekker-in-rotterdamse-haven/130128/> (06-11-2020) en <https://www.topsectorenergie.nl/spotlight/eerste-binnenvaartschip-op-waterstof-komt-eraan> (06-11-2020).
- 36 Louter schone DAF-trucks gloren aan horizon: in 2040 wil truckindustrie geen vrachtwagens op fossiele brandstoffen meer bouwen | Eindhoven | ed.nl (05-02-2021).
- 37 Eerste waterstoftrucks van Hyundai onderweg naar Europa. <https://www.tankpro.nl/brandstof/2020/07/08/eerste-waterstoftrucks-van-hyundai-onderweg-naar-europa/?qdr=accept> (20-11-2020).
- 38 Mooi overzicht: NRC, Zo wordt synthetische brandstof gemaakt, <https://www.nrc.nl/brandedcontent/shell/zo-wordt-synthetische-brandstof-gemaakt> (25-03-2021).
- 39 SmartPort onderzoek: E-fuels: towards a more sustainable future for truck transport, shipping and aviation (July 2020). Het onderzoek is uitgevoerd door TNO en Voltachem. <https://www.tno.nl/nl/over-tno/nieuws/2020/9/e-fuels-cruciaal-voor-verduurzaming-zwaar-transport/> (20-11-2020).
- 40 Samenwerking Fieldlab Industrial Electrification van start - Fieldlab Industriële Elektrificatie (fieldlabindustrieelektrificatie.nl) (05-02-2020).
- 41 Los hiervan is er ook aandacht nodig voor veiligheid, prijsontwikkeling, financiering & wet- en regelgeving. Specifiek voor wet- en regelgeving: op dit moment worden alle partijen in de keten apart afgerekend op hun CO₂ uitstoot. De potentie om CO₂ te reduceren is echter veel hoger als er naar het systeem wordt gekeken. E-fuels zijn relatief makkelijke te transporteren, op te slaan en te tanken, maar zijn niet CO₂ neutraal bij de uitlaat (tank to wheel). Het is echter wel circulair, want precies deze hoeveelheid CO₂ is weer nodig om de brandstof weer te produceren (well to wheel). Daarmee is het een brandstof die op systeem niveau emissie neutraal is.
- 42 Voorbeeld: Het platform duurzame biobrandstof voert een haalbaarheidsstudie uit voor het opzetten van Clean Fuel Contracts. Dit betreft een systeem waarbij brandstofleveranciers en brandstofgebruikers afspraken maken over de te gebruiken hernieuwbare brandstoffen in hun voertuigen, waardoor de eindgebruiker meer inzicht krijgt in de gerealiseerde klimaatbesparing. <https://platformduurzamebiobrandstoffen.nl/infotheek-item/kick-off-clean-fuel-contracts/> (20-11-2020).

- 43 SmartPort onderzoek: STRIVE (2021). In dit vervolg op het E-fuels onderzoek wordt er gekeken naar de meerwaarde van e-fuels voor het lange afstand transport over land (heavy-trucks) samen met brandstofproducenten, vervoerder, verladers en producenten van trucks. Het onderzoek wordt uitgevoerd door TNO.
- SmartPort onderzoek:** Power-2-Gas-2-Refineries (2017). Samen met BP, Uniper, Havenbedrijf Rotterdam en Joulz is gekeken naar de baten en lasten van een investering in electrolyzers. Conclusie: (1) technisch is het mogelijk om in te zetten op electrolyzers, maar opschaling is de grootste uitdaging én (2) Europese regelgeving schrijft expliciet de bijmenging van biobrandstof voor. Als deze regelgeving zou worden omgezet in een doelregeling, met als inzet beperking van CO₂-uitstoot, dan zou het gebruik van groene waterstof op een gelijkwaardige manier in business cases kunnen worden ingezet. Het onderzoek is uitgevoerd door TNO.
- SmartPort onderzoek:** Greenpower (2021-2025). Doel van het onderzoek is om een kwantitatieve methode te ontwikkelen om de prestaties van alternatieve (groene) energie voor binnenvaartschepen te vergelijken met andere modaliteiten en met concurrerende corridors. Met deze informatie kan de binnenvaartsector afgewogen keuzes maken om enerzijds te vergroenen en tegelijkertijd competitief te blijven. Het onderzoek wordt uitgevoerd door de TU Delft.
- 44 SmartPort onderzoek: Gridmaster (2021) richt zich op het ontwikkelen van een nieuwe methode voor adequate, gedegen en bovenal toekomstbestendige investeringsbeslissingen op het gebied van energie-infrastructuur in de Rotterdamse haven. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door een consortium van TenneT, Gasunie, Stedin, Provincie Zuid-Holland, Havenbedrijf Rotterdam, Gemeente Rotterdam, SmartPort, Siemens Nederland, TU Delft, Quintel Intelligence en TNO.
- 45 SmartPort onderzoek: eCOform (wacht op goedkeuring) richt zich op TRL verhoging van elektrochemische conversie van CO₂ afvalstromen naar CO en Mierenzuur en verdere downstream conversie naar formaldehyde en glycolzuur. Dit project wordt uitgevoerd door Voltachem, Hygear, COVAL Energy, Avantium, TNO, TU Delft, Universiteit van Amsterdam, DMT, Braskem, New Energy Coalition, Twence, SmartPort, Brightlands Chemcom en een Industrial Interst Group. Het onderzoek zal worden uitgevoerd door TNO.
- SmartPort onderzoek:** Electrons-2-Chemical Bonds (2020-2025) richt zich op de efficiëntie en schaalbaarheid van elektrochemische processen voor de productie van brandstoffen en chemische bouwstenen. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TU Delft, Universiteit Leiden, Universiteit Twente, Wageningen Universiteit, Groningen Universiteit, Universiteit Utrecht, TU Eindhoven, Shell, Proton Ventures, TNO, Tata Steel, Nuon, SmartPort, Avebe Chemelot en Yara. Het onderzoek wordt uitgevoerd door TNO.
- SmartPort onderzoek:** Interreg-2-zeeen-E2C (2018-2021) richt zich op de implementatie van indirecte en directe CO₂ elektrochemische conversie naar brandstoffen en chemische bouwstenen en oprichten van pilots voor verdere opschaling. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TNO, ECN, Vito, Universiteit van Antwerpen, Universiteit van Exeter, TU Delft, Port of Rotterdam, SmartPort en Port of Antwerp. Het onderzoek wordt uitgevoerd door TNO.
- 46 SmartPort onderzoek: Electrons-2-Chemical Bonds (2020-2025) richt zich op de efficiëntie en schaalbaarheid van elektrochemische processen voor de productie van brandstoffen en chemische bouwstenen. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TU Delft, Universiteit Leiden, Universiteit Twente, Wageningen Universiteit, Groningen Universiteit, Universiteit Utrecht, TU Eindhoven, Shell, Proton Ventures, TNO, Tata Steel, Nuon, SmartPort, Avebe Chemelot en Yara.
- eCOform (wacht op goedkeuring) richt zich op de elektrochemische conversie van CO₂ afvalstromen naar CO en Mierenzuur en verdere downstream conversie naar formaldehyde en glycolzuur. Dit project wordt uitgevoerd door Voltachem, Hygear, COVAL Energy, Avantium, TNO, TU Delft, Universiteit van Amsterdam, DMT, Braskem, New Energy Coalition, Twence, SmartPort, Brightlands Chemcom en een Industrial Interst Group.
- 47 SmartPort onderzoek: Interreg-2-zeeen-E2C (2018-2021) richt zich op de implementatie van indirecte en directe CO₂ elektrochemische conversie naar brandstoffen en chemische bouwstenen en oprichten van pilots voor verdere opschaling. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TNO, ECN, Vito, Universiteit van Antwerpen, Universiteit van Exeter, TU Delft, Port of Rotterdam, SmartPort en Port of Antwerp.
- 48 SmartPort onderzoek: North Sea Energy Integration (2020-2021) richt zich op de ontwikkeling van energy hubs op zee en synergie tussen ontmanteling van de huidige olie- en gas- platformen. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TNO, SmartPort en 25 andere behoeftestellers.
- DOSTA (2020-2025) richt zich op het faciliteren van grote schaal offshore wind energie productie door ontwikkeling van offshore opslag en transport alternatieven. Hierbij wordt er ook gekeken naar wetgeving. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door Universiteit Groningen, Universiteit Utrecht, SmartPort, Ocean Graer, Siemens, Nogat, Noordgastransport, NeVER, Loyens & Loeff, NOGEPa, New Energy Coalition, TNO, TenneT en Vattenfall.

- 49 SmartPort onderzoek: HAPSISH (2017-2021) richt zich op de uitwisseling van energie tussen bedrijven en in een keten. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TU Delft, Port of Rotterdam en SmartPort. Flexi (2017-2021) richt zich op de energieflexibiliteit van industriële productieprocessen d.m.v. algoritme ontwikkelingen. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door TU Delft, Port of Rotterdam, Systems Navigator, Uniper en SmartPort.
- 50 SmartPort onderzoek: Gridmaster (2021) richt zich op het ontwikkelen van een nieuwe methode voor adequate, gedegen en bovenal toekomstbestendige investeringsbeslissingen op het gebied van energie-infrastructuur in de Rotterdamse haven. Dit project wordt uitgevoerd en ondersteund door een consortium van TenneT, Gasunie, Stedin, Provincie Zuid-Holland, Havenbedrijf Rotterdam, Gemeente Rotterdam, SmartPort, Siemens Nederland, TU Delft, Quintel Intelligence en TNO.
- 51 SmartPort onderzoek: Decommissioning Offshore Windparken (2019-2020) richt zich op de verkenning van de restmateriaalstromen van de ontmantelingsopgave en hoe de Rotterdamse haven deze opgave pragmatisch kan aanvlagen voor ecologische en economische winst. Dit project werd uitgevoerd en ondersteund door TNO, SmartPort, TU Delft, Innovation Quarter, Provincie Zuid-Holland, Port of Rotterdam en 13 andere partners.
- 52 SmartPort onderzoek: "Enhancing reliability-based assessments of quay walls", PhD thesis Alfred Roubos (2016-2019): benadering om de "bewezen sterkte" beter mee te nemen in beoordelingen in ontwerp en toetsing van kademuuren. Het onderzoek is uitgevoerd door de TU Delft.
- 53 SmartPort onderzoek: Nederlandse Praktijk Richtlijn Bewezen Sterkte van damwanden en kademuuren (2020-2022). Voortbordurend op het PhD-onderzoek van Alfred Roubos om de wetenschappelijke inzichten ook daadwerkelijk toe te kunnen passen in de praktijk. In samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam, Havenbedrijf Amsterdam, Rijkswaterstaat, North Sea Ports, Groningen Seaports, Port of Den Helder, Port of Moerdijk, Gemeente Rotterdam en Gemeente Amsterdam. Het onderzoek wordt uitgevoerd door de TNO en Deltares.
- 54 Roadmap schroefstralenonderzoek van Rijkswaterstaat en CROW (2019-2023) voor nieuwe ontwerprijtlijn voor bodembeschermingen. In samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam, North Sea Ports, Deltares, MARIN, DEME, Boskalis en BAM.
- 55 SmartPort onderzoek: "Quay wall of the future" (Witteveen+Bos, 2018), onderzoek naar de "bewezen" capaciteit van de EMO kade op basis van sensordata. SmartPort onderzoek: "Big data quay walls" (TNO, 2017). SmartPort onderzoek: Kennisprogramma IJkkade (Deltares, 2021).
- 56 SmartPort onderzoek: Onderzoeksprogramma IJkkade (2019-2020), waarin de onderzoeksvragen en ontwikkelingslijnen voor de kademuur van de toekomst zijn opgesteld. In samenwerking met Havenbedrijf Rotterdam, Witteveen + Bos, RoyalHaskoningDHV en TU Delft. Het onderzoek is uitgevoerd door Deltares.
- 57 SmartPort onderzoek: "Port Metatrends" (2018), impact van langetermijn trends op eisen voor bedrijvigheid, ruimtegebruik en maritieme infrastructuur in de haven van Rotterdam. Het onderzoek is uitgevoerd door de TU Delft.
- 58 PRISMA onderzoek door Deltares, Havenbedrijf van Rotterdam en Rijkswaterstaat (2019-2020).
- 59 SmartPort onderzoek: PhD Stefan Lovato (2017-2021) naar de bevaarbaarheid van slib. Het onderzoek wordt uitgevoerd door de TU Delft.
- 60 SmartPort onderzoek: Post-doc Alex Kirichek (2016-2018), onderzoek naar de rheologische eigenschappen van slib in relatie tot bevaarbaarheid. Het onderzoek is uitgevoerd door de TU Delft.
- 61 SmartPort onderzoek: Post-doc Xu Ma (2018-2021) en iPhD Menno Buijsman (2020-2022) naar het meten van de slibsterkte met akoestiek en glasvezel. Het onderzoek wordt uitgevoerd door de TU Delft.
- 62 SmartPort onderzoek: Covadem+ (2 onderzoeken) (2017 & 2018-2020). Onderzoek naar de kansen voor het combineren van dieptemetingen van o.a. binnenvaartschepen voor 24/7 dieptebepaling vaarwegen en havenbekkens. In dit onderzoek is samen met het Havenbedrijf Rotterdam vastgesteld dat de data zeer bruikbaar zijn voor de rivieren, maar dat o.m. getijde, temperatuur en zoutgehalte dicht bij de monding zorgt voor grote kalibratie uitdagingen. Het verbeteren van de kalibratie zal nog vragen om meer onderzoek. Het onderzoek is uitgevoerd door Deltares.



Colofon

© SmartPort
mei 2021

Ontwerp: IJzersterk.nu
Fotografie: Shutterstock

Alle opgenomen informatie is eigendom van SmartPort. Overnemen van inhoud, geheel of gedeeltelijk is toegestaan mits bronvermelding is toegepast.

Vrijwaring

SmartPort heeft de grootst mogelijke zorg besteed aan de samenstelling van dit document. Desondanks accepteert SmartPort geen aansprakelijkheid voor eventuele onjuistheden in de informatie, noch voor schade, overlast of ongemak dan wel andersoortige gevolgen die voortvloeien uit of samenhangen met het gebruik van deze informatie.



connecting
knowledge

HEEFT U VRAGEN?

SmartPort

info@smartport.nl

tel. 010 402 03 43