

# LOGISTIEK

TIJDSCHRIFT VOOR TOEGEPASTE LOGISTIEK



2024

NR18





# LOGISTIEK



**TIJDSCHRIFT VOOR TOEGEPASTE LOGISTIEK**

**DECEMBER 2024 – NR18**

Uitgave van de gezamenlijke KennisDC's  
Logistiek Nederland



Dit nummer is mede mogelijk gemaakt  
door Connekt



**Redactie**

Dennis Moeke, Reinder Pieters en Lianne Hendrix

**Vormgeving**

Parijs Ontwerp en communicatie

**Deze en vorige edities zijn te vinden op [www.kennisdclogistiek.nl](http://www.kennisdclogistiek.nl)**

# Inhoud

<b>Onze thema's</b>	<b>6</b>
<b>Voorwoord</b> Peter Heiden, Alexander de Vries, Dennis Moeke	<b>8</b>
<b>Integraal Capaciteitsmanagement in Nederlandse Ziekenhuizen</b> Henk-Jan Messchendorp, Stan Janssen, Dennis Moeke	<b>10</b>
<b>Logistics for Society</b> KennisAkkoord Logistiek	<b>30</b>
<b>Tien cruciale factoren voor succesvolle ketensamenwerking met een hub</b> Michiel Kamphuis, Jurriaan Janssen, Bram Kin	<b>42</b>
<b>Control tower aanpak voor verbetering van binnenstedelijke bouwlogistiek</b> Ruben Vrijhoef	<b>58</b>
<b>Cross chain collaboration and sustainable development</b> Ivo Randriamanantena	<b>76</b>
<b>Naar verduurzaming van de bruine zeilvloot: een TCO Analyse</b> Bob Castelein, Ron van Duin, Maaike Lycklama à Nijeholt	<b>96</b>

---

# Onze thema's

In het CoE KennisDC Logistiek werken onderzoek, onderwijs en het logistieke werkveld samen aan vier maatschappelijke vraagstukken waarin logistiek een belangrijke bijdrage kan leveren.

6



## Logistiek in de leefbare stad

Hoe kan logistiek bijdragen aan het leefbaar houden van stedelijke gebieden? Het verschonen van de stadslogistiek en het terugdringen van het aantal verkeersbewegingen spelen hierin een grote rol. Daarnaast is het noodzakelijk dat we rekening houden met de belangen van een divers palet aan stakeholders. In de Learning Community Logistiek in de Leefbare stad (Lils) worden bestaande en nieuwe initiatieven aan elkaar verbonden en verder uitgebouwd.



## Greening Corridors

Het verduurzamen van de logistieke corridors vormt een steeds grotere uitdaging. Binnen het thema Greening Corridors wordt onderzocht hoe we de economische- en verduurzamingsambities zo optimaal mogelijk kunnen combineren. De volgende vragen staan centraal. Hoe kunnen we de capaciteit van de infrastructuur en vervoermiddelen beter benutten? Hoe kunnen we daarbij slim gebruik maken van schone, veilige en autonome modaliteiten? Hoe kan de digitalisering van de onderliggende logistieke ketens worden versneld?

---





Voorwoord

# Voorwoord

In deze 18de editie van Logistiek+ richten we ons op de groeiende erkenning van logistiek als een veelzijdig vakgebied en kennisdomein, dat veel meer omvat dan enkel transport en opslag.

**Dagelijks Bestuur van het CoE KennisDC Logistiek,**

Peter Heiden, Alexander de Vries en Dennis Moeke



In deze 18de editie van Logistiek+ richten we ons op de groeiende erkenning van logistiek als een veelzijdig vakgebied en kennisdomein, dat veel meer omvat dan enkel transport en opslag. Het position paper van het CoE KennisDC Logistiek, 'Logistics for Society, onderstreept dat logistiek een cruciale rol speelt in het oplossen van grote maatschappelijke uitdagingen, zoals de energietransitie, circulaire economie en verstedelijking. Het artikel benadrukt hoe logistieke expertise onmisbaar is bij het herontwerpen van processen en systemen om deze complexe vraagstukken – vaak aangeduid als 'wicked problems' – aan te pakken.

Een van die 'wicked problems' is de toenemende druk op de leefbaarheid in steden. De toename van logistieke stromen in een steeds schaarser wordende ruimte stellen ons voor grote uitdagingen om steden duurzaam en toegankelijk te houden. We zijn daarom trots dat het RAAK Sprong-subsidievoorstel voor het opzetten van een krachtige, hbo- en regio overstijgende onderzoeksgroep op het gebied van 'Low Impact in Last-mile Logistics' (LILS) is gehonoreerd! Dit initiatief richt zich op het ontwikkelen van innovatieve oplossingen die bijdragen aan duurzamere stadslogistiek, en daarmee aan het versterken van de leefbaarheid in steden.

Deze visie van het CoE op Logistiek sluit naadloos aan bij het nieuwe Landelijke Opleidingsprofiel voor de hbo-opleidingen Logistics Management en Logistics Engineering, dat dit jaar is geïntroduceerd. Dit profiel weerspiegelt de brede reikwijdte van het vakgebied zoals gepresenteerd in het artikel, en erkent dat logistiek niet alleen gericht is op operationele procesoptimalisatie, maar ook een strategische en maatschappelijke dimensie heeft. Het opleidingsprofiel zet in op het creëren van toegevoegde waarde op meerdere vlakken: economisch, sociaal én ecologisch. Het stelt studenten in staat zich te ontwikkelen tot veelzijdige professionals. Zij leren logistieke processen te beheersen en in te zetten voor brede maatschappelijke impact.

De integrale benadering die het opleidingsprofiel voorstaat, vraagt om professionals die verder kijken dan de grenzen van sectoren en disciplines. Naast technische expertise ligt de nadruk op vaardigheden zoals interdisciplinaire samenwerking, data-analyse en duurzaamheid. Deze combinatie van kennis en vaardigheden bereidt studenten voor om met hun logistieke inzichten bij te dragen aan systeemveranderingen in uiteenlopende sectoren en maatschappelijke domeinen.

Deze 18de editie van Logistiek+ laat zien hoe veelzijdig en krachtig logistiek is als sector, vakgebied en kennisdomein. Laten we samen bouwen aan een toekomst waarin logistiek een drijvende kracht is achter duurzame en veerkrachtige maatschappelijke ontwikkelingen.



Logistiek in de zorg

# Integraal Capaciteitsmanagement in Nederlandse Ziekenhuizen

Een reflectie op de stand van zaken

10

**Henk-Jan Messchendorp**

Nederlands Zorg instituut (NZi)

**Stan Janssen en Dennis Moeke**

HAN University of Applied Sciences, Lectoraat Logistiek en Allianties

Zorgvuldig omgaan met de beschikbare capaciteit wordt voor Nederlandse ziekenhuizen steeds belangrijker, waarbij personele capaciteit op dit moment de belangrijkste is. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er, mede onder invloed van de COVID-pandemie, de afgelopen jaren steeds meer aandacht is gekomen voor Integraal Capaciteitsmanagement (ICM). In dit artikel wordt, vanuit een ziekenhuis-perspectief, een eerste aanzet gedaan om te komen tot breed gedragen definitie van en volwassenheidsmodel voor ICM. Daarnaast biedt het artikel, op basis van het ontwikkelde model, inzicht de huidige stand van zaken en ontwikkelpotentieel op het gebied van ICM binnen twaalf Nederlandse ziekenhuizen. Het doel van dit artikel is om een professionele dialoog te stimuleren over hoe we ICM gezamenlijk kunnen (door)ontwikkelen, waarbij 'leren van elkaar' centraal staat.

## Inleiding

Nederlandse ziekenhuizen staan voor een uitdagende, maar ook kansrijke periode. Hoewel de financiële marges krappere worden, de arbeidsmarkt onder druk staat en de zorgvraag toeneemt, biedt de toenemende aandacht voor capaciteitsmanagement nieuwe mogelijkheden om efficiënter en effectiever te werken. Ondanks de afnemende beschikbaarheid van zorgmedewerkers door de krapte op de arbeidsmarkt, verwachten patiënten en zorgverzekeraars snelle toegangstijden en kwalitatief hoogwaardige zorg. Deze verwachtingen zijn vertaald in het Integraal Zorgakkoord (VWS, 2022) waarin een kader wordt geschetst rond het thema passende zorg. Leidende principes van passende zorg zijn: het vindt plaats op de juiste plek, is waardegedreven (zie ook Porter, 2008), komt samen met en rondom de patiënt en richt zich op positieve gezondheid (zie ook Huber et al., 2011). Deze principes zijn ook te herkennen in de toekomstverkenning 2024 van het RIVM, waarin drie opgaven zijn geformuleerd: (1) hoe verbeteren we de gezondheid van alle Nederlanders in (2) een leefomgeving waarin deze verbetering ook mogelijk is, waarbij we (3) goede zorg en ondersteuning toegankelijk houden (RIVM, 2024).

De hiervoor geschetste situatie stimuleert ziekenhuizen om creatief en zorgvuldig om te gaan met de beschikbare resources, waarbij personele capaciteit op dit moment de belangrijkste is. Het is dan ook niet verwonderlijk dat er binnen Nederlandse ziekenhuizen de afgelopen jaren steeds meer aandacht is gekomen voor Integraal Capaciteitsmanagement (ICM). Deze ontwikkeling is door de ervaringen die tijdens covidcrisis zijn opgedaan in een extra stroomversnelling geraakt (Hertman et al., 2021; Okkerman et al., 2023).

Ondanks de groeiende aandacht voor Integraal Capaciteitsmanagement (ICM) bestaat er tot op geen algemeen geaccepteerde definitie in de literatuur. Voor het onderzoek dat in dit artikel wordt besproken, hebben we de volgende definitie gebruikt: *Integraal Capaciteitsmanagement is het plannen en beheersen van de inzet van mensen en middelen gericht op het leveren van passende zorg voor de patiënt, op de juiste plek op een zo efficiënt mogelijke manier door samenhang in de besluitvorming en uitvoering op alle niveaus in de zorgketen*<sup>1</sup>. Met de bovenstaande definitie als vertrekpunt zullen in dit artikel:

1. Een eerste aanzet worden gegeven voor een ICM-volwassenheidsmodel, waarmee inzicht kan worden verschaft in (1) het (relatieve) ontwikkelingsniveau van Nederlandse ziekenhuizen op het gebied van ICM en (2) de mogelijkheden tot verbetering.
2. De belangrijkste uitkomsten van een praktijkstudie worden gedeeld, waarbij het model is toegepast op twaalf Nederlandse ziekenhuizen.

Een volwassenheidsmodel beschrijft een verwacht, gewenst of logisch evolutiepad voor een specifiek onderwerp of thema (Pöppelbuß & Röglinger, 2011). In deze context wordt volwassenheid gedefinieerd als 'de staat van perfectie, volledigheid en gereedheid' (Reis et al., 2017). Volgens Fraser et al. (2002) hebben alle volwassenheidsmodellen gemeen dat ze de volwassenheid van een object in verschillende stadia beschrijven. In de meeste gevallen betreft dit object een organisatie of proces.

12

Uit verschillende studies blijkt dat een volwassenheidsmodel een waardevol instrument kan zijn voor het op een systematische wijze continu verbeteren van organisaties. Het kan ondersteuning bieden bij: (1) het evalueren en vergelijken van de huidige situatie, (2) het vertalen van deze evaluatie naar geprioriteerde verbeteracties, en (3) het creëren van een gemeenschappelijke taal rondom het betreffende onderwerp of thema (Becker et al., 2009; Hein & Back, 2011; de Soria, 2008). Kortom, een volwassenheidsmodel biedt organisaties handvatten om zich stapsgewijs te ontwikkelen naar een gewenst niveau van volwassenheid (Cubo et al., 2023; Marx et al., 2012).

Ook voor de gezondheidszorg zijn in de afgelopen jaren diverse volwassenheidsmodellen ontwikkeld (zie bijv. Vergas et al., 2023; Terhan et al., 2020). De meeste van deze modellen richten zich op thema's zoals digitalisering, ICT en datagedreven werken. Voor zover wij weten, zijn er geen publicaties in de literatuur beschikbaar waarin een volwassenheidsmodel voor Integraal Capaciteitsmanagement (ICM) wordt beschreven. Deze lacune in de bestaande literatuur vormde de aanleiding voor de studie waarvan de achtergrond en resultaten in dit artikel worden besproken.

---

<sup>1</sup> In dit artikel wordt er vanuit een ziekenhuisperspectief gekeken naar het concept ICM.

**Het doel van deze bijdrage is om een professionele dialoog te stimuleren over hoe we ICM gezamenlijk kunnen (door)ontwikkelen, waarbij 'leren van elkaar' centraal staat.**

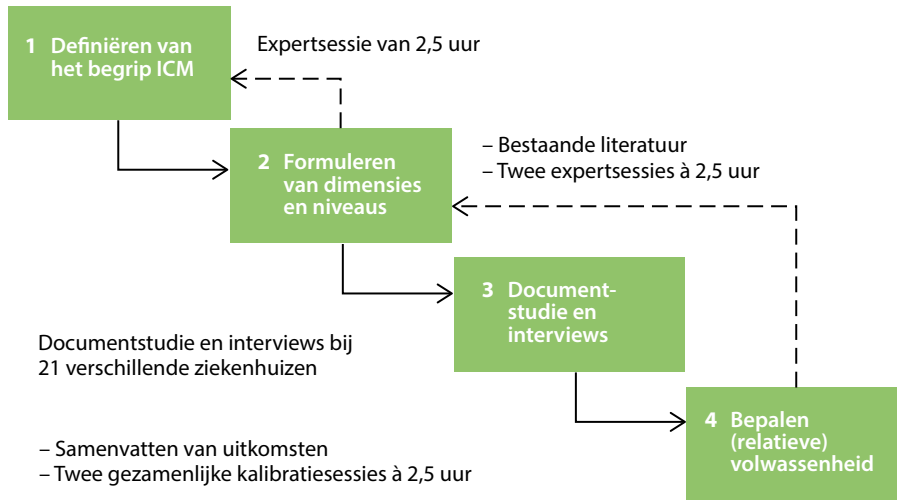
De opbouw van dit artikel is als volgt: in de volgende paragraaf wordt de aanpak van de onderliggende studie toegelicht. In paragraaf 3 volgt een beknopt overzicht van de theoretische achtergrond, die de basis vormde voor het ontwikkelde volwassenheidsmodel en de praktijkstudie. In paragraaf 4 worden de resultaten van de studie gepresenteerd, namelijk (1) het ontwikkelde ICM-volwassenheidsmodel en (2) de bevindingen van de praktijkstudie. Het artikel wordt afgesloten met een kritische reflectie en aanbevelingen voor toekomstig onderzoek en beleid.

### Aanpak

Om tot een volwassenheidsmodel te komen, is allereerst een definitie van Integraal Capaciteitsmanagement (ICM) opgesteld (zie paragraaf 1). Hiertoe is gebruikgemaakt van een expertsessie. Op basis van deze definitie is vervolgens de stap gemaakt richting het formuleren van de dimensies en de onderliggende niveaus van het volwassenheidsmodel. Ten aanzien van formuleren van de onderliggende niveaus is een eerste stap gezet, door voor iedere dimensie een omschrijving te geven van het 'hoogste' niveau van volwassenheid. Voor deze tweede stap is gebruik gemaakt van bestaande literatuur (zie paragraaf 3) en zijn een tweetal expertsessies gehouden. Het expertteam bestond uit vijf personen die over zowel wetenschappelijke als praktische kennis, op het gebied van ICM, beschikken.

Tot slot is een praktijkstudie uitgevoerd waarin het ontwikkelde model is toegepast op een twaalftal Nederlandse ziekenhuizen. Daarvoor is gebruik gemaakt van een documentstudie en interviews. Een overzicht van de achtergrond van de geïnterviewden is te vinden in Bijlage A. De interviews zijn getranscribeerd, door de geïnterviewden gevalideerd, en vervolgens samengevat. Deze samenvattingen zijn gedeeld met de leden van het expertteam en besproken tijdens twee kalibratiesessies. Het doel van deze praktijkstudie was tweeledig: (1) inzicht verschaffen in de stand van zaken op het gebied van ICM in Nederlandse ziekenhuizen en (2) testen van de eerste versie van het ICM-volwassenheidsmodel.

Figuur 1 geeft een overzicht van de gehanteerde stappen. De stippellijntjes in het figuur weerspiegelen het iteratieve karakter van het doorlopen proces.



**Figuur 1** Overzicht van de gehanteerde stappen.

## Theoretische achtergrond

Capaciteitsmanagement in een ziekenhuiscontext kan in essentie worden omschreven als: het proces waarbij de inzet van capaciteit—zoals mensen, middelen en faciliteiten—wordt afgestemd op de (verwachte) vraag naar zorg (gebaseerd op Ritchie & Walley, 2015). In een ziekenhuissetting is dit een complexe uitdaging vanwege: (1) gebrek aan samenwerking en afstemming, (2) de aanwezigheid van meerdere belanghebbenden, (3) variabiliteit in de zorgvraag, en (4) de snel veranderende omgeving waarin ziekenhuizen opereren.

1. Om suboptimalisatie te voorkomen, is het belangrijk om afstemming te waarborgen vanuit zowel een verticaal als horizontaal perspectief en tussen verschillende managementdomeinen. In dit kader verwijst verticaal naar de afstemming tussen strategisch, tactisch en operationeel niveau. Vanuit een horizontaal perspectief ligt de focus op de optimalisatie van de doorstroom van patiënten binnen de gehele zorg- en welzijnketen. Bij zowel de verticale als horizontale afstemming moeten de ambities en doelstellingen van andere managementdomeinen, zoals zorg, financiën en personeelszaken, worden meegenomen in de besluitvorming (zie bv. Hans, Van Houdenhoven, & Hulshof, 2011). Wat deze afstemming in een ziekenhuis extra complex maakt, is de aanwezigheid van een professionele bureaucratie (Mintzberg, 1980). Dit betekent dat zowel het management als de zorgprofessionals eigen verantwoordelijkheden, doelstellingen en rollen hebben, zonder duidelijke formele gezagsverhoudingen.

2. Zorg speelt zich af binnen de belangentriehoek zorggebruiker, zorgprofessional en organisatie (Moeke & Bekker, 2020). Dus naast het perspectief van de zorggebruiker dient er ook rekening te worden gehouden met de voorkeuren en wensen van de zorgprofessionals en de organisatorische kaders en uitgangspunten (oftewel het management perspectief). Daarbij is het van belang om te benoemen dat de zorggebruiker een bijzondere stakeholder is. Een zorggebruiker in een ziekenhuiscontext is namelijk per definitie (in meerdere of mindere mate) zowel een patiënt, een persoon, als een klant (Moeke, Andel & Weijers, 2018). Immers, een zorggebruiker is altijd in zekere mate afhankelijk van de kennis en expertise van de zorgprofessional; de zorggebruiker is de patiënt. Daarnaast is een zorggebruiker ook een individu met, in de meeste gevallen, specifieke wensen en behoeften en het vermogen om actief te participeren in het zorgproces; de zorggebruiker is naast patiënt ook een persoon. Tot slot is een zorggebruiker ook een betalende klant die een product of dienst 'afneemt'.
3. De doorlopende afstemming tussen de zorgvraag van duizenden patiënten, zorgprofessionals en beschikbare middelen (zoals ruimte en medische hulpmiddelen) creëert een complexe puzzel. Wat deze puzzel extra uitdagend maakt, is dat er rekening moet worden gehouden met de veranderlijkheid, oftewel variabiliteit, in het zorgproces. Litvak & Long (2000) onderscheiden in dat kader twee typen variabiliteit: natuurlijke en kunstmatige.

Natuurlijke variabiliteit ontstaat door fluctuaties die inherent zijn aan het systeem. Een voorbeeld hiervan is de toename van de vraag op de spoedeisende hulp wanneer het door ijzel glad is op de weg. Dit type variabiliteit is in principe onvermijdelijk; je kunt er alleen zo goed mogelijk op anticiperen. Kunstmatige variabiliteit, daarentegen, ontstaat door de manier waarop het zorgproces is ingericht en de onderliggende activiteiten zijn georganiseerd. Zo wordt de instroom van patiënten die een heupoperatie moeten ondergaan, sterk beïnvloed door de openingstijden van de polikliniek en de beschikbaarheid van de functieafdeling en de operatiekamers. Ook vakanties en pauzes van zorgprofessionals kunnen kunstmatige fluctuaties veroorzaken. Voor de effectiviteit en efficiëntie van het zorgsysteem is het vaak wenselijk om de kunstmatige variabiliteit zoveel mogelijk te reduceren.

In sommige gevallen is de variabiliteit in de zorgvraag (deels) voorspelbaar. Door het analyseren van historische vraagdata kunnen bijvoorbeeld vaak patronen en trends in de zorgvraag worden geïdentificeerd. Hier kan vervolgens in de planning rekening mee worden gehouden. Daarnaast is het zo dat de vraag naar acute zorg zich veelal stochastisch gedraagt en kan worden gekwantificeerd in de vorm van een theoretische kansverdeling (zie bijv. Van Eeden et al., 2016). Dus ondanks dat de acute zorgvraag op individueel niveau niet voorspelbaar is kan de variabiliteit in de totale zorgvraag in veel gevallen wel worden gekwantificeerd. De mate van variabiliteit in de vraag, en daarmee

de planbaarheid, wordt beïnvloed door schaalgrootte (zie bv. Clapper et al., 2024; Laheij et al., 2019; Moeke et al., 2016; Rietsjens et al., 2021). Grofweg kan gesteld worden: hoe groter de schaal hoe kleiner de variabiliteit. Wel is het zo dit type schaalvoordeel afneemt naarmate onderliggende 'het systeem' groeit.

4. Ziekenhuizen opereren in een snel veranderende omgeving. Denk bijvoorbeeld aan veranderingen in landelijk beleid, technologische innovaties, nieuwe behandelmethodes, veranderende medische protocollen of de uitbraak van een pandemie. Dit vraagt om adaptief vermogen van zowel zorgprofessionals als de organisatie zelf, waarbij adaptief vermogen kan worden gedefinieerd als het vermogen van een individu of organisatie om zich aan te passen aan veranderende omstandigheden (gebaseerd op Hesketh & Neal, 1999). De noodzakelijk hiervan is bijvoorbeeld tijdens de COVID-pandemie extreem zichtbaar geworden (Hertman et al., 2021; Okkerman et al., 2023).

De vijf dimensies van het volwassenheidsmodel, zoals gepresenteerd in paragraaf 4, zijn gebaseerd op het Integraal Logistiek Concept (ILC) (Visser & Van Goor, 2004). Dit concept biedt handvatten voor het ontwikkelen van een integrale visie op de inrichting en besturing van de logistieke functie binnen een organisatie en bestaat uit vijf onderling samenhangende aandachtsgebieden (zie tabel 1.). Vanuit een conceptueel perspectief vormt capaciteitsplanning een belangrijk en integraal onderdeel van patiëntenlogistiek (PL), waarbij PL is gedefinieerd als: *Het vakgebied dat zich bezighoudt met het leveren van de juiste zorg, op het juiste moment, op de juiste plaats, door de juiste persoon, waarbij het 'juiste' is gebaseerd op een afweging tussen de behoeften en voorkeuren van de (individuele) patiënt, de professionele verantwoordelijkheid van zorgprofessionals en efficiënt gebruik van de beschikbare middelen (tijd, geld en capaciteit).* (Gebaseerd op Moeke, 2016). De aandachtsgebieden zoals gepresenteerd in tabel 1 vormen daarmee een logisch vertrekpunt voor de ontwikkeling van een ICM-volwassenheidsmodel.

**Tabel 1** Aandachtsgebieden ILC

Aandachtsgebieden ILC	Omschrijving
<b>Doelen</b>	Richtinggevend en kaderstellend voor aandachtsgebieden 2, 3, 4 en 5.
<b>Grondvorm</b>	(Fysieke) inrichting van het primaire proces
<b>Besturing</b>	Planning en beheersing van de activiteiten binnen het primaire proces
<b>Informatie</b>	Informatievoorziening ter ondersteuning van de planning en beheersing
<b>Personele organisatie</b>	Positionering binnen de organisatie en verdeling van taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden



## Resultaten

In deze paragraaf worden de belangrijkste resultaten van het onderzoek gepresenteerd, te weten: een definitie van het begrip Integraal Capaciteitsmanagement, een eerste aanzet voor een ICM-volwassenheidsmodel en de resultaten van de praktijkstudie.

### Een definitie van Integraal Capaciteitsmanagement

De eerste fase van het onderzoek (zie figuur 1) heeft geresulteerd in een definitie van Integraal Capaciteitsmanagement (ICM) zoals ook gepresenteerd in paragraaf 1:

*Integraal Capaciteitsmanagement is het plannen en beheersen van de inzet van mensen en middelen gericht op het leveren van passende zorg voor de patiënt, op de juiste plek op een zo efficiënt mogelijke manier door samenhang in de besluitvorming en uitvoering op alle niveaus in de zorgketen<sup>2</sup>. Deze definitie vormt de basis van het ontwikkelde volwassenheidsmodel. In tabel 2 wordt een omschrijving gegeven van de kernbegrippen uit deze definitie.*

**Tabel 2** Omschrijving van kernbegrippen definitie ICM

Kernbegrip	Omschrijving
<b>Planning en beheersing</b>	Planning is het proces van vaststellen van doelen en deze vertalen naar actieplannen. Beheersing is het proces van meten, analyseren en bijsturen op de voorgenomen doelstellingen.
<b>Middelen</b>	Alle benodigde ruimten, apparatuur, hulpmiddelen en systemen die noodzakelijk zijn om de gewenste zorg te kunnen leveren.
<b>Samenhang</b>	Het integraal afstemmen van activiteiten, zowel verticaal, horizontaal als met de managementdomeinen personeelszaken en financiën.
<b>Passende zorg</b>	Zorg op de juiste plek met toegevoegde waarde voor de patiënt en aandacht voor werkplezier van zorgprofessionals.
<b>Efficiëntie</b>	Doelmatig, met zo een zo beperkt mogelijke inzet van mens en middelen (kosten) de gewenste zorg leveren.
<b>Zorgketen</b>	Een aaneenschakeling van onderling afhankelijke zorg- en ondersteuningsactiviteiten voor een bepaalde doelgroep of behandeling, binnen de zorgorganisatie of over verschillende zorgorganisaties heen.

<sup>2</sup> In dit artikel wordt er vanuit een ziekenhuisperspectief gekeken naar het concept ICM.

### Het ICM-volwassenheidsmodel

Op basis van de definitie en de bovengemelde kernbegrippen is een stap gezet richting de ontwikkeling van een ICM-volwassenheidsmodel. Dit model vormde het vertrekpunt voor de praktijkstudie met als doel om inzicht te krijgen in de stand van zaken wat betreft ICM in Nederlandse ziekenhuizen. Het bood bovendien de mogelijkheid om het ontwikkelde model te testen in te praktijk. Het ontwikkelde ICM-volwassenheidsmodel kent vijf dimensies, die in tabel 3 worden toegelicht. Per dimensie wordt, naast de centrale vraag, ook een omschrijving gegeven van het 'hoogste' niveau van volwassenheid. Tabel 3 is tot stand gekomen op basis van een tweetal expertsessies met de theoretische achtergrond, zoals beschreven in paragraaf 3, als gezamenlijk vertrekpunt.

**Tabel 3** Dimensies ICM-volwassenheidsmodel (\*Omschrijving hoogste niveau van volwassenheid)

Dimensie	Omschrijving
<b>1. Visie &amp; Ambitie</b>	<p>In hoeverre bestaat er een gezamenlijk gedragen toekomstbeeld van de organisatie in relatie tot ICM en is dit vertaald in richtinggevende uitgangspunten en/ of doelen?</p> <hr/> <p>Hoogste niveau van volwassenheid:            Er is sprake van een gezamenlijk gedragen visie op ICM, met aandacht voor:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Passende zorg</li> <li>• Duurzame inzetbaarheid</li> <li>• Het zorgketenperspectief</li> </ul> <p>Deze visie op ICM is tot stand gekomen in afstemming met zowel interne stakeholders als ketenpartners en wordt ondersteund door richtinggevende uitgangspunten en/ of doelen.</p>
<b>2. Plannen &amp; Beheersen</b>	<p>In hoeverre worden ICM-gerelateerde beslissingen op een weloverwogen en geïnformeerde genomen en vertaald naar concrete actieplannen? En in hoeverre is dit geborgd in een control cyclus?</p> <hr/> <p>Hoogste niveau van volwassenheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De visie en ambities zijn vertaald naar heldere en consistente kaders, KPI's en plannen voor ICM zowel op strategisch, tactisch als operationeel niveau, waarbij de patiëntreis vanuit een ketenperspectief centraal staat.</li> <li>• Er is een heldere overlegstructuur ter ondersteuning van ICM zowel op strategisch, tactisch als operationeel niveau en tussen alle schakels in de zorgketen.</li> <li>• De betrokken stakeholders voelen zich daarbij in voldoende mate vertegenwoordigd.</li> <li>• De ICM-overlegstructuur is verankerd in heldere en onderling samenhangende PDCA-cyclus.</li> <li>• Overleggen, beslissingen en plannen worden op een efficiënte en adequate wijze ondersteund door real-time informatie en data-gedreven voorspellingen en adviezen.</li> <li>• De ICM-activiteiten worden doorlopend afgestemd op de goederenlogistiek en de financiële planning en beheersing.</li> </ul>

<p><b>3. Procesinrichting</b></p>	<p>In hoeverre is de totale patiëntreis en zijn de ICM-gerelateerde ondersteunende processen gestandaardiseerd en geoptimaliseerd?</p> <hr/> <p>Hoogste niveau van volwassenheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De 'reis van de patiënt' is vanuit een ketenperspectief optimaal ingericht en gestroomlijnd, waarbij:</li> <li>• Verspillingen en kunstmatige fluctuaties zijn geminimaliseerd.</li> <li>• Schaalvoordelen optimaal worden benut.</li> <li>• Reagerend vermogen is georganiseerd om natuurlijke variabiliteit in het zorgproces op te kunnen vangen.</li> <li>• Adaptief vermogen is georganiseerd, waardoor de medewerkers en de organisatie in staat zijn om zichzelf op een efficiënte en effectieve wijze aan te passen aan veranderende omstandigheden.</li> </ul> <p>De werkprocessen rondom ICM zijn helder beschreven, gecommuniceerd en zijn up-to-date.</p>
<p><b>4. Data &amp; IT</b></p>	<p>In hoeverre is de benodigde data ter ondersteuning van ICM voldoende snel beschikbaar en van goede kwaliteit? En in hoeverre zijn de IT-systemen en -architectuur faciliterend aan ICM?</p> <hr/> <p>Hoogste niveau van volwassenheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ICM-beslissingen worden ondersteund d.m.v. state-of-the-art en volledig geïntegreerde (en veilige) set aan digitale applicaties.</li> <li>• Benodigde ICM-gerelateerde data zijn real-time beschikbaar.</li> <li>• De gebruikte IT-systemen zijn eenvoudig uit te breiden en te koppelen met nieuwe applicaties (oftewel flexibel).</li> </ul>
<p><b>5. Mens &amp; Organisatie</b></p>	<p>In hoeverre is er aandacht voor leren en ontwikkelen op het gebied van ICM? En in hoeverre is de positie van ICM duurzaam geborgd in de bestaande organisatiestructuur?</p> <hr/> <p>Hoogste niveau van volwassenheid:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle medewerkers die met zorg of planning te maken hebben (zorgmedewerkers, ICM-personeel, management, P&amp;O, financiën) worden doorlopend geschoold en bijgeschoold op gebied van ICM passend bij zijn/haar functie.</li> <li>• Dit is verankerd in het scholingsbeleid.</li> <li>• Taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden op het gebied van ICM zijn op een logische, transparante en consistente wijze verdeeld en vastgelegd.</li> </ul>

### Inzichten uit de praktijk

De dimensies, zoals gedefinieerd in paragraaf 4.2, vormde het vertrekpunt voor een praktijkstudie, waarbij het model is toegepast op twaalf Nederlandse ziekenhuizen. Tabel 4 toont een samenvatting van de bevindingen. In de tabel wordt per dimensies voor elk aspect aangeven in hoeveel van de ziekenhuizen er wel of niet (op voldoende adequate wijze) aandacht aan wordt besteed.

**Tabel 4** Overzicht bevindingen praktijkstudie (n=12)

Dimensie	Praktijkbevindingen		
	Aspecten	Wel	Niet
<b>1. Visie &amp; Ambitie</b>	Visie vertaald naar heldere ICM-ambities/ doelen met aandacht voor:		
	Ketenperspectief	5	7
	Passende zorg	4	8
	Duurzame inzetbaarheid	3	9
	Tot stand gekomen op basis van samenwerking/ afstemming met interne stakeholders <b>en</b> ketenpartners	1	11
<b>2. Plannen &amp; Beheersen</b>	Vertaling van visie en ambities naar heldere consistente kaders (in de vorm van KPI's) op verschillende niveaus in de organisatie.	3	9
	Transparante en consistente ICM-overlegstructuur (op zowel strategisch, tactisch als operationeel niveau).	6	6
	ICM-overlegstructuur gekoppeld aan een heldere en samenhangende PDCA-cyclus.	3	9
	De PDCA-cyclus wordt ondersteund door real-time informatie en datagedreven voorspellingen en adviezen.	6	6
	Doorlopende afstemming met andere domeinen (waaronder financiën en goederenlogistiek).	2	10
<b>3. Procesinrichting</b>	De 'reis van de patiënt' is vanuit een ketenperspectief optimaal ingericht en gestroomlijnd, waarbij:		
	Verspillingen en kunstmatige fluctuaties zijn geminimaliseerd.	3	9
	Schaalvoordelen optimaal worden benut.	2	10
	Reagerend vermogen is georganiseerd	1	11
	Adaptief vermogen is georganiseerd	Niet aan bod gekomen	
	De werkprocessen rondom ICM zijn helder beschreven, gecommuniceerd en zijn up-to-date.	6	6
<b>4. Data &amp; IT</b>	ICM-beslissingen worden ondersteund d.m.v. state-of-the-art en volledig geïntegreerde (en veilige) set aan digitale applicaties.	1	11
	Benodigde ICM-gerelateerde data zijn real-time beschikbaar.	3	9
	De gebruikte IT-systemen zijn eenvoudig uit te breiden en te koppelen met nieuwe applicaties.	4	8

<b>5. Mens &amp; Organisatie</b>	Alle medewerkers die met zorg of planning te maken hebben worden doorlopend geschoold en bijgeschoold op gebied van ICM passend bij zijn/haar functie. Dit is verankerd in het scholingsbeleid.	1	11
	Taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden op het gebied van ICM zijn op een logische, transparante en consistente wijze verdeeld en vastgelegd.	5	7

De resultaten van de interviews en analyse van verschillende beleidsstukken laten zien dat capaciteitsmanagement zich tijdens de COVID-periode sterk heeft ontwikkeld. Vooral het dagelijks bijsturen in de kliniek en op de OK, heeft onder invloed van de COVID-crisis een vlucht genomen. Het ontwikkelpotentieel ligt in de meeste ziekenhuizen bij de poliklinische afdelingen, de medische beeldvorming en de functieafdelingen. Vooral op de poliklinische afdelingen zie je dat ziekenhuizen in de startblokken staan óf een begin hebben gemaakt met het verbeteren van de capaciteitsplanning. Daarnaast groeit de wens voor een betere afstemming tussen de capaciteits- en de personeelsplanning (inclusief de inzet van medisch specialisten).

De geïnterviewden benadrukten allen het belang van een heldere ICM-overlegstructuur. Uit de interviews blijkt dat alle ziekenhuizen, mede door COVID, operationele planningsoverleggen (OPO) hebben ingericht. Voorbeelden hiervan zijn het beddenoverleg voor de kliniek en het OPO voor de OK. Een aantal ziekenhuizen heeft ook tactische en strategische planning overleggen (TPO, SPO) ingericht. De overleggen kunnen breed ingestoken zijn, bijv. een TPO voor het hele ziekenhuis, of smaller bijv. een TPO voor alleen de kliniek. Bij ziekenhuizen die nog geen tactische en/of strategische overleggen hebben ingericht is dit wel een aandachtspunt en in ontwikkeling. De frequentie en samenstelling de overleggen en de verdeling van taken, bevoegdheden en verantwoordelijkheden verschillen per ziekenhuis. Bijvoorbeeld een dagelijks of tweemaal daags beddenoverleg, een TPO eens in de twee weken of eens in de zes weken, wel of geen betrokkenheid van management en ICM-adviseurs of planbureau bij de overleggen. Beslissingen vanuit de domeinen ICM en financiën worden in slechts een aantal gevallen op een integrale wijze genomen.

Alle ziekenhuizen hebben een afdeling die zich (volledig of deels) richt op de optimalisatie van processen en het inrichten van zorgpaden. Afdeling kwaliteit is het vaakst genoemd als afdeling die zich hierop richt. Het is echter opvallend dat er binnen geen één van de betrokken ziekenhuizen een structurele link bestaat tussen de afdeling ICM en procesoptimalisatie. De input is op dit vlak dan ook beperkt gebleven tot een aantal voorbeelden.

In alle deelnemende ziekenhuizen zijn capaciteitsmanagers of adviseurs actief bezig met het creëren van inzicht in beschikbare capaciteiten en de optimale benutting ervan. Alle

geïnterviewden gaven aan dat 'datagedreven werken' een essentieel onderdeel is van ICM. Het biedt ondersteuning bij het inzichtelijk maken van huidige en verwachte situatie. Op basis van dit inzicht kan het juiste gesprek gevoerd worden met de verschillende belanghebbenden en kunnen uiteindelijk goed onderbouwde beslissingen worden genomen. Het hebben van management dashboards wordt genoemd als een belangrijk aandachtspunt in het kader van ICM. Ter ondersteuning van ICM-overleggen worden dashboards of Excel overzichten gebruikt die of zelf zijn ontwikkeld of worden afgenomen bij een leverancier. De mate waarin echt wordt gestuurd wordt op basis van data is verschillend en afhankelijk van in hoeverre een ziekenhuis ICM heeft doorgevoerd. De meeste van de betrokken ziekenhuizen werken met (management) dashboards, maar de stap richting het op een systematische wijze sturen op basis van deze data moet in de meeste gevallen nog worden gemaakt.

22

De meeste ziekenhuizen gebruiken HIX als EPD en hebben Ortec voor HR-ondersteuning. Specifieke ICM-leveranciers die worden genoemd zijn Performance Hotflo en Rythm. Hierin verschilt het per ziekenhuis of er beperkt of volledig gebruik van wordt gemaakt. Steeds meer ziekenhuizen zijn ook zelf aan het bouwen en hopen uiteindelijk geen externe leveranciers nodig te hebben voor ICM-stuurinformatie. De 'samenwerking' tussen systemen is een aandachtspunt, niet alle applicatie zijn even flexibel als het gaat om koppelingen. Onder andere om deze reden wordt er nog veelvuldig gebruik gemaakt van Excel, wat als een gebruiksvriendelijk en snel alternatief wordt gezien. Vooral de koppeling tussen en met HR-systemen (inzet van medewerkers) mist. Geen van de ziekenhuizen heeft deze koppelingen tot op heden (op een adequate wijze) kunnen realiseren, maar in elk van de ziekenhuizen is het wel een nadrukkelijke wens.

Kenmerkend is dat de afdeling ICM o.a. door COVID haar interne positie heeft verstevigd en dat er hiermee een belangrijke stap in de volwassenheid van ICM is gezet. De toenemende volwassenheid van ICM zien we ook terug in de samenwerking tussen planning & control (P&C). Waar eerder de begroting door P&C alleen werd opgesteld en begeleid zien we steeds meer samenwerking met de ICM-afdeling. Een intensievere samenwerking tussen en ICM en P&C resulteert in de praktijk in (financieel) realistischere capaciteitsbegrotingen en -plannen.

Er is niet of nauwelijks beleid wat betreft het opleiden van medewerkers in integraal capaciteitsmanagement. Wel zijn er trainingen op verzoek of bij de start van een nieuwe ICM-overlegstructuur. Doordat de afdeling ICM in veel ziekenhuizen niet groter is dan vier medewerkers geeft het ook een beperkte mate van implementatiekracht en moeten er prioriteiten worden gesteld in activiteiten. Het team van ICM is veelal onder de Raad van Bestuur gepositioneerd of valt onder een bedrijfskundig manager. ICM-adviseurs hebben allemaal van oorsprong een adviserende rol. In de ziekenhuizen die langer met ICM bezig

zijn zien we dat de ICM-adviseur steeds meer een sturende rol krijgt in de besluitvorming. Adviezen vanuit ICM worden grotendeels overgenomen.

Er zit verschil tussen de ziekenhuizen in de mate waarin personeel centraal, decentraal of een combinatie daarvan wordt gepland. Er lijkt een ontwikkeling gaande van decentraal naar centraal plannen. Daarnaast worden steeds vaker de personeelsplanners onder één afdeling samengebracht om nog beter het personeel af te kunnen stemmen op de vraag naar zorg. Dit vraagt om een uniform personeelsbeleid en werkwijze. Ziekenhuizen zijn hierin nog beperkt volwassen. Bredere uitwisseling van personeel tussen poliklinieken is een onderwerp wat meermaals terugkwam in de gesprekken.

### Conclusie en reflectie

In dit artikel wordt een eerste aanzet gedaan om te komen tot breed gedragen definitie van en volwassenheidsmodel voor Integraal Capaciteitsmanagement (ICM) vanuit een ziekenhuisperspectief. Daarnaast biedt het artikel, op basis van het ontwikkelde model, inzicht de huidige stand van zaken en ontwikkelpotentieel op het gebied van ICM binnen twaalf Nederlandse ziekenhuizen. Het doel van dit artikel is om een professionele dialoog te stimuleren over hoe we ICM gezamenlijk kunnen (door)ontwikkelen, waarbij 'leren van elkaar' centraal staat.

23

Wat betreft de huidige stand van zaken en het ontwikkelpotentieel kan worden geconcludeerd dat de ontwikkeling van integraal capaciteitsmanagement (ICM) in ziekenhuizen tijdens en na de COVID-crisis een kantelpunt kent. Capaciteitsmanagement is aanzienlijk verbeterd, vooral op dagelijkse operationele niveaus zoals klinieken en operatiekamers (OK's). Veel ziekenhuizen zijn echter nog in de beginfase van capaciteitsplanning op poliklinische afdelingen en in de afstemming van personeel en medische specialisten.

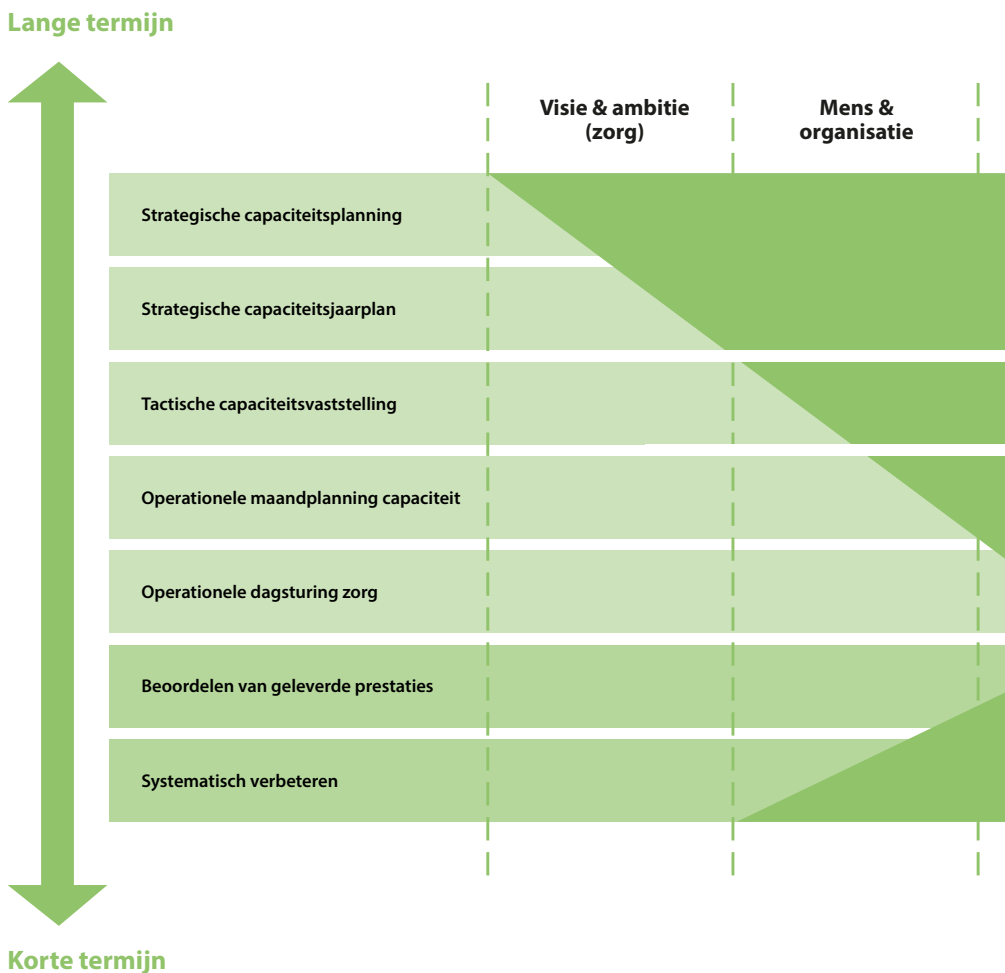
Het COVID-tijdperk heeft de noodzaak benadrukt van gestructureerde overlegssystemen zoals operationele en tactische planningsvergaderingen. Ondanks deze verbeteringen is er vaak een gebrek aan integrale besluitvorming tussen afdelingen, zoals financiën en ICM. Er zijn ook uitdagingen met het koppelen van systemen, waardoor Excel vaak als oplossing wordt gebruikt.

Ziekenhuizen erkennen het belang van datagedreven werken, maar de stap naar volledig systematische besluitvorming op basis van dashboards en data moet nog gezet worden.

Daarnaast zijn er tekorten in opleiding en een beperkte implementatiekracht vanwege het feit dat verschillend ICM afdelingen, binnen dit relatief jong vakgebied, nog in opbouw zijn.

ICM heeft dankzij COVID zeker aan volwassenheid gewonnen, vooral in de samenwerking met planning & control. Toch blijft er ruimte voor verbetering, zoals in het centraliseren van personeelsplanning en het ontwikkelen van een uniform beleid en werkwijze.

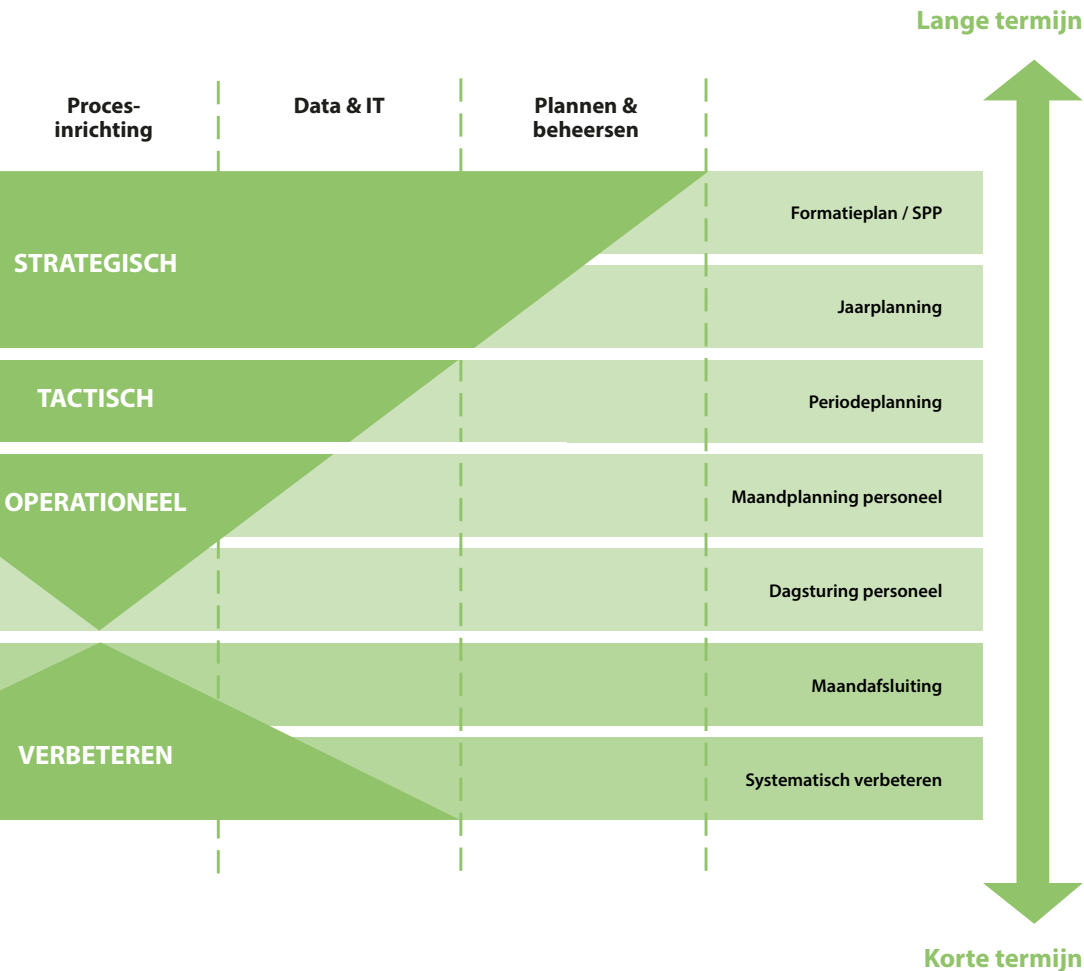
De praktijkstudie laat zien dat het ontwikkelde volwassenheidsmodel voldoende handvatten biedt om inzicht te krijgen in de stand van zaken en ontwikkelpotentieel binnen ziekenhuizen op het gebied van ICM. Een volgende stap in de doorontwikkeling is het verder verfijnen van de onderliggende aspecten en de vertaling ervan naar verschillende niveaus van volwassenheid.



**Figuur 2** Werkschema ICM



Naast het doorontwikkelen van het ICM-volwassenheidsmodel, is het ons inziens ook waardevol om een vertaalslag te maken richting een 'werkschema' ter ondersteuning van de verdere concretisering van de ICM in ziekenhuizen. Figuur 2 (Messchendorp, NZi, 2024) toont een eerste aanzet hiertoe. Links en recht van de as staan de stappen in het capaciteits- en het personeelsplanningsproces. Op de horizontale as staan de elementen uit het ICM-volwassenenmodel. Het middendeel biedt grofmazig inzicht in de relatie tussen de processtappen en de governance structuur.



## Dankwoord

Dit onderzoek is uitgevoerd in samenwerking met HAN University of Applied Sciences, Q-Consult, en NZi en mede mogelijk gemaakt door de Stichting Arbeidsmarkt Ziekenhuizen, (StAZ) het Sociaal Fonds voor de Kennissector (SoFoKleS) en het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW).

## Literatuur

<https://www.nvz-ziekenhuizen.nl/actualiteit-en-opinie/nvz-regionale-dialogo-en-samenwerking-essentieel-voor-toekomst-van-de-zorg#:~:text=Ziekenhuizen%20staan%20onder%20zware%20druk,digitalisering%20en%20duurzaamheid%20is%20ontoereikend>

Becker, J., Knackstedt, R., & Pöppelbuß, J. (2009). Developing maturity models for IT management: A procedure model and its application. *Business & information systems engineering*, 1, 213-222.

Clapper, Y., Ten Hove, W., Bekker, R., & Moeke, D. (2023). Team Size and Composition in Home Healthcare: Quantitative Insights and Six Model-Based Principles. In *Healthcare* (Vol. 11, No. 22, p. 2935). MDPI.

26 Cubo, C., Oliveira, R., Fernandes, A. C., Sampaio, P., Carvalho, M. S., & Afonso, P. (2023). An innovative maturity model to assess supply chain quality management. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(1), 103-123.

de Soria, I. M., Alonso, J., Orue-Echevarria, L., & Vergara, M. (2009, June). Developing an enterprise collaboration maturity model: research challenges and future directions. In *2009 IEEE International Technology Management Conference (ITMC)* (pp. 1-8). IEEE.

Eppen, G. D. (1979). Note—effects of centralization on expected costs in a multi-location newsboy problem. *Management science*, 25(5), 498-501.

Fraser, P., Moultrie, J., & Gregory, M. (2002, August). The use of maturity models/grids as a tool in assessing product development capability. In *IEEE International Engineering Management Conference* (Vol. 1, pp. 244-249). IEEE.

Hain, S., & Back, A. (2011, January). Towards a maturity model for e-collaboration—a design science research approach. In *2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 1-10). IEEE.

Hans, E. W., Van Houdenhoven, M., & Hulshof, P. J. (2011). A framework for healthcare planning and control. In *Handbook of healthcare system scheduling* (pp. 303-320). Boston, MA: Springer US.

Hertman, F., Royen, M., Migchielsen, A., & Moeke, D. (2021) Patiëntenlogistiek in de CWZ in tijden van COVID-19: Wendbaarheid door integraliteit. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, Special Edition, 28-38.

- Hesketh, B. Neal. A.(1999). Technology and Performance. *The Changing Nature of Performance: Implications for Staffing, Motivation, and Development*. In DR Ilgen et ED Pulakos (Eds.), *Frontiers of Industrial and Organizational Psychology*, 21-55.
- Huber, M., Knottnerus, J. A., Green, L., Van Der Horst, H., Jadad, A. R., Kromhout, D., ... & Smid, H. (2011). How should we define health?. *Bmj*, 343.
- Kerpedzhiev, G., Manner-Romberg, T., Meindl, O., & Regal, C. (2019). Towards a maturity model: Bed management capabilities in hospitals.
- Kolukisa Tarhan, A., Garousi, V., Turetken, O., Söylemez, M., & Garossi, S. (2020). Maturity assessment and maturity models in health care: A multivocal literature review. *Digital health*, 6, 2055207620914772.
- Laheij, G., Moeke, D., Westerman, R., Hertman, F., & Migchielsen, A. (2019). Onderzoek naar de logistieke inrichting van een acute opname afdeling bij het CWZ: hoeveel bedden zijn er nodig. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, 8, 47-61.
- Litvak, E., & Long, M. C. (2000). Cost and quality under managed care: Irreconcilable differences. *Am J Manag Care*, 6(3), 305-12.
- Marx, F., Wortmann, F., & Mayer, J. H. (2012). A maturity model for management control systems: Five evolutionary steps to guide development. *Business & information systems engineering*, 4, 193-207.
- Mintzberg, H. (1980). Structure in 5's: A Synthesis of the Research on Organization Design. *Management science*, 26(3), 322-341.
- Moeke, D. (2016). *Towards high-value(d) nursing home care: Providing client-centred care in a more efficient manner*. VU University Amsterdam, Amsterdam.
- Moeke, D., & Bekker, R. (2020). Capacity planning in healthcare: finding solutions for healthy planning in nursing home care. *Integrating the Organization of Health Services, Worker Wellbeing and Quality of Care: Towards Healthy Healthcare*, 171-195.
- Moeke, D., Van Andel, J., & Weijers, S. (2018). Het leveren van patiëntgerichte zorg: Dealen met tradities. *Logistiek+ Tijdschrift Voor Toegepaste Logistiek*, 5, 5-14.
- Moeke, D., van de Geer, R., Koole, G., & Bekker, R. (2016). On the performance of small-scale living facilities in nursing homes: A simulation approach. *Operations research for health care*, 11, 20-34.
- Okkerman, L., Moeke, D., Janssen, S., & van Andel, J. (2023). The Inflow, Throughput and Outflow of COVID-19 Patients in Dutch Hospitals: Experiences from Experts and Middle Managers. In *Healthcare* (Vol. 12, No. 1, p. 18). MDPI.
- Porter, M. E. (2008). Value-based health care delivery. *Annals of surgery*, 248(4), 503-509.
- Pöppelbuß, J., & Röglinger, M. (2011). What makes a useful maturity model? A framework of general design principles for maturity models and its demonstration in business process management.
- Ritchie, R., & Walley, P. (2015). The challenges of public sector demand and capacity management: an exploratory case study of police services. In *Public service operations management* (pp. 135-156). Routledge.

- Reis, T. L., Mathias, M. A. S., & de Oliveira, O. J. (2017). Maturity models: identifying the state-of-the-art and the scientific gaps from a bibliometric study. *Scientometrics*, 110, 643-672.
- Rietjens, K., Janssen, S., & Moeke, D. (2021). Slimmer toewijzen van ziekenhuisbedden met behulp van simulatie. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, 11, 68-77.
- RIVM, 2024, Opgaven voor volksgezondheid en zorg op weg naar 2050. Vooruitblik Volksgezondheid Toekomstverkenning 2024 | RIVM
- Schriek, M. B., Turetken, O., & Kaymak, U. (2016, September). A maturity model for care pathways. In *24th European Conference on Information Systems (ECIS 2016)* (pp. 1-16). Association for Information Systems.
- Silva, C., Ribeiro, P., Pinto, E. B., & Monteiro, P. (2021). Maturity model for collaborative R&D university-industry sustainable partnerships. *Procedia Computer Science*, 181, 811-817.
- Van Eeden, K., Moeke, D., & Bekker, R. (2016). Care on demand in nursing homes: a queueing theoretic approach. *Health care management science*, 19, 227-240.
- Vargas, V. B., de Oliveira Gomes, J., Fernandes, P. C., Vallejos, R. V., & de Carvalho, J. V. (2023). Influential Factors for Hospital Management Maturity Models in a post-Covid-19 scenario-Systematic Literature Review. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 8(1), 19556.
- 28 Visser, H. M., & Van Goor, A. R. (2004). *Werken met logistiek*. Groningen: Wolters-Noordhoff.
- VWS, IZA, (2022) Integraal Zorgakkoord: 'Samen werken aan gezonde zorg' | Rapport | Rijksoverheid.nl.

## Bijlage A

### Overzicht van de betrokken ziekenhuizen en functies geïnterviewden

Type ziekenhuis	Functie geïnterviewden
1 Academisch ziekenhuis	Manager ICM
2 Academisch ziekenhuis	Directeur ICM
3 Academisch ziekenhuis	Programmaleider ICM Adviseur ICM
4 Academisch ziekenhuis	Hoofd ICM Adviseur Procesoptimalisatie
5 Academisch ziekenhuis	Directeur ICM
6 Algemeen ziekenhuis	ICM Adviseur Capaciteitsmanager
7 Topklinisch ziekenhuis	ICM Adviseur Manager Bedrijfsvoering
8 Algemeen ziekenhuis	Capaciteitsmanager
9 Algemeen ziekenhuis	Clustermanager OK, CSA, Opname Planners, Transferafdeling
10 Algemeen ziekenhuis	Adviseur ICM Manager afdeling ICM
11 Topklinisch ziekenhuis	Manager Medische Beeldvorming Clustermanager medisch ondersteunend
12 Topklinisch ziekenhuis	Afdelingsmanager bedrijfsvoering ICM, Personeelsplanner, OK-planners Projectmanager Integrale Capaciteitsplanning



Position paper

# Logistics for Society

Het belang en de rol van logistiek  
voor een vitale en duurzame  
samenleving

Dit position paper beschrijft de visie van het landelijk Centre of Expertise KennisDC Logistiek op het belang en de rol van logistiek voor een vitale en duurzame samenleving. Daarbij wordt expliciet aandacht besteed aan de rol van logistiek in het licht van de grote maatschappelijke opgaven. Ook wordt er ingegaan op hoe de geschetste visie via logistiek praktijkonderzoek en hbo-onderwijs zo optimaal mogelijk kan worden ondersteund.

## Inleiding

Veel van de maatschappelijke opgaven die voor ons liggen – denk aan de energietransitie, de transitie richting een circulaire economie, de betaalbaarheid van ons zorgsysteem, de woningbouwopgave of de verstedelijking – zijn ‘wicked problems’. Oftewel, zeer complexe vraagstukken die ons allemaal raken. Ze vragen om fundamentele veranderingen van onze (maatschappelijke) systemen en daarmee om nieuwe afwegingen van verschillende belangen en perspectieven. Logistiek speelt daarbij een niet te onderschatten rol. Enerzijds zal het logistieke systeem in lijn met deze uitdagingen moeten veranderen, anderzijds is logistiek als facilitator essentieel in deze veranderingen.

31

In deze bijdrage presenteren wij onze visie op het belang van logistiek in het kader van een duurzame en vitale samenleving, waarbij expliciet aandacht wordt geschonken aan de rol van logistiek in het licht van de grote maatschappelijke opgaven. Daarnaast bespreken we hoe deze visie een plek kan krijgen binnen het logistieke hbo-onderzoek en -onderwijs om de logistieke professionals (van nu en van morgen) voldoende voor te bereiden op deze rol van logistiek binnen de maatschappelijke uitdagingen.

## De maatschappelijke waarde van logistiek

Wanneer je op het internet op zoek gaat naar de betekenis van ‘Logistiek’, dan kom je veel verschillende definities en beschrijvingen tegen. In dit paper wordt de volgende definitie<sup>1</sup> als vertrekpunt gehanteerd:

**Logistiek richt zich op het effectief, efficiënt en duurzaam ontwerpen, plannen, inrichten en besturen van goederen- en dienstenprocessen in de gehele voorbrengingsketen.**

---

<sup>1</sup> De door ons gebruikte definitie is vergelijkbaar met de definities die voor ‘Supply Chain Management’. We noemen het hier logistiek om aan te sluiten bij de namen die gebruikt worden binnen het hbo-onderwijs en onderzoek.

Om de rol en het belang van logistiek beter te kunnen duiden wordt het begrip vanuit een drie perspectieven belicht. Logistiek als:

1. Sector
2. Vakgebied
3. Kennisdomein

### **Logistiek als sector**

De *sector* logistiek is in deze bijdrage gedefinieerd als bedrijven en organisaties die zich bezighouden met één of meerdere van de volgende werkzaamheden:

1. Transport en overslag.
2. Warehousing en opslag.
3. Ketenregie en supply chain management.
4. Ondersteunende werkzaamheden voor logistiek (bijv. productie van material handling systemen, beveiliging van warehouses).

Als sector vervult de logistiek een belangrijke faciliterende rol voor veel andere sectoren en daarmee onze maatschappij. Denk bijvoorbeeld aan de bevoorrading van zorgorganisaties, de horeca of supermarkten, aan- en afvoer van materiaal bij een bouwplaats, of het op tijd bezorgen bij consumenten die online hebben besteld.

32

Daarnaast is de logistieke sector van groot belang voor de Nederlandse economie. Op basis van een recent rapport van BCI (2023) kan worden geconcludeerd dat in 2022 zo'n 13,7% van het totaal aantal arbeidsjaren in Nederland werd ingezet binnen de logistieke sector. Uit deze zelfde rapportage blijkt dat de totale logistieke sector in 2022 goed was voor meer dan 13% van de totale toegevoegde waarde van de Nederlandse economie.

Tegelijkertijd is het belangrijk om te vermelden dat de logistieke sector veel traditionele bedrijven kent, die volgens de indeling van Rogers, Singhal en Quinlan (2014), niet tot de 'innovators' of 'early adopters' behoren. Vooral onder logistieke mkb'ers zien we relatief veel 'achterblijvers' als het gaat om bijvoorbeeld verduurzaming of digitalisering (Wolter e.a., 2021; Creazza e.a., 2024; Motloung e.a., 2024). Dit betekent dat er binnen de logistieke sector specifieke uitdagingen liggen met betrekking tot de grote transitievraagstukken.

### **Logistiek als vakgebied**

Vanuit een *vakgebied*-perspectief raakt logistiek de kern van iedere organisatie. Denk bijvoorbeeld aan een ziekenhuis, waar vanuit een bedrijfsvoeringsperspectief het *effectief, efficiënt en duurzaam ontwerpen, plannen, inrichten en besturen van zorgprocessen* centraal staat. Ook de bedrijfsvoeringsvraagstukken binnen productiebedrijven zijn voor een belangrijk deel logistiek van aard. In dit kader dient te worden opgemerkt dat de toegevoegde waarde van 'logistiek als vakgebied' verder reikt dan het creëren van



klantwaarde door het stroomlijnen van voortbrengingsketens vanuit het perspectief van één of enkele bedrijven of organisaties. Het logistieke vakgebied speelt ook een prominente rol in het aanpakken van grote maatschappelijke vraagstukken, zoals de energietransitie, bereikbaarheid, de overgang naar een circulaire economie en de (financiële) duurzaamheid van ons zorgsysteem. Daarbij is het doel om maatschappelijke waarde te realiseren door expliciet rekening te houden met economische, sociale en ecologische aspecten. Wat betreft deze maatschappelijke opgaven en de rol van logistiek heeft het CoE KennisDC

Logistiek gekozen om specifiek in te zetten op de volgende drie thema's:

1. Low Impact Last-mile Logistic
2. Greening Corridors
3. Logistics for Healthy Healthcare.

Deze thema's richten zich op specifieke systeemuitdagingen waar logistieke kennis een cruciale rol speelt en waar het CoE het verschil kan en wil maken .

#### *Low Impact Last-mile Logistics*

De focus binnen het thema *Low Impact Last-mile Logistics* ligt op het verduurzamen van logistiek in de stedelijke omgeving, waarbij logistiek ook de noodzakelijke maatschappelijke transitie faciliteert. Het monodisciplinaire en regionale werkveld van het CoE KennisDC Logistiek wordt uitgebreid naar een multidisciplinair en bovenregionaal niveau, waarbij aanpalende expertises zoals ruimtelijke planning, mobiliteit, data, circulariteit, AI, gedrag en energie worden geïntegreerd. De onderzoeks- en innovatieactiviteiten binnen dit thema zijn erop gericht om zo min mogelijk negatieve impact te veroorzaken met het stedelijk logistiek systeem, door te zoeken naar i) oplossingen in schaarse ruimte strevend naar zero impact, ii) mogelijke gedragsverandering bij inkopers, afnemers en consumenten, en iii) kansen door digitalisering.

#### *Greening Corridors*

Binnen *Greening Corridors* ligt de focus op de verduurzaming van de achterlandverbindingen (vanuit een haven naar een terminal/warehouse in het achterland). Daarbij is aandacht voor de volgende drie thema's: i) betere benutting van capaciteit, ii) schone, veilige en autonome modaliteiten en iii) digitalisering in de toeleveringsketen (Van Duin et al., 2023).

#### *Logistics for Healthy Healthcare*

Het thema *Logistics for Healthy Healthcare* richt zich op de ontwikkeling en uitrol van zorglogistieke concepten ter ondersteuning van de transitie die kan worden samengevat als de 'juiste zorg op de juiste plek' (JZOJP). Het ligt in de verwachting, dat onder invloed van de JZOJP-transitie, meer dan de helft van de huidige ziekenhuiszorg buiten de muren het ziekenhuis zal worden geleverd. Ook zal een groot deel van de huidige verpleeghuiszorg

worden vervangen door 'zorg thuis'. Binnen het thema Logistics for Healthy Healthcare ligt de focus op ontwikkeling en opschaling van efficiënt en duurzaam georganiseerde wijkgerichte- en 'Integrated Care' concepten, waarbij expliciet aandacht is voor de inzet van technologie en datagedreven werken.

#### *Generieke aandachtsgebieden*

Naast de hierboven beschreven thema's heeft het CoE ook vijf generieke aandachtsgebieden gedefinieerd:

1. Circularity
2. Data-driven & automation
3. Energy transition
4. Human capital
5. Resilience

Dit zijn essentiële themadoorsnijdende aandachtsgebieden in het kader van de ontwikkeling, verbetering en innovatie van duurzame logistieke concepten en systemen. Ze ontwikkelen zich deels buiten de traditionele logistieke sector, maar door ze te verbinden met logistiek praktijkonderzoek en -onderwijs ontstaan er kansen om daadwerkelijk een bijdrage te leveren aan de maatschappelijke uitdagingen en de toekomstbestendigheid van de logistiek.

34

#### **Logistiek als kennisdomein**

Vanuit een *kennisdomein*-perspectief is logistiek een toepassingsgerichte wetenschappelijke discipline met als focus het modelleren en analyseren van systemen als netwerken en stromen van objecten (goederen, informatie, geld en mensen). Het doel is om aanbevelingen te doen voor het ontwerp en de implementatie van dergelijke systemen door middel van geaccepteerde wetenschappelijke methoden. De wetenschappelijke vragen in het logistieke kennisdomein hebben voornamelijk betrekking op de configuratie en organisatie van deze netwerken en stromen. Het uiteindelijke doel is vooruitgang in de (evenwichtige) verwezenlijking van economische, ecologische en/of sociale doelstellingen (gebaseerd op Delfmann et al., 2010). Binnen dit perspectief staat de ontwikkeling en valorisatie van *nieuwe* logistieke kennis centraal.

Logistiek is ook een belangrijk toepassingsgebied voor innovaties van buitenaf. Dit varieert van het integreren van innovatieve voertuigen binnen logistieke concepten, zoals autonome bezorgrobots en batterij-elektrische voertuigen, tot het gebruik van datagedreven oplossingen in processen. Ontwerpgericht wetenschappelijk onderzoek, waarin dit soort innovaties in praktijkomgevingen worden ontwikkeld en getest, past bij uitstek bij logistiek als kennisdomein.

## Essentiele aandachtspunten voor logistiek praktijkonderzoek

Praktijkonderzoek vormt een belangrijke schakel tussen kennisontwikkeling, praktijkinnovatie en het hbo-onderwijs. Daarbij gaat het niet alleen om het opleiden van toekomstige logistieke professionals. Het gaat ook om het ondersteunen van werkende logistieke professionals die doorlopend nieuwe kennis en vaardigheden nodig hebben om zich staande te kunnen houden in een snel veranderende wereld.

Logistiek praktijkonderzoek richt zich op de ontwikkeling en valorisatie van kennis voor de beantwoording van concrete, logistieke praktijkuitdagingen. Met de inzichten uit paragraaf 2 als vertrekpunt worden hieronder drie belangrijke aandachtspunten voor logistiek praktijkonderzoek gepresenteerd.

### **Naar ‘zero-negative impact’: schoner, slimmer en integreren**

Logistieke activiteiten kennen ook een keerzijde. Denk bijvoorbeeld aan de uitstoot van emissies, congestie, geluidshinder, verkeersonveiligheid, landschapsvervuiling, en ruimtebeslag (zie bv. Kin & Moeke, 2022).

Om de maatschappelijke waarde van logistiek te kunnen maximaliseren dient expliciet rekening te worden gehouden met de hiervoor beschreven negatieve (externe) effecten. Om deze negatieve effecten te verminderen is meer nodig dan alleen de inzet van zero-emissie vrachtwagens of het gebruik van duurzame(re) brandstoffen, al is dat soms al moeilijk genoeg. Het minimaliseren van de negatieve (externe) effecten vraagt om een andere logistieke organisatie, waardoor niet alleen minder voertuigen nodig zijn, maar bijvoorbeeld ook minder chauffeurs - waarvan verwacht wordt dat het tekort alleen maar zal toenemen (TLN, 2024), minder belasting van de verouderde infrastructuur (inclusief bruggen en sluzen), vermindering van de bijdrage aan de congestie, etc. Kortom, het moet niet alleen schoon, maar vooral ook minder door een slimmere en meer integrale aanpak. Een ultiem voorbeeld hiervan is de ‘physical internet’-visie. In deze visie stroomt goederenvervoer via een gedecentraliseerd en universeel verbonden netwerk van knooppunten. Dit zorgt ervoor dat goederen vrij en op de meest optimale manier door het logistieke systeem bewegen. Maar er zijn ook andere manieren om richting de zero-impact te komen, zoals door betere samenwerking en afstemming binnen ketens. De nadruk ligt nu sterk op technische oplossingen die de directe uitstoot verminderen. Er moet echter meer aandacht komen voor het realiseren van een algeheel efficiënter systeem. Dit betekent dat er ook gekeken moet worden naar slimmere capaciteitsinzet, het verminderen van overlast, menselijk gedrag en circulariteit. In de praktijk is dit mogelijk door deze generieke aandachtsgebieden integraal mee te nemen in logistieke onderzoeks- en innovatieprojecten

### Een multi-stakeholder benadering

De maatschappelijke opgaven vragen om fundamentele systeemveranderingen en daarmee om nieuwe afwegingen van verschillende belangen en perspectieven.

Vanuit deze visie dient onderzoek gericht op maatschappelijke impact tot stand te komen binnen een quadruple helix ecosysteem, waarin stakeholders uit vier verschillende maatschappelijke domeinen vertegenwoordigd zijn: overheid (beslismacht), wetenschap (kennisontwikkeling), bedrijfsleven (toepassingsmogelijkheden) en burgers (maatschappelijke relevantie en acceptatie). In tegenstelling tot een triple helix systeem, is er binnen een quadruple helix ecosysteem expliciet aandacht voor het perspectief van burgers en burgerbewegingen (civil society) als volwaardige stakeholder. Deze stakeholdergroep eist meer en meer hun eigen plaats op in het maatschappelijke debat en laat zich niet zonder meer vertegenwoordigen door overheden, kennisinstellingen en bedrijven. Denk bijvoorbeeld aan de boerenprotesten, klimaatmarsen en gele hesjes. In dit kader is het van belang om te realiseren dat het maximaliseren van de maatschappelijke waarde van logistiek over meer gaat dan alleen ratio en harde cijfers. Immers, de mate waarin iets als waardevol of onwenselijk wordt ervaren is voor een belangrijk deel subjectief.

36

### Inter- en transdisciplinair benadering

Een belangrijke sleutel voor het aanpakken van complexe maatschappelijke opgaven ligt in de integratie van kennis uit verschillende vakgebieden. Volgens Choi & Pak (2006) kunnen er, vanuit een onderzoeksperspectief, grofweg drie niveaus van integratie worden onderscheiden: (1) multi-, (2) inter- en (3) transdisciplinair.

Bij een *multidisciplinaire aanpak* bestudeer je een vraagstuk vanuit verschillende disciplines. Dit zorgt voor een breder begrip van het vraagstuk. Je kijkt bij een multidisciplinaire aanpak over de grenzen van disciplines heen, zonder dat de disciplines hun eigen 'stem' verliezen. *Interdisciplinair onderzoek* gaat een stap verder: het doel is om te komen tot integratie van perspectieven of inzichten uit verschillende disciplines, om zo een complex vraagstuk beter te kunnen duiden. Integratie kan bijvoorbeeld plaatsvinden op het niveau van methoden, tools, concepten, theorieën of inzichten. Bij *transdisciplinair onderzoek* zijn er naast onderzoekers vanuit verschillende disciplines ook andere (maatschappelijke) partners betrokken. Kennis uit de wetenschap en praktijk wordt bij elkaar gebracht om tot een integratieve aanpak of oplossing te komen waarmee maatschappelijke impact wordt gerealiseerd.

Logistiek praktijkonderzoek ter ondersteuning van complexe maatschappelijke vraagstukken vraagt om een inter- en transdisciplinair benadering.

## Het logistieke hbo-onderwijs van de toekomst

Het leren in, van en met de praktijk vormt een essentieel onderdeel van het logistieke hbo-onderwijs. Gegeven dit uitgangspunt dient er binnen de logistieke hbo-programma's prominent aandacht te worden besteed aan de rol, positie en bijdrage van logistiek in het licht van de grote maatschappelijke opgaven (zie ook paragraaf 2).

Daarnaast is het van belang om binnen het logistieke hbo-onderwijs meer expliciet aandacht te hebben voor 'logistiek als vakgebied' in brede zin. Zoals beschreven in paragraaf 2 is logistiek veel meer dan alleen een sector. Logistiek raakt de kern van de bedrijfsvoering van iedere organisatie.

Bovenstaande vereist een herijking van de inrichting, inhoud en profilering van het logistieke hbo-onderwijs. In dat kader worden hieronder een drie aandachtspunten nader toegelicht

### **Inter- en transdisciplinaire samenwerking**

Gegeven de maatschappelijke opgaven dient er binnen het logistieke hbo-onderwijs meer aandacht te komen voor inter- en transdisciplinaire samenwerking in een quadruple-helix context. Dit vraagt niet alleen om een meer structurele samenwerking tussen logistieke opleidingen en - lectoraten, maar ook om samenwerking met opleidingen buiten het logistieke domein. Daarbij zou meer gebruik kunnen worden gemaakt van (reeds bestaande) Living Labs en Learning Communities. De realisatie van een meer contextrijke, inter- en transdisciplinaire leeromgeving vraagt om een doorlopende afstemming tussen onderwijsprogramma's en lectoraten; zowel op strategisch, tactisch als operationeel niveau.

37

### **Modulair structuur**

De logisticus van de toekomst is een M-shaped professional die, naast generieke logistieke en (technisch) bedrijfskundige competenties, dient te beschikken over een breed palet aan specialistische kennis of vaardigheden op het gebied van bv. veranderkunde, data science, bouwkunde, circulariteit of menselijk gedrag (Moeke, 2021). Deze kennis is voor een belangrijk deel gerelateerd aan de vijf themadoorsnijdende aandachtsgebieden (zie ook paragraaf 2).

Dit palet aan onderdelen in het 'gespecialiseerde gedeelte' moet, op basis van individuele keuzes, modulair kunnen worden samengesteld. Hiermee wordt het mogelijk om zo optimaal mogelijk aan te sluiten bij doorlopend veranderende en contextgebonden competentiebehoeften. Deze modulaire benadering biedt ook kansen in het kader van Leven Lang Ontwikkel (LLO) trajecten.

### **Bredere profilering**

De perspectieven op logistiek, zoals gepresenteerd in paragraaf 2, zouden het vertrekpunt moeten vormen van de profilering van logistieke hbo-opleidingen. In de huidige situatie ligt er nog teveel aandacht op 'logistiek als sector'. Door meer in te zetten op logistiek als vakgebied (in bv. de zorg) en logistieke kennis als belangrijke enabler van maatschappelijke transitie wordt een bredere doelgroep aangesproken. Dit doet niet alleen recht aan de brede maatschappelijke waarde van logistiek, maar is noodzakelijk gezien de teruglopende instroom van studenten.

### **Logistiek als sleutel tot een vitale en duurzame samenleving**

Logistiek is meer dan alleen een economisch waardevolle en faciliterende sector. Als vakgebied en kennisdomein vormt logistiek de ruggengraat van de bedrijfsvoering van iedere organisatie en speelt het een prominente rol in de grote transitievraagstukken. Immers, logistiek gaat in essentie over het effectief, efficiënt en duurzaam ontwerpen, plannen, inrichten en besturen van goederen- en dienstenprocessen in ketens en netwerken.

38

Desondanks wordt het belang van logistiek niet altijd voldoende (h)erkend en op waarde geschat. Het gevolg hiervan is dat logistiek bij veel organisatie- en transitievraagstukken nog steeds teveel als sluitpost of als kostenpost wordt gezien en niet als noodzakelijke facilitator. Mede daardoor staat de instroom van nieuwe logistiek studenten onder grote druk. In onze ogen is het van groot maatschappelijk belang dat de beeldvorming en het imago van logistiek (in brede zin) verbetert. Hier ligt een uitgelezen kans voor het CoE KennisDC Logistiek en toegepast logistiek onderzoek!

Allereerst is het van belang om minder de nadruk te leggen op logistiek als sector. Van vrachtwagens en dozen schuiven richting logistiek als cruciaal vakgebied ter ondersteuning van een slimme, efficiënte en duurzame bedrijfsvoering. Als vakgebied is logistiek ook van grote waarde voor de dienstverlenende sectoren. Denk bijvoorbeeld aan het stroomlijnen van patiëntstromen in een ziekenhuis of het slim plannen en alloceren van personeel in een call-center. Daarnaast dient er meer aandacht te komen voor logistiek als essentieel kennisdomein in kader van een aantal grote transitievraagstukken, waarbij het CoE inzet op drie thema's: (1) Low Impact Last-mile Logistics, (2) Greening Corridors en (3) Logistics for Healthy Healthcare. Wat betreft aandacht voor transitievraagstukken moet het logistieke hbo-onderwijs een balans zien te vinden tussen het opleiden van vakspecialisten én wereldburgers. Deze noodzakelijke 'rebranding' richting logistiek als vakgebied en kennisdomein zal vanuit het CoE breed moeten worden opgepakt en vraagt om een nauwe samenwerking tussen logistieke lectoraten, LM/LE-opleidingen en het werkveld.

De projecten en initiatieven die vanuit het CoE worden opgepakt laten zien dat logistiek per definitie discipline overstijgend is. Dit disciplineoverstijgend karakter dient meer aandacht te krijgen binnen het logistieke hbo-onderwijs. In dit kader zou het CoE KennisDC logistiek zich (nog) meer moeten doorontwikkelen en profileren als inspirerende, contextrijke, inter- en transdisciplinaire leeromgeving. Denk daarbij bijvoorbeeld het uitbouwen en slimmer gebruik maken van de bestaande (regio-overstijgende) Living Labs en Learning Communities. Daarnaast bieden de door het CoE gedefinieerde aandachtsgebieden (circularity, data-driven & automation, energy transition, human capital en resilience) handvatten voor het zoeken van de verbinding met andere disciplines.

De logisticus van de toekomst is een M-shaped professional die, naast generieke logistieke en (technisch) bedrijfskundige competenties, dient te beschikken over een breed palet aan specialistische kennis of vaardigheden op het gebied van bv. veranderkunde, data science, bouwkunde, circulariteit of menselijk gedrag. Een logisticus moet in staat zijn om verbindingen te leggen met andere vakgebieden en de mogelijkheden die van buitenaf komen op waarde te schatten en te benutten. Door dit in zijn hbo-opleiding te ervaren via toegepast logistiek onderzoek, ontwikkelt de logisticus van de toekomst de vaardigheden om zelfstandig en kritische een weg te vinden in het steeds grotere aanbod aan bronnen en data. Ook zal hij hierdoor beter in staat zijn om zich tijdens zijn carrière blijvend te ontwikkelen. Voor de generatie logistici die nu al in het werkveld actief zijn, biedt het participeren in praktijkonderzoek ook de mogelijkheid zich verder te ontwikkelen in deze M-shape.

39

## Colofon

Dit position paper is opgesteld onder regie van het KennisAkkoord Logistiek, het lectorenplatform van het CoE KennisDC Logistiek en is tot stand gekomen in afstemming met het Bestuurlijk Overleg van het CoE en nauwe samenwerking met het Landelijk Platform Logistiek (LPL) HBO en de KennisDC managers.

Hoofdauteurs: dr. Dennis Moeke, Lector aan de HAN University of Applied Sciences  
dr. Hans Quak, Lector aan de Breda University of Applied Sciences

Meelezer: dr. Bram Kin, Associate Lector aan de HAN University of Applied Sciences

## Referenties

- BCI (2023). *Logistieke Functie: Waarde van Ketenregie en SCM voor de Nederlandse economie* (TSL99.99.026.D01). In opdracht van de Topsector Logistiek-Connekt.
- CBS (2023), <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/verkeer-en-vervoer/economie/transportsector#:~:text=De%20transportsector%20is%20van%20groot,er%20574%2C5%20duizend%20mensen.>
- Choi, B. C., & Pak, A. W. (2006). Multidisciplinarity, interdisciplinarity and transdisciplinarity in health research, services, education and policy: 1. Definitions, objectives, and evidence of effectiveness. *Clinical and investigative medicine*, 29(6), 351.
- Creazza, A., Colicchia, C., & Evangelista, P. (2024). Leveraging shippers-logistics providers relationships for better sustainability in logistics: the perspective of SMEs. *The International Journal of Logistics Management*, 35(4), 1009-1039.
- Delfmann, W., Dangelmaier, W., Günthner, W., Klaus, P., Overmeyer, L., Rothengatter, W., ... & Working group of the Scientific Advisory Board of German Logistics Association (BVL). (2010). Towards a science of logistics: cornerstones of a framework of understanding of logistics as an academic discipline. *Logistics Research*, 2, 57-63.
- Larson, P. D., & Halldorsson, A. (2004). Logistics versus supply chain management: an international survey. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 7(1), 17-31.
- 40 KIM (2023) Kennisbasis Goederenvervoer.  
[https://www.kimnet.nl/binaries/kimnet/documenten/notities/2023/02/27/kennisbasis-goederenvervoer/KiM+notitie+Kennisbasis+Goederenvervoer\\_def.pdf](https://www.kimnet.nl/binaries/kimnet/documenten/notities/2023/02/27/kennisbasis-goederenvervoer/KiM+notitie+Kennisbasis+Goederenvervoer_def.pdf)
- Kin, B., & Moeke, D. (2022). Een integrale blik op duurzame logistiek: Verslimmen, verschonen én integreren vraagt om multidisciplinariteit. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, 14, 22-35.
- Moeke, D. (2021), De toekomst van het logistiek onderzoek en onderwijs in het hbo. At the Heart of Change. *Logistiek+ Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek*, Special Edition, 8-27.
- Motloun, T., Quak, H., Anand, N., & van Duin, R. (2024). The Zero-Emission City Logistics Maturity model—What do inner city SMEs know about planned zero-emission zones. *Transportation Research Procedia*, 79, 194-201.
- Rogers, E. M., Singhal, A., & Quinlan, M. M. (2014). Diffusion of innovations. In *An integrated approach to communication theory and research* (pp. 432-448). Routledge.
- TLN (2024). Wereldwijd tekort aan beroepschauffeurs bedreigt transportsector en economie. Internet (14-6-2024): <https://www.tln.nl/actueel/wereldwijd-tekort-aan-beroepschauffeurs-bedeigt-transportsector-en-economie>
- Van Duin, R., Alons-Hoen, K., Moeke, D., & van Damme, D. (2023). Naar vergroening van achterlandcorridors: Een onderzoeksagenda voor Greening Corridors. *Logitiek+, tijdschrift voor toegepaste logistiek*, 14, 56-73.
- Wolter, A., Moeke, D., Goedegebuure, R., & Jansen, J. H. (2021). The Analytics Maturity of Logistics SMEs: Gaining a deeper understanding. *Logistiek+, Tijdschrift voor Toegepaste Logistiek* (Special Edition), 116-127.







Logistiek in de leefbare stad

# Tien cruciale factoren voor succesvolle ketensamenwerking met een hub:

42

Casus Campus Heijendaal, Nijmegen

**Michiel Kamphuisa en Jurriaan Janssen**

Lectoraat Logistiek en Allianties, HAN University of Applied Sciences

**Bram Kin**

Lectoraat Logistiek en Allianties, HAN University of Applied Sciences  
Sustainable Transport and Logistics, TNO

Het toevoegen van een extra schakel, zoals een hub, aan de supply chain van servicebedrijven heeft meerdere effecten voor de stakeholders en de samenwerking in de keten. In dit onderzoek wordt gekeken naar de cruciale gedragsfactoren voor de participerende bedrijven en hun medewerkers om een (hub-)samenwerking succesvol voort te zetten en mogelijk op te schalen. Wat bevordert de samenwerking en wat zijn obstakels die stakeholders ervaren voor participatie en de mogelijkheden om deze obstakels weg te nemen? In de literatuur zijn negen factoren gevonden die als cruciaal worden beschouwd voor ketensamenwerking in vergelijkbare projecten. Hiertoe behoren factoren als de bedrijfscultuur, de aanwezigheid van ambassadeurs, en betrokkenheid door een waardevolle bijdrage te leveren. Een tiende factor, een duidelijk dwarsverband dat uit de negen factoren in deze casus naar voren komt, is het belang van heldere interne en de externe communicatie rondom de samenwerking.

## Inleiding

Bij het verduurzamen van de zogenoemde 'last mile' van de logistiek gaat er veel aandacht uit naar de levering van goederen zoals pakketten, bouw materiaal, medicijnen, kantoorartikelen, voedsel en ga zo maar door. Als we echter inzoomen op het aantal bestelwagens dat in steden rondrijdt, blijkt uit schattingen dat 50 tot 70% van de voertuigen rondrijdt voor het leveren van diensten in plaats van het (af)leveren van producten (TNO/Topsector Logistiek, 2020). Terwijl de primaire dienstverlening van transportbedrijven het afleveren (of ophalen) van een product is (dit kan ook afval zijn), gaat het in dit geval vaak om de chauffeur die tevens een (additionele) dienst verleent en hier materieel (zoals gereedschap) en materiaal (bijv. reserveonderdelen) voor meeneemt. De bestelwagen is – zoals we in de bouwsector vaak zien – zowel een voorraadkast, kantoor als een lunchplek. Manieren om dergelijke service-ritten slimmer te organiseren verschillen deels van het verduurzamen van goederentransport (Ploos van Amstel et al., 2021).

Op Campus Heijendaal in Nijmegen – waar voornamelijk het Radboudumc, de Radboud Universiteit en de HAN University of Applied Sciences huisvesten – bevinden zich veel servicebedrijven. Deze leveren uiteenlopende diensten zoals communicatie, onderhoud, schoonmaak installatie en renovatie. Uiteraard gaat dit gepaard met logistieke bewegingen náár de campus, maar ook óp de campus. Deze bewegingen zijn nodig, maar hebben ook negatieve effecten op de veiligheid, leefbaarheid en de duurzaamheid van de campus (Bogers, Hofstra, & Jordaan, 2019; Dieker & Tamis, 2022). Om de negatieve effecten van

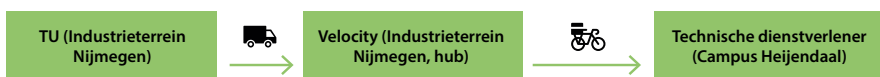
de logistieke bewegingen náár de campus te reduceren, is een pilot geïnitieerd door een ontvangende partij op de campus – een landelijke opererende technische dienstverlener – in samenwerking met een leverancier (Technische Unie) en Velocity, een fietskoerier die vanuit een stadshub opereert.

In de pilot is de last mile van een service-logistieke goederenstroom onderzocht voor artikelen van de groothandel/leverancier Technische Unie (TU) naar de eindgebruiker/ontvanger op de Radboud Universiteit op Campus Heijendaal. Goederen die dus nodig zijn voor het leveren van een dienst. Voorheen leverde TU de producten direct met vrachtwagens aan de locatie op de campus (zie *Figuur 1*). Daar is voor deze pilot een schakel aan toegevoegd: het depot van Velocity, die de goederen vervolgens per vrachtfiets naar de campus transporteert (zie *Figuur 2*). Het doel van de drie uitvoerende stakeholders is om de pilot op termijn op te schalen. Dit zou bijvoorbeeld kunnen door producten van meerdere leveranciers op dezelfde manier te leveren of door meerdere ontvangers op Campus Heijendaal te betrekken.

Situatie voor pilot levering TU aan de technische dienstverlener



Situatie voor pilot levering TU aan de technische dienstverlener



**Figuur 1** Situatie voor pilot levering TU aan de technische dienstverlener

Het toevoegen van een partij aan de supply chain heeft meerdere effecten voor de stakeholders en op de samenwerking in de keten. In dit onderzoek wordt gekeken naar de voorwaarden om deze samenwerking tot een succes te maken. Het onderzoek richt zich specifiek op de bevorderende en belemmerende factoren, gerelateerd aan het gedrag van stakeholders en hun medewerkers, zoals de obstakels die stakeholders ervaren voor participatie en de mogelijkheden om deze obstakels weg te nemen. Met het oog op eventuele opschaling is het belangrijk om inzicht te krijgen in deze factoren.

In de volgende paragraaf wordt de methode van onderzoek toegelicht. Daarna worden negen factoren gepresenteerd die van belang zijn voor ketensamenwerking met een hub, en hoe die ervaren worden door de participerende bedrijven. In de conclusie worden de theorie en praktijk kort samengevat en wordt aangestipt welke aanbevelingen voor soortgelijke projecten hieruit volgen.

## Methode

Voor dit artikel is onderzocht wat de succesfactoren qua houding en gedrag zijn voor de betrokken partijen (inclusief de extra schakel) ten behoeve van ketensamenwerking en mogelijke opschaling. Het onderzoek richt zich in het bijzonder houding, (bedrijfs)cultuur en gedag, en gaat niet in op het businessmodel dat veelvuldig is bestudeerd (zie bijv. van Duin, Quak, & Hendriks, 2019). Daarvoor is ten eerste onderzoek gedaan in wetenschappelijke literatuur naar de belemmerende en bevorderende factoren bij ketensamenwerking. Ten tweede zijn in de praktijk van de deelnemende bedrijven de ervaringen onderzocht rondom deze succesfactoren.

Voor het literatuuronderzoek zijn de volgende termen, en varianten en combinaties, ingevoerd in Google Scholar, HAN-Quest en Researchgate: 'Urban Consolidation Center', 'Logistics Hub', 'Behaviour', 'Participation'. Deze termen zijn geselecteerd op basis van een screening van de literatuur waaruit deze termen consequent naar voren kwamen. Hierbij is enkel de relatie tussen gedragsfactoren en participatie onderzocht. In de literatuur worden de negen factoren als cruciaal beschouwd voor ketensamenwerking in vergelijkbare projecten (zie *Tabel 1* in hoofdstuk 3).

Vervolgens zijn elf gestructureerde interviews afgenomen met medewerkers van de participerende organisaties in de pilot. De medewerkers hebben functies zoals operationeel manager, eigenaar, contract manager, fietskoerier of business developer. De interviewgide is opgesteld op basis van de uitkomsten van het literatuuronderzoek.

## Negen (plus één) factoren in theorie en de praktijk

In *Tabel 1* en de volgende paragrafen worden de negen belangrijke factoren voor samenwerking binnen een service-logistieke keten met een extra schakel (zoals een hub) kort uitgelegd. Een extra factor is daaraan toegevoegd als resultaat van dit onderzoek. Bij elke factor wordt ook de situatie voor de casus op Campus Heijendaal besproken.

**Tabel 1** Overzicht van bronnen per gevonden factor en beknopte uitleg.

Factor	Bron(nen)	Uitleg
<b>Bedrijfscultuur</b>	o.a. Tolentino-Zondervan, Bogers, & van de Sande (2021)	Mate van stimulering en facilitering van samenwerking tussen individuen en bedrijfsonderdelen
<b>Ambassadeurs</b>	o.a. Gammelgaard (2015); Tolentino-Zondervan, Bogers & van de Sande (2021)	Aanwezigheid van personen die doelen van initiatieven uitdragen en verder kunnen helpen
<b>Waarderen en stimuleren van initiatieven</b>	o.a. Gammelgaard (2015); Lauche (2019)	Aanwezige structuren voor het waarderen en stimuleren van initiatieven van werknemers
<b>Inzien van 'the bigger picture'</b>	o.a. Lüscher & Lewis (2008); Bukoye & Gadiraju (2022)	Inzicht dat er gewerkt wordt aan een probleem dat verder reikt dan het individu of eigen afdeling/organisatie
<b>Gevoel van saamhorigheid</b>	o.a. Bukoye & Gadiraju (2022); Taniguchi & Thompson (2006)	Aanwezigheid van een gezamenlijk doel en een gevoel van collectiviteit
<b>Wederzijds vertrouwen</b>	o.a. Anand et al. (2012); Trittin-Ulbrich et al. (2021)	Wederzijds vertrouwen tussen participerende partijen en openheid over processen
<b>Gevoel waardevolle bijdrage te leveren</b>	o.a. Taniguchi & Thompson (2006)	Gevoel van medewerkers een waardevolle bijdrage te leveren voor organisatie en/of samenleving
<b>Duidelijkheid over toegevoegde waarde</b>	o.a. van de Sande et al. (2022)	Afstemming tussen participerende organisaties over gecreëerde waarde en toegeëigende waarde
<b>Geloof in succes</b>	o.a. van de Sande et al. (2022); Anand et al. (2012)	Vertrouwen in levensvatbaarheid, winstgevendheid en toekomstbestendigheid
<b>Communicatie</b>	Resultaat uit dit onderzoek	Heldere interne en externe communicatie door de participerende partijen

### Bedrijfscultuur

Als een bedrijfscultuur samenwerking tussen individuen of bedrijfsonderdelen stimuleert en faciliteert, heeft dat een positieve impact op de participatie aan (hub-)initiatieven. Het onderzoek van Tolentino-Zondervan, Bogers, & van de Sande (2021) benadrukt ook dat een dergelijke bedrijfscultuur een grotere kans heeft op het succesvol implementeren van nieuwe initiatieven. De bedrijfscultuur kan invloed hebben op elk van de andere genoemde factoren. Die onderlinge relaties zijn belangrijk bij het analyseren en beïnvloeden van samenwerking in de keten.

De bedrijfscultuur van Velocity is informeel met een sterke band tussen management en operationele kern. Managers zijn benaderbaar, fietsen zelf ook weleens routes en hun kantoren liggen naast de werkvloer. Er is een gezamenlijke ruimte voor alle medewerkers, en persoonlijke en professionele problemen zijn bespreekbaar. Bij TU en de technische dienstverlener zijn er diverse subculturen: informeel in de operationele teams, formeler in hogere lagen waar professionele doelen centraal staan. Hoewel er vrijheid is voor nieuwe projecten, worden teams daarvoor niet eenvoudig gevormd. Dit wordt veelal uit handen gegeven aan de operationele manager op de locatie van het project. Door de omvang van beide bedrijven stuiten veranderingen vaak op weerstand, wat implementaties vertraagt of bemoeilijkt.

### **Ambassadeurs**

Ambassadeurs dragen direct bij aan de motivatie om deel te nemen. Ze begeven zich bij voorkeur in tactische of strategische lagen van de organisatie, zodat ze bevoegdheden hebben om obstakels weg te nemen en middelen toe te wijzen. De ambassadeurs moeten niet te ver van de operationele kern staan om onbereikbaarheid – en daarmee hun toegevoegde waarde – te verliezen (Gammelgaard, 2015). Die mogelijke afstand kan ook zorgen voor *misalignment* tussen strategisch en operationeel management, waardoor doelen niet worden bereikt en initiatieven zelfs kunnen stoppen (Tolentino-Zondervan, Bogers, & van de Sande, 2021).

47

De grote partijen in de pilot ervaren het belang van ambassadeurs op twee manieren. Ten eerste vinden ze het een cruciale rol als *linking pin* en aanspreekpunt voor alle partijen. Als er ad hoc dingen opgelost moeten worden, moet er bij iedere organisatie één contactpersoon zijn die overzicht heeft van wat er goed of fout gaat tijdens de pilot. In een fase waarin het volledig duidelijk is welke mensen bij iedere organisatie de verantwoordelijkheden dragen, is direct contact wel mogelijk. Dit geeft bovendien ook een gevoel van rust bij operationele medewerkers aangezien zij hun zorgen kwijt kunnen of omdat problemen opgelost worden door de ambassadeur. Ten tweede bekleedt de ambassadeur intern nog een andere belangrijke rol door vanuit een hogere functie obstakels weg te halen.

### **Waarden en stimuleren van initiatieven**

Veel initiatieven op het gebied van procesverbetering en duurzaamheid ontstaan uit individuele inspanningen van werknemers. Deze initiatieven kunnen voortkomen uit verschillende hiërarchische niveaus en gebieden binnen de organisatie. Operationele medewerkers kunnen bijvoorbeeld kansen identificeren voor procesverbetering in het primaire proces, ondersteunend personeel kan kansen zien voor duurzame initiatieven en tactische managers kunnen kansen herkennen voor bedrijfsontwikkeling. Om het maximale uit een initiatief of idee te halen, moet de organisatie mensen aanmoedigen om deze ideeën naar voren te brengen (Gammelgaard, 2015; Lauche, 2019) en mensen in staat stellen om de ideeën uit te werken (Tolentino-Zondervan, Bogers, & van de Sande., 2021)

De drie deelnemende bedrijven aan de pilot ondersteunen individuele initiatieven in zekere mate, maar zonder actieve stimulans. Bij één van partijen ondersteunen adviseurs initiatieven zonder mandaat, maar wordt een volwaardig team met mandaat opgericht bij schaalbare ideeën. Een ander participierend bedrijf escaleert ideeën tot hogere managementlagen voor voldoende mandaat en biedt coachingstrajecten. Het management van de laatste partij stelt veel ruimte te bieden om ideeën te presenteren, maar operationele medewerkers ervaren dit anders, vooral door de snelle groei van het bedrijf. Dit vergroot de afstand tussen management en operatie, met name voor nieuwe medewerkers, wat de toegankelijkheid voor het delen van initiatieven belemmert.

### **Inzien van 'the bigger picture'**

Bij het aanpakken van een maatschappelijk probleem is het essentieel om het grotere plaatje te zien en te realiseren dat ze werken aan een probleem dat verder reikt dan henzelf of hun eigen organisatie. Dat draagt bij aan het verminderen van conflicten tussen belanghebbenden en het stimuleert medewerkers om hun beste ideeën te delen. Wanneer het besef ondersteund wordt door kwantitatieve gegevens, worden deze effecten nog eens versterkt (Paddeu et al., 2014). Tegengesteld, wanneer deelnemende organisaties hun eigen belangen vooropstellen, kunnen er gemakkelijk conflicten ontstaan die het bereiken van het beoogde doel bemoeilijken. *The bigger picture* moet dus ook gezamenlijk herkend worden, waardoor de betrokken partijen herkennen dat ze samen moeten werken om waarde te creëren (Lüscher & Lewis, 2008; Bukoye & Gadiraju, 2022).

48

Velocity is sterk gericht op maatschappelijke waarde, dankzij de intrinsieke motivatie van de eigenaren en het jonge personeel. Bij TU en de technische dienstverlener wordt het grotere plaatje wel gezien op strategisch en tactisch niveau, maar minder op operationeel niveau. Beide bedrijven erkennen het belang van opschaling om impact te vergroten, maar de kosten en het primaire proces blijven erg belangrijk. TU zegt bereid te zijn om informatie te delen met concurrenten vanuit de overtuiging dat het het beste is als iedereen meedoet. Ook ontvanger/dienstverlener is bereid om samen te werken met hun concurrenten, maar houden wel graag de controle in de initiatiefase. Op het operationele niveau van TU en de technische dienstverlener is er minder maatschappelijke betrokkenheid rondom de pilot. Dat is deels door gebrekkige communicatie en deels door desinteresse, waardoor het belang van de pilot minder centraal staat.

### **Gevoel van saamhorigheid**

Het gezamenlijke doel en een gevoel van collectiviteit dragen bij succesvolle samenwerkingen en kennisdeling (Bukoye & Gadiraju, 2022). Een gezamenlijk doel kan ook obstakels wegnemen (Lüscher & Lewis, 2008). Participerende organisaties moeten elkaar niet verantwoordelijk houden voor maatschappelijke problemen. Daarentegen is het essentieel dat de organisaties samenwerken aan een oplossing voor het probleem



(Anand et al., 2012). Wanneer de betrokken partijen beseffen dat zij niet alleen waarde voor anderen creëren, maar dat anderen ook waarde voor hen creëren, ontstaat er een gevoel van synergie tussen de organisaties (Taniguchi & Thompson, 2006). Een gevoel van synergie tussen de deelnemende organisaties heeft positieve effecten op de onderlinge relaties (Bukoye & Gadiraju, 2022), en directe communicatielijnen die bijdragen aan het succesvol oplossen van problemen (Taniguchi & Thompson, 2006).

Gedurende de pilot kwam een team, met contactpersonen van Velocity, de technische dienstverlener en Technische Unie, wekelijks bijeen om de lopende zaken te bespreken. De sfeer tijdens deze bijeenkomsten was positief, met ruimte voor zowel bespreking van de voortgang als informele gesprekken. Buiten de wekelijkse meetings om hadden sommige werknemers van de verschillende bedrijven ook regelmatig contact voor feedback. Toch stond het saamhorigheidsgevoel onder druk door verschillen in ervaren inzet en professionele houding. Bezoeken tussen de bedrijven, zoals meefietsen met Velocity-routes of inzicht krijgen in grote organisaties en hun veranderbarrières, versterkten de onderlinge relatie en het begrip voor elkaars werkwijzen en uitdagingen, wat de samenwerking ten goede kwam.

### **Wederzijds vertrouwen tussen partijen**

Een gezamenlijk doel rondom maatschappelijke thema's zorgt voor een complexe en soms paradoxale rol voor participerende bedrijven. Enerzijds zijn zij een onderdeel van problemen, maar tegelijkertijd spelen ze een cruciale rol bij het oplossen ervan (Anand et al., 2012). Vandaar het risico dat de samenwerkende stakeholders gemakkelijk naar elkaar wijzen. Deze spanningen moeten worden vermeden door een gevoel van collectiviteit en wederzijds vertrouwen (Trittin-Ulbrich et al., 2021). Wederzijds vertrouwen bevordert participatie in een hub-initiatief, waarbij transparantie essentieel is op verschillende vlakken: de waarde die elke organisatie wil creëren, de korte- en lange-termijndoelen, maar ook praktische informatie over de processen en informatiesystemen in de keten.

De pilot-participanten benoemen dat zij elkaar en de andere organisaties vertrouwen, maar alle partijen geven ook aan dat de andere partijen nog meer vertrouwen in hen zouden kunnen hebben. Ondanks de eerdergenoemde ervaren druk op het saamhorigheidsgevoel heeft dat niet voor afname in het onderlinge vertrouwen gezorgd. Een respondent merkt hierover op dat het bovendien de bedoeling is van een pilot dat er weleens dingen misgaan.

### **Gevoel een waardevolle bijdrage te leveren**

Pionierswerk en nieuwe ideeën vergroten motivatie en veerkracht wanneer deelnemers de toegevoegde waarde voor hun organisatie of samenleving zien. Het is essentieel dit gevoel te stimuleren. Bovendien is dit gevoel belangrijk om andere individuen of afdelingen binnen de eigen organisatie te overtuigen (Anand et al., 2012). Tegelijkertijd is het ook cruciaal

om het gevoel van futiliteit te vermijden, het gevoel dat een project een te kleine impact heeft. Als de medewerkers ondanks hun beste inspanningen ervaren dat die allemaal toch geen werkelijke invloed heeft op het probleem, leidt dit tot een afname in motivatie en bereidheid om actief deel te nemen (Taniguchi & Thompson, 2006).

De meeste respondenten die deelnamen aan de wekelijkse overleggen zijn terughoudend over hun bijdrage aan het succes van de pilot. Zij reageerden tijdens de vragen over hun bijdrage aan de wereld of het bedrijf ook nerveus, lacherig, terughoudend en/of verlegen. Iedereen voelt dat de pilot een *team effort* is. De respondenten die geen onderdeel zijn van de overleggen hebben ook niet het gevoel dat ze bijdragen aan het succes van de pilot. Zij benoemen dat ze gewoon hun werk doen.

### **Duidelijkheid over toegevoegde waarde**

Het vinden van een balans tussen gecreëerde waarde en toegeëigende waarde is cruciaal in samenwerkingsprojecten. Als organisaties geen of onvoldoende waarde kunnen toe-eigenen, zullen ze mogelijk niet langer deelnemen. Binnen een samenwerkingsproject moet dus zorgvuldig en duidelijk worden afgestemd welke waarde wordt gecreëerd en hoeveel van die waarde naar welke partij gaat (Anand et al., 2012; Marcucci & Danielis, 2008; Nordtømme, Bjerkan, & Sund, 2015). Het in balans brengen van deze waarde is extra uitdagend vanwege de eerdergenoemde paradoxale relatie tussen de betrokken partijen. Meer waarde claimen voor de eigen organisatie verhoogt de concurrentie, wat de totale waarde vermindert. Daarmee hebben de organisaties hebben dus redenen om zowel meer waarde te claimen als deze in balans te houden (van de Sande et al., 2022).

Voor Velocity betekent deze pilot meer werkzaamheden en inkomsten, maar ook een stap op weg naar een duurzamere leefomgeving in Nijmegen. Ze hebben een duidelijk beeld wat het succes van de pilot kan betekenen. Voor de grotere bedrijven, TU en de technische dienstverlener, verschilt deze duidelijkheid tussen verschillende hiërarchische lagen van de bedrijven. De meer tactische lagen die betrokken zijn bij de pilot zien dat het project direct waarde oplevert voor hun organisatie, veelal door te voldoen aan klantwensen. De dienstverlener wil hun klant op Campus Heijendaal helpen de campus leefbaarder en veiliger te maken. TU werkt mee omdat ze daarmee hun klant (de dienstverlener helpen). Volgens de respondenten is de waarde nog niet geheel duidelijk bij het strategisch management. De TU en de technische dienstverlener benoemen dat opschaling invulling kan geven aan die waarde. Voor de respondenten op operationeel niveau is het ook niet duidelijk wat de pilot oplevert. Bovendien zijn de werknemers op dit niveau soms bang dat het negatieve effecten zal hebben voor henzelf, bijvoorbeeld doordat ze werk(uren) verliezen.

### **Geloof in succes**

Bij het starten van een (hub-)samenwerking is vertrouwen in levensvatbaarheid, winstgevendheid en toekomstbestendigheid – zonder subsidies – essentieel. Vertrouwensverlies vermindert investeringsbereidheid in tijd, kennis en geld, wat een vicieuze cirkel van afnemend vertrouwen creëert. Zoals een afname van vertrouwen kan leiden tot nog minder vertrouwen of zelfs een gevoel van futiliteit, kan een toename van vertrouwen leiden tot meer vertrouwen en zelfs arrogantie (van de Sande et al., 2022). Vertrouwen is belangrijk voor meerdere stakeholders, waaronder gebruikers, leveranciers, verladers (Anand et al., 2012), maar ook voor consumenten (Bukoye & Gadiraju, 2022; Maltese et al., 2023).

De betrokken partijen geloven ook echt dat de werkwijze in de pilot een succes kan worden voor de toekomst. Een aantal respondenten geven aan dat het sowieso al een succes is en dat ze er alleen maar beter in worden. Weerstand vanuit de operationele kern ervaren de respondenten van alle bedrijven. De operationele kern geeft zelf ook aan soms weerstand te hebben tegen verandering. Er wordt aangegeven dat bepaalde weerstanden bijvoorbeeld weggenomen kunnen worden door uitleg over een pilot en dat er daardoor dingen fout kunnen gaan, of over de wensen van klanten, wat de weerstand ook vaak omlaag brengt. Desinformatie over duurzaamheid en het risico van greenwashing wakkeren weerstand juist weer aan. Het gevoel dat het allemaal toch niet echt zin heeft leeft in sommige onderdelen van de organisaties.

51

### **Communicatie door de participerende organisaties**

Een duidelijk dwarsverband dat uit deze casus naar voren komt is het belang van heldere interne en de externe communicatie. Communicatie zien we als een extra factor die essentieel is voor het succes van de samenwerking én opschaling daarvan. In paragraaf 4.2 gaan we verder in op deze factor.

### **Het belang van heldere interne en externe communicatie**

De samenwerking in de pilot met Velocity, TU en de technische dienstverlener kent negen cruciale en onderling verbonden factoren die de effectiviteit beïnvloeden.

### **Wat kunnen we leren van de eerste 9 factoren in de praktijk?**

De *bedrijfscultuur* speelt hierin een centrale rol waaruit veel andere factoren voortkomen, maar het is moeilijk om deze in zijn geheel te veranderen, zelfs voor kleinere organisaties als Velocity. Wel kunnen veranderingen in specifieke onderdelen worden doorgevoerd. Belangrijk is in ieder geval dat de bedrijfscultuur samenwerking tussen individuen en bedrijfsonderdelen stimuleert en faciliteert.

*Ambassadeurs* zijn essentieel voor het uitdragen van doelen en zijn aanwezig in de betrokken pilot-organisaties op het tactische (TU en de dienstverlener) of het strategische (Velocity) niveau. Ondanks de communicatie blijkt dat operationele medewerkers de doelen niet altijd begrijpen. Hieruit blijkt dat aandacht voor de interne communicatie en het eenvoudig informeren van medewerkers belangrijk is.

Het *waarden en stimuleren van initiatieven* varieert tussen de bedrijven: TU en de dienstverlener hebben al een structuur hiervoor opgezet, waarbij óf voornamelijk ondersteuning geboden wordt via coaching óf een vast escalatieproces naar hogere managementlagen gehanteerd wordt. Velocity heeft momenteel geen vergelijkbare structuur. Aangezien geen van de organisaties actief ideeëndeling stimuleert, is hier een verbeterslag te maken die de samenwerking bevordert. Het stimuleren van initiatieven door medewerkers benut hun creativiteit en het zal de betrokkenheid vergroten.

Het *inzien van 'the bigger picture'* ontbreekt met name op operationeel niveau bij de technische dienstverlener en TU. Hoewel het hogere management het gemeenschappelijke doel wel begrijpt, blijven de kosten belangrijk en moet het primaire proces niet aangetast worden. Er is behoefte aan een eenvoudige aanpak om dit grotere plaatje naar operationeel niveau door te geven. Ook dit zal zorgen voor meer betrokkenheid en begrip.

52

Het *gevoel van saamhorigheid* tussen de samenwerkende organisaties in de pilot beperkt zich voornamelijk tot hogere managementlagen. Hoewel de organisaties korte communicatielijnen hebben en niemand de schuld afschuift voor maatschappelijke problemen, ontbreekt het gevoel dat alle partijen dezelfde mate van betrokkenheid tonen. Om het gevoel van saamhorigheid te versterken is er aandacht nodig voor een manier waarmee partijen samen kunnen aantonen dat ze evenveel bijdragen aan de pilot.

Het *wederzijds vertrouwen* in de pilot was voor verbetering vatbaar, met name met betrekking tot transparantie over specifieke processen die direct verband houden met de logistieke keten van de pilot. De samenwerkende partijen kunnen leren van de vereiste processen en obstakels die elke organisatie ervaart. Daarmee zal ook het onderlinge vertrouwen toenemen.

Het *gevoel een waardevolle bijdrage te leveren* is bij medewerkers vaak afwezig, wat de motivatie belemmert. Om dit te verbeteren, moeten de organisaties maatregelen treffen die medewerkers duidelijk maken dat hun werk essentieel is voor de pilot en de bredere organisatie.

*Duidelijkheid over de toegevoegde waarde* is bij alle organisatie aanwezig; ze weten wat ze met de pilot willen bereiken en geloven in de haalbaarheid. Er zijn geen conflicterende waarden geconstateerd, maar bij toekomstige opschaling met meer stakeholders kan dit veranderen. Hierop voorbereid zijn is essentieel voor een duurzame samenwerking.

Het *geloof in het succes* van de pilot is aanwezig bij de participerende organisaties, op voorwaarde dat alle partijen zich aan hun afspraken houden. Het is wel belangrijk op te merken dat niet alle stakeholders die in de literatuur worden benoemd in dit onderzoek zijn meegenomen. Het betrekken van een bredere groep stakeholders, ook buiten de organisaties, kan helpen bij het versterken van de pilot en het bevorderen van bredere acceptatie en steun.

### **Hoe kunnen participerende bedrijven het beste communiceren?**

Een duidelijk dwarsverband dat uit deze casus naar voren komt is het belang van heldere interne en de externe communicatie rondom de samenwerking.

Ten eerste is de interne communicatie binnen de deelnemende organisaties van belang. De operationele medewerkers en hun directe leidinggevenden willen graag geïnformeerd worden over de ontwikkelingen en gebeurtenissen rond de pilot waaraan zij werken, zodat zij het grotere doel van de pilot kunnen inzien. Daarvoor is er regelmatig een *debriefing* nodig – via een nieuwsbrief of mondeling – over de ontwikkelingen van de pilot, de geboekte resultaten en de bijdrage die mensen binnen de organisatie daaraan hebben geleverd. Door die behaalde mijlpalen ook bewust te vieren met medewerkers uit alle lagen van de organisaties die betrokken zijn bij de pilot, kunnen de medewerkers het gevoel krijgen dat ze aan de successen hebben bijgedragen. Dat kan voor een positieve werkomgeving zorgen en een gevoel van trots en voldoening. Daarbij is het ook belangrijk om een cultuur van waardering en erkenning te creëren, waarbij alle inspanningen en bijdragen van de medewerkers worden erkend en gewaardeerd. Dit kan de betrokkenheid en motivatie van de medewerkers vergroten en hen het gevoel geven dat hun inzet ertoe doet.

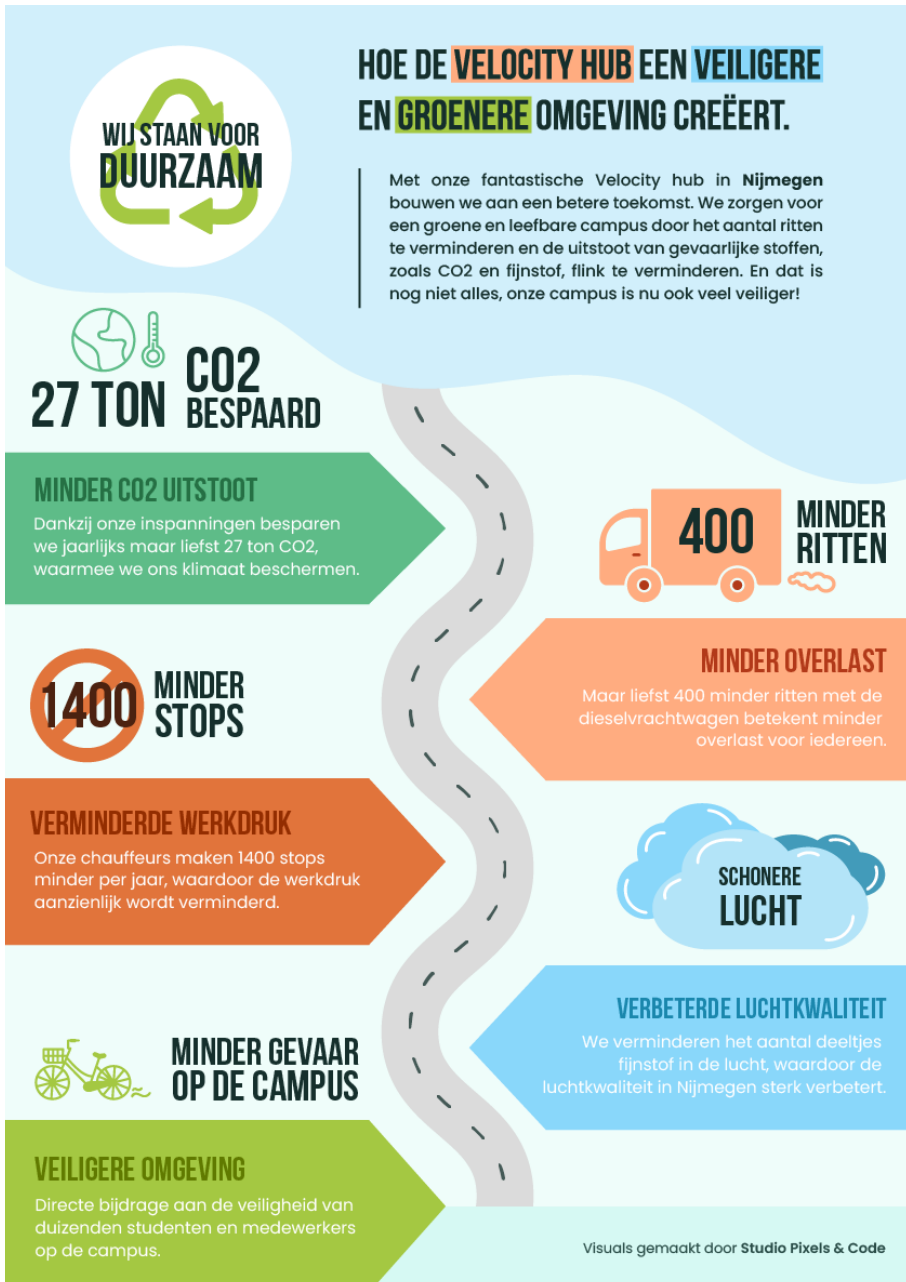
Ten tweede blijkt de externe communicatie om verschillende redenen belangrijk, vooral met het oog op opschaling. Voor alle lagen van de deelnemende organisaties was het van belang dat het primaire proces niet veranderde. Dat doel moet bij het aanspreken van nieuwe organisaties duidelijk gemaakt worden of zelfs het primaire punt zijn waarop reclame wordt gemaakt. Natuurlijk is het dan van belang dat de bedrijven flexibel genoeg zijn om ook echt de werkwijzen op elkaar af te stemmen.

Om zowel de interne als externe communicatie te bevorderen met het oog op participatie, zou een infographic gebruikt kunnen worden. Voor de samenwerking en de opschaling hiervan zou een simpele infographic zoals in *Figuur 3* participatie kunnen bevorderen. Intern kan deze infographic gebruikt worden om draagvlak te creëren en werknemers een gevoel van toegevoegde waarde te geven door bijvoorbeeld dankwoorden en bereikte mijlpalen toe te voegen. Zo kunnen bijvoorbeeld betrokken teams worden uitgelicht in interne infographics en worden benadrukt welke bijdrage zij leveren aan de samenleving en het milieu door hun inzet voor de pilot. Verder kan een infographic ook gebruikt worden om bij externe communicatie de voordelen van de pilot over te brengen, zoals de informatie dat primaire processen niet hoeven te veranderen.

Dit onderzoek is gebaseerd op een kleinschalige pilot op Campus Heijendaal waar drie partijen hebben samengewerkt in een keten waar het leveren van goederen een voorwaarde is voor het voorzien van diensten. Dit maakt de keten relatief complex ten opzichte van een logistieke dienstverlener die goederen levert aan een ontvanger of een dienstverlener (zonder locatie op de campus) die met materiaal en materieel direct naar de klant (bijv. de universiteit) gaat. In dit onderzoek zijn de effecten op de kosten en baten noch op de ritten en emissies gemeten. Een dergelijke analyse geeft meer inzicht in het potentieel van ketensamenwerking en kan daarmee ook binnen bedrijven ingezet worden in de communicatie en potentiële opschaling.

54

Op basis van dit onderzoek kunnen er verschillende suggesties worden gedaan voor opschaling én vervolgonderzoek. Ten eerste is Campus Heijendaal een relatief afgebakend gebied met grote instellingen die tot op zekere hoogte eisen (in bijvoorbeeld inkoopvoorwaarden) kunnen stellen aan de manier waarop goederen en diensten worden geleverd. Andere grote instellingen – bijvoorbeeld andere klanten van de dienstverlener in de regio – kunnen hiermee ook een verandering in gang zetten waardoor er een hoger volume via een hub geleverd kan worden. Ten tweede kan opschaling plaatsvinden door meer serviceketens waarin kleine volumes geleverd worden op te nemen. Zoals aan het begin van dit artikel uiteengezet gaat dit vaak om relatief veel voertuigbewegingen maar niet (altijd) om grote volumes. Als de voordelen van de ketensamenwerking in de pilot worden aangetoond kan dit er via externe communicatie toe leiden dat meer partijen geïnteresseerd raken en er uiteindelijk minder druk op de campus komt.



**Figuur 3** Infographic Velocity Hub. De gebruikte getallen zijn niet representatief voor het onderzochte project.

## Erkenning

Het onderzoek is uitgevoerd in het kader van het RAAK-MKB-project Duurzame Buurthubs met als doel om bij te dragen aan de economische vitaliteit en klimaatbestendigheid van de autoluwe, compacte stad (Hogeschool van Amsterdam (HvA), 2022). Het artikel komt voort uit de afstudeerscriptie van Jurriaan Janssen.

## Referenties

- Anand, N., Quak, H., Van Duin, R., & Tavasszy, L. (2012). City Logistics Modeling Efforts: Trends and Gaps - A Review. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 39, 101–115. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.03.094>
- Bogers, E.A.I., Hofstra, N., & Jordaan, H. (2019). Duurzame bevoorrading campus Heijendaal – een vooronderzoek. *Logistiek+, Tijdschrift voor toegepaste logistiek* 2019 - NR8, 10-35.
- Bukoye, O. T., & Gadiraju, S. (2022). Optimal consolidation center to improve urban freight transport: a case of student accommodation in a higher education institution. *Multimodal transportation*, 1(3), 100032. <https://doi.org/10.1016/j.multra.2022.100032>
- Dieker, M., & Tamis, M. (2022). Van dieselbus naar vrachtfiets? Lessen uit toegepast gedragsonderzoek naar het motiveren en faciliteren van emissievrij vervoer door servicemonteurs. *Logistiek +, Tijdschrift Voor Toegepaste Logistiek*, 2022(12), 10-17. <https://www.kennisdclogistiek.nl/publicaties/van-dieselbus-naarvrachtfiets#downloads>
- Gammelgaard, B. (2015). The emergence of city logistics: the case of Copenhagen's Citylogistik-kbh. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 45(4), 333–351. <https://doi.org/10.1108/ijpdlm-12-2014-0291>
- Hogeschool van Amsterdam (HvA). (2022). *Duurzame buurtlogistiek: kansen voor hubs?* - HvA. Hogeschool van Amsterdam. Geraadpleegd op 30 maart 2023, van <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/projecten/connectivity--mobility/duurzame-buurtlogistiek-kansen-voor-hubs.html?origin=6iYy31WiSgiH%2FvR%2B3LvdvA>
- Lauche, K. (2019). Insider Activists Pursuing an Agenda for Change: Selling the Need for Collaboration. In Sydow, J. & Berends, H. (Ed.) *Managing Inter-organizational Collaborations: Process Views (Research in the Sociology of Organizations, Vol. 64)*, Emerald Publishing Limited, Leeds, pp. 119-138. <https://doi.org/10.1108/S0733-558X20190000064009>
- Lüscher, L., & Lewis, M. W. (2008). Organizational Change and Managerial Sensemaking: Working Through Paradox. *Academy of Management Journal*, 51(2), 221–240. <https://doi.org/10.5465/amj.2008.31767217>
- Maltese, I., Marcucci, E., Gatta, V., Sciuillo, A. & Rye, T. (2023), «Challenges for Public Participation in Sustainable Urban Logistics Planning: The Experience of Rome», In Hansson, L., Sørensen, C.H. & Rye, T. (Ed.) *Public Participation in Transport in Times of Change (Transport and Sustainability, Vol. 18)*, Emerald Publishing Limited, Leeds, pp. 77-95. <https://doi.org/10.1108/S2044-994120230000018007>



- Marcucci, E., & Danielis, R. (2008). The potential demand for an urban freight consolidation centre. *Transportation*, 35(2), 269–284. <https://doi.org/10.1007/s11116-007-9147-3>
- Nordtømme, M. E., Bjerkan, K. Y., & Sund, A. B. (2015). Barriers to urban freight policy implementation: The case of urban consolidation center in Oslo. *Transport Policy*, 44, 179–186. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2015.08.005>
- Paddeu, D., Fadda, P., Fancello, G., Parkhurst, G., & Ricci, M. (2014). Reduced Urban Traffic and Emissions within Urban Consolidation Centre Schemes: The Case of Bristol. *Transportation Research Procedia*, 3, 508–517. <https://doi.org/10.1016/j.tpro.2014.10.032>
- Ploos van Amstel, W., Balm, S., Tamis, M., Dieker, M., Smit, M., Nijhuis, W., & Englebert, T. (2021). *Gas op elektrisch: Servicelogistiek zero emissie de stad in*. (Publicatiereeks HvA Faculteit Techniek; No. 17).
- Taniguchi, E., & Thompson, R. G. (Eds). (2006). *Recent Advances in City Logistics: Proceedings of the 4th International Conference on City Logistics*. Elsevier.
- TNO/Topsector Logistiek (2020). *Decamod: zero-emissiezones in de praktijk*. Decamod effectrapportage WP1.2, 1.3 en 1.4.
- Tolentino-Zondervan, F., Bogers, E. A. I., & van de Sande, L. (2021). A Managerial and Behavioral Approach in Aligning Stakeholder Goals in Sustainable Last Mile Logistics: A Case Study in the Netherlands. *Sustainability*, 13(8), 4434. <https://doi.org/10.3390/su13084434>
- Trittin-Ulbrich, H., Scherer, A. G., Munro, I., & Whelan, G. (2021). Exploring the dark and unexpected sides of digitalization: Toward a Critical Agenda. *Organization*, 28(1), 8–25. <https://doi.org/10.1177/1350508420968184>
- van de Sande, L.F.L. van de, Lauche, K., Blazevic, V. & Ziggers, G.W. (2022). Vicious paradoxical cycles in organizing inter-organizational collaboration: A multiple case study on last-mile initiatives. *13th International Process Research Symposium: Rhodes* (2022, June 25 - 2022, June 28)
- van Duin, R., Quak, H., & Hendriks, B. (2019). Het exploiteren van een stadsdistributiecentrum: 7 lessen uit 10 jaar ervaring met Binnenstadservice. *Logistiek+, tijdschrift voor toegepaste logistiek*, 8, 36.



Logistiek in de leefbare stad

# Control tower aanpak voor verbetering van binnenstedelijke bouwlogistiek

Effectief uitwisselen van gegevens en informatie om de aansturing te verbeteren en bouwtransport te verminderen.

58

De bouwsector is verantwoordelijk voor een groot deel van het vrachtvervoer en de uitstoot ervan. Er wordt aangenomen dat het concept van control towers de sturing van de toeleveringsketen verbetert bij individuele bouwprojecten, maar ook op gebiedsniveau voor gelijktijdige projecten. Het doel van dit onderzoek was om de basis te leggen en de toegevoegde waarde aan te tonen van de toepassing van het concept van de Construction Logistics Control Tower (CLCT) in de stedelijke bouwlogistiek. Er is onderzocht hoe CLCT's kunnen helpen bij het effectief uitwisselen van gegevens en informatie om de aansturing te verbeteren en bouwtransport te verminderen.

Eerst werd vanuit stakeholderanalyse gekeken naar de motivaties van stakeholders bij het ontwerp van een CLCT. Het ontwerp is vervolgens toegepast op een case om logistieke efficiëntieverbetering te toetsen voor individuele projecten en bij gebiedsgerichte aanpak. Een case study onder geselecteerde stakeholders richtte zich op het inventariseren van kansen en voorwaarden voor het optimaliseren van de logistiek en het toepassen van centrale aansturing van de logistiek van gelijktijdige bouwprojecten in het centrum van Amsterdam. De studie toonde de toegevoegde waarde aan van een dergelijke centrale logistieke sturing om de transportbewegingen voor de betreffende bouwprojecten te verminderen, logistieke kosten te verminderen door gezamenlijke inzet van transport en overslag, en het materiaalgebruik en hergebruik te optimaliseren.

59

## Inleiding

De bouwsector wordt geconfronteerd met een reeks uitdagingen, zoals het aanpakken van mondiale en regionale woningtekorten en de klimaatverandering (Ministerie van Economische Zaken en Klimaat 2019). Ten eerste moeten de emissies gedurende het gehele proces, van bouw tot logistiek, worden teruggedrongen. Ten tweede stijgen de kosten als gevolg van mondiale handelsproblemen en strengere bouwvoorschriften. Ten derde wordt de sector, hoewel hij snel nieuwe bouwtechnieken adopteert, geconfronteerd met tal van obstakels op het gebied van de digitalisering. Het verbeteren van de coördinatie en samenwerking binnen de toeleveringsketen in de bouw zou een haalbare oplossing voor deze uitdagingen kunnen bieden (De Bes et al., 2018).

Er wordt aangenomen dat control towers logistieke problemen oplossen. Definities en toepassingen van een control tower lijken divers (Harmelink et al., 2024). Een vroege definitie door Bleda et al. (2014) was: "Een control tower fungeert als een gecentraliseerde hub die realtime gegevens uit de bestaande, geïntegreerde databeheer- en transactiesystemen van een bedrijf gebruikt om processen in de end-to-end supply chain te integreren en de bedrijfsvoering te verbeteren." Een recentere definitie is: "Een organisatorisch systeem dat IT gebruikt om een specifiek deel van de servicelogistiek supply chain te optimaliseren" (Harmelink et al., 2024). Control towers hebben het potentieel om supply chain-activiteiten tussen verschillende organisaties te integreren. Bij het integratieproces van activiteiten worden voordelen verwacht, zoals afvalreductie, hogere efficiëntie en productiviteitswinst.

In dit artikel richten we ons op een bouwlogistieke control tower; Construction Logistics Control Tower (CLCT), die specifiek gericht is op het beheersen en verbeteren van logistieke activiteiten in bouwprojecten. Eerder onderzoek naar praktische toepassingen van een CLCT is gedaan in duurzame bouwlogistiek in binnensteden (De Bes et al., 2018). Voortbouwend op de lessen die uit het bovengenoemde onderzoek zijn geleerd, onderzoeken we de CLCT in een case study in de stad Amsterdam. Vooral dichtbevolkte binnensteden brengen extra uitdagingen met zich mee voor de bouwactiviteiten. Het creëren van nul-emissiezones en beperkingen op bouwtransport zijn extra beperkingen in de toch al complexe situatie van stedelijke omgevingen.

### **Construction Logistics Control Tower: control tower concept voor logistiek management in de bouw**

Het CLCT-concept voldoet aan twee behoeften. Enerzijds is er vanuit maatschappelijk perspectief behoefte aan het terugdringen van specifieke milieueffecten zoals emissies, verkeersopstoppingen, schade aan wegen en incidenten. Aan de andere kant liggen er ook kansen om de efficiëntie van toeleveringsketens in de bouw en transportbewegingen te vergroten.

Om verdere potentiële voordelen aan te pakken, spelen de uitdagingen voor de stedelijke bouwlogistiek een rol. Deze uitdagingen zijn er, vooral als gevolg van de effecten van de bouwlogistiek. De bouwsector heeft problemen met de onzekerheden rond de toeleveringsketen van de bouw (Peiris et al., 2022), waardoor stedelijke bouw moeilijk wordt. Momenteel moet de hedendaagse bouwlogistiek worden gerealiseerd met geen of lage emissies; dit is mogelijk maar vereist een goede planning, goede samenwerking tussen belanghebbenden en nieuwe technologie (Venas et al., 2020). Het concept van logistieke bouwcentra of hubs zou de lasten voor binnensteden kunnen verminderen en modulaire constructies kunnen realiseren waarbij verschillende belangen worden aangepakt die de industrie, klanten en overheid motiveren (Janne & Fredriksson, 2022).

Het kernprobleem ligt in het gebrek aan integratie van de toeleveringsketen in de bouwsector (Vrijhoef, 2011). Hoewel er voordelen worden beoogd, zoals het verlagen van de kosten, het verminderen van verspilling, het verkrijgen van een concurrentievoordeel, het creëren van waarde en het vergroten van het vertrouwen in de planning. Hoewel supply chain management onderzocht en toegepast is in de bouwsector, bestaan er nog steeds wijdverspreide problemen in de toeleveringsketens in de bouw (Papadopoulos et al., 2016). Als een CLCT toegepast gaat worden, zou er een vorm van supply chain-integratie moeten plaatsvinden om de problemen op te lossen. De bouwsector kent echter veel kleine en middelgrote ondernemingen (MKB) met een grotere scepsis ten aanzien van praktijken op het gebied van supply chain management (Dainty Millett, & Briscoe, 2001). De aanzienlijke fragmentatie van partijen in de toeleveringsketen van de bouw beperkt zelfs de niveaus van integratie die haalbaar zijn (Briscoe & Dainty, 2005). Daarom moeten dergelijke partijen erbij worden betrokken, niet alleen door louter stakeholdermanagement, maar ook door de praktische voordelen te laten zien van betrokkenheid bij het bouwen van CLCT-oplossingen.

Veel onderzoeken hebben de potentiële voordelen van supply chain management in de bouwsector onderzocht. Vooral op het gebied van transport zijn de potentiële voordelen enorm, aangezien 39 tot 58 procent van de totale logistieke kosten wordt toegeschreven aan het transport van goederen (Ying, Tookey, & Seadon, 2018). Voordelen zijn in de praktijk aangetoond, met een transportreductie van 50 tot 65 procent in de afbouwfase en 80 procent in de constructieve fase van bouwprojecten (De Bes et al., 2018). Extra besparingen als gevolg van een beter beheer van de supply chain-brede bouwlogistiek zullen ook resulteren in betere logistieke prestaties ter plaatse (Sundquist et al., 2018).

61

Een CLCT zou een hulpmiddel of facilitator kunnen zijn van het supply chain management-proces in de bouwsector. Andere supply chain control tower-toepassingen laten zien dat integratie een combinatie van technologie en coördinatie vereist om een intelligente supply chain te realiseren (Vlachos, 2023). Een CLCT zou een open platform kunnen zijn dat de noodzakelijke informatie faciliteert voor alle belanghebbenden die betrokken zijn bij bouwprojecten, en informatiediensten levert aan bewoners en het bredere publiek rond bouwprojecten (Tesselaar, 2020).

### Onderzoeksaanpak

In dit onderzoek hebben we eerst een CLCT-referentiearchitectuur ontwikkeld en getest bij een groep bedrijven en projecten. We hebben de enterprise-architectuurbenadering toegepast (Ross et al., 2006) waarbij de architectuurontwikkeling in wezen wordt gezien als de ontwikkeling van een bedrijfsstrategie. Het richt zich op een zogenaamd kerndiagram voor de lange termijn enterprise-architectuur, zoals we in het volgende hoofdstuk hebben toegepast.

We hebben de drie stappen van de aanpak op maat gemaakt:

1. Beslis over het exploitatiemodel voor stedelijke bouwlogistiek,
2. Ontwikkel het kerndiagram voor een CLCT voor meerdere bouwprojecten, en
3. Zet een IT-betrokkenheidsmodel op voor de bouwbedrijven en de gemeente.

Voor dit onderzoek lag de nadruk echter op de eerste twee stappen, omdat IT-implementatie in het geval van de CLCT een langetermijnproces is, dat de inzet van belanghebbenden buiten de bouwprojecten vereist.

We onderzochten en testten de toepasbaarheid en het effect van het CLCT-ontwerp in de use case van de logistiek van gelijktijdige stedelijke bouwprojecten in Amsterdam. Het consortium omvatte de gemeente, bouw- en logistieke bedrijven en een IT-leverancier. De groep verschaftte inzicht in hun huidige supply chain en logistiek en de winst in efficiëntie en kostenbesparingen, wanneer transportprocessen zouden worden geïntegreerd en gecontroleerd, gesimuleerd door toepassing van de CLCT.

## Het ontwerpen van een CLCT: Strategisch en operationeel

62

In dit hoofdstuk ontwerpen we de CLCT in meerdere stappen. Eerst beschrijven we de onderliggende casus die ten grondslag ligt aan het ontwerp van de enterprise-architectuur, namelijk infrastructuurprojecten die plaatsvinden in het historische centrum van Amsterdam. Ten tweede conceptualiseren we de contouren van een CLCT met verschillende perspectieven en beperken we deze tot toepasbare oplossingen. Ten derde transformeren we de schets in een CLCT-prototype; een enterprise-architectuur voor een CLCT met twee lagen: een strategische CLCT en een operationele CLCT.

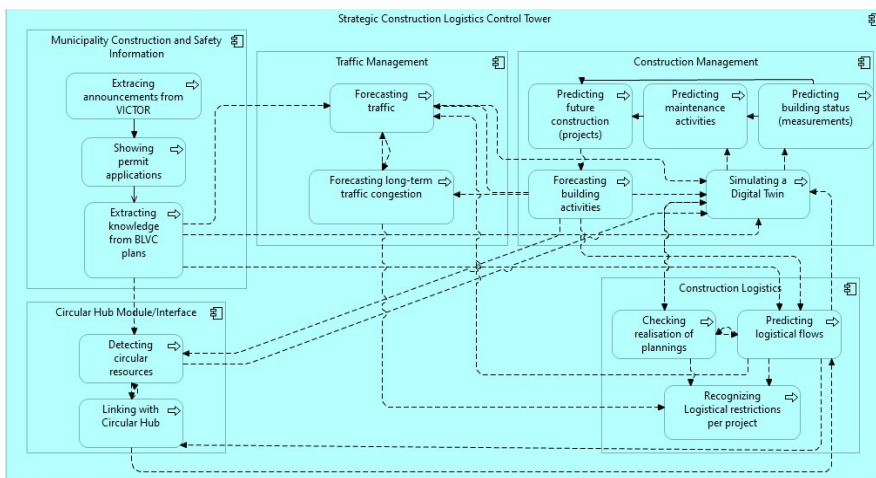
### Ontwerp strategische CLCT

De strategische CLCT richt zich op de lange termijn inclusief verkeerkundige randvoorwaarden en globale sturing van bouwtransport en de bouwlogistiek vanuit oogpunt van de omgeving en vergunningen. Op basis van de door individuele belanghebbenden beschreven functionaliteitsbehoeften en -eisen is de toepassing van de strategische CLCT echter breder. Eerst bespreken we de bedrijfsprocessen die de strategische CLCT ondersteunt. Vervolgens leggen we de functionele componenten van de CLCT uit en hun onderlinge afhankelijkheden.

De CLCT ondersteunt hoofdzakelijk twee functies. De eerste is de bouwcoördinatie- en communicatiefunctie. Meestal is een gemeente verantwoordelijk voor het bereikbaar houden en functioneren van een stad volgens reguliere normen. Ze zijn echter afhankelijk van de manier waarop andere belanghebbenden in het bouwlandschap met hen samenwerken, waaronder bouwbedrijven, transportbedrijven, lokale overheden en burgers.

Het strategische CLCT ondersteunt de gemeente bij het bereikbaar houden van de stad, het in goede banen leiden van het verkeer zodat hinder tot een minimum wordt beperkt, het informeren van belanghebbenden bij mogelijke belemmeringen en het realiseren van ambities op stedelijk niveau zoals op het gebied van duurzaam en multimodaal vervoer.

Aan de andere kant ondersteunt de CLCT meer op winst gerichte bedrijfsfuncties gericht op efficiënte bouwlogistiek en projectmanagement. Bouwbedrijven zijn vooral geïnteresseerd in het realiseren en uitvoeren van bouwprocessen. Deze worden echter meestal veroorzaakt door bouwklanten. Enkele kritische bedrijfsprocessen die de strategische CLCT ondersteunt zijn het beheren van bouwactiviteiten, het realiseren van bouwlogistiek, het onderhouden van gebouwde activa en, voor sommige organisaties, het bouwen van gebouwen met circulaire grondstoffen.



**Figuur 1** Strategische CLCT inclusief interne functies en relaties (Harmelink et al 2024)

Figuur 1 toont de functies binnen de strategische CLCT en hun onderlinge relaties. De afzonderlijke componenten hebben allemaal een unieke rol in de CLCT. De gemeentelijke bouw- en verkeersinformatie is een informatiebron die input levert aan andere applicaties zoals verkeersmanagement, maar ook informatie doorgeeft aan de digitale tweeling in de bouwmanagementomgeving. Deze module en de module verkeersmanagement richten zich meer op de maatschappelijke impact van bouwactiviteiten. Bij de validatie van de strategische CLCT in de Amsterdamse casus is met name deze gegevensbron besproken en in twijfel getrokken, omdat de genoemde gegevens vaak onvoldoende, laat en onvoldoende gestructureerd zijn om te worden geëxporteerd en gebruikt voor logistieke

optimalisatie en beheer. De gemeente wordt aangespoord om bruikbare formaten te ontwikkelen voor de gegevensinvoer van belanghebbenden en initiatiefnemers van lokale bouwwerkzaamheden, en de daaropvolgende gegevensverwerking tot bruikbare parameters voor logistieke optimalisatie, visualisatie en beheer van gelijktijdige projecten die plaatsvinden in stedelijke gebieden.

Het strategische CLCT kan worden gezien als een planningsplatform voor alle betrokken partijen om projecten ongeveer 1 tot 2 jaar vóór uitvoering in kaart te brengen, waarbij wordt geanticipeerd op projectactiviteiten en verkeersstromen. Het strategische CLCT fungeert als informatiebron die alle partijen een gemeenschappelijk overzicht geeft van de bouwschema's en de gevolgen voor de bouwlogistiekstromen en -transporten op het niveau van een stedelijk gebied of wijk. De beoogde strategische CLCT houdt het overzicht up-to-date met de laatste wijzigingen en voorspellingen van de verschillende bouwprojecten in het stadsgebied en laat de cumulatieve impact zien van deze bouwlogistiek transportstromen op het bestaande verkeer. Deze laatste functionaliteit vereist een koppeling met het gemeentelijke verkeersmodel.

64

De strategische CLCT wordt ondersteund door externe technologieën en data. Technologieën omvatten externe toepassingen, standaarden of gegevens die aan de CLCT zijn gekoppeld. We erkennen meerdere identificeerbare technologieën die belangrijk zijn. Logistieke normen zijn een absolute noodzaak voor de module bouwlogistiek. Omdat bedrijven verschillende datastandaarden hebben, zou het verstandig zijn om op zijn minst verbinding te maken met standaarden voor het delen van logistieke gegevens om de interoperabiliteit van de strategische CLCT voor alle verbonden gebruikers mogelijk te maken.

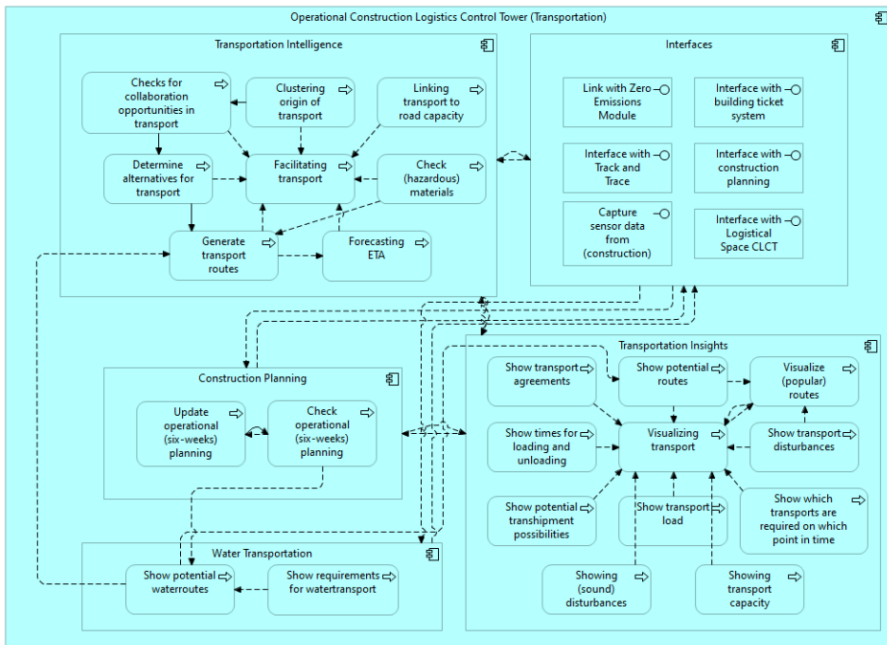
### **Ontwerp operationele CLCT**

De tweede laag van de CLCT is de operationele CLCT, die zich onderscheidt van de strategische CLCT door zich meer te richten op het daadwerkelijke transport en de operationele besluitvorming op de korte termijn. We herkennen vijf modules in de operationele CLCT: transportinzichten, transportintelligentie, watertransport, bouwplanning en interfaces met externe gegevens en bronnen.

In overeenstemming met de strategische CLCT beschikt de operationele CLCT over een reeks functies en technologieën die deze ondersteunen (Figuur 2). Ook hier kunnen openbare gegevens van de overheid worden gebruikt om de huidige status van de wegen, waterwegen en aanvullende infrastructuren zoals bruggen, verkeersintensiteiten en de technische status van wegen weer te geven. Het belangrijkste is echter dat de operationele CLCT gekoppeld moet worden aan de transportsystemen van derde partijen. Deze systemen zijn transportmanagementsystemen (TMS) of vrachtmanagementsystemen (FMS) en kunnen gekoppeld worden aan de operationele CLCT. De CLCT zelf zou kunnen



functioneren als een gedeeld transportcontrolesysteem, maar er zijn ook initiatieven waarbij transporteurs hun afzonderlijke systemen onderling met elkaar verbinden. Deze systemen moeten worden ondersteund door standaarden zoals het Open Trip Model (OTM), zoals het digitaal ondertekenen van transportleveringen. Er moet gebruik worden gemaakt van de AIS-gegevens over watertransport, die relatief eenvoudig te verkrijgen en te implementeren zijn.



**Figuur 2** Operationele CLCT inclusief interne functies en relaties (Harmelink et al 2024)

## Toepassing van de CLCT in case study Amsterdam

### Case study Amsterdam: kadewerkzaamheden Programma Bruggen en Kademuren

Voor dit onderzoek hebben we gekeken naar de use case van infrastructuurwerken in Amsterdam. Amsterdam heeft een unieke geschiedenis met haar binnenstad, vooral door de combinatie van dichtbevolkte straten gecombineerd met waterwegen. Het Wallengebied is over de weg moeilijk bereikbaar. Daarom stimuleert de gemeente het gebruik van waterwegen voor logistieke doeleinden. Historisch gezien waren de waterwegen een middel om goederen van en naar de pakhuizen aan het water te vervoeren. De gemeente wil nu en in de toekomst het gebruik van deze waterwegen graag zien toenemen om de druk op de drukke wegen en kades te verlichten, de schade aan wegen, kades en bruggen te verminderen en de leefomgeving, verkeersveiligheid en bereikbaarheid van het gebied.

In 2020 heeft de gemeente Amsterdam het meerjarige Programma Bruggen en Kademuren (PBK) (Gemeente Amsterdam 2020) vastgesteld om in de stad 800 van de 1.800 bruggen en 200 van de 600 kilometer kademuren te herstellen. Deze objecten bleken in kritieke staat te verkeren en in 2020 stortte zelfs een kademuur volledig in. Met name in de historische binnenstad zijn de eerste projecten van het PBK-programma in gebruik genomen en in 2023 gestart. Naast het PBK-programma voert de stad ook een parallel onderhoudsprogramma uit om trottoirs door de hele stad te renoveren. Vaak worden kademuren, bruggen en trottoirs, inclusief ondergrondse infrastructuur, als geïntegreerd cluster per locatie gerenoveerd (Figuur 3).

66

In de Amsterdamse casus ging het om lokale infrastructuurwerken en vaak zijn er geen digitale modellen van objecten beschikbaar, maar alleen ruwe data, ruwe plannen en schematische overzichtstekeningen. In de casus hebben we twee casestudies gedaan naar de logistiek van twee sets van drie gelijktijdige nabijgelegen projecten: twee kademuurrenovaties en één straatrenovatie. Het doel van beide casestudies was het onderzoeken en beoordelen van het potentieel voor gecombineerde logistiek en transport gericht op het verminderen van transportbewegingen. De zoektocht in beide casestudies was het vinden van logistieke optimalisatie wanneer de logistiek van de drie projecten werd gecombineerd en gecontroleerd door een centrale CLCT in plaats van individueel per project te worden gecontroleerd.

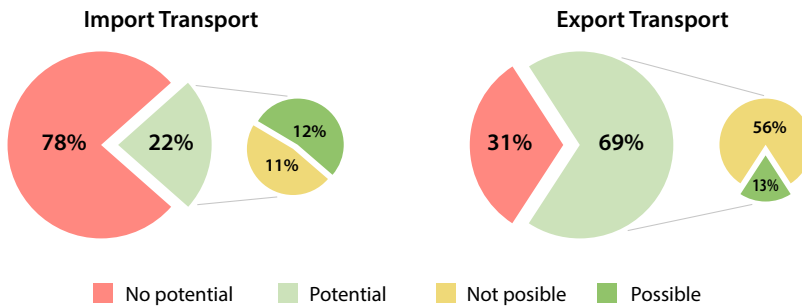


Typerende situatie van een kademuurvernieuwing gecombineerd met maaiveldvernieuwing

De eerste case study betrof een case uit het verleden en bekeek transportregistraties achteraf gezien na afronding van drie gelijktijdige projecten. In deze case study lieten de registraties een reductie zien van 7% van de lege transporten wanneer de ladingen van de drie projecten waar mogelijk werden gecombineerd. Er werd nog een reductie van 7% gevonden als sommige projectactiviteiten en materiaalstromen van de drie projecten in de tijd zouden zijn verschoven, en transporten nog meer hadden kunnen worden gecombineerd (Figuur 4). De conclusies van de eerste casestudy zijn gebruikt als input voor het ontwerp van de CLCT.



68



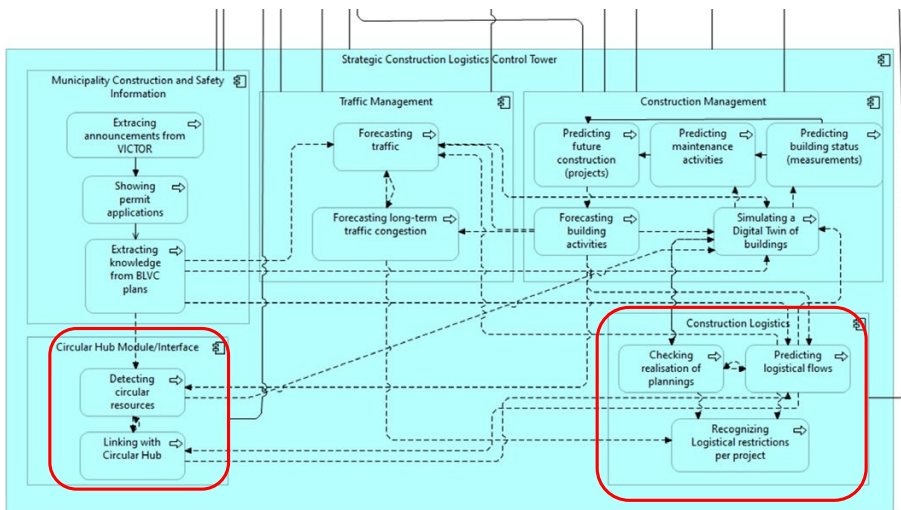
Stage	Saved unused tkm	% of total unused tkm
Initial (=15.235 tkm)	0	-
Possible	1.000	7%
Control Tower	1.135	7%
<b>Total</b>	<b>2.135</b>	<b>14%</b>

**Figuur 3** Eerste case study van gecombineerde transporten op basis van transportregistraties achteraf (Kemerink 2023)

De tweede case study was een live case gebaseerd op projectplanning en stuklijsten van drie andere projecten vóór de start van die projecten. In deze case study werd het strategische en operationele CLCT-ontwerp toegepast om vooraf het geval van gecombineerde transportreducties te maken en te beoordelen.

### Toepassing van de strategische CLCT

Bij de toepassing van de strategische CLCT op de tweede case study is in onderstaand functioneel ontwerpdiagram een aantal functies geselecteerd, waardoor de case study beperkt wordt tot die functies van de CLCT die vooral gericht zijn op het reduceren van transportbewegingen (Figuur 5).



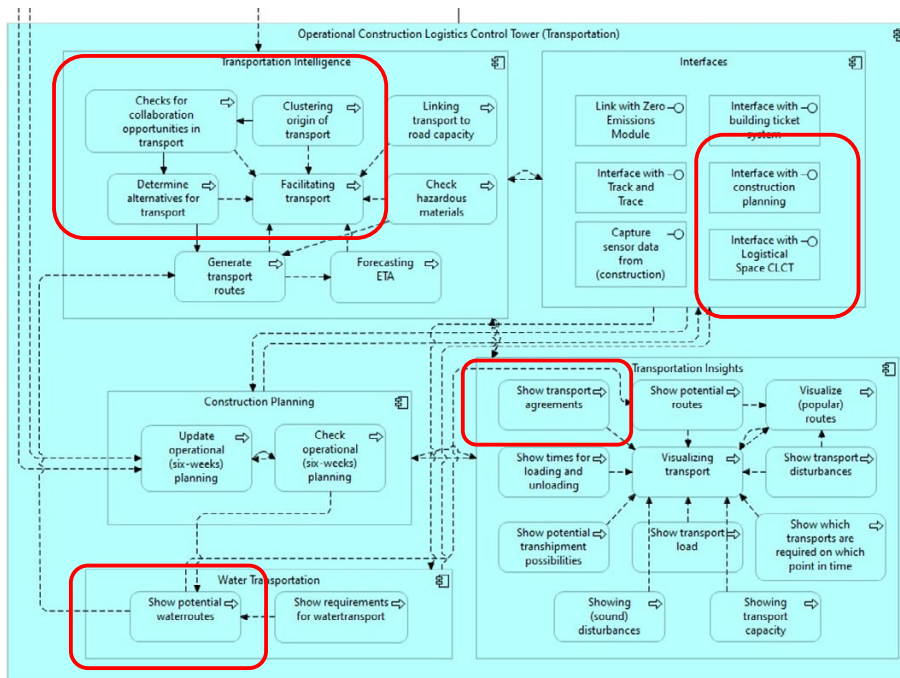
69

**Figuur 4** Geselecteerde functies van de strategische CLCT die getest zijn in de tweede case study

De strategische CLCT-functies dienden vooral om to-site- en retourstromen te kunnen afleiden op basis van ontwerp- en opdrachtgegevens van gemeente en ingenieursbureaus in de voorbereidings- en ontwerpfase. In deze fase waren ruwe berekeningen en balancerings van materiaal- en afvalstromen mogelijk, inclusief het schatten van het aantal transportbewegingen in het conventionele basisscenario.

### Toepassing van de operationele CLCT

Voor de toepassing van de operationele CLCT is in het onderstaande functionele ontwerpdiagram tevens een aantal functies geselecteerd, waardoor de case study beperkt is tot het operationele niveau (Figuur 6).



**Figuur 5** Geselecteerde functies van de operationele CLCT die getest zijn in de tweede case study

De geselecteerde functies vertegenwoordigen met name de 'handel' tussen transporten van de weg naar het water, tussen projecten, en tussen stromen naar de locatie en de retourstromen, inclusief de beschikbaarheid van logistieke ruimte om inkomende materialen op te slaan en te bufferen, evenals herbruikbare materialen in de nabijheid van de projecten.

In de case study is de planning van de kademuuren als uitgangspunt genomen omdat dit het meeste werk met zich meebracht; de kademuurwerken, bestrating, ondergrondse infrastructuur inclusief riolering. Enkele werken van de parallelle aannemers werden in de casestudy opgenomen. Het meeste transport vond al via water plaats. De zaak slaagde erin om alle resterende landtransporten over te dragen naar watertransporten.

De nabijgelegen bestratingswerkzaamheden waren minder omvangrijk en het transport vond traditioneel over de weg plaats. Ook deze transporten zouden als alternatief via de waterwegen kunnen plaatsvinden en gecombineerd kunnen worden in de transportplanning van de kademuurwerken. Van een aantal activiteiten is de planning realistisch in de tijd verschoven, zodat deze optimaal in de kademuurtransportplanning zouden passen.

Voor de beoordeling zijn modulaire scenario's doorgerekend op basis van de inputgegevens uit de planning en stuklijsten van de betrokken projecten. Elk scenario voegde een logistieke maatregel toe om de transportefficiëntie te verbeteren, d.w.z. het verminderen van transportbewegingen:

1. Klassiek = afzonderlijke projecten en conventionele logistieke aansturing, niet-volledige vrachtwagen- en binnenvaartladingen,
2. Bundelen = trajectoptimalisatie, zoveel mogelijk deelladingen van en naar locatie bundelen,
3. Modal shift = maximaliseren van transport via water,
4. Combineren = transporten tussen projecten combineren,
5. Herplannen = projectactiviteiten opnieuw plannen zodat transporten tussen projecten nog beter aansluiten,
6. Circulair = herbruikbare materialen dichtbij projecten opslaan voor direct hergebruik tussen projecten.

Elk toegevoegd scenario resulteert in een vermindering van het aantal schepen en vrachtwagens. In het geval van een modal shift-scenario worden ongeveer vier wegtransporten vervangen door één scheepsbeweging.

**Tabel 1** Doorrekening van transporten in conventioneel scenario 1 versus CLCT scenario 2-6

**Conventional scenario 1** Resultaat CLCT Optimaal

		Klassiek	CLCT	Vershil	%
<b>Vrachtwagens</b>	Heen	185	0	-185	-100%
	Terug	154	0	-154	-100%
<b>Schepen</b>	Heen	34	93	59	174%
	Terug	18	45	27	150%

**CLCT scenario -6** Resultaat lokaal opslaan straatstenen

		Klassiek	CLCT	Vershil met ritten + opti	%
<b>Vrachtwagens</b>	Heen	-	0	-185	[-]
	Terug	-	0	-154	[-]
<b>Schepen</b>	Heen	-	80	59	-13%
	Terug	-	29	27	-17%

Al met al resulteerde de reductie van het conventionele scenario 1 'klassiek' (zie figuur 7) naar het CLCT scenario 2-6 in een reductie van het transport met 20% (zie tabel 1). Dit ondersteunt de veronderstelling dat in klassieke scenario's en projecten die hun logistiek individueel organiseren, veel transporten niet helemaal vol zijn. Met andere woorden: een toenemende reductie van het aantal transporten is mogelijk als meerdere projecten deelladingen weten te bundelen, elkaars beschikbare laadruimte benutten, de planning zo inrichten dat ladingen gebundeld kunnen worden en er herbruikbare materialen op of nabij de projecten achterblijven voor hergebruik.

**Tabel 2** Vergelijk tussen scenario 1 (conventioneel) versus scenario 2-6 (CLCT)

	Conventioneel scenario 1	CLCT scenario 2-6
Vrachtwagens naar bouw	185	0
Vrachtwagens retour	154	0
Schuiten naar bouw	34	80
Schuiten retour	18	29
<b>Totaal, uitgedrukt in vrachtwagenladingen</b>	547	436 = 80%

72

## Conclusie

We hebben twee versies van de CLCT onderscheiden, namelijk een strategische versie die prioriteit geeft aan langetermijnplanning en -doelstellingen vanuit de omgeving, en een operationele versie die zich richt op operationele aansturing van bouwprocessen en projectactiviteiten van bedrijven op de kortere termijn.

De CLCT is toegepast in een concrete case study van gelijktijdige infrastructuur projecten -vernieuwing van kademuuren en herinrichting van straatwerk- in het centrum van Amsterdam. Daarbij zijn geselecteerde functies van de CLCT binnen de case study vormgegeven en getest.

Voor succesvolle toepassing van de CLCT zijn zowel de logistieke parameters van daadwerkelijke projecten beoordeeld, als de functies vergeleken met bedrijfs- en projectprocessen en gegevensbronnen van deelnemende bedrijven. We hebben ontdekt dat de CLCT de collectieve projectsturing en de logistiek verbetert, en de processen van de bedrijven verbindt. Gezamenlijke planningsscenario's leidden tot 20% minder transportbewegingen.



Er zijn bovendien mogelijkheden voor het gecombineerd verbeteren van de transport-efficiëntie en duurzaamheid, zowel vermindering van emissies als toename van circulair hergebruik van materiaal.

Wij hebben de effecten geanalyseerd van diverse logistieke scenario's -van ladingbundeling tot materiaalhergebruik- en de potentiële voordelen daarvan voor de bedrijven, de gemeente en de omgeving. De scenario's leidden tot weinig belemmeringen. Er zijn kansen geïdentificeerd bij het verder implementeren van de CLCT en bij het integreren van de CLCT in de omgeving en processen van gemeenten en bedrijven.

Voor de verdere ontwikkelingen en bredere toepassing van CLCT's is vastgesteld dat vroege inzet van een CLCT, verplicht gebruik van de CLCT en datadeling, en meer geautomatiseerde benaderingen en digitale technologieën bevorderlijk zijn voor effectiviteit en succes van control towers.

## Dankwoord

Dit artikel is gebaseerd op het onderzoeksproject 'Fundamentals for a Construction Logistics Control Tower (CLCT)'; gefinancierd door het TKI Dinalog. Het project was gericht op de ontwikkeling, toepassing en validatie van de strategische en operationele CLCT-ontwerpen in use case omgevingen. In deze paper is met name de use voor bouwwerkzaamheden in het centrum van Amsterdam gepresenteerd.

73

## Literatuur

- Bleda, J., Martin, R., Narsana, T., & Jones, D. (2014). Prepare for Takeoff with a Supply Chain Control Tower Enabling technologies for supply chain control towers. Originele bron [www.accenture.com](http://www.accenture.com).
- Briscoe, G., & Dainty, A. (2005). Construction supply chain integration: an elusive goal? *Supply Chain Management: An International Journal* 10(4), 319–326.
- Dainty, A.R.J., Millett, S.J., & Briscoe, G.H. (2001). New perspectives on construction supply chain integration. *Supply Chain Management: An International Journal* 6(4), 163–173.
- de Bes, J., Eckartz, S., van Kempen, E., van Merrienboer, S., Ploos van Amstel, W., van Rijn, J., & Vrijhoef, R. (2018). *Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woningen utiliteitsbouw: ervaringen en aanbevelingen*. Delft University of Technology.
- Gemeente Amsterdam (2020). *Programmaplan Bruggen en Kademuren*. Vastgesteld door het college van B en W van de Gemeente Amsterdam op 14 april 2020.
- Harmelink R., van Merrienboer S., Adriaanse A., van Hillegersberg J., Topan E., & Vrijhoef R. (2024). Constructing the Service Control Tower. Strategic and Operational Construction Logistics Control Tower. (under review).

- Janne, M., & Fredriksson, A. (2022). Construction logistics in urban development projects—learning from, or repeating, past mistakes of city logistics? *The International Journal of Logistics Management* 33(5), 49–68.
- Kemerink, R. (2023). *Combining Logistics Resources between Urban Construction Projects: A cross-sectional study for the city of Amsterdam*. Delft University of Technology.
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (2019) *Klimaatakkoord*. Den Haag, 28 juni 2019. Download d.d. 15 oktober 2024 van [www.klimaatakkoord.nl](http://www.klimaatakkoord.nl).
- Papadopoulos, G.A., Zamer, N., Gayialis, S.P., & Tatsiopoulos, I.P. (2016). Supply chain improvement in construction industry. *Universal Journal of Management* 4(10), 528–534.
- Peiris, P.A.N., Hui, F.K.P., Ngo, T., Duffield, C., & Garcia, M.G. (2022). Challenges in Transport Logistics for Modular Construction: A Case Study. In: *12th Proceedings of the 2021 International Conference on Structural Engineering and Construction Management*. pp. 501–510. Springer.
- Ross, J.W., Weill, P., & Robertson, D. (2006). *Enterprise architecture as strategy: Creating a foundation for business execution*. Harvard business press.
- Sundquist, V., Gadde, L.E., & Hulthen, K. (2018). Reorganizing construction logistics for improved performance. *Construction Management and Economics* 36(1), 49–65.
- Tesselaar, T. (2020). *Designing a construction logistics control tower for city development: A case study in Amsterdam Amstel III*. Delft University of Technology.
- Venas, C., Flyen, C., Fufa, S.M., Janne, M., Fredriksson, A., Brusselaers, N., Mommens, K., & Macharis, C. (2020). No or low emissions from construction logistics—Just a dream or future reality? In: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. vol. 588, p. 042003. IOP Publishing.
- Vlachos, I. (2023). Implementation of an intelligent supply chain control tower: a sociotechnical systems case study. *Production Planning & Control* 34(15), 1415–1431.
- Vrijhoef R. (2011). *Supply chain integration in the building industry: The emergence of integrated and repetitive strategies in a fragmented and project-driven industry*. Amsterdam: IOS Press. 321 p.
- Ying, F., Tookey, J., & Seadon, J. (2018). Measuring the invisible: A key performance indicator for managing construction logistics performance. *Benchmarking: an International Journal* 25(6), 1921–1934.





Greening Corridors

# Cross chain collaboration and sustainable development

76

This research aims to identify capabilities that can be used in the supply chain and protect these boundaries through collaboration.

**Ivo Randriamanantena**

NHL Stenden University of Applied Sciences

Nowadays, several initiatives are taken to achieve sustainable development. In this article, the capabilities of cross chain collaboration focusing on planetary boundaries and social thresholds will be explored. Despite past failures, it looks into ways for prioritizing these boundaries. This research aims to identify capabilities that can be used in the supply chain and protect these boundaries through collaboration. It outlines theoretical background, methodology, and categorizes collaboration types. Emphasizing horizontal collaboration, it delves into planetary boundaries and social thresholds, cross chain capabilities, and materiality in sustainability. Challenges like governance and data sharing are discussed, along with the necessity for government intervention. The paper concludes by stressing the multifaceted approach needed for sustainable development and the importance of cross chain collaboration in achieving it, alongside addressing associated challenges.

## Introduction

In recent years, national and international institutions have introduced various measures to promote sustainable development, such as the Paris Climate Agreement, the European Green Deal, Corporate Sustainability Reporting Directive, Nederland Circulair, and various subsidy schemes to promote zero-emission vehicles. Companies have taken various initiatives to reduce emissions, such as transitioning to renewable energy sources, reducing waste, promoting reuse and recycling, and investing in electric vehicles and energy-efficient production processes, as well as contributing to the development of organizations, society and the achievement of broad prosperity. Despite these initiatives, sustainable development has not been achieved.

Sustainable development can be determined by comparing actual resource use with planetary boundaries and actual social performance with social thresholds. Planetary boundaries refer to nine critical biogeochemical and physical processes essential for the functioning of Earth's ecological system. Social thresholds are the minimum standards for a society to achieve equity, justice, and inclusivity.

In recent years (2009 – 2023), the number of planetary boundaries which have been overshoot has increased, and furthermore, the degree of overshoot of these planetary boundaries has increased. The overshoot of planetary boundaries can lead to severe ecological problems, such as extreme weather and rising sea levels, and can seriously jeopardize the viability

of future generations on Earth. In recent years, although life expectancy and participation in education have increased, seven out of the eleven social thresholds are still not met (Fanning et al., 2022). Failure to meet social thresholds is already leading to increasing inequality, various tensions, and conflicts between societies, loss of human potential, and a decrease in social cohesion.

Therefore, in order to accomplish sustainable development, it is important to take action in a way which respects the planetary boundaries and social thresholds. One possible way to respect planetary boundaries is to set an emission budget per country or per sector (logistics, agriculture, industry, services, information and communications technology) (World Economic Forum, 2024). An emission budget for the logistics sector requires various supply chains to collaborate to maximize an efficient use of the budget, and, in case of an overshoot, to set priorities.

An emission budget applies not so much at the level of companies or supply chains, however, primarily at the level of multiple supply chains or 'cross chain'. Moreover, at this level, capabilities are required to safeguard planetary boundaries and social thresholds. Currently, it is unknown whether knowledge exists to support these capabilities at this level.

78

The aforementioned developments make it relevant to provide an overview of the current knowledge in the field of cross chain collaboration and especially to explore its capabilities to improve efficiencies and set priorities which safeguard planetary boundaries and social thresholds. Furthermore, by taking the planetary boundaries and social thresholds as a starting point for cross chain collaboration, we expect to more accurately describe how companies and supply chains can contribute to sustainable development. Finally, this paper intends to develop a research agenda for cross chain collaboration and sustainable development.

This leads to the following research questions:

1. What are the capabilities of cross chain collaboration to improve efficiencies which safeguard planetary boundaries and social thresholds?
2. What are the capabilities of cross chain collaboration to set priorities which safeguard planetary boundaries and social thresholds?

These research questions are addressed by comparing the current capabilities of cross chain collaboration regarding sustainable development with the capabilities required to safeguard planetary boundaries and social thresholds.

Capabilities can be subdivided into: processes, people, practices and technologies. This paper is structured as follows. Section 2 theoretical background focuses on cross chain

collaboration, planetary boundaries, and social thresholds. Section 3 explains the methodology. Section 4 describes the results of the literature review. Section 5 discussion. Section 6 conclusions. Section 7 opportunities for further research.

### Cross chain collaboration

Supply chain collaboration refers to the partnership process of independent firms in which two or more companies work together along a supply chain to plan and execute supply chain operations to achieve common goals and mutual benefits (Chen et al., 2017; Simatupang & Sridharan, 2008). Collaboration is essentially categorized into two types: vertical collaboration and horizontal collaboration (Baratt, 2004; Rodrigues et al., 2015). While there has been a strong focus on internal and vertical collaborations with suppliers and customers, there has been a lack of attention to horizontal collaborations with competitors and other organizations (Chen et al., 2017). Horizontal collaboration refers to cooperation among independent but related firms, where organizations operate and collaborate at the same level in the supply chain, in other words, independent but related organizations, regardless of whether they are competitors or non-competitors, such as companies or business units, working together to create mutual benefits, which can involve the alignment of internal business functions in order to coordinate and integrate processes between supply chain actors to meet customer requirements. (Abideen et al., 2023; Andriolo et al., 2015; Banomyong, 2018; Bodendorf, Dentler & Frankel., 2023; Karam , Reinau & Østergaard., 2021; Simatupang & Sridharan, 2008).

79

To promote and facilitate horizontal collaboration in logistics, the Dutch government launched in 2010 the cross chain collaboration center program, which is a specific initiative that functions as a practical application and framework (Cruijssen. & 't Hooft., 2020). A Cross chain collaboration center is a managerial approach to the movement of commodities, assets, and information that orchestrates multiple supply chains, coordinated and managed with the aid of the best modern technology, advanced software concepts, and top logistics professionals, in order to achieve efficiency and environmental friendly logistical solutions. (Fransoo et al., 2009; Cruijssen & 't Hooft, 2020; Van Schijndel & Braat, , 2012). A Cross chain collaboration center can be physical, virtual, or a mix of both (Dalmolen, Moonen, & van Hillegersberg ., 2015).

In terms of physical Cross chain collaboration center, "a Cross chain collaboration center as a legal entity performs supply chain management (SCM) or supply chain execution (SCE) activities, granted this responsibility by more than one legally independent partner in one or more supply chains" (De Kok, van Dalen & van Hillegersberg., 2015). In terms of virtual, or a mix of physical and virtual Cross chain control center, a Cross chain collaboration center is a control tower that takes care of the coordination of logistics activities for various shippers

and logistics service providers in order to provide a centralized, panoramic view of demand and supply-side trading network operations. (De Kok, van Dalen & van Hillegersberg, 2015; Trzuskawska-Grzesińska, 2017).

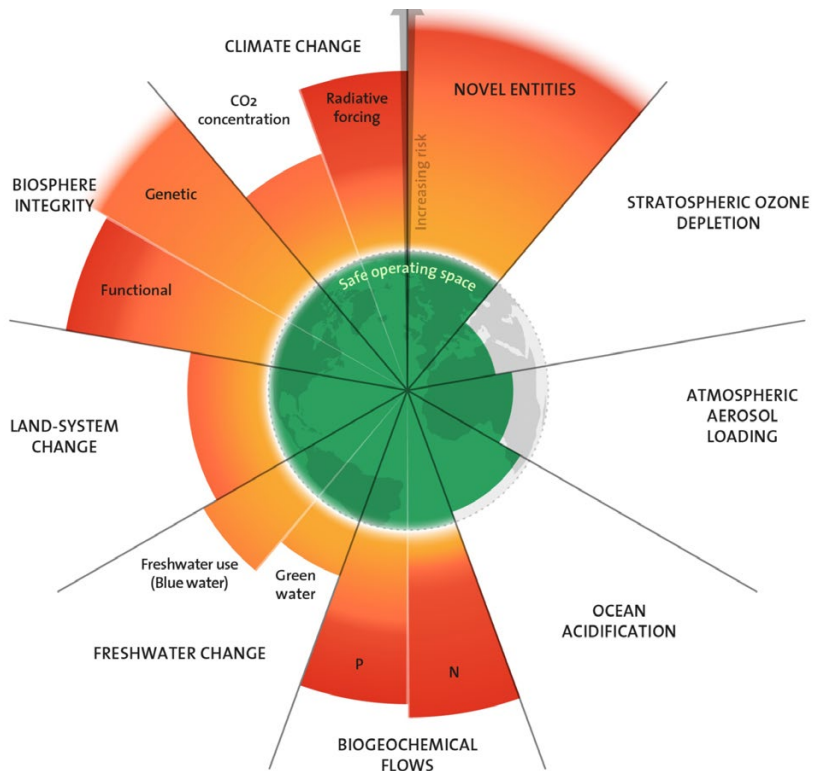
In terms of a mix of physical and virtual cross chain control center, a Cross chain collaboration center is a control tower, a centralized and dynamic platform that gathers, analyses, and displays data in real-time to monitor performance and allow the alignment of individual actions with broader strategic goals in order to facilitate decision-making at various levels (De Kok, van Dalen & van Hillegersberg, 2015; Greene & Caragher, 2015; IBM, 2023). A qualitative insight highlighted by Cruijssen & 't Hooft (2020) is that a control tower is a loose type of Cross chain control center, which can be used in order to implement Cross chain collaboration center. In fact, the Cross chain control center was launched by the Dutch government in 2010 to promote horizontal collaboration.

### **Planetary boundaries and social threshold**

The doughnut framework represents a safe and just space for humanity to thrive, ensuring that human wellbeing and planetary wellbeing are both assured and their interdependence is respected (Ferretto et al., 2022; Raworth, 2012). A just space represents the minimum requirements for human wellbeing, encompassing dimensions such as food, water, health care, and energy, which are essential for fulfilling human rights (Bate, 2009; Ferretto et al., 2022; Raworth, 2012; Van Peborgh, 2023).

Planetary boundaries represent a scientific framework that defines the safe space for humanity on Earth, which identifies limits for human activities within the Earth system to avoid causing irreversible environmental damage and destabilizing critical natural processes (BCG Global, 2024; Steffen et al., 2015; Sureth et al., 2023). The concept of planetary boundaries presents a set of nine planetary boundaries within which humanity can continue to develop and thrive for generations to come, where six of these nine boundaries have already been transgressed (Richardson et al., 2023).





**Figure 1** The planetary boundaries globally in 2023 (Richardson et al., 2023). Photo credit: Azote Images for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University

### Cross chain collaboration capabilities

One of the many ways to bridge the gap between global-scale Earth system science, local-scale social-ecological resilience, and sustainability is the application of models emphasizing horizontal as well as vertical collaboration (Häyhä et al., 2016). The implementation of a cross chain collaboration center promotes horizontal collaboration among companies (Crujssen & 't Hooft, 2020). The cross chain collaboration capabilities are horizontal collaboration, coordination and advanced information and communications technology architecture.

Horizontal collaboration aims to develop a cooperation framework for organizations, potential cost savings, and the reduction of road traffic, emissions, and costs (Leitner et al., 2011). Horizontal logistics collaborations come in many shapes in practice and encompass various dimensions (Leitner et al., 2011).

**Table 1** The process of horizontal collaboration. Adapted from : Cruijssen, 2012; Pomponi et al., 2013.

Identify partner based on:	Partnering:	Contracting	Management and control
• Motives	• Collaboration	Execution	Evaluation and process
• Objectives	• Resource management	Dispute resolution	improvement
• Competition			
Type of collaboration:	Negotiation		
• Intensity	Risk management		
• Directions for consolidation			

82

The cross chain collaboration center emphasized the importance of information and communications technology support and advanced information technology architectures to enable swift business-to-business integration, which is crucial for its successful operation. In this context, control towers emerge as a technological, organizational, and process-based solution for capturing product movement visibility (Greene & Caragher , 2015; De Kok, van Dalen & van Hillegersberg, 2015). The supply chain control tower integrates diverse technologies, people, and data across the supply chain for real-time information sharing and improved decision-making. (Deloitte, 2019; Gupta, 2022; Liotine, 2019; Patsavellas, Kaur & Salonitis, 2021; Vlachos, 2021; Vlachos, 2022). The control tower can give a centralized and holistic view of the entire supply chain, such as suppliers, manufacturers, transportation carriers, and third-party logistic vendors, in order to change the supply chain approach from reactive to proactive (Barthwal & Roy, 2020; Liotine, 2019).

### Materiality

Three main concepts of materiality in sustainability are single materiality, focusing on financial implications; double materiality, accounting for both financial and environmental impacts; and triple materiality, extending to include planetary boundaries and social thresholds (Mezanotte et al., 2024; Baumüller & Sopp, 2022; Alder, 2022; THRIVE, 2023).

Single materiality: The financial impacts of the environment on businesses are multifaceted and encompass various aspects such as the state of consumption, performance, legal aspects, natural risks, and societal demands. This shapes their practices and actions. (Da Rosa et al., 2015; Ecoact, 2021). In the Netherlands, the Rijksdienst voor ondernemend Nederland (2024), for instance, sets important international Corporate Social Responsibility laws and regulations for certain companies from European regulations and directives (examples: The European directive Corporate Sustainability Directive, European Deforestation Regulation, amongst many more)

Double materiality: There are multiple advantages to the implementation of cross chain collaboration center through horizontal collaboration and a supply chain control tower:

**Table 2** Literature talking about the advantages of the implementation of cross chain collaboration center through horizontal collaboration and supply chain control tower.

Advantages	Leitner et al., 2011	Van Schijndel et al., 2012	Crujssen, 2012	Pomponi et al., 2013	De Kok et al., 2015	Dalmolen et al., 2015	Deloitte, 2019	Liotine, 2019.	TKI Dinalog, 2020	Patsavellas et al., 2021	Vlachos, 2021	Gupta, 2022	Bodendorf et al., 2023
<b>Better environmental impact</b>	x	x	x	x	x	x			x				
<b>Financial benefits</b>	x	x	x		x	x			x	x			
<b>Efficiency in the logistics industry</b>	x	x	x	x	x		x		x	x			x
<b>Better service level</b>	x	x	x	x	x	x			x	x			
<b>Joint innovation and networking benefits</b>	x	x	x	x	x	x			x				x
<b>Better risk management</b>				x			x	x					
<b>Supply chain control tower for enhanced visibility</b>								x			x	x	
<b>Improved organizational model with supply chain control towers</b>								x		x	x	x	

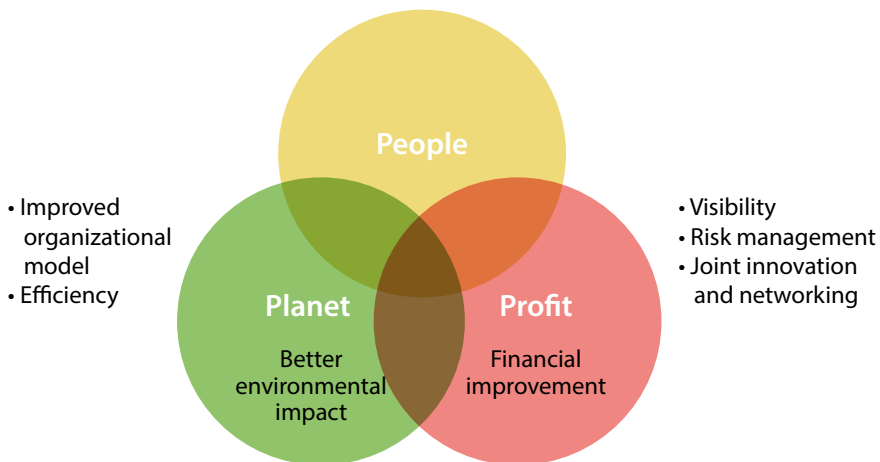
Despite most of the advantages of cross chain collaboration center not directly and entirely focusing on sustainability improvements, the other advantages, which are not explicitly linked to the environment, can nonetheless lead to sustainability gains.

Efficiency significantly impacts sustainability by optimizing resource management, reducing waste production, and conserving resources. It improves financial performance by reducing costs and reducing environmental impact. Efficiency also aids in decision-making in sustainable development initiatives and enhances employee productivity, contributing to social sustainability. It plays a crucial role in the triple bottom line, impacting environmental, social, and economic dimensions (adapted from Borza, 2014; Fu & Su, 2021; Mejias, Paz, & Pardo, 2016; Giménez, Sierra & Rodón, 2012.). Joint innovation, networking, and partnerships promote sustainability by promoting social values, developing industrial values, increasing productivity, creating blended finance partnerships, and fostering

accountability. They also improve understanding and action on sustainability challenges, such as waste, energy, and pollution (Davies, 2002; Hartman, Hofman & Stafford, 1999; Mirvis & Worley, 2014). Risk management is crucial for sustainability, assessing future generations' impact and limiting harm (Krysiak, 2009; Lenssen, Dentchev & Roger, 2014; Nobanee et al., 2021). Visibility in supply chain management helps create a sustainable competitive advantage, business performance, and responsible sourcing. It supports sustainability risk management and fosters modular designs for flexible supply chains (Kalaierasan et al., 2022). An improved organizational model involves refined decision-making, strategic planning, value cultivation, supply chain synchronization, and elevated management practices (Gupta, 2022; Liotine, 2019; Patsavellas, Kaur & Salonitis, 2021; Vlachos, 2021). It improves corporate social responsibility, fosters sustainability culture, and emphasizes waste reduction and participation (De Souza & Alves., 2018; Farfield, Harmon & Behson., 2011; Ketprapakorn & Kantabutra, 2022).

Studies show that supply chain collaboration has a statistically significant positive impact ( $p \leq 0.10$ ) on the triple bottom line (Giménez, Sierra & Rodón., 2012). The triple bottom line framework incorporates measuring the performances of the business and the success of a firm in three dimensions: economic, social, and environmental (Goel, 2010; Slaper & Hall, 2011). According to the sustainability outcomes of the capabilities of the cross chain collaboration from the preceding section, a classification of each capability relating can be drawn in regards to the triple bottom line:

84



**Figure 2** The cross chain collaboration capabilities

Triple materiality: Similar to the observation regarding cross chain collaboration center’s impact on sustainability, a notable characteristic is the focus on solely broad sustainability benefits without their specific influence on each planetary boundary or social threshold. ECLAC (2020), divides the concept of sharing planetary boundaries in two parts: resources and pollution. It is, therefore, possible to categorize each planetary boundary based on its core impact. Consequently, the diverse effects outlined in cross chain collaboration center advantages can be categorized as follows:

**Table 3** Cross chain collaboration center capabilities in relation to planetary boundaries and social thresholds

<b>Planetary boundaries</b>	Resources	Biosphere integrity	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Efficiency</li> <li>• Joint innovation and networking benefits</li> <li>• Visibility</li> </ul>	<b>Better environmental impact and risk management</b>
		Land-system change		
		Freshwater change		
	Pollution	Biochemical flows	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint innovation and networking benefits</li> <li>• Improved organizational model</li> </ul>	
		Ocean acidification		
		Atmospheric aerosol loading		
		Stratospheric depletion		
Novel entities				
Climate change				
<b>Social threshold</b>	Sustainable Development Goal focused		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Joint innovation and networking</li> </ul>	
	Corporate Social Responsibility focused		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Improved organizational model</li> <li>• Efficiency</li> </ul>	
	Responsible sourcing		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Visibility</li> </ul>	

### Setting priorities relative to planetary boundaries and social thresholds

When addressing environmental challenges, it is often difficult for countries, regions, industries, or companies to simultaneously address the entirety of sustainability issues. In addition, certain environmental concerns may also require greater attention or urgency than others. Consequently, there arises a necessity for prioritization. Furthermore, an essential component of this process involves the establishment of a framework or methodology to equitably distribute the responsibility for mitigating environmental impacts among countries, regions, industries, or companies.

Setting priorities relative to the planetary boundaries: Sharing approaches describe different ways in which the limited amount of available emissions can be shared amongst actors, such as countries, regions, cities, businesses, and supply chains. Sharing approaches are enacted by a metric which establishes a norm for sustainability. Subsequently, this norm is compared with the actual output to determine the sustainability of an actor.  $\text{Actual} / \text{Norm} < 1 = \text{Sustainable}$ .  $\text{Actual} / \text{Norm} > 1 = \text{Not sustainable}$ . Sharing approaches can be applied stand-alone or as a mix of sharing approaches and on a single scale or across multiple scales. A scale relates to a specific planetary boundary.

**Table 4** Sharing approaches and enacting metrics (adapted from Bai et al., 2024 and EAA, 2020)

Sharing approach	Description	Enacting metric	B	R
<b>Legacy</b>	Shares are in proportion to current or historical entitlements, ecological impacts, or environmental footprints generated by the entity (also referred to as grandfathering).	Per unit of emission	B	R
<b>Responsibility</b>	Shares are allocated by accounting for cumulative impacts and emissions or environmental footprints over time (that is, historical debt of individuals, nations, cities, sectors, businesses).	Per unit of cumulative emission over time	B	R
<b>Sovereignty</b>	Shares are in proportion to the current stocks and flows of natural capital in possession within territorial boundaries.	RR: consumption rate to regeneration rate NRR: consumption rate to adoption of sustainable alternatives rate Per Kg waste generated per time unit	B B B	R R R
<b>Economic contribution</b>	Shares are allocated in proportion to the current economic contribution of the country, sector, industry or company, for example, measured in contribution to gross domestic product.	Per € gross domestic product Per € revenue	B	R
<b>Social contribution</b>	Shares are allocated in proportion to the current contribution of the sector, industry or company to communities and wider society, for example, measured in numbers of people employed.	Per full-time equivalent employee Per € expenditure on wages and salaries Per € taxes paid	B B B	
<b>Resource efficiency</b>	Shares are determined for countries (or sub-national regions) on the basis of their current resource use efficiency relative to the global average level, benefiting those with higher efficiency, or where the largest efficiency gains can be expected.	Per unit of emission per ha cropland		R

<b>Capability</b>	Shares are allocated by accounting for the ability of an actor to take actions based on relative capabilities as a basis, for example, through financial means.	Per € gross domestic product per capita Per € revenue per full-time equivalent employee	B	R
<b>Basic needs and preferences</b>	Shares are allocated such that fulfilment of human basic needs comes first, before distributing the rest of the resources to other non-basic needs.	Per capita below a certain level of income Per Food Nutrient Adequacy		R R
<b>Equality</b>	Shares are in proportion to population size of the country, region or city.	Per capita		R
<b>Green incentive (merit)</b>	Shares are allocated in a manner that incentivizes or rewards companies with low emission intensity or higher shares of renewable energy use.	Per unit of energy required per unit of activity or output Per unit of water required per unit of activity or output Per unit of GHG emissions required per unit of activity or output Per share of renewable energy use	B B B B	
<b>Development rights</b>	Shares are allocated by accounting for the socioeconomic context of the country, in particular, the resources required to lift people out of poverty in the future.	Per Human Development Index (1) Per Life Expectancy Index Per Education Index Per GNI index Per Gini coefficient		R R B B B R

(1) Human Development Index = Life Expectancy Index, Education Index, and GNI index

B = enacting metric applies to businesses and supply chains; R = enacting metric applies to countries, regions, and cities  
RR = Renewable Resources; NRR = Non-Renewable Resource

Sharing approach relative to the social thresholds: Economies and societies should be seen as embedded parts of the biosphere. This vision is a move away from the current sectorial approach where social, economic, and ecological development are seen as separate parts. (Stockholm Resilience Center, 2016). Without societal progression and wellbeing, economic goals cannot be achieved, and vice versa, where societal goals will not be met when humanity misses its environmental goals or, more precisely, transgresses the Planetary Boundaries (Kammüller, 2021; Desing et al., 2020). Without societal progression and wellbeing, economic goals cannot be achieved, and vice versa, where societal goals will not be met when humanity misses its environmental goals or, more precisely, transgresses the Planetary Boundaries (Kammüller, 2021; Desing et al., 2020).

### Considerations

- Prior to the implementation of cross chain collaboration center, it is essential to address several key requirements and challenges. The large-scale implementation of cross chain collaboration center is hindered by barriers such as governance mechanisms, data sharing, unclear business models, or the lack of proper information and communications technology support (Dalmolen, Moonen, & van Hillegersberg, 2015).

- Another consideration is the potential costs associated with forming alliances among organizations and the entrepreneurial approach that a cross chain collaboration center could assume (De Kok, van Dalen & van Hillegersberg., 2015).
- While the cross chain collaboration center model primarily emphasizes support for horizontal collaboration, it is crucial to also consider the importance of vertical collaboration (De Kok, van Dalen & van Hillegersberg., 2015; Van Schijndel & Braat, ., 2012).
- The challenges with horizontal collaborations in logistics are multifaced and require establishing and maintaining trust, mutual understanding, long-term visions, and the allocation of benefits and workload among partners. (Crujssen, 2012; Pomponi et al., 2013).
- The objectives of the cross chain collaboration center program can only be achieved through government intervention. In fact, the government's support and sponsorship are of importance, indicating the role of government assistance in advancing the cross chain collaboration center concept and promoting collaboration within the logistics and supply-chain management sector. (De Kok, van Dalen & van Hillegersberg, 2015, Crujssen & 't Hooft, 2020).

## Conclusion

88

In conclusion, in this paper, we have presented the theoretical basis of cross chain collaboration and sustainable development. Sustainable development encompasses the planetary boundaries and the social boundaries by consecutively being the limits on the actions of humans on the limits of the planet Earth and meeting the needs of society. Integrating concepts like planetary boundaries and social boundaries into supply chain practices is imperative for ensuring both human and planetary wellbeing. Cross chain collaboration can play an important role in empowering horizontal collaboration.

Horizontal and vertical collaboration models can bridge the gap between global-scale Earth system science and local-scale social-ecological resilience and sustainability. Implementing a cross chain collaboration center promotes horizontal collaboration among companies, while horizontal collaboration aims to develop cooperation frameworks, cost savings, and reduce road traffic and emissions. The cross chain collaboration center also emphasizes information and communications technology support and advanced information technology architectures for successful operation, where control towers provide real-time information sharing, a centralized view of supply chain, and a proactive approach.

The environment's impact on businesses is multifaceted, influencing consumption, performance, legal aspects, natural risks, and societal demands. In the Netherlands, regulations are set from European directives. On the double materiality side, there are multiple effects of cross chain collaboration center which might not explicitly be linked to the environment but can nonetheless lead to sustainable outcomes. These outcomes can



then be categorized within the planetary boundaries and the social thresholds within the triple materiality. The prioritization of both planetary boundaries and social thresholds requires a framework to distribute responsibility, establishing sharing approaches.

The implementation of a cross chain collaboration center faces challenges such as governance mechanisms, data sharing, unclear business models, and lack of information and communications technology support. It also requires considering the costs of alliances and the entrepreneurial approach. Horizontal collaborations in logistics require trust, mutual understanding, long-term visions, and allocation of benefits and workload. Government intervention is crucial for achieving the objectives of the program and promoting collaboration within the logistics and supply chain management sector.

Alternative frameworks like cooperative game theory and carbon budget can be used to share planetary boundaries, promoting cooperation and addressing social and economic dimensions. Sustainability goes beyond environmental conservation, involving inclusive human development and a stable Earth system.

## References

- Abideen, A. Z., Sorooshian, S., Sundram, V. P. K., & Mohammed, A. (2023). Collaborative insights on horizontal logistics to integrate supply chain planning and transportation logistics planning – A systematic review and thematic mapping. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(2), 100066. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.100066>
- Alder, A. (2022). The materiality madness: Why definitions matter. In *The GRI Perspective: Vol. Issue 3* <https://www.globalreporting.org/media/r2oojx53/gri-perspective-the-materiality-madness.pdf>
- Andriolo, A., Battini, D., Grubbström, R. W., Persona, A., & Sgarbossa, F. (2014). A century of evolution from Harris's basic lot size model: Survey and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 155, 16–38. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.01.013>
- Bai, X., et al. (2024). Translating Earth system boundaries for cities and businesses. *Nature Sustainability*, 7(2), 108–119. <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01255-w>
- Banomyong, R. (2018). Collaboration in supply chain management: A resilience perspective. *International Transport Forum Discussion Papers*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/2410898x>
- Barratt, M. (2004). Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9(1), 30–42. <https://doi.org/10.1108/13598540410517566>

- Barthwal, A., & Roy, A. (2020). *Control towers: Solution for an integrated and efficient manufacturing supply chain*. LTMindtree. <https://www.ltimindtree.com/wp-content/uploads/2020/05/Control-Towers-Solution-for-an-integrated-and-efficient-Manufacturing-Supply-Chain.pdf?pdf=download>
- Bate, R. (2009). What is prosperity and how do we measure it? American Enterprise Institute for Public Policy Research. *AEI Development Policy Outlook*, (3). <https://www.aei.org/research-products/report/what-is-prosperity-and-how-do-we-measure-it/>
- Baumüller, J., & Sopp, K. (2021). Double materiality and the shift from non-financial to European sustainability reporting: Review, outlook and implications. *Journal of Applied Accounting Research*, 23(1), 8–28. <https://doi.org/10.1108/jaar-04-2021-0114>
- BCG Global. (2024). *Planetary boundaries*. <https://www.bcg.com/capabilities/climate-change-sustainability/nature-based-solutions/planetary-boundaries>
- Bodendorf, F., Dentler, S., & Franke, J. (2023). Digitally enabled supply chain integration through business and process analytics. *Industrial Marketing Management*, 114, 14–31. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2023.07.005>
- Borza, M. (2014). The connection between efficiency and sustainability – A theoretical approach. *Procedia Economics and Finance*, 15, 1355–1363. [https://doi.org/10.1016/s2212-5671\(14\)00599-1](https://doi.org/10.1016/s2212-5671(14)00599-1)
- 90 Chen, L., Zhao, X., Tang, O., Price, L. J., Zhang, S., & Zhu, W. (2017). Supply chain collaboration for sustainability: A literature review and future research agenda. *International Journal of Production Economics*, 194, 73–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2017.04.005>
- Cruijssen, F. & 't Hooft, D. (November 2020). *Inventarisatie Praktijkimpact 4C Use Cases November 2020*, TKI Dinalog
- Cruijssen, F. (2012). *CO<sup>3</sup> position paper: Framework for collaboration*. Tilburg University [https://research.tilburguniversity.edu/files/45898351/CO\\_framework\\_for\\_collaboration\\_full\\_report\\_February\\_2012.pdf](https://research.tilburguniversity.edu/files/45898351/CO_framework_for_collaboration_full_report_February_2012.pdf)
- Da Rosa, F. S., Guesser, T., Hein, N., Pfitscher, E. D., & Lunkes, R. J. (2015). Environmental impact management of Brazilian companies: Analyzing factors that influence disclosure of waste, emissions, effluents, and other impacts. *Journal of Cleaner Production*, 96, 148–160. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.035>
- Dalmolen, S., Moonen, H., & van Hillegersberg, J. (2015). Towards an information architecture to enable cross chain control centers. In *Cross-Chain Collaboration in the Fast Moving Consumer Goods Supply Chain* (pp. 111-122). Eindhoven University of Technology. [https://ris.utwente.nl/ws/files/5598040/2015\\_Dalmolen\\_Moonen\\_Hillegersberg\\_Towards%20an%20Information%20Architecture%20to%20enable%20Cross%20Chain%20Control%20Centers.pdf](https://ris.utwente.nl/ws/files/5598040/2015_Dalmolen_Moonen_Hillegersberg_Towards%20an%20Information%20Architecture%20to%20enable%20Cross%20Chain%20Control%20Centers.pdf)
- Davies, A. R. (2002). *Power, politics and networks: Shaping partnerships for sustainable communities*. Department of Geography, Trinity College, Dublin.
- de Kok, A. G., van Dalen, J., & van Hillegersberg, J. (Eds.). (2015). *Cross-chain collaboration in the fast moving consumer goods supply chain*. Technische Universiteit Eindhoven.

- De Souza, J. P. E., & Alves, J. M. (2018). Lean-integrated management system: A model for sustainability improvement. *Journal of Cleaner Production*, 172, 2667–2682. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.144>
- Deloitte. (2019). Distinctive traits of digital frontrunners in manufacturing. *Deloitte Insights*. <https://www2.deloitte.com/insights/us/en/focus/industry-4-0/digital-leaders-in-manufacturing-fourth-industrial-revolution.html>
- Desing, H., Brunner, D., Takacs, F., Nahrath, S., Frankenberger, K., & Hischier, R. (2020). A circular economy within the planetary boundaries: Towards a resource-based, systemic approach. *Resources, Conservation and Recycling*, 155, 104673. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104673>
- Ecoact. (2021). *Laying the foundations for transformation: Build a resilient and competitive business within planetary boundaries*. Ecoact. <https://www.climateaction.org/white-papers/eoact-whitepaper-laying-the-foundations-of-transformation>
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). (2020). *Building a new future: Transformative recovery with equality and sustainability* (LC/SES.38/3-P/Rev.1). Santiago, Chile.
- EEA & FOEN. (2020). Is Europe Living Within the Limits of Our Planet? An Assessment of Europe's Environmental Footprints in Relation to Planetary Boundaries. *Luxembourg, Federal Office of the Environment/European Environmental Agency*, 1, 61.
- Fanning, A. L., O'Neill, D. W., Hickel, J., & Roux, N. (2022). The social shortfall and ecological overshoot of nations. *Nature Sustainability*, 5(1), 26-36. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00799-z>
- Farfield, K. D., Harmon, J., & Behson, S. J. (2011). Influences on the organizational implementation of sustainability: An integrative model. *Organization Management Journal*, 8(1), 22-35. <https://doi.org/10.1057/omj.2011.3>
- Ferretto, A., Matthews, R., Brooker, R. W., & Smith, P. (2022). Planetary boundaries and the doughnut frameworks: A review of their local operability. *Anthropocene*, 39, 100347. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2022.100347>
- Fransoo, J. C., Van Laarhoven, P., & others. (2009). *Logistiek en Supply Chains: Innovatieprogramma*. Commissie van Laarhoven.
- Fu, W., & Su, C. (2021). The implications of efficiency differences in sustainable development: An empirical study in the consumer product industry. *Business Strategy and the Environment*, 30(5), 2489–2504. <https://doi.org/10.1002/bse.2759>
- Giménez, C. M., Sierra, V., & Rodón, J. (2012). Sustainable operations: Their impact on the triple bottom line. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 149–159. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.035>
- Goel, P. (2010). Triple bottom line reporting: An analytical approach for corporate sustainability. *Journal of Finance, Accounting, and Management*, 1(1), 27-42.

- Greene, M., & Caragher, N. (2015, September 17). Supply chain control tower: Providing greater visibility, flexibility and efficiency. *Logistics Viewpoints*. <https://logisticsviewpoints.com/2015/09/17/supply-chain-control-tower-providing-greater-visibility-flexibility-and-efficiency/>
- Gupta, A. (2022). What is a supply chain control tower — and what's needed to deploy one? *Gartner*. <https://www.gartner.com/en/articles/what-is-a-supply-chain-control-tower-and-what-s-needed-to-deploy-one>
- Hartman, C. L., Hofman, P., & Stafford, E. R. (1999). Partnerships: A path to sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 8(5), 255–266. [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1099-0836\(199909/10\)8:5](https://doi.org/10.1002/(sici)1099-0836(199909/10)8:5)
- Häyhä, T., Lucas, P. L., Van Vuuren, D. P., Cornell, S., & Hoff, H. (2016). From planetary boundaries to national fair shares of the global safe operating space — How can the scales be bridged? *Global Environmental Change*, 40, 60–72. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.06.008>
- Kalaiarasan, R., Olhager, J., Agrawal, T. K., & Wiktorsson, M. (2022). The ABCDE of supply chain visibility: A systematic literature review and framework. *International Journal of Production Economics*, 248, 108464. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108464>
- 92 Kammüller, J. (2021, December 15). The WWF 'One Planet Business Framework'. *Medium*. <https://justus-kammuller.medium.com/the-wwf-one-planet-business-framework-1662208484c5>
- Karam, A., Reinau, K. H., & Østergaard, C. (2021). Horizontal collaboration in the freight transport sector: Barrier and decision-making frameworks. *European Transport Research Review*, 13(1), 24. <https://doi.org/10.1186/s12544-021-00512-3>
- Ketprapakorn, N., & Kantabutra, S. (2022). Toward an organizational theory of sustainability culture. *Sustainable Production and Consumption*, 32, 638–654. <https://doi.org/10.1016/j.sp.2022.05.020>
- Krysiak, F. C. (2009). Risk management as a tool for sustainability. *Journal of Business Ethics*, 85(S3), 483–492. <https://doi.org/10.1007/s10551-009-0217-7>
- Leitner, R., Meizer, F., Prochazka, M., & Sihn, W. (2011). Structural concepts for horizontal cooperation to increase efficiency in logistics. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 4(3), 332–337. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2011.01.009>
- Lenssen, J., Dentchev, N., & Roger, L. (2014). Sustainability, risk management and governance: Towards an integrative approach. *Corporate Governance*, 14(5), 670–684. <https://doi.org/10.1108/cg-07-2014-0077>
- Liotine, M. (2019). Shaping the next generation pharmaceutical supply chain control tower with autonomous intelligence. *Journal of Autonomous Intelligence*, 2(1), 56. <https://doi.org/10.32629/jai.v2i1.34>

- Mejias, A., Paz, E., & Pardo, J. M. (2016). Efficiency and sustainability through the best practices in the Logistics Social Responsibility framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 36(2), 164–199. <https://doi.org/10.1108/ijopm-07-2014-0301>
- Mezzanotte, F. E. (2024). Corporate sustainability reporting: double materiality, impacts, and legal risk. *Journal of Corporate Law Studies*, 1–31. <https://doi.org/10.1080/14735970.2024.2319058>
- Mirvis, P. H., & Worley, C. G. (2014). Organizing for sustainability: Why networks and partnerships? In *Building Networks and Partnerships (Organizing for Sustainable Effectiveness*, Vol. 3), Emerald Group Publishing Limited, Leeds, pp. 1-34. [https://doi.org/10.1108/S2045-0605\(2013\)0000003005](https://doi.org/10.1108/S2045-0605(2013)0000003005) . [https://doi.org/10.1108/s2045-0605\(2013\)0000003005](https://doi.org/10.1108/s2045-0605(2013)0000003005)
- Nobanee, H., Hamadi, F. Y. A., Abdulaziz, F., Abukarsh, L. S., Alqahtani, A. F., AlSubaey, S. K., Alqahtani, S. M., & Almansoori, H. A. (2021). A bibliometric analysis of sustainability and risk management. *Sustainability*, 13(6), 3277. <https://doi.org/10.3390/su13063277>
- Patsavellas, J., Kaur, R., & Salonitis, K. (2021). Supply chain control towers: Technology push or market pull—An assessment tool. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, 3(3), 290–302. <https://doi.org/10.1049/cim2.12040>
- Pomponi, F., Fratocchi, L., Palumbo, M., & Tafuri, S. R. (2013). Horizontal collaboration in logistics: A comprehensive framework. *Research in Logistics & Production*, 3, 115-134. <https://doi.org/10.21073/rlp.2013.2-3.11>
- Raworth, K. (2016). a-safe-and-just-space-for-humanity-can-we-live-within-the-doughnut [Dataset]. In *Human Rights Documents online*. [https://doi.org/10.1163/2210-7975\\_hrd-9824-0069](https://doi.org/10.1163/2210-7975_hrd-9824-0069)
- Richardson, K. et al.(2023). Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9, eadh2458. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458>
- Rijksdienst voor ondernemend Nederland. (2023). *Internationaal MVO-wetten en -regels*. RVO.nl. <https://www.rvo.nl/onderwerpen/imvo-wetten-en-regels>
- Rodrigues, A., Stank, T., & Lynch, D. (2015). Logistics and supply chain management: *Creating value-adding networks*. *Journal of Business Logistics*, 36(1), 1-4. <https://doi.org/10.1111/jbl.12082>
- Simatupang, T. M., & Sridharan, R. (2008). Design for supply chain collaboration. *Business Process Management Journal*, 14(3), 401–418. <https://doi.org/10.1108/14637150810876698>
- Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). The triple bottom line: What is it and how does it work. *Indiana Business Review*, 86(1), 4-8.

- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., De Vries, W., De Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Stockholm Resilience Centre. (2016, June 14). *The SDGs wedding cake*. <https://www.stockholmresilience.org/research/research-news/2016-06-14-the-sdgs-wedding-cake.html>
- Sureth, M., Kalkuhl, M., Edenhofer, O., & Rockström, J. (2023). A Welfare Economic Approach to Planetary Boundaries. *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik*, 243(5), 477-542. <https://doi.org/10.1515/jbnst-2022-0022>
- THRIVE. (2023, November 1). *THRIVE Framework: Sustainability Materiality - THRIVE blog*. THRIVE Blog. <https://blog.strive2thrive.earth/thrive-framework-sustainability-materiality/>
- Trzuskawska-Grzesińska, A. (2017). Control towers in supply chain management– past and future. *Journal of Economics & Management*, 27, 114–133. <https://doi.org/10.22367/jem.2017.27.07>
- 94 van Peborgh, E. (2023, September 18). Measuring the social boundaries: a critical imperative for our world. *Medium*. <https://ernesto-87727.medium.com/measuring-the-social-boundaries-a-critical-imperative-for-our-world-6de9d30f3a66>
- van Schijndel, M. J. M., & Braat, J. J. M. (2012). *Vehicle Planning in Cross Chain Control Centers*. (CentER Discussion Paper; Vol. 2012-058). Tilburg: Econometrics.
- Vlachos, I. (2021). Implementation of an intelligent supply chain control tower: a socio-technical systems case study. *Production Planning & Control*, 34(15), 1415–1431. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.2015805>
- Vlachos, I. (2022). Supply chain Control towers: Integrative human, operational, and technological capabilities. *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. <https://index.ieomsociety.org/index.cfm/article/view/ID/173>
- World Economic Forum (2024). *What are the carbon budgets and how can they help us reach net zero?* <https://www.weforum.org/agenda/2024/03/carbon-budget-climate-change-net-zero/>





# Naar verduurzaming van de bruine zeilvloot: een TCO Analyse

96

De historische zeilschepen van de 'bruine vloot' varen grotendeels duurzaam zeilend, maar hebben aan boord ook oude dieselmotoren waarvoor schippers moderne en duurzame alternatieven moeten overwegen.

## **Bob Castelein**

Hogeschool Rotterdam, CoE HRTech; Rotterdam Mainport Institute

## **Ron van Duin**

Hogeschool Rotterdam, CoE HRTech, Technische Universiteit Delft

## **Maaïke Lycklama à Nijeholt**

Hogeschool Rotterdam, Kenniscentrum Business Innovation;  
Nyenrode Business Universiteit





De historische zeilschepen van de ‘bruine vloot’ varen grotendeels duurzaam zeilend, maar hebben aan boord ook oude dieselmotoren waarvoor – wanneer deze nu kapotgaan of op termijn wanneer strengere eisen aan uitstoot en geluid het gebruik ervan gaan beperken – schippers moderne en duurzame alternatieven moeten overwegen. Dit gaat om grote investeringen in bijvoorbeeld een moderne Stage 5 dieselmotor of een batterij-elektrisch systeem met een elektromotor en batterijpakketten. Om de investeringsopgave en kostenstructuur van deze motoren inzichtelijk te maken wordt in dit artikel een Total Cost of Ownership (TCO)-analyse gemaakt van deze twee alternatieven.

97

## Inleiding

De bruine zeilvloot omvat ongeveer 380 schepen die historisch van grote waarde zijn. Deze schepen zijn soms meer dan 100 jaar oud, en varen voornamelijk op het IJsselmeer en de Waddenzee. Waar deze vroeger gebruikt werden voor vrachtvervoer, hebben ze nu doorgaans een toeristische- en horecafunctie en worden ze gebruikt voor een- of meerdaagse zeiltochten voor groepen (families, bedrijven, schoolklassen etc.). Hoewel zeilschepen duurzaam varen, hebben de meeste schepen van de bruine vloot ook een dieselmotor aan boord. Deze gebruiken ze om te kunnen manoeuvreren in havens, en soms op groot vaarwater wanneer de wind wegvalt of de stroming ongunstig staat. Daarnaast hebben de schepen doorgaans een generator en CV op diesel om de ‘hotelfunctie’ van het schip van energie en warm water te kunnen voorzien.



Historisch zeilschip (foto: Yoeri Meulemans)

98

De schippers, die vaak zelfstandig ondernemer zijn, staan voor een grote verduurzamingsopgave. De Green Deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens is een praktische uitwerking voor de scheepvaartsector van het regeerakkoord van het kabinet Rutte III “vertrouwen in de toekomst” (Rijksoverheid, 2019; 2022). De belangrijkste doelstellingen van dit klimaatakkoord zijn:

- In 2030 de CO<sub>2</sub>-emissies van de Nederlandse binnenvaartvloot gereduceerd te hebben met 40% tot 50% ten opzichte van 2015;
- In 2050 een nagenoeg emissievrije en klimaatneutrale binnenvaart gerealiseerd te hebben.

Voor de schippers van de bruine vloot betekent dit dat ze een alternatief moeten vinden voor de oude dieselmotoren in hun schepen. Dit zijn veelal motoren uit de jaren 60 en 70, die in de schepen relatief weinig draaiuren maken (gemiddeld 173 uur per jaar, aangezien het grootste deel van de tochten zeilend wordt afgelegd), en met regelmatig onderhoud lang in bedrijf kunnen blijven. Voor de lange termijn is vervanging echter noodzakelijk, omdat deze oude diesels niet aan de steeds strenger wordende eisen (vanuit het Rijk, lokale regels in vaargebieden, en de havens die de schepen bezoeken) rondom uitstoot en geluid voldoen. Om te kunnen voldoen aan de genoemde doelstellingen (en dus de wet), is er de noodzaak om over te schakelen op modernere en schonere motoren, waar grote investeringen voor nodig zijn. De kosten van het hermotoriseren van schepen zijn hoog – mede omdat voor nieuwe motoren de hedendaagse eisen gelden omtrent installatie, certificering, en gebruik, waar dat voor de oude diesels niet geldt – maar de financieringsmogelijkheden zijn beperkt. Het is daarom essentieel om duidelijkheid en

(financieel) inzicht te genereren omtrent de mogelijkheden voor verduurzaming, en de financiële haalbaarheid ervan, omdat alleen hiermee schippers perspectief krijgen op een duurzaam en financieel houdbaar bedrijfsmodel in de toekomst.

In het KIEM-project 'Van Bruin naar Groen: Verduurzaming van de Bruine Zeilvloot' is beoogd om o.a. een bijdrage te leveren aan inzicht in de financiële haalbaarheid van de verduurzaming van de bruine zeilvloot. Hiertoe bevat dit artikel een vergelijkende analyse van de twee meest voor de hand liggende investeringsopties voor schippers die een alternatief zoeken voor hun huidige diesel (namelijk, een nieuwe stage 5 diesel, of een elektromotor met lithium-ijzerfosfaat batterijen), op basis van Total Cost of Ownership (TCO), en een verkenning van financierings- en bedrijfsmodellen om de drempel voor dergelijke investeringen te verlagen. Total Cost of Ownership gaat over de totale kosten die met de aanschaf en het bezit van het product gepaard gaan. Het gaat hierbij niet alleen om de aankoop prijs, maar ook om alle bijkomende kosten gedurende de levensloop van het product.

### **Probleemstructurering en aanpak**

Voor de TCO-analyse is op verschillende manieren input verzameld bij schippers in de Bruine Vloot, en de Vereniging voor Beroepschartervaart (hierna BBZ):

- Een survey, ingevuld door 71 schippers van zeilschepen, van wie 51 alleen op de binnenwateren varen. De survey bevatte vragen over het schip, de motor, brandstofverbruik (voor de voortstuwing en faciliteiten aan boord), en vaargedrag (tochten en routes);
- Uitgebreide interviews met twee schippers die hun zeilschip reeds gehermotoriseerd hebben, beide met een elektromotor en batterijpakketten. In de interviews is besproken: hun proces van verduurzaming, de keuzes hierin, hun huidige (zero-emissie) systeem en het gebruik ervan, de investeringen die ze hiervoor gedaan hebben, de financiering hiervan, en hun perspectief op hun businessmodel en (terug) verdienvermogen;
- Kortere telefonische interviews met acht schippers, die eerder ook de survey hadden ingevuld, met verdiepende vragen over motorgebruik, brandstoffefficiëntie, en variabele kosten (onderhoud, verzekering, brandstof, walstroom);
- Gesprekken en validatiesessies met bestuursleden en experts van de BBZ;
- Bronnen voor prijzen van verschillende technologieën en componenten van de kostenstructuur van de chartervaart en elektrisch varen: publicaties in de grijze (vak-) literatuur, (online) aanbod van producten en diensten, prijsopgaven en offertes, en gerichte vragen aan aanbieders van relevante producten en diensten. Daarnaast heeft de BBZ ook een "Menukaart duurzame chartervloot" laten opstellen; een overzicht van verduurzamingsmaatregelen voor schepen, met (een indicatie van) de kosten erbij, waarin ook duurzame voortstuwing is opgenomen (EnergyGo, 2024).

De secties hieronder beschrijven de stappen waarmee de TCO is opgezet, gebruikmakend van de input uit bovenstaande bronnen.

### **Scope TCO**

Dit onderzoek richt zich op zeilschepen op de binnenwateren die deel zijn van de bruine vloot, in totaal 281 schepen (BBZ, 2023). Hierbinnen richt het onderzoek zich op de 231 schepen die zijn toegerust voor meerdaagse tochten, met verblijfsfaciliteiten aan boord.

We gaan uit van de situatie dat een schipper zijn/haar oude dieselmotor wil vervangen. Omdat bij een hermotorisering het schip en de motor aan de hedendaagse eisen moeten voldoen, moet dit een modern en duurzamer alternatief zijn (i.e. het is geen optie om de huidige dieselmotor te vervangen door een andere dieselmotor dan een Stage 5).

100 Uit de interviews met de reeds elektrisch varende schippers en experts van de BBZ blijkt dat bij het hermotoriseren van oude schepen aanzienlijke bijkomende kosten komen. Ten eerste is het vervangen van de motor door een modern exemplaar niet voldoende om aan de huidige eisen te voldoen, maar moeten bijvoorbeeld ook de ventilatie, de bedrading en de bediening gemoderniseerd worden. Ten tweede kan het zijn dat het plaatsen van een nieuwe motor ook aanpassingen aan het schip vraagt, bijvoorbeeld een nieuwe fundatie voor de motor of de machinekamer vergroten omdat de katalysator anders niet past. Ten derde blijkt in de praktijk vaak dat bij een grote aanpassing zoals een nieuwe motor ook ander groot en/of achterstallig onderhoud wenselijk is. Dit zijn voor schippers lastige afwegingen; een nieuwe motor vraagt een grote investering (soms al meer dan de dagwaarde van het schip), maar bij een dergelijke langetermijninvestering is het logisch om ook te kijken wat er met de rest van het schip kan of moet gebeuren. Welke investeringen nog meer nodig of wenselijk zijn – en welke daadwerkelijk worden uitgevoerd en tegen welke kosten – zal tussen schepen en schippers sterk verschillen. Of en hoe dit soort aanpassingen worden uitgevoerd hangt sterk af van het schip, de staat ervan, en de voorkeuren (en financieringsmogelijkheden) van de schipper zelf. Voor dit onderzoek laten we eventuele bijkomende kosten en aanpassingen buiten beschouwing, omdat deze moeilijk te voorspellen zijn en per schip en schipper sterk uiteen kunnen lopen, en beperken we ons tot de vervanging van de motor zelf en eventuele bijbehorende randapparatuur.

De tijdsspanne van de analyse is de gehele gebruiksduur van de technologie; emissies uit de productie van motoren en/of batterijen blijven buiten de scope van de analyse. Voor batterij-elektrische voortstuwing maken we onderscheid tussen de levensduur van de elektromotor, en de levensduur van de accu's. Voor dieselmotoren hanteren we 2050 als einddatum van de (economische) levensduur, omdat na 2050 schepen geheel zero-emissie moeten zijn.

### Vaststellen alternatieven voor vergelijking

Een schipper die toe is aan een nieuwe motor heeft verschillende opties; voor deze TCO willen we de twee meest relevante, voor de hand liggende alternatieven vergelijken. In gesprek met schippers en de BBZ hebben we de volgende twee alternatieven gekozen:

- **Een Stage 5 dieselmotor op HVO.** Een stage 5 dieselmotor is de schoonste klasse van dieselmotor beschikbaar voor binnenschepen, deels vanwege de relatief schone en zuinige motor, en deels vanwege de nabehandeling van de uitlaatgassen die aan de motor is gekoppeld. Bij hermotorisering met een nieuwe dieselmotor moet deze motor een Stage 5 diesel zijn. Om de CO<sub>2</sub> uitstoot nog verder te verlagen kan deze motor op HVO draaien: Hydrotreated Vegetable Oil, diesel uit natuurlijke (rest)materialen die daardoor een veel kleinere voetafdruk heeft dan reguliere (fossiele) diesel.
- **Batterij-elektrische voortstuwing met een elektromotor en lithium-ijzerfosfaat accu's.** De elektromotor is zero-emissie en stil, en accucapaciteit kan worden afgestemd op de behoeften van de schipper. Op dit moment zijn lithium-ijzerfosfaat accu's de meest aangeboden (en meest gebruikte) technologie in de markt; in de toekomst kunnen alternatieven zoals zoutaccu's of brandstofcellen hiervoor ook in beeld komen.

101

Andere alternatieven die door schippers in de surveyresponses en interviews genoemd worden zijn het reviseren van de oude motor, en een elektromotor met andere (potentieel goedkopere) energiebronnen dan de nu courante lithiumaccu's, zoals een brandstofcel met waterstof of zoutbatterijen. Revisie is technisch een optie om de levensduur van een oude dieselmotor te verlengen, maar de motor voldoet qua (duurzaamheids)prestaties nog steeds niet aan de eisen die bijvoorbeeld de Green Award-certificering en Natura 2000 gebieden stellen aan de voortstuwing van schepen. Brandstofcellen voor waterstof worden op dit moment nog niet 'off the shelf' aangeboden voor maritieme toepassingen, en de kosten zijn nog niet goed te voorspellen. Ook zal het gebruik van waterstof op passagiersschepen aan (veiligheids)eisen gebonden worden, maar wat dit in de praktijk gaat betekenen voor de bruine vloot is nog niet duidelijk. Zoutbatterijen kunnen in de toekomst een interessante optie worden, maar zijn op dit moment nog niet verkrijgbaar, waardoor de prijs en toepassing moeilijk in te schatten zijn.

### TCO parameters

Op basis van de survey en interviews hebben we bepaald welke parameters worden meegenomen in de vergelijkende analyse, om een zo compleet mogelijk overzicht te krijgen van de kostenstructuur van de investering en het gebruik van beide opties. Voor deze analyse hebben we geprobeerd een zo realistisch mogelijke schatting van de waarden te maken, veelal op basis van de gevoerde gesprekken met schippers en de BBZ. Dit geeft een beeld van hoe de vergelijking uitpakt voor een typisch schip met bijbehorend

vaargedrag dat voldoet aan de gedane aannames; voor een TCO voor specifieke schepen kunnen deze waarden worden aangepast en vervolgens dezelfde berekeningen worden uitgevoerd. Er is bij de aannames uitgegaan van de situatie van dit moment (september 2024). Hierbij moeten we opmerken dat de kosten van veel zaken en materiaal sterk fluctueren. De verwachting is dat op termijn accu's per kWh goedkoper worden en de fossiele brandstofprijzen hoger (op dit moment wordt gebruik van fossiele brandstof in de binnenvaart zelfs met € 162 mln per jaar gesubsidieerd, wat waarschijnlijk gaat verdwijnen en mogelijk zelfs omgezet wordt in een extra belasting (Ministerie van Financiën, 2024)).

Uit gegevens over het motorgebruik kunnen we de brandstofkosten voor voortstuwing afleiden, en de technische levensduur van de motor (op basis van het aantal draaiuren per jaar, en het aantal draaiuren waarna de motor afgeschreven is – zie hieronder). Tabel 1 zet deze parameters op een rijtje, de waarden waar we in deze analyse mee rekenen en een bron en toelichting bij de keuze voor deze waarde. Met deze parameters (en die in tabellen 2 en 3) is een rekenmodel ontwikkeld (op aanvraag beschikbaar), waarin schippers, investeerders of anderen hun eigen berekeningen kunnen maken op basis van de actuele situatie, op basis van meetgegevens of afgeleid van bekende waarden (zie bijv. onderstaande berekening van het brandstofverbruik per uur).

102

**Tabel 1** Parameters motorgebruik

Parameter	Waarde	Bron/toelichting
<b>Vaardagen (dagen/jaar)</b>	122 dagen/jaar	Gemiddelde o.b.v. informatie BBZ; schippers geven in telefonische interviews tussen de 100 en 150 dagen per jaar te varen
<b>Motorgebruik (uren/jaar)</b>	173 uren/jaar	173u gemiddeld uit inventarisatie BBZ; schippers geven in enquête en telefonische interviews ongeveer tussen de 150 (zeldzaam laag) en 300 (uitzonderlijk hoog)
<b>Brandstofverbruik totaal (l/jaar)</b>	3300l/jaar	Gemiddelde uit enquête
<b>Brandstofverbruik voortstuwing (%)</b>	41%	Gemiddelde uit enquête; een relatief klein deel van de brandstof wordt gebruikt voor voortstuwing, een groter deel voor de stroomvoorziening en verwarming aan boord
<b>Brandstofverbruik overig (%)</b>	59%	Gemiddelde uit enquête; zie toelichting hierboven
<b>Brandstofverbruik dieselmotor (l/uur)</b>	7,8l/uur	Komt overeen met een jaarverbruik van 1353l voor de voortstuwing ( $3300 \cdot 0,41$ ) bij 173 motoruren; in de telefonische interviews geven schippers doorgaans aan tussen de 5 en 15 liter per vaaruur te verstoken (afhankelijk van het schip, vaargedrag, en externe factoren).
<b>Energieverbruik elektromotor (kW)</b>	12kW	Schatting op basis van interviews met reeds elektrisch varende schippers; gevalideerd door expert scheepsbouw: als een schip een gemiddeld brandstofverbruik van 7.8l/u heeft, is een verbruik van 12kW aannemelijk voor hetzelfde schip bij vergelijkbaar vaargedrag. Uiteindelijk verbruik hangt af van het schip, de motor, het vaargedrag en externe factoren.

De variabele kosten per jaar hangen deels af van de brandstofkosten (zie Tabel 1 voor de schatting van het brandstofverbruik, en Tabel 2 voor geschatte prijzen), en bestaan voor een ander deel uit kosten voor onderhoud en verzekering, die losstaan van het motorgebruik.

**Tabel 2** Parameters variabele kosten.

Parameter	Waarde	Bron/toelichting
<b>Prijs (rode) diesel (€/l)</b>	€ 0,7/l	Gemiddelde uit telefonische interviews; schippers geven aan ongeveer 60 tot 80 cent per liter te betalen, afhankelijk van de prijs van het moment
<b>Prijs (rode) HVO (€/l)</b>	€ 0,84/l	Op basis van gemiddelde dieselprijs uit telefonische interviews en gemiddeld prijsverschil van 20% tussen diesel en HVO (Greenway, 2024); verwachting is dat dit verschil op termijn kleiner wordt
<b>Prijs energie (€/kWh)</b>	€ 0,45/kWh	Prijs van walstroom in Harlingen (waar een groot deel van de bruine vloot ligt)
<b>Kosten onderhoud oude diesel (€/j)</b>	€ 1000/j	Schatting van gemiddelde op basis van telefonische interviews; kosten variëren per jaar, schippers geven aan veel onderhoud zelf te doen (olie, filters), en af en toe groot onderhoud te laten doen. De eigen tijd valt onder 'verborgen kosten' in de huidige situatie (investering van schipper wat niet direct
<b>Kosten onderhoud Stage 5 diesel (€/j)</b>	€ 2000/j	Schatting; schippers die de Stage 5 optie onderzocht hebben geven aan dat ze bij moderne motoren minder zelf aan onderhoud kunnen doen, en dat een Stage 5 motor meer en complexere onderdelen (bijv. nabehandeling) en elektronica heeft waar voor onderhoud een monteur langs moet komen
<b>Kosten onderhoud elektromotor (€/j)</b>	€ 1000/j	Schatting; de schippers die al met een elektromotor varen geven aan dat de onderhoudskosten (tot nu toe) niet sterk verschillen van die van hun oude diesel
<b>Kosten verzekering (€/j)</b>	€ 2500/j	Verzekeraar EOC; de grootste verzekeraar voor schepen van de bruine vloot, EOC, geeft aan dat zij geen differentiatie in de premie toepassen voor schepen met elektromotor ten opzichte van schepen met verbrandingsmotor. De premie wordt vooral gebaseerd op de grootte van het schip, en dat afhankelijk hiervan de premie ongeveer tussen de € 1800 en € 2500 per jaar zal liggen

In de TCO berekening zullen we twee technische opties voor verduurzaming vergelijken: Een Stage 5 dieselmotor en een batterij-elektrisch systeem met lithium-ijzerfosfaat accu's. Deze systemen – en met name de batterij-elektrische optie – kunnen op verschillende manieren gedimensioneerd worden. Uit de interviews blijkt dat de aanschaf van de accu's een grote kostenpost is, en dat er keuzeruimte zit in de capaciteit van het accupakket. Waar de actieradius van een schip met een dieselmotor bepaald wordt door de capaciteit van de tank, zit bij de keuze voor een accupakket een belangrijke trade-off: de schipper moet immers afwegen of een grotere actieradius de aanzienlijke investering in een grotere accucapaciteit waard is. Bij de waarden hieronder blijven we dicht bij de casuïstiek van de schepen die reeds varen met een dergelijke motor; in de uitwerking van de analyse zullen we ook (beargumenteerde) variaties in accucapaciteit onderzoeken. Voor de afschrijftermijn van de investering kijken we naar de verwachte technische levensduur van de apparatuur.

**Tabel 3** Parameters investeringskosten

Optie	Parameter	Waarde	Bron/toelichting
Stage 5 diesel	<b>Aanschaf dieselmotor (€)</b>	€ 150.000	Schatting op basis van Menukaart (2024), telefonische interviews met schippers, en uitvraag bij enkele aanbieders; Menukaart geeft bandbreedte van € 75-200k voor de totale investering (inclusief motor, evt. nabehandeling, randapparatuur, installatie etc.), schippers die Stage 5 gebruiken of overwegen noemen ook bedragen in deze bandbreedte (telefonische interviews). Aanbieders geven aan dat een doorsnee stage 5 dieselmotor voor een zeilschip ongeveer € 30-60k kost, waarbij de nabehandeling nog ongeveer de helft kost van de motor, en ook zo'n € 50k voor de randapparatuur en installatie. Deze kostenopbouw kan sterk verschillen per motor en aanbieder, wat het lastig maakt om schattingen of bandbreedtes te geven voor de delen van de investering (motor, nabehandeling, installatie, randapparatuur etc.). Aanbieders geven ook aan dat een nieuwe dieselmotor met een vermogen minder dan 130kW geen nabehandeling nodig heeft, wat scheelt in de investering. Bij een gemiddeld motorvermogen van zo'n 160pK (= 117kW; Enquête) betekent dit dat een groot deel van de schippers geen nabehandeling zou hoeven te installeren.
	<b>Afschrijftermijn dieselmotor (jaar)</b>	26jr	We nemen op basis van de steeds strenger wordende klimaatdoelen aan dat een dieselmotor tot 2050 nog meekant, daarna is alleen een zero-emissie motor nog mogelijk.
Elektromotor	<b>Aanschaf elektromotor (€)</b>	€ 30.000	Interviews met reeds elektrisch varende schippers, offerte nieuwe elektromotor (120pk); incl. regelaar, bediening, remweerstand
	<b>Capaciteit accupakket (kWh)</b>	90kWh	Interviews met schippers; de twee geïnterviewde schippers hadden accupakketten aangeschaft van 84kWh en 90kWh, en gaven aan hier (afh. van snelheid, weer, en stroming) zo'n 7-10u op te kunnen varen bij 4-5 knopen.
	<b>Prijs accu's (€/kWh)</b>	€ 810kWh	kWh-prijs op basis van recente offerte (2023; 148kWh voor € 121k); de kWh prijs van batterijen voor andere toepassingen (m.n. elektrische auto's) zakt gestaag (op dit moment rond de \$140/kWh gemiddeld, en rond de \$100 voor autobatterijen) (ESource, 2022; Bloomberg, 2023), voor maritieme toepassingen ligt de kWh prijs nog wat hoger. Schippers die enkele jaren eerder zijn overgestapt op batterij-elektrisch varen geven kWh-prijzen aan van rond de € 1000 of nog iets daarboven.
	<b>Aanschaf accupakket (€)</b>	€ 72.900	Capaciteit * kWh-prijs (zie bovenstaande voor aannames).
	<b>Aanschaf batterijopstelling (€)</b>	€ 20.000	Recente offerte; volledige batterijopstelling met veiligheids- en besturingseenheid, connectoren, chargers, afzuiging, excl. accu's
	<b>Aanschaf hybride CV (€)</b>	€ 10.000	Recente offerte en toelichting BBZ; schepen zijn doorgaans voorzien van een CV die diesel gebruikt, bij hermotoriseren met een elektromotor zou een hybride CV nodig zijn die ook op elektriciteit kan werken. In de offerte was de CV zelf € 5500, en kwamen kosten voor nieuw installatiemateriaal en een nieuwe boiler erbij. Dit laatste is niet voor ieder schip aan de orde.



<b>Aanschaf randapparatuur (€)</b>	€ 20.000	Op basis van recente offerte (2023); onderverdeling, omvormers, aansluiting walstroom, kabels
<b>Kosten installatie (€)</b>	€ 25.000	Op basis van recente offerte (2023); arbeid en tekenwerk
<b>Afschrijf-termijn elektro-motor en andere appara-tuur (draaiuren)</b>	15.000u	Aanname dat dit vergelijkbaar is met de afschrijfstermijn van een verbrandingsmotor (een goed onderhouden dieselmotor op een zeilboot moet 10000-15000 draaiuren mee kunnen gaan, daarna is groot onderhoud/revisie nodig (Zeilen.nl, 2021)) en dat andere apparatuur op dezelfde manier afschrijft als de motor. Dit is een conservatieve aanname, aangezien elektromotoren minder bewegende delen bevatten dan verbrandingsmotoren, en dus ook relatief langer mee zou moeten gaan.
<b>Afschrijf-termijn batterij-pakket (jaar)</b>	10j	Op basis van accuvergelijking van verzekeraar EOC (2023); EOC geeft een levensduur aan van 10+ jaar, verschillende bronnen geven een levensduur van 500 tot wel 3000 laadcycli. Bij 122 vaardagen per jaar gaan we uit van 122 laadcycli (iedere vaardag bijladen; andere dagen van het jaar ligt het schip aan walstroom) komt 10 jaar neer op 1220 laadcycli. Een afschrijfstermijn van 10 jaar lijkt een conservatieve aanname; leverancier GreenMarine (2024) specificeert een levensduur van 3000 laadcycli voor hun accu's, wat bij 122 laadcycli per jaar neerkomt op een afschrijfstermijn van 24,5 jaar.
<b>Restwaarde accupakket (€ / kWh)</b>	100€ /kWh	Er komen steeds meer mogelijkheden voor circulair gebruik van batterijen – reduce, redesign, remanufacture, repurpose, recycling (Hua et al., 2020) – waarbij batterijpakketten of onderdelen of materialen daarvan worden hergebruikt. Zodoende heeft een afgeschreven batterijpakket nog waarde. King et al. (2018) geven aan dat de waarde van batterijmaterialen (afhankelijk van het type batterij en de verwerking ervan) tussen de \$AUD 4.550 en \$AUD 17.252 per ton kan liggen (€ 2866-€ 10868). Omdat deze technologie nog in ontwikkeling is, en in de toekomst afgeschreven batterijen steeds hoogwaardiger kunnen worden gebruikt (Sommerville et al. 2021), gaan we uit van een hoge waarde binnen deze bandbreedte voor de restwaardebepaling van de accu's die de bruine vloot over 10+ jaar afschrijft. Lithiumijzerfosfaataccu's hebben ongeveer 10kg gewicht per kWh aan capaciteit.

Er zijn nog andere operationele kosten die we niet meenemen als parameters in de TCO, bijvoorbeeld de inhuur van bemanning, onderhoud aan de rest van het schip, havengelden, inkoop van levensmiddelen voor gasten etc. We gaan ervan uit dat deze kosten losstaan van de investering die de schipper al dan niet doet in de motor, en niet verschillen tussen de twee technische opties die we vergelijken. Het zou kunnen dat havengelden op termijn gedifferentieerd worden voor stille, schone schepen en schepen met verbrandingsmotoren; de gevoerde gesprekken geven echter de indruk dat schepen met (bepaalde) verbrandingsmotoren eerder compleet geweerd gaan worden dan hoger beprijsd.

### TCO analyse

Met deze parameters berekenen we de totale kosten van aanschaf en gebruik over de levensduur van de investering. Omdat de twee onderzochte opties verschillende afschrijftermijnen hebben (en bij de batterij-elektrische optie er ook verschil is tussen de (technische) afschrijftermijn van de batterijen en die van de motor), rekenen we dit om naar kosten op jaarbasis, bestaande uit de gebruikskosten (OPEX) en jaarlijkse afschrijving van de investering.

Deze aanpak om terug te rekenen naar kosten per jaar mist het dynamische aspect van prijsontwikkelingen. Zeker de prijs van energieopslag is sterk veranderd (verminderd) over tijd, en naar verwachting zal deze ontwikkeling zich voortzetten. Om dit mee te wegen gaan we in Sectie 2.6 verder in op de (verwachte) prijsontwikkeling van batterijcapaciteit. Daarnaast is een rekenmodel ontwikkeld (op aanvraag beschikbaar), waarin schippers, investeerders of andere betrokkenen hun eigen berekeningen kunnen maken op basis van de actuele situatie (parameters van het benodigde/gewenste systeem, en prijsniveaus van de verschillende kostenposten).

106

Een belangrijk aspect wat (nog) niet in deze TCO analyse zit is de financiering. Dit blijkt in de praktijk voor veel schippers een complex vraagstuk te zijn, waar – afhankelijk van de situatie – heel diverse oplossingen voor worden gevonden. Banken zijn doorgaans terughoudend om grote leningen te verstrekken aan schippers, omdat de winstmarges in de sector klein zijn, en het voor banken lastig is goed zicht te krijgen op het (lange-termijn) terugverdienvermogen en de risico's. Als een bank al krediet wil geven is dit vaak tegen een hoge rente (8-9% op moment van schrijven), en maar voor een beperkt percentage van de investering (doorgaans 50%), waarbij het andere deel uit eigen middelen betaald moet worden. Sommige schippers hebben een hypotheek bij een bank voor de aanschaf van hun schip (tegen 5,5-6% rente op moment van schrijven); soms kan na een aantal jaren aflossen dit bedrag weer verhoogd worden voor extra investeringen. Schippers lenen vaak ook in- of semi-formeel bij familie en vrienden om grote investeringen te kunnen doen (op moment van schrijven is 5-6% rente gebruikelijk). Wat niet via onderhandse leningen, bankkrediet of hypotheek bekostigd kan worden, moet met eigen middelen. Het verschilt sterk tussen schippers hoeveel ruimte zij daarvoor hebben.

## Resultaten

### Basis vergelijking

Eerst maken we de 'basis' vergelijking op basis van bovenstaande parameters. Daarna volgt een aantal gevoeligheidsanalyses op de parameters waar grote onzekerheid zit over de waarden (een grote bandbreedte met veel variatie van realistische waarden) en de parameters die de grootste impact hebben op de uitkomst.

**Tabel 4** TCO, omgerekend naar jaarlijkse kosten

		Batterij-elektrisch	Diesel Stage 5
<b>Parameters motorgebruik en prijzen</b>	Motoruren per jaar	173	173
	Motorverbruik diesel (HVO) (l/u)		7,8
	Prijs HVO (€ /l)		0,84
	Motorverbruik energie (kWh/u)	12	
	Prijs energie (€ /kWh)	0,45	
	Termijn afschrijving motor (draaiuren)	15.000	
	Termijn afschrijving motor (jaar)		
	Termijn afschrijving accu's (jaar)	10	
<b>Parameters aanschaf (€)</b>	Motor	30.000	150.000*
	Accupakket	72.900	
	Batterijopstelling	20.000	
	CV (hybride)	10.000	
	Randapparatuur	20.000	
	Installatie	25.000	
	<b>Totaal aanschaf</b>	<b>177.900</b>	<b>150.000</b>
<b>Jaarlijks OPEX (€)</b>	Brandstof (Energie/HVO)	934	1.133
	Onderhoud motor	1.000	2.000
	Verzekering	2.500	2.500
<b>Jaarlijks afschrijving (€)</b>	Afschrijving motor e.d.**	1.211	5.769
	Afschrijving batterijen	7.290	
<b>Totaal jaarlijks (€)</b>		<b>12.935</b>	<b>11.403</b>

\* Totaalprijs voor de gehele investering. Zie toelichting Tabel 3.

\*\* Dit bedrag is gebaseerd op de aanschafprijs van de motor plus inbouw en alle additionele kosten, los van de accu's, namelijk € 104.000, lineair afgeschreven over de verwachte technische levensduur van de investering (86 jaar tot de motor 15000 draaiuren heeft gemaakt bij 173u per jaar).

In deze vergelijking is te zien dat de jaarlijkse afschrijving van de batterijen (door de hoge investeringskosten in combinatie met de relatief korte afschrijftermijn) de grootste kostenpost is bij de batterij-elektrische optie. Bij de Stage 5 diesel is de jaarlijkse afschrijving van de motor de grootste kostenpost (ervan uitgaande dat de motor tot 2050 gebruikt kan worden). Deze bedragen voor afschrijvingen zijn zo groot dat factoren als brandstof-, energie-, onderhouds- en verzekeringskosten de vergelijking marginaal zullen beïnvloeden. Onder deze aannames zijn de jaarlijkse kosten bij de batterij-elektrische optie zo'n € 1500 hoger dan bij de Stage 5 diesel. Bij een batterijprijs van ongeveer € 640/kWh (tegenover € 810 op dit moment) of lager wordt de batterij-elektrische optie goedkoper. Bij de aanname dat de prijs van batterijcapaciteit in deze markt een vergelijkbare trend volgt met de prijs van batterijen voor elektrische auto's (zie Sectie 2.6), komt dit punt over ongeveer 4 jaar.

Een deel van de kosten die we meenemen in deze TCO zijn kosten die schippers in de huidige situatie ook maken. Bij deze aannames hebben schippers nu € 947 aan brandstofkosten (bij het gebruik van  $3.300 \cdot 0,41 = 1.353$ l diesel per jaar voor voortstuwing – zie Tabel 1 – en een (rode) dieselprijs van € 0,70 per liter), en € 1.000 en € 2.500 respectievelijk aan onderhouds- en verzekeringskosten. Indien zij hermotoriseren verandert dit plaatje, en komt onder andere de afschrijving van de investering erbij. In het geval van de batterij-elektrische optie hebben schippers € 8.488 extra jaarlijkse kosten en bij de Stage 5 Diesel optie € 6.956 extra, boven de kosten in de huidige situatie; aangenomen dat al het andere gelijk blijft.

108

In de huidige situatie, bij een jaarverbruik van 3300l (fossiele) diesel per jaar, stoot een zeilschip 11.444kg CO<sub>2</sub>-eq aan broeikasgassen uit (bij een WTW emissie van 3,468kg CO<sub>2</sub>-eq/liter voor fossiele diesel (CO<sub>2</sub> Emissiefactoren, 2024). Hetzelfde verbruik met HVO stoot 1.145kg CO<sub>2</sub>-eq uit (WTW emissie van 0,347kg CO<sub>2</sub>-eq/liter). Een elektromotor heeft geen broeikasgasuitstoot, mits de batterijen opgeladen worden met groene stroom.

### **Gevoeligheidsanalyse – motoruren**

In de basisanalyse hebben we gerekend met 173 vaaruren per jaar – het gemiddelde uit een eerdere inventarisatie van de BBZ. Uit gesprekken met de BBZ, de enquête en telefonische interviews met schippers blijkt dat er sterke variatie zit in het aantal vaaruren; zowel tussen schippers en schepen als jaar op jaar. De bandbreedte van het aantal vaaruren per jaar is (bij benadering) 150-400. Voor de afschrijving op de dieselmotor maakt dit niet uit – deze is in 2050 na 26 jaar afgeschreven.

**Tabel 5** Gevoeligheidsanalyse, motoruren. Basis is de TCO uit tabel 4, variatie met motoruren per jaar (grijs gearceerd)

		Batterij-elektrisch		Diesel Stage 5		
<b>Parameters motorgebruik en prijzen</b>	Motoruren per jaar	150	400	150	400	
	Motorverbruik diesel (HVO) (l/u)			7,8	7,8	
	Prijs HVO (€/l)			0,84	0,84	
	Motorverbruik energie (kWh/u)	12	12			
	Prijs energie (€/kWh)	0,45	0,45			
	Termijn afschrijving motor (draaiuren)	15.000	15.000			
	Termijn afschrijving motor (jaren)			26	26	
	Termijn afschrijving accu's (jaar)	10	10			
	<b>Parameters aanschaf (€)</b>	Motor	30.000	30.000	150.000*	150.000*
		Accupakket	72.900	72.900		
Batterijopstelling		20.000	20.000			
CV (hybride)		10.000	10.000			
Randapparatuur		20.000	20.000			
Installatie		25.000	25.000			
Totaal aanschaf		177.900	177.900	150.000	150.000	
<b>Jaarlijks OPEX (€)</b>	Brandstof (Energie/HVO)	810	2.160	983	2.621	
	Onderhoud motor	1.000	1.000	2.000	2.000	
	Verzekering	2.500	2.500	2.500	2.500	
<b>Jaarlijks afschrijving (€)</b>	Afschrijving motor e.d.	1050	2.800	5.769	5.769	
	Afschrijving batterijen	7.290	7.290			
<b>Totaal jaarlijks (€)</b>		12.650	15.750	11.252	12.890	

\* Totaalprijs voor de gehele investering. Zie toelichting Tabel 3.

De resultaten laten zien dat bij een intensiever motorgebruik de stage 5 diesel nog steeds minder kost op jaarbasis. Hoger motorgebruik leidt tot aanzienlijk hogere jaarlijkse kosten bij de batterij-elektrische optie, door de hogere afschrijving op de elektromotor. De jaarlijkse kosten nemen relatief minder toe bij de Stage 5 diesel, omdat de afschrijftermijn niet beïnvloed wordt door het jaarlijkse motorgebruik (in 2050 afgeschreven).

### Gevoeligheidsanalyse – Capaciteit batterijpakket

In Sectie 3.1 hebben we laten zien dat de afschrijving op het batterijpakket verreweg de grootste component is van de jaarlijkse kosten bij de batterij-elektrische optie. In de basisvariant van de TCO-analyse hebben we gerekend met een accupakket van 90kWh (a € 810/kWh), in navolging van de enkele schippers die al batterij-elektrisch varen. Deze schippers gaven aan dat deze capaciteit hen in staat stelt om zeven tot tien uur gestaag door te varen met een snelheid van vier tot vijf knopen (afhankelijk van wind, stroming). Met kennis van de dagelijkse praktijk van de charterzeilvaart lijkt dit wat over-gedimensioneerd; De branchevereniging BBZ en schippers zelf geven in de telefonische interviews aan dat ze op een doorsnee tocht één tot anderhalf uur op de motor varen (eigenlijk alleen om een haven uit en in te manoeuvreren), en de rest van de tijd zeilen. Uitgaande van een gemiddeld energieverbruik van 12kWh per vaaruur, zou dit ook kunnen met een (veel) kleiner accupakket, van bijvoorbeeld 40kWh, wat deze motoruren ruim mogelijk maakt met een marge. De analyse hieronder laat de impact zien van een kleiner batterijpakket op het kostenplaatje (Tabel 6).

110

**Tabel 6** Gevoeligheidsanalyse – capaciteit batterijpakket. Basis is de TCO uit Tabel 4, variatie met capaciteit accupakket (grijs gearceerd).

		Batterij-elektrisch	Diesel Stage 5
<b>Parameters motorgebruik en prijzen</b>	Motoruren per jaar	173	173
	Motorverbruik diesel (HVO) (l/u)		7,8
	Prijs HVO (€/l)		0,84
	Motorverbruik energie (kWh/u)	12	
	Prijs energie (€/kWh)	0,45	
	Termijn afschrijving motor (draaiuren)	15.000	
	Termijn afschrijving motor (jaren)		26
	Termijn afschrijving accu's (jaar)	10	

<b>Parameters aanschaf (€)</b>	Motor	30.000	150.000*
	Accupakket (40kWh)	32.400	
	Batterijopstelling	20.000	
	CV (hybride)	10.000	
	Randapparatuur	20.000	
	Installatie	25.000	
	Totaal aanschaf	137.400	150.000
<b>Jaarlijks OPEX (€)</b>	Brandstof (Energie/HVO)	934	1.133
	Onderhoud motor e.d.	1.000	2.000
	Verzekering	2.500	2.500
<b>Jaarlijks afschrijving (€)</b>	Afschrijving motor	1.211	5.769
	Afschrijving batterijen	3240	
<b>Totaal jaarlijks (€)</b>		8885	11.403

\* Totaalprijs voor de gehele investering. Zie toelichting tabel 3.

Bij een kleiner (doch voor de doorsnee vaardagen toereikend) accupakket vraagt de batterij-elektrische optie een kleinere investering dan de Stage 5 Diesel. Voor de (zeldzame) dagen dat het elektrisch varende schip een grotere actieradius nodig heeft komen er echter nog kosten bij voor gebruik van een generator.

### **Gevoeligheidsanalyse – Aanschafprijs Stage 5 dieselmotor**

In Sectie 2.3 benoemen we een bandbreedte van prijzen van Stage 5 Diesel motoren (totale investering) van € 75K-200K. Bij bovenstaande analyses zijn we hier ruwweg in het midden gaan zitten met een totale investering van € 150K, maar het is de moeite waard te kijken hoe de analyse uitvalt bij prijzen aan de extremen van deze bandbreedte. Een schip dat toekan met een beperkt motorvermogen (onder 130kW) hoeft geen nabehandeling bij deze motor te hebben, wat scheelt in de prijs, die in dat geval rond de € 75k uit kan komen (zie Tabel 3). Zwaardere motoren met een hoger vermogen, en verplichte nabehandeling, vragen een investering tot € 200k (Menukaart, 2024; telefonische interviews – zie Tabel 3).

**Tabel 7** Gevoeligheidsanalyse, aanschafprijs Stage 5 Diesel. Basis is de TCO uit Tabel 4, variatie met aanschafprijs dieselmotor (grijs gearceerd).

		Batterij-elektrisch	Diesel Stage 5		
<b>Parameters motor-gebruik en prijzen</b>	Motoruren per jaar	173	173	173	173
	Motorverbruik diesel (HVO) (l/u)		7,8	7,8	7,8
	Prijs HVO (€/l)		0,84	0,84	0,84
	Motorverbruik energie (kWh/u)	12			
	Prijs energie (€/kWh)	0,45			
	Termijn afschrijving motor (draaiuren)	15.000			
	Termijn afschrijving motor (jaren)		26	26	26
	Termijn afschrijving accu's (jaar)	10			
<b>Parameters aanschaf (€)</b>	Motor	30.000	100.000*	150.000*	200.000*
	Accupakket	72.900			
	Batterijopstelling	20.000			
	CV (hybride)	10.000			
	Randapparatuur	20.000			
	Installatie	25.000			
	Totaal aanschaf	177.900	100.000	150.000	200.000
<b>Jaarlijks OPEX (€)</b>	Brandstof (HVO)/ energie	934	1133	1133	1133
	Onderhoud motor	1.000	2.000	2.000	2.000
	Verzekering	2.500	2.500	2.500	2.500
<b>Jaarlijks afschrijving (€)</b>	Afschrijving motor e.d.	1.211	3.846	5.769	7.692
	Afschrijving batterijen	7.290			
<b>Totaal jaarlijks (€)</b>		12.935	9.480	11.403	13.326

\* Totaalprijs voor de gehele investering. Zie toelichting Tabel 3.



Deze analyse laat zien dat een 'dure' Stage 5 Diesel in jaarlijkse kosten duurder is dan de batterij-elektrische optie met een ruim bemeten batterijpakket. De kleinste Stage 5 diesel-optie (kleine motor zonder nabehandeling van rond de € 100k) is in jaarlijkse kosten nog net iets duurder dan de batterij-elektrische optie met een kleiner batterijpakket (€ 9.480 versus € 8.885).

### **Best case scenario – batterijen met lange levensduur en restwaarde**

In de hierboven uitgewerkte analyses zijn we ervan uitgegaan dat het batterijpakket over een periode van tien jaar geheel wordt afgeschreven. Er komen echter steeds meer mogelijkheden om afgeschreven batterijen te hergebruiken, materialen te recyclen of anderszins circulair in te zetten, wat zou maken dat ze nog een restwaarde hebben na de afschrijftermijn. Deze circulaire verwerking van batterijen staat nog in de kinderschoenen en is nog geen volwassen industrie, maar eerder onderzoek biedt wel houvast om te schatten wat een economisch afgeschreven batterijpakket nog aan restwaarde zou kunnen hebben. In Tabel 3 komen we uit op een restwaarde van € 100/kWh (voor lithiumijzerfosfaat batterijen), en beargumenteren we deze aanname. In Tabel 8 herhalen we de basisanalyse met een 'best case scenario', waarin

- de batterijen een restwaarde van € 100/kWh behouden nadat ze zijn afgeschreven;
- de batterijen tot 3000 laadcycli meegaan, leidend tot een beduidend langere afschrijftermijn (24 in plaats van 10 jaar);
- de schipper toekan met het kleinere batterijpakket van 40kWh.

**Tabel 8** 'Best case scenario' voor de batterij-elektrische optie, met een klein batterijpakket, langere afschrijftermijn, en batterijen met restwaarde.

		Batterij-elektrisch	Diesel Stage 5
<b>Parameters motorgebruik en prijzen</b>	Motoruren per jaar	173	173
	Motorverbruik diesel (HVO) (l/u)		7,80
	Prijs HVO (€/l)		0,84
	Motorverbruik energie (kWh/u)	12	
	Prijs energie (€/kWh)	0,45	
	Termijn afschrijving motor (draaiuren)	15.000	
	Termijn afschrijving motor (jaren)		26
	Termijn afschrijving accu's (jaar)	24	
	Capaciteit batterijpakket (kWh)	40	
	Kilowattuurprijs accu's (€/kWh)	810,00	
	Leaseprijs accu's als % van kilowattuurprijs (%/j)		
	Restwaarde accu's (€/kWh)	100	
	<b>Parameters aanschaf (€)</b>	Motor	30.000
Accupakket		32.400	
Batterijopstelling		20.000	
CV (hybride)		10.000	
Randapparatuur		20.000	
Installatie		25.000	
Totaal aanschaf		137.400	150.000
<b>Jaarlijks OPEX (€)</b>	Brandstof (HVO)/energie	934	1.133
	Onderhoud motor	1.000	2.000
	Verzekering	2.500	2.500
	Lease batterijen	0	
<b>Jaarlijks afschrijving (€)</b>	Afschrijving motor e.d.	1.211	5.769
	Afschrijving accupakket	1.183	
<b>Totaal jaarlijks (€)</b>		6.829	11.403

\* Totaalprijs voor de gehele investering. Zie toelichting Tabel 3.

In dit 'best case scenario' komt de batterij-elektrische optie relatief zeer gunstig uit, ook vergeleken met de meest gunstige Stage 5 diesel optie (kleine motor zonder nabehandeling). We hebben hier de meest gunstige aannames gebruikt, maar wel met waarden die nog binnen de realistische bandbreedten liggen zoals beschreven in Sectie 2.3.

### **Battery-as-a-service**

Een alternatief voor het zelf aanschaffen van het batterijpakket is Product-as-a-Service, waar men in diverse sectoren inmiddels ervaring mee heeft opgedaan (Boslooper, 2021; Knol-Velthuizen, 2021). In de markt voor elektrische auto's (Electric Vehicles = EVs) wordt (of is in het verleden) door verschillende fabrikanten de auto los van de batterij verkocht, met de optie om de batterij te huren. Hierdoor hoeven consumenten niet bij aanschaf een groot bedrag te betalen voor de batterij, hebben ze minder zorgen over de levensduur van de batterij, en kunnen ze profiteren van de doorontwikkeling van de batterijtechnologie door regelmatig een nieuwere batterij te huren.

In deze analyse onderzoeken we of het aantrekkelijk is om jaarlijks het batterijpakket te huren in plaats van zelf aan te schaffen. In de EV-sector zijn de batterijprijzen gestaag gezakt, en op basis van deze trend wordt een verdere daling verwacht van 5,6% tot 8,1% per jaar (Comello & Reichelstein, 2019). Voor deze analyse nemen we aan dat de batterijprijzen voor maritieme toepassingen een vergelijkbare trend laten zien en gaan we uit van een jaar-op-jaar daling van 6% van de kilowattuur-prijs. In de markt voor elektrische voertuigen is de jaarprijs voor het huren van het batterijpakket doorgaans rond de 20% van de kilowattuur-prijs (Electric Autonomy Canada, 2022; Crownhart, 2023). Wij nemen aan dat dit voor batterijen voor maritieme toepassingen op een vergelijkbare manier kan werken.

115

In Sectie 1.2 (en de daaropvolgende analyses) gaan we uit van een kilowattuur-prijs van € 810. Bij deze huidige (jaar 0) prijs zou de leaseprijs neerkomen op € 162 per kWh per jaar, en kunnen we volgend jaar een kilowattuur-prijs verwachten van € 761/kWh en een bijbehorende leaseprijs van € 152 per kWh per jaar, enzovoort.

In deze analyse vergelijken we de optie om de batterijen zelf aan te schaffen (zoals in de analyses hierboven) met de optie om jaarlijks een batterijpakket te huren tegen een jaarlijks zakkende prijs, gedurende de afschrijftermijn van het in jaar 0 aangeschafte batterijpakket (over een periode van tien jaar).

**Tabel 9** Analyse cumulatieve kosten batterijhuur ten opzichte van aanschaf. Basis is de TCO uit Tabel 4; uitgaande van een jaarlijkse daling van 6% van de batterijprijzen

Jaar	Prijs €/kWh	Batterijpakket 90kWh		Batterijpakket 40kWh		Stage 5 Diesel
		Jaarlijkse kosten (aanschaf) (€)	Jaarlijkse kosten (lease) (€)	Jaarlijkse kosten (aanschaf) (€)	Jaarlijkse kosten (lease) (€)	Jaarlijkse kosten (€150K aanschaf) (€)
0	810,00	12.935	20.220	8.885	12.125	11.403
1	761,40	12.935	19.350	8.885	11.736	11.403
2	715,72	12.935	18.528	8.885	11.371	11.403
3	672,77	12.935	17.775	8.885	11.027	11.403
4	632,41	12.935	17.029	8.885	10.704	11.403
5	594,46	12.935	16.345	8.885	10.401	11.403
6	558,79	12.935	15.703	8.885	10.116	11.403
7	525,27	12.935	15.100	8.885	9.847	11.403
8	493,75	12.935	14.533	8.885	9.595	11.403
9	464,13	12.935	14.000	8.885	9.358	11.403
10	436,28	12.935	13.498	8.885	9.135	11.403
<b>Cumulatief (€, 10 jaar)</b>		<b>142.285</b>	<b>182.081</b>	<b>97.735</b>	<b>115.415</b>	<b>125.433</b>

Tabel 9. Analyse cumulatieve kosten batterijhuur ten opzichte van aanschaf. Basis is de TCO uit Tabel 4; uitgaande van een jaarlijkse daling van 6% van de batterijprijzen.

Deze analyse laat zien dat op dit moment huren duurder is dan aanschaffen. In vergelijking met een Stage 5 diesel zijn de kosten van zowel de aanschaf als huur van een klein batterijpakket lager. Naarmate de tijd vordert en de batterijen ook voor maritieme toepassingen goedkoper worden zal de lease-optie steeds aantrekkelijker worden, aangenomen dat hier een markt voor komt.

Voor zover bekend is er nog geen mogelijkheid om batterijen voor scheepsmotoren te leasen. Het blijft dus ook speculeren hoe aanbieders dit vorm zullen geven. Noemenswaardig is dat het vaarseizoen van de bruine vloot zo'n zeven maanden beslaat, en dat de schepen daarbuiten veelal in de haven liggen (aan walstroom); als er in het laagseizoen voor de chartervaart een andere markt is voor de batterijen, wordt het wellicht mogelijk om de batterijen per maand (in plaats van per jaar) te leasen. Als de bruine vloot batterijen kan leasen voor de maanden dat ze daadwerkelijk varen zal dit de kosten aanzienlijk drukken.

## Discussie & conclusie

TCO is een transparante methode om de kosten van investeringen in kaart te brengen waarbij op de grote onzekerheden gevoeligheidsanalyses zijn gemaakt om hier een reëel inzicht te krijgen op de kostenverschillen tussen een Stage 5 dieselmotor en een batterij-elektrisch systeem. De getoonde analyses zijn gebaseerd op aannames over het schip waar de nieuwe motor in zou moeten komen, en voor ieder schip (met eigen dimensies, vaarprofiel, voorkeuren van de schipper etc.) zal de analyse anders uitpakken. De uitkomsten zijn dan ook niet 'one size fits all', maar hangen af van aannames en keuzes in de analyse. Het TCO-model biedt de mogelijkheden om een analyse op maat te maken voor ieder schip en iedere schipper.

De belangrijkste constatering op basis van onze analyses is dat de hoge prijs van (lithium-ijzerfosfaat) accu's de kosten van de investering in een batterij-elektrisch systeem relatief hoog maakt ten opzichte van het alternatief, een Stage 5 dieselmotor. Bij een kleiner batterijpakket, en in het 'best case scenario' (waarin de schipper toekan met een klein batterijpakket, de batterijen een lange (maar niet onrealistische) afschrijftermijn hebben, en de afgeschreven batterijen nog een restwaarde hebben) kan het batterij-elektrische systeem concurreren met de Stage 5 diesel. Battery-as-a-service kan op lange termijn een oplossing bieden om de drempel van de hoge investeringskosten enigszins te verlagen, hoewel op dit moment de prijzen van batterijcapaciteit maken dat dit nog steeds een relatief kostbare oplossing is. Een interessant perspectief is wel dat een flexibele lease-optie, waarbij batterijlease per maand mogelijk is, schippers in staat stelt om hun batterijhuur te beperken tot de maanden dat ze daadwerkelijk varen. Aan de aanbodkant vraagt dit om te kijken naar andere afzetmarkten voor de batterijen in de maanden dat de bruine vloot niet of nauwelijks vaart.

Hoopgevend is dat de prijzen van batterijen voor EVs al tientallen jaren een gestaag dalende trend laten zien, wat zich waarschijnlijk ook bij batterijen voor andere toepassingen zal voordoen. Als deze prijs zakt wordt het batterij-elektrische systeem zowel in aanschaf als in lease aantrekkelijker. Afhankelijk van de levensduur van de batterijen komt dit omslagpunt binnen vijf à tien jaar al in zicht, mits schippers toekunnen met een accupakket met een beperktere (maar voor een normale vaardag meer dan toereikende) actieradius. Dit is uitgaande van een gestage daling van de prijs van lithium-ijzerfosfaat batterijen, maar los van eventuele disruptieve ontwikkelingen in de markt voor energieopslag. Zoutbatterijen of brandstofcellen kunnen bijvoorbeeld een goedkoper alternatief worden voor lithiumbatterijen, maar zijn nu nog niet voor maritieme toepassingen beschikbaar. Daarnaast zijn er andere ontwikkelingen in de batterijtechniek en batterij-recycling die op termijn tot aantrekkelijke(r) proposities kunnen leiden. Hiervan is echter nog onzeker wanneer en in hoeverre dit aan de orde is.

Welk alternatief een schipper ook kiest, hermotoriseren gaat een grote investering vragen. Het wordt echter wel noodzakelijk: (1) op termijn omdat de eisen aan duurzaamheidsprestaties steeds strenger worden en de oude dieselmotoren hierdoor op den duur niet meer in havens en vaargebieden zijn toegestaan, en (2) op dit moment al wanneer een oude dieselmotor vervangen moet worden. De basisanalyse laat zien dat deze investering zelf – los van eventuele andere noodzakelijke of gewenste aanpassingen aan het schip – ongeveer tussen de € 2.500 ('best case scenario' batterij-elektrisch) en € 8.889 ('worst case scenario' batterij-elektrisch) per jaar aan *extra* kosten (OPEX en afschrijving naast de operationele kosten die de schippers in de huidige situatie ook maken) gaat opleveren die terugverdiend moeten worden in de gemiddeld 122 vaardagen die de schepen per jaar hebben (wat simpel gerekend neerkomt op € 21 tot € 73 per dag). Dit moet gezien worden in de context van een gemiddelde huuromzet per dag van € 1.124 (zeil-hotelschepen) tot € 1.712 (zeil-dagtochten) (BBZ, 2023). Het gaat dus om een procentueel relatief klein bedrag op dergelijke dagomzetten, maar het vraagt wel om een prijsverhoging die mogelijk gemaakt moet worden met de propositie van een schoner en stiller schip.

## Aanbevelingen

118 Op basis van de bevindingen kunnen wij een aantal aanbevelingen doen:

- Deze analyse vergelijkt twee opties voor hermotoriseren met elkaar – batterij-elektrisch en Stage 5 Diesel. Op dit moment is de prijs van het batterij-elektrische systeem relatief hoog ten opzichte van de prijs van een moderne dieselmotor. Dit komt voornamelijk door de hoge batterijprijzen. Binnen enkele jaren zal hier – aangenomen dat batterijen beter beschikbaar en betaalbaarder worden – een omslagpunt in komen. Om verschillende redenen is een batterij-elektrische oplossing duurzamer. Ten eerste zal deze ook na 2050 nog aan de duurzaamheidseisen voldoen, terwijl vanaf dan ook een modernere diesel niet meer voldoet (en wellicht eerder al als gevolg van strenger klimaatbeleid in lijn met het klimaatakkoord van Parijs en strengere eisen die lokaal gesteld worden aan passagiersvaart (bijv. Amsterdam)). Ten tweede biedt een elektromotor flexibiliteit om te profiteren van ontwikkelingen in de markt voor energieopslag, omdat deze ook geschikt is voor brandstofcellen en andere typen batterijen. Een schipper die op dit moment deze afweging maakt doet er goed aan deze overwegingen mee te laten wegen; de bijgevoegde rekentool geeft inzicht in wat verschillende prijsniveaus van energieopslag betekenen voor het kostenplaatje.
- Revisie is een andere optie om – tegen een relatief kleinere investering – de levensduur van de huidige motoren te verlengen. Schippers die dit nu overwegen als alternatief voor hermotoriseren moeten zich ervan bewust zijn dat dit op lange termijn mogelijk geen goede keuze is. Afhankelijk van in welke havens en vaargebieden zij varen komt eerder of later het punt dat hun motor niet meer voldoet voor de tochten die zij willen

maken. Schippers die overwegen te reviseren in afwachting van prijsdalingen van modernere en duurzamere systemen nemen hiermee dus een risico. Voor de situatie waarin beperkte financieringsmogelijkheden de belangrijkste barrière zijn om te hermotoriseren doen wij enkele aanbevelingen om deze drempel te verlagen.

- De investering in hermotoriseren brengt hogere jaarlijkse kosten met zich mee (lease en/of afschrijving), bovenop de 'standaard' operationele kosten die schippers al verdisconteren in hun tariefstelling. Daarom is het noodzakelijk deze tariefstelling kritisch te evalueren – zijn de tarieven zodanig dat een schipper alle nodige investeringen kan betalen? Het rekenmodel biedt een handvat om deze afweging te maken. Als de huidige tarieven te weinig ruimte bieden om de nodige investeringen te doen, dan moet de tariefstelling omhoog, gerechtvaardigd door een schoner en stiller schip. Voor de eerste schippers die dit doen kan dit een 'unique selling point' zijn richting (specifieke groepen) klanten dat een hoger tarief rechtvaardigt, maar gaandeweg kan schoon en stil varen tegen hogere tarieven de standaard worden in de sector, en blijven schippers die nog met een oude motor op fossiele diesel varen achter. De bruine vloot drijft op de passie van de schippers voor hun schepen en hun vak, wat wellicht een barrière opwerpt om prijzen te verhogen. Anderzijds is het essentieel om op een duurzame en financieel gezonde manier het voortbestaan van de vloot en het vak van schipper te verzekeren.
- Hermotoriseren vraagt hoe dan ook een grote investering, wat een probleem kan zijn doordat schippers doorgaans beperkte toegang hebben tot financiering en het lang niet altijd uit eigen middelen kunnen betalen (zie Sectie 1.4). Het aspect van financiering (dat in de praktijk een mix is van eigen middelen, bankkrediet en/of hypotheek, en/of onderhandse leningen, allen tegen variërende percentages) is in deze analyse nog niet meegenomen, maar vraagt wel aandacht. Op brancheniveau is reeds een kredietunie (Kredietunie Traditionele Passagiersvaart, KTPV) opgericht om schippers te ondersteunen bij grote investeringen – een waardevolle stap gezien de aankomende verduurzamingsopgave waar de gehele sector voor staat. Dit initiatief, en andere mogelijkheden om de toegang van schippers tot financiering voor grote investeringen te verbeteren, verdienen ondersteuning. Banken die terughoudend zijn met kredietverstrekking kunnen wellicht tegemoet worden gekomen met hogere marges, wat sowieso al noodzakelijk lijkt om de grote investeringen terug te kunnen verdienen. Het rekenmodel kan helpen om de omvang van investeringen in te schatten, en de impact van de terugverdientijd inzichtelijk te maken.
- Er is nog geen markt voor het leasen van batterijen voor maritieme toepassingen, zoals die wel al groeiende is in de markt voor EV-batterijen. Hoewel het leasen van batterijen bij de huidige kilowattuurprijzen van batterijen nog een erg dure optie is, kan het op termijn wel meer flexibiliteit bieden en de barrière van de hoge initiële investering verlagen. Idealiter kan de markt de schippers ook op maat bedienen, met bijvoorbeeld acculease op maandbasis gedurende het vaarseizoen of laagdrempelig kortstondig

extra capaciteit leasen voor specifieke trips. Hierin kan de sector zelf via de BBZ een trekkende rol op zich nemen door de inkoop van leasecapaciteit en -contracten te bundelen. Batterijlease kan ook coöperatief opgezet worden, maar vraagt om kapitaal (analoog aan de kredietunie die al opgezet is), en om de ontwikkeling van expertise op het gebied van de batterijsystemen om onderhoud en reparaties in eigen beheer te kunnen doen.

- De functie van de bruine vloot als 'varend erfgoed' maakt dat overheidsorganisaties (gemeente, provincie, rijk) genegen zijn hier subsidies voor beschikbaar te maken. De ervaring van de reeds elektrisch varende schippers laat zien dat dit geen overzichtelijk landschap is in termen van waar wat beschikbaar is tegen welke voorwaarden. Hun aanbeveling is om hierin advies te zoeken van een subsidieadviseur. Aangezien het (los van regionale verschillen) vaak dezelfde subsidies zijn waar schippers voor in aanmerking komen, kan dit advies ook op brancheniveau worden ingewonnen en beschikbaar gemaakt aan individuele ondernemers. Daarnaast is ons advies naar deze overheidsorganisaties om subsidies transparanter en toegankelijker te maken, en hierin ook proactief op te treden richting het erfgoed dat ze willen behouden. Voor schippers, adviseurs, en subsidieverstrekkers geeft het ontwikkelde rekenmodel een mogelijkheid om de financieringsbehoefte inzichtelijker te maken.

120

De stap naar een duurzame en financieel gezonde bruine vloot vraagt om een combinatie van deze oplossingen. Duidelijk is dat grote investeringen op niet al te lange termijn onontkoombaar worden, en dat inzicht in de kosten en financieringsbehoefte hierbij essentieel is. Naast dit artikel is er ook een rekenmodel ontwikkeld dat handvatten biedt om dit inzichtelijk te maken, en de juiste financieringsmogelijkheden bij de behoefte te organiseren. In het algemeen geldt dat deze TCO-analyse methodologisch ook gebruikt kan worden voor andere technologische innovaties in voertuigen.

## Dankwoord

Deze artikel is een product uit het KIEM-project 'Verduurzaming van de Bruine Vloot', gefinancierd door regieorgaan SIA (KIEM.K23.01.121; budgetnr. 16825). Dit artikel bouwt voort op de Masterscriptie "Brown Sailing Fleet - Sustainability Challenges" van Yoeri Meulemans. De auteurs danken de BBZ (Cockie Schilperoort, Paul van Ommen), Joost Martijn (schipper De Overwinning) en Wiebe Radstake (schipper De Vrijbouter) voor de waardevolle samenwerking en input gedurende het project. In eerdere fasen van het project hebben Ellen Boslooper en Jeroen Pruijn waardevolle bijdragen geleverd, evenals studenten Dominique Baan, Lara Bennink en Jeanine Scholtens in hun project binnen de minor Risicomanagement & Gedrag. Tot slot danken de auteurs de respondenten van de enquête en de schippers die een en ander nog verder wilden toelichten en bespreken in



de telefonische interviews. Verder valt dit onderzoek onder Thema 2 (Schone, autonome en veilige modaliteiten) van Greening Corridors (SPRONG SPR.ALG.01.021)

## Referenties

- BBZ. 2024. Kerncijfers Chartervaart 2023. Beschikbaar op <https://www.debbz.nl/nieuws/kerncijfers-2023-online>.
- Bloomberg. 2023. Lithium-Ion battery pack prices hit record low of \$139/kWh. Beschikbaar op <https://about.bnef.com/blog/lithium-ion-battery-pack-prices-hit-record-low-of-139-kwh/>.
- Boslooper E. (2021). Externe kosten worden interne kosten; de prijs in het circulaire businessmodel. CM Web.
- CO2 Emissiefactoren. 2024. Lijst emissiefactoren. Beschikbaar op <https://www.co2emissiefactoren.nl/lijt-emissiefactoren/>.
- Comello, S., Reichelstein, S. The emergence of cost effective battery storage. *Nat Commun* 10, 2038 (2019). <https://doi-org.hr.idm.oclc.org/10.1038/s41467-019-09988-z>.
- Crownhart, C. 2023. Why some companies want you to rent the battery in your EV – Battery swapping could change how we pay for the power in our vehicles. *MIT Technology Review*. Beschikbaar op <https://www.technologyreview.com/2023/05/18/1073291/rent-ev-battery-swap/>.
- EnergyGO. 2024. Menukaart duurzame chartervaart. Beschikbaar op <https://www.debbz.nl/bestanden/menukaart-bbz-1005.pdf?cd=i>.
- Electric Autonomy Canada. 2022. VinFast releases battery leasing price plans for Canadian customers. Beschikbaar op <https://www.technologyreview.com/2023/05/18/1073291/rent-ev-battery-swap/>.
- EOC. 2023. Infoblad accu's. Beschikbaar op <https://www.eoc.nl/Portals/5/Downloads/Infobladen/Infoblad%20Accu%20vergelijk.pdf>.
- ESource. 2022. Battery market forecast to 2030: Pricing, capacity, and supply and demand. Beschikbaar op <https://www.esource.com/report/130221hvfd/battery-market-forecast-2030-pricing-capacity-and-supply-and-demand>.
- Greenway, 2024. Verwachting prijsontwikkeling HVO en diesel. Beschikbaar op <https://greenwayplatform.nl/verwachting-prijsontwikkeling-hvo-en-diesel/>, geraadpleegd 25 juli 2024.
- Hua, Y., Zhou, S., Huang, Y., Liu, X., Ling, H., Zhou, X., Zhang, C., Yang, S. 2020. Sustainable value chain of retired lithium-ion batteries for electric vehicles. *Journal of Power Sources* 47, 228753. DOI: <https://doi-org.hr.idm.oclc.org/10.1016/j.jpowsour.2020.228753>.
- Ministerie van Financien. (2024). Miljoenennota Bijlage 25 Fossiele Subsidies. Beschikbaar op <https://www.rijksfinancien.nl/miljoenennota/2024/bijlage/1848724>.
- Rijksoverheid. (2019). Green deal Zeevaart, Binnenvaart en Havens.

- Rijksoverheid. (2022). Klimaatakkoord. Beschikbaar op <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/klimaatakkoord/wat-is-het-klimaatakkoord>.
- Sommerville, R., Zhu, P., Rajaeifar, M.A., Heidrich, O., Goodship, V., Kendrick, E. 2021. A qualitative assessment of lithium ion battery recycling processes. Resources, Conservation and Recycling 165, 105219. DOI: <https://doi-org.hr.idm.oclc.org/10.1016/j.resconrec.2020.105219>.
- Zeilen.nl. 2021. Nu in zeilen: 19 vragen + 8 tips over de dieselmotor. Beschikbaar op <https://www.zeilen.nl/actueel/nu-in-zeilen-19-vragen-8-tips-over-de-dieselmotor/>.



# LOGISTIEK



Logistiek<sup>+</sup> is een podium voor logistieke kennis, ontwikkeld door student- en docentonderzoekers, lectoren, partners van de KennisDC's uit het bedrijfsleven en de brancheverenigingen TLN en evofenedex.

Alle KennisDC's ontplooiën nieuwe, interessante activiteiten. Ieder regionaal KennisDC kent een eigen specialisme en kan tegelijk expertise op alle uiteenlopende themavelden van de logistiek aanbieden aan bedrijven en instellingen in de regio én hun eigen opleiding Logistiek. Elk KennisDC rolt enerzijds zijn eigen parels landelijk uit en brengt anderzijds aan de hand van de behoefte van regionale bedrijven de parels van andere KennisDC's in binnen de eigen regio. Op die manier worden we samen slimmer. En dat is de kern van het KennisDC Logistiek.



[www.kennisdclogistiek.nl](http://www.kennisdclogistiek.nl)