

Ervaringen met het ontwikkelen van bouwlogistieke control towers

Een actieplan voor implementatie en roadmap
voor opschaling



TNO 2024 R11248

1 juli 2024

TNO 2024 R11248 – 1 juli 2024

Ervaringen met het ontwikkelen van bouwlogistieke control towers

Een actieplan voor implementatie en roadmap
voor opschaling

| | |
|------------------|---|
| Auteurs | S.A. (Siem) van Merriënboer, J. (Jannette) de Bes-van Staalduinen |
| Exemplaar nummer | 2024-STL-RAP-100354011 |
| Aantal pagina's | 60 (excl. voor- en achterblad) |
| Aantal bijlagen | 4 |
| Opdrachtgever | Topsector Logistiek |
| Projectnaam | Fundaments for a Construction Logistics Control Tower (CLCT) |
| Projectnummer | 060.49774 |

Deze activiteit is mede gefinancierd uit de Toeslag voor Topconsortia voor Kennis en Innovatie (TKI's) van het Ministerie van Economische Zaken.

(Bron: foto op de voorkant is van Annette Rondaj)

Alle rechten voorbehouden

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

© 2024 TNO

Inhoudsopgave

| | | |
|------------|--|----|
| 1 | Inleiding..... | 4 |
| 2 | Keuzeprocen en verdiepen van CLCT toepassingen..... | 7 |
| 2.1 | Keuzeprocen CLCT voor use case Amsterdam | 7 |
| 2.2 | Keuzeprocen CLCT voor use case Rotterdam | 11 |
| 3 | Vertaling van input vanuit use cases naar functioneel ontwerp voor strategische en operationele CLCTs..... | 13 |
| 4 | Lessons learned | 16 |
| 5 | Visie op CLCTs | 19 |
| 5.1 | Strategische gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning..... | 19 |
| 5.2 | Operationele gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning..... | 20 |
| 5.3 | Operationele project-gedreven CLCT voor transportplanning | 21 |
| 6 | Actieplan voor implementatie en roadmap voor opschaling..... | 22 |
| 6.1 | Actieplan voor de implementatie van een strategische CLCT..... | 22 |
| 6.2 | Roadmap voor opschaling van toepassing van strategische CLCTs | 25 |
| 6.3 | Actieplan voor implementatie van een operationele CLCT..... | 29 |
| 6.4 | Roadmap voor opschaling van toepassing van operationele CLCTs..... | 32 |
| 6.5 | Indicatieve inschatting van de impact van CLCT-ambities op belangrijke KPIs van de Topsector Logistiek | 35 |
| 6.6 | Conclusie..... | 37 |
| | Ondertekening..... | 38 |
| Bijlagen | | |
| Bijlage A: | Beschrijving use case Amsterdam | 39 |
| Bijlage B: | Beschrijving use case Katendrecht Rotterdam | 44 |
| Bijlage C: | Mock-ups van dashboards voor CLCTs | 53 |
| Bijlage D: | Visualisatie van actieplan tot implementatie en roadmap voor opschaling CLCTs | 58 |

1 Inleiding

Dit rapport beschrijft de uitwerking van een actieplan voor het implementeren van bouwlogistieke control towers (Construction Logistics Control Tower, CLCT) en een roadmap om de komende jaren een brede opschaling te realiseren van de toepassing van CLCTs in de Nederlandse bouwsector. Het onderzoek is onderdeel van het TKI-project “Fundamentals for a CLCT” van de Topsector Logistiek en betreft werkpakket 4 (WP4 Roadmap). Het onderzoeksproject is een publiek-private samenwerking (PPS) van kennisinstellingen, marktpartijen uit de bouw, gemeenten en brancheverenigingen in opdracht van de Topsector Logistiek. In het project wordt de volgende hoofdvraag geadresseerd: “Hoe kan een Construction Logistics Control Tower (CLCT) ketenregie van bouwlogistiek ondersteunen en daarmee bijdragen aan een verbeterde samenwerking in de logistieke keten van de bouw?” De verwachting is dat implementatie van CLCT-toepassingen in de bouw leidt tot betere samenwerking tussen ketenpartijen en inzichten om gezamenlijk bouwlogistieke maatregelen toe te passen. Onderzoek uit het verleden heeft al uitgewezen dat het toepassen van bouwlogistieke maatregelen, zoals een bouwhub, leidt tot een reductie van bouwtransport en bijbehorende emissies¹.

Een bouwlogistieke control tower wordt hier gedefinieerd als een combinatie van een informatiesysteem en een beslisproces ten behoeve van het voeren van ketenregie over bouwlogistieke stromen. Het informatiesysteem is ondersteunend aan het beslisproces. Het beslisproces vloeit voort uit een bepaalde vorm van ketenregie. In het eerste onderdeel van dit onderzoeksproject is een verkenning uitgevoerd naar de verschillende vormen van ketenregie in de bouw. Dit heeft de basis gelegd voor het hoofddoel van dit project, namelijk het ontwerpen van een generiek functioneel ontwerp voor een strategische CLCT en een operationele CLCT voor transportplanning (een specifieke bouwlogistieke functionaliteit). Deze zijn beschreven in de paper “Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making”².

Binnen het project is gewerkt op basis van twee praktijkcases, waaruit is geput om zoveel mogelijk input voor het onderzoek te verzamelen bij de betrokken stakeholders:

1. bruggen en Kademuren in het Wallengebied van Amsterdam;
2. stadsgebied Katendrecht in Rotterdam.

De specifieke context, de bouwlogistieke uitdagingen, de toepassing van CLCTs binnen deze twee use cases en de daarbij opgedane lessen en ervaringen (lessons learned) worden nader toegelicht in de bijlagen van dit rapport (zie Bijlage A en Bijlage B).

Uiteindelijk zijn alle bevindingen van het onderzoek vertaald in enerzijds een actieplan met als doel om te komen tot implementatie van CLCTs en anderzijds een roadmap voor het opschalen van toepassingen van CLCTs in de Nederlandse bouwsector.

¹ de Bes, J., Eckartz, S., van Kempen, E., van Merriënboer, S., Ploos van Amstel, W., van Rijn, J. & Vrijhoef, R., Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw: Ervaringen en aanbevelingen, TNO, 2018.

² Harmelink, R., van Merriënboer, S., Adriaanse, A., van Hillegersberg, J., Topan, E., Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making, IEBIS, TNO, JADS, 2024.

Het *'implementatie actieplan'* is gericht op wat de verschillende betrokken partijen kunnen doen om op korte termijn aan de slag te gaan met het opzetten en implementeren van een CLCT voor bouwlogistiek. De *'opschalingsroadmap'* gaat enerzijds over het verder ontwikkelen van de benodigde kennis en tools, gebaseerd op hiaten en behoeften die in dit project zijn geconstateerd, en anderzijds over het iteratief en continue verder lerend en ontwikkelend breder uitrollen van het concept binnen de bouwsector.

Het actieplan en de roadmap bestaan uit acties voor verschillende betrokken partijen (publiek en privaat), uitgezet naar haalbare en realistische tijdlijnen op drie verschillende ontwikkellijnen: organisatie, data en technologie. Dit is vastgelegd in dit rapport. Het rapport is bedoeld voor alle betrokken stakeholders bij bouwlogistiek, waaronder: opdrachtgevers, bouwbedrijven, logistiek dienstverleners en vervoerders, toeleveranciers en beleidsmakers. Het actieplan en de roadmap sluiten zoveel als mogelijk aan bij lopende IT-gerelateerde ontwikkelingen in de bouwsector, met name het Digitaal Stelsel Gebouwde Omgeving (DSGO, onderdeel van digiGO³) en Bouw Informatie Management (BIM) en de logistieke sector, met name DEFLog⁴ en de Basis Data Infrastructuur (BDI)⁵.

In de volgende paragrafen wordt de aanpak besproken van het ontwikkelen van een generiek functioneel ontwerp voor een strategische en operationele CLCT voor transportplanning.

Vervolgens worden de ervaringen en lessons learned tijdens dit proces vertaald in een actieplan voor implementatie en een roadmap voor opschaling voor deze twee verschillende typen CLCTs:

1. een strategische CLCT voor transportplanning;
2. een operationele CLCT voor transportplanning.

De twee CLCTs die in dit project verder uitgewerkt zijn, zijn specifieke verbijzonderingen van de generieke CLCTs zoals beschreven in het functioneel ontwerp. Deze twee CLCTs zijn tot stand gekomen in overleg met de betrokken stakeholders op basis van door hen aangegeven behoefte voor toepassing binnen de context van de use cases. De specifieke verbijzonderingen welke zijn aangebracht betreffen: gebiedsgerichte ketenregie en het consensusmodel voor ketenregie. De actieplannen voor implementatie en opschaling van CLCT-toepassingen kunnen weliswaar breder geïnterpreteerd worden, maar de geformuleerde acties zijn primair gericht op de implementatie en opschaling van strategische en operationele CLCTs voor transportplanning.

Eerst wordt in hoofdstuk 2 het proces beschreven dat is gevolgd om tot een verdieping en keuze voor bovenstaande twee specifieke CLCTs te komen. In hoofdstuk 3 wordt een samenvatting gegeven van het resultaat van het ontwikkelen van een generiek functioneel ontwerp voor de strategische en operationele CLCTs voor transportplanning. Vervolgens worden de bevindingen uit het gehele project in hoofdstuk 4 verwoord in lessons learned van de verkenning van de toepassing van CLCTs binnen de twee praktijkcases. In hoofdstuk 5 wordt op basis van deze lessons learned een visie geformuleerd op de mogelijkheden en de randvoorwaarden behorende bij toepassingen van de twee verschillende typen CLCT-toepassingen.

³ [Home - digiGO](#), digiGO is hét platform voor digitaal samenwerken in de gebouwde omgeving.

⁴ [DEFLog - Gecontroleerd logistieke data delen](#), DEFLog is een infrastructuurvoorziening voor de logistieke sector, waarmee data uitgewisseld kan worden.

⁵ [BDI: een afsprakenstelsel voor beheerst en geautomatiseerd uitwisselen van data - Topsector Logistiek](#).

Hierbij wordt tevens een beeld geschetst van de mogelijkheden voor toepassing van een derde type CLCT: operationele project-gedreven CLCT voor transportplanning. Dit had vanuit het keuzeproces dat is doorlopen niet de primaire focus binnen dit project, maar daar is op basis van de verkregen inzichten wel een mening over opgebouwd en als zodanig ook vastgelegd in dit rapport. Tot slot wordt in hoofdstuk 6 op basis van deze bevindingen een actieplan uitgewerkt voor toepassing en een roadmap voor opschaling van achtereenvolgens een strategische CLCT en een operationele CLCT voor transportplanning.

2 Keuzeproces en verdiepen van CLCT toepassingen

Het keuzeproces dat is gevolgd om tot specifieke toepassingen van CLCTs te komen wordt achtereenvolgens beschreven voor use case Amsterdam en use case Rotterdam.

2.1 Keuzeproces CLCT voor use case Amsterdam

Om tot een toepassing van een specifieke CLCT (bouwlogistieke control tower) te komen voor de use case Amsterdam is een stapsgewijze verkenning van de bouwlogistieke processen en eisen aan een CLCT uitgevoerd. Deze stapsgewijze verkenning heeft plaatsgevonden vanaf de start van het project (april 2022) tot en met einde werkpakket 1 (jan 2023).

In deze verkenning zijn de volgende stappen doorlopen:

1. Stakeholderanalyse (Amsterdamse use case)
2. Procesanalyse (bouwlogistieke processen)
3. Verkenning van ketenregie-typologie
4. Analyse van informatiestromen

Gedurende deze stappen is in kaart gebracht welke belangen en voorkeuren alle verschillende stakeholders uit de use case Amsterdam hebben ten aanzien van type CLCT, de verschillende bouwlogistieke functionaliteiten waarop een CLCT zich kan richten en het type ketenregie. Dit is tot stand gekomen door middel van individuele interviews en workshops met de betrokken stakeholders van use case Amsterdam.

De belangen voor de verschillende stakeholders in het project en met name de Amsterdamse use case zijn in volgende tabel weergegeven (zie Tabel 1).

Tabel 1: Stakeholder belangen.

| stakeholders | rol | Belangen | | | | | |
|---|----------------------------|-------------|----------------|-----------------------|------------|--|--------------------------------|
| | | commercieel | passend beleid | knelpunten signaleren | veiligheid | bouwtransport reduceren / logistieke efficiëntie | verbeterd inzicht in logistiek |
| gemeente | publieke opdrachtgever | x | x | x | x | x | |
| gemeente | publiek belang gemeenschap | x | x | x | x | x | |
| projectontwikkelaar | private opdrachtgever | x | | | | | |
| aannemer | uitvoering (ketenpartij) | x | | | x | x | |
| LDV (transporteur) | uitvoering (ketenpartij) | x | | | x | x | |
| <i>producent/leverancier uitvoering (ketenpartij)</i> | | | | | | | |
| IT-dienstverlener | dienstverlening (IT) | x | | | | x | |

Hier wordt duidelijk zichtbaar dat de belangen van de gemeente (publieke partij) vooral liggen op ontzorgen en verminderen van overlast voor de gemeenschap in het stadsgebied. Daarbij worden onderwerpen benoemd als: het ontwikkelen van passend beleid op bouwlogistiek gebied; het vroegtijdig signaleren van potentiële knelpunten als gevolg van bouwtransport; veiligheid voor de omgeving van het bouwproject; het verminderen van bouwtransport en verbeteren van inzicht in de omvang van bouwtransport.

Voor de marktpartijen (private partijen) liggen de belangen vooral op commercieel gebied en vanuit dit belang door vertaald naar bouwlogistieke impact: verminderen van bouwtransport, verhogen van logistieke efficiëntie en verbeterd inzicht in logistiek. Daar waar deze belangen overlappen (verminderen van bouwtransport, verhogen van logistieke efficiëntie en verbeterd inzicht in logistiek) wordt de meeste nut en meerwaarde voor CLCTs verwacht.

Er zijn twee typen CLCT gedefinieerd in het project:

1. Projectgedreven CLCT
 Samenwerking en ketenafstemming in de ketens van bouwstromen voor één bouwproject, waarin meerdere toeleveranciers en onderaannemers actief zijn;
2. Gebiedsgerichte CLCT
 Samenwerking en ketenafstemming in de ketens over meerdere bouwprojecten heen, bijvoorbeeld van alle bouwprojecten in een gebied.

Tijdens de workshops en interviews is vrijwel unaniem naar voren gekomen dat de meeste interesse en verwachte meerwaarde ligt in de gebiedsgerichte CLCT. De verschillende bouwlogistieke functionaliteiten, die zijn meegenomen in de afweging, zijn in onderstaand overzicht weergegeven (zie Tabel 2).

Tabel 2: Longlist met bouwlogistieke functionaliteiten.

| Bouwblokken/functionaliteiten | Toelichting |
|--|--|
| Transportplanning | Transportplanning op bouwstromen van en naar bouwproject |
| Bouw- / productieplanning | Koppeling tussen bouwplanning en transportplanning (en productieplanning) |
| Asset planning (bouwmaterieel) | Planning van beschikbaarheid / inzet van bouwmaterieel (bijv. bouwkranen) |
| Bouwtickets (planning levertijdvensters) | Planning van levervenstertijden en bouwtickets |
| Voorraadruimte planning | Voorraadmanagement op bouwplaats / bouwhub |
| Consolidatie bouwstromen | Bundeling / consolidatie planning van transportstromen (bouwhub – bouwplaats) |
| Dag- / werkpakketten planning | Planning / samenstelling van (dag/week)-werkpakketten afgestemd op bouwactiviteiten |
| Tracking & tracing | Real-time tracking & tracing van bouwlogistieke ritten |
| Prestatiemeting / monitoring | Prestatiemeting van bouwlogistiek (KPI's: emissies, kosten, beladingsgraad, productiviteit, ...) |
| Management van (vaar)wegcapaciteit | Planning en toewijzing van beperkte capaciteit van (vaar)wegen aan doelgroepen |

Het resultaat van het keuzeproces, dat is doorlopen met de betrokken stakeholders, is een shortlist van bouwlogistieke functionaliteiten voor een CLCT met kenmerken en eisen aan informatiestromen (zie onderstaand overzicht in Figuur 1).



Figuur 1: Shortlist van bouwlogistieke functionaliteiten met kenmerken en eisen aan data.

Ook voor de verschillende vormen van ketenregie op bouwlogistieke stromen is middels workshops in onderling overleg tot een gemeenschappelijk gedragen keuze voor het type ketenregie gekomen. De verschillende vormen van ketenregie, waaruit gekozen is, zijn in onderstaand overzicht weergegeven (zie Tabel 3).

Tabel 3: Longlist van verschillende vormen van ketenregie.

| Ketenregievormen | Toelichting |
|------------------------------------|---|
| Referentiemodel | Geen regie - huidige situatie (referentie) |
| Verrekeningsmodel | Verrekening van geleverde transporten – samenwerkingsverband van logistieke dienstverleners |
| Consensusmodel | Overlegstructuur met gelijke inspraak voor alle partners |
| Concessiemodel | Eén LDV (tijdelijk, via concessie) de ketenregisseur in een gebied |
| Overheidsmodel | Overheid voert regie |
| (Vaar)wegcapaciteitsmodel | Ketenregie op (vaar)wegcapaciteit/verkeersmanagement vanuit de (vaar)wegbeheerder |
| Verticale ketenregie - aannemer | Verticale ketenregie – Aannemer voert regie |
| Verticale ketenregie - LDV | Verticale ketenregie – LDV voert regie |
| Verticale ketenregie - leverancier | Verticale ketenregie – Leverancier voert regie |

Tijdens de workshops is tot een gemeenschappelijk gedragen keuze gekomen met als resultaat het ‘consensusmodel’. Hier wordt door alle consortiumpartners de voorkeur aan gegeven, aangezien men het risicovol vindt om regie uit handen te geven aan een andere partij.

In vervolgsessies is binnen het project verder gegaan met het nader uitwerken en definiëren van de eisen en wensen aan een CLCT voor de bouwlogistieke functionaliteiten **transportplanning** en **planning van logistieke ruimte**. Daarbij is ook de scope van de toepassing nader uitgewerkt voor wat betreft type bouwproject (infrastructuur versus woningbouw) en transportmodaliteit (wegvervoer versus vervoer over water). Vervolgens is onderscheid gemaakt tussen enerzijds een CLCT voor strategische transportplanning en anderzijds een CLCT voor operationeel transportplanning. Dit is gedaan omdat dit in de praktijk zeer verschillende planningsprocessen zijn met een andere planningshorizon op basis van een verschillend detailniveau van data en dus ook met gebruik van andere databronnen. Zie hiervoor ook de paper over het ontwikkelen van een functioneel ontwerp voor een CLCT.

Uiteindelijk heeft dit geleid tot 4 mogelijke toepassingen van CLCTs met de volgende scope en kenmerken (zie Tabel 4).

Tabel 4: Shortlist van CLCTs voor verdere uitwerking.

| CLCT | Type planning | Type bouwprojecten | Transport-modaliteit | Ketenregievorm | Primaire belanghebbers |
|------|--------------------------------|---|----------------------|----------------|------------------------|
| 1 | Strategische transportplanning | Infrastructuur (bruggen, kades, wegonderhoud) | Weg en water | Consensusmodel | Gemeente |
| 2 | Operationele transportplanning | Infrastructuur (bruggen, kades, wegonderhoud) | Water | Consensusmodel | Aannemers, vervoerders |
| 3 | Operationele transportplanning | Woningbouw en utiliteitsbouw | Weg | Consensusmodel | Aannemers, vervoerders |
| 4 | Logistieke ruimteplanning | Woningbouw en utiliteitsbouw Infrastructuur (bruggen, kades, wegonderhoud) | Weg en water | Consensusmodel | Aannemers, vervoerders |

De eerste drie CLCTs zijn verder uitgewerkt binnen de usecase Amsterdam en hebben geleid tot een functioneel ontwerp voor een strategische CLCT en een operationele CLCT.

Het functioneel ontwerp is iets generieker van opzet dan de drie specifieke CLCTs in de zin dat het voor zowel woningbouw en utiliteitsbouw (B&U) geldt als voor infrastructuurprojecten (bruggen, kades, wegonderhoud) en zowel voor transport over weg als transport over water. De verdere uitwerking gaat wel uit van een gebiedsgerichte CLCT en de ketenregievorm consensusmodel.

Tijdens de verdere uitwerking van de bouwlogistieke functionaliteit 'planning van logistieke ruimte' voor de use case Amsterdam is geconstateerd dat dit toch wel snel geïntegreerd wordt met de transportplanning. Zeker voor de Amsterdamse use case op operationeel niveau, waar sprake is van beschikbare logistieke ruimte op duwbakken, gaat het plannen van logistieke ruimte al snel over in transportplanning van duwbakken. Op strategisch niveau is tijdens de interviews met stakeholders in de Amsterdams use case geconstateerd dat het ontbreekt aan betrouwbare en up-to-date beschikbare data en/of databronnen om hier een bruikbaar overzicht van potentiële locaties te krijgen waar logistieke ruimte beschikbaar is voor bouwlogistieke toepassingen. Dit vergt nader onderzoek, wat binnen dit project niet verder is uitgewerkt, maar wel wordt meegenomen in het actieplan en de roadmap.

2.2 Keuzeproces CLCT voor use case Rotterdam

Om tot toepassing van een specifieke CLCT te komen voor de use case Rotterdam heeft een verkorte stapsgewijze verkenning plaatsgevonden van de bouwlogistieke processen in de casus en de daaruit volgende eisen aan een CLCT. Deze stapsgewijze verkenning heeft plaatsgevonden tijdens een werksessie op 13 april 2023, waarbij aanwezig waren: Arjen de Feijter en Han van der Steen namens gemeente Rotterdam (en de Topsector Logistiek Living Lab Katendrecht Rotterdam) en Jannette de Bes en Siem van Merrienboer van TNO. Tijdens deze werksessie is op een korte en snelle wijze het stappenplan doorlopen voor het in kaart brengen van de huidige en toekomstige / gewenste situatie ten aanzien van de toepassing van een bouwlogistieke control tower (CLCT) voor gebiedsgerichte ketenregie op bouwlogistiek over alle bouwprojecten in het stadsgebied Katendrecht Rotterdam. Daarbij zijn de ervaringen vanuit de usecase Amsterdam meegenomen tijdens de werksessie.

De volgende stappen zijn doorlopen:

1. stakeholderanalyse (Rotterdamse use case)
2. procesanalyse (bouwlogistieke processen)
3. verkennen van ketenregie-typologie
4. analyse van informatiestromen

Met deze stappen is in kaart gebracht welke belangen en voorkeuren alle verschillende stakeholders uit de Rotterdamse use case hebben ten aanzien van type CLCT, de verschillende bouwlogistieke functies waarop een CLCT zich kan richten en het type ketenregie.

Uit een uitgebreide longlist van stakeholders zijn de primair betrokken partijen met name de ketenpartijen (aannemers, LDVs, vervoerders), projectontwikkelaars en gemeente Rotterdam (gebiedsregisseur).

Vooralsnog is de verwachting dat de betrokken partijen en met name de projectontwikkelaars de voorkeur zullen geven aan een zogenaamd 'consensusmodel'. Dit past namelijk goed bij de huidige werkwijze waarop periodiek op gelijkwaardige basis overleg wordt gevoerd over alle aspecten van het BLVC-kader, waaronder bouwlogistiek.

De beoogde bouwlogistieke control tower kan hieraan bijdragen en de discussie ondersteunen door alle partijen te voorzien van een gemeenschappelijk inzicht in de te verwachten bouwlogistieke stromen over alle bouwprojecten voor een bepaalde periode.

De huidige bouwlogistieke processen zijn generiek beschreven in ‘Control Towers in bouwlogistiek, een verkenning van ketenregie’⁶. De bouwlogistieke processen van de bouwprojecten in de use case Rotterdam Katendrecht zullen hier niet van afwijken. Met name interessant is om te zien hoe de afstemming gaat plaatsvinden rondom de bouwlogistieke transporten op de twee toegangswegen van en naar het gebied. Daarnaast is belangrijk om uit te zoeken wat de mogelijkheden en beperkingen zijn ten aanzien van het transport over water.

Het overzicht van beschikbaarheid van data en informatie per type ketenpartij / ketenrol (logistiek dienstverleners, aannemers en gemeente)⁶ uit de use case Amsterdam kan voor de use case Rotterdam Katendrecht te zijner tijd een bron van inspiratie en/of vertrekpunt vormen voor een verkenning van de stand van zaken op het gebied van databeschikbaarheid, informatie-uitwisseling en het gebruik van digitale tools bij de verschillende stakeholders, maar is nu nog niet aan de orde.

Voor de use case Rotterdam Katendrecht lijkt een focus te liggen op transportplanning in combinatie met wegcapaciteitsmanagement, gezien de twee toegangswegen. Dit moet nog worden afgestemd met de betrokken partijen uit de samenwerkingsovereenkomst (SOK Katendrecht).

Uit bovenstaande inventarisatie met betrekking tot de toepassing van een CLCT voor gebiedsgerichte ketenregie over alle bouwprojecten in het stadsgebied Katendrecht Rotterdam zijn drie mogelijke toepassingen van CLCT, zoals deze ook bij de use case Amsterdam naar boven kwamen, relevant geacht (zie onderstaande tabel). Daarbij is de focus in Katendrecht gericht op woning- en utiliteitsbouwprojecten in tegenstelling tot de use case Amsterdam waar de focus ligt op infrastructuurbouwprojecten.

Tabel 5: De drie voorgestelde CLCTs voor Katendrecht.

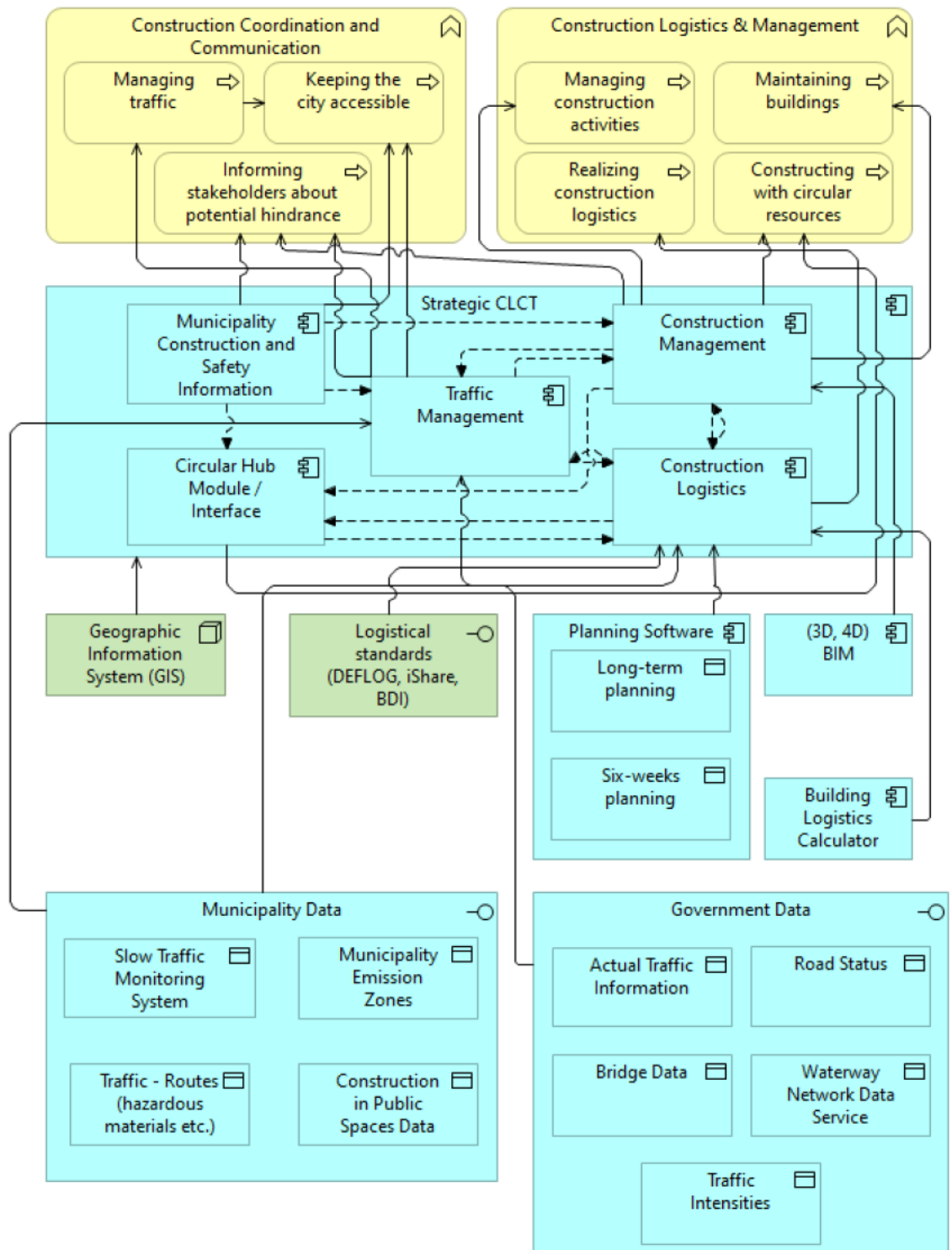
| CLCT | Type planning | Type bouwprojecten | Transport-modaliteit | Ketenregievorm |
|------|--------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------|
| 1 | Strategische transportplanning | Woningbouw en utiliteitsbouw | Weg en water | Consensusmodel |
| 2 | Operationele transportplanning | Woningbouw en utiliteitsbouw | Water | Consensusmodel |
| 3 | Operationele transportplanning | Woningbouw en utiliteitsbouw | Weg | Consensusmodel |

⁶ Van Merrienboer, S., Meijer, L., Rondaj, A., Harmelink, R., ‘Control Towers in bouwlogistiek, een verkenning van ketenregie’, TNO, 2023.

3 Vertaling van input vanuit use cases naar functioneel ontwerp voor strategische en operationele CLCTs

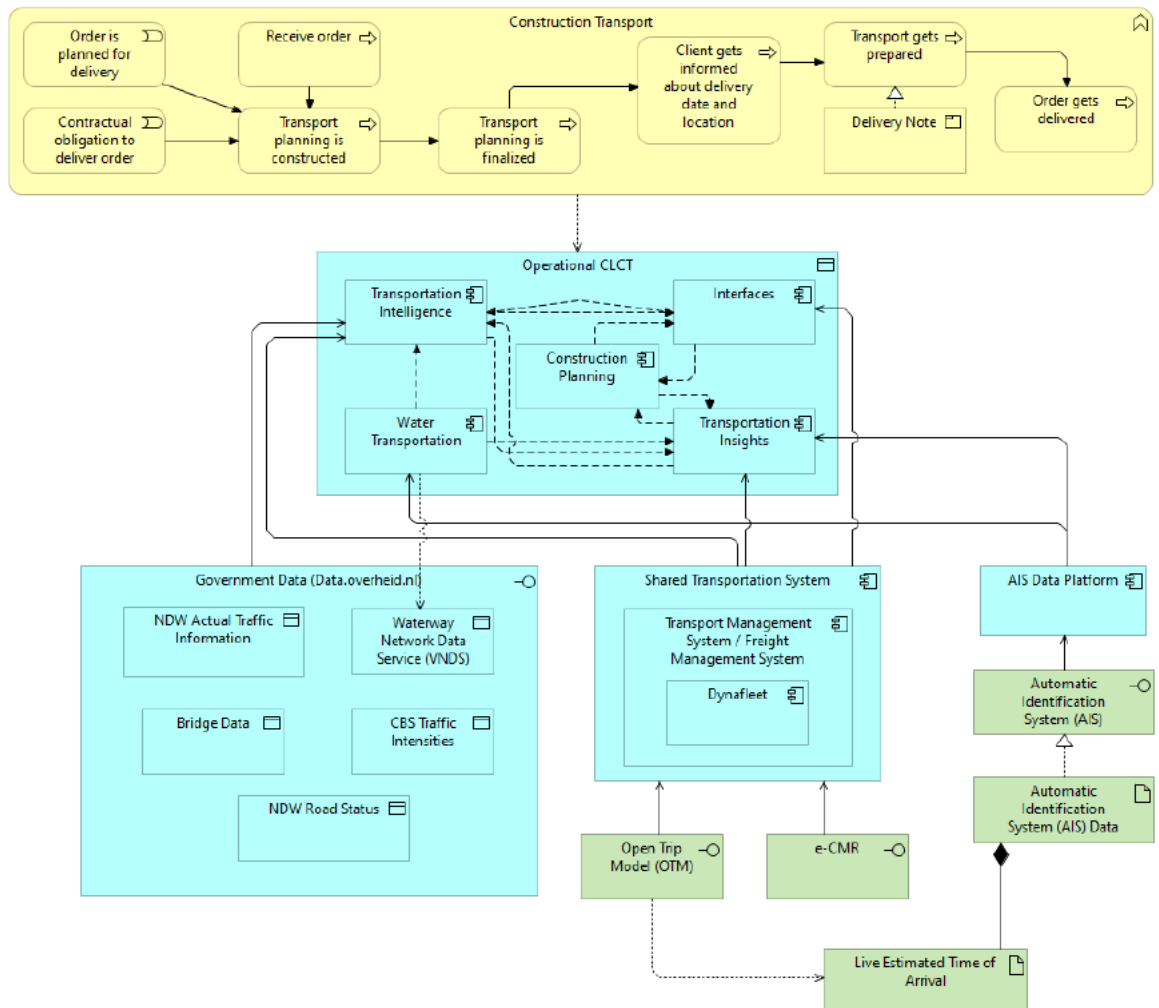
Om tot een generiek functioneel ontwerp voor een strategische CLCT en een operationele CLCT voor transportplanning te komen, is gebruik gemaakt van een aantal ‘mock-ups’ van een dashboard van een bouwlogistieke control tower (zie bijlage C), zoals we deze voor ogen hebben. Dit is gedaan om de betrokken stakeholders te inspireren en op ideeën te brengen om hun eigen eisen en wensen ten aanzien van een CLCT te formuleren. Deze eisen en wensen zijn uiteindelijk vertaald in een generiek functioneel ontwerp voor een strategische CLCT voor transportplanning (zie Figuur 2) en een generiek functioneel ontwerp voor een operationele CLCT voor transportplanning (zie Figuur 3). Deze zijn uitvoerig beschreven in de paper “Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making”⁷ en worden hier niet nader toegelicht.

⁷Harmelink, R., van Merrienboer, S., Adriaanse, A., van Hillegersberg, J., Topan, E., Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making, IEBIS, TNO, JADS, 2024.



Figuur 2: Functioneel ontwerp voor een Strategische CLCT voor transportplanning.

Bron: Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making⁷.



Figuur 3: Functioneel ontwerp voor een Operationele CLCT voor transportplanning.

Bron: Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making⁷.

Deze functionele ontwerpen geven een leidraad voor implementaties van specifieke toepassingen van een CLCT in een bouwlogistieke keten.

4 Lessons learned

Binnen de use cases is op basis van deze functionele ontwerpen verkend welke data en databronnen reeds beschikbaar zijn voor de verschillende bouwblokken van het functioneel ontwerp en wat er nog ontwikkeld moet worden. Daarnaast is gekeken wat er naast de technische invulling van data en data-uitwisseling op organisatorisch vlak moet worden geregeld. Dit is weergegeven in onderstaand overzicht van lessons learned van het toepassen van CLCTs (bouwlogistieke control towers) binnen de use cases Amsterdam en Rotterdam.

Deze lessons learned vormen de input waarop de actieplannen voor implementatie en opschaling zijn gebaseerd:

- Veel relevante data is beschikbaar bij de betrokken stakeholders en er zijn bruikbare (externe) databronnen, maar deze zijn niet altijd volledig, eenduidig en up-to-date. Met name op logistiek gebied dient data beter te worden vastgelegd. Veel gegevens en informatie vanuit het logistieke proces worden niet automatisch / geautomatiseerd vastgelegd in databronnen en gaan verloren na afloop van het bouwproces van een bouwproject. Dit vergt een structureel veranderingsproces bij alle betrokken ketenpartijen van het bouwproces (opdrachtgever, aannemer, leverancier, logistiek dienstverlener en transporteur) en investeringen in IT-systemen ten behoeve van dataregistratie.
- Bouw- / logistieke planningstools zijn beschikbaar en in gebruik, maar de bouw- / logistieke planningsdata daarin is vaak niet up-to-date. Dit vergt een gedragsverandering bij planners om planningen digitaal bij te houden in de bestaande planningstools.
- Behoeftte aan controle en regie over bouwlogistieke stromen op strategisch niveau in een stadsgebied (gebiedsgericht) ligt primair bij gemeenten en is gericht op overlast verminderen. De gemeente is de logische ketenregisseur en neemt deze rol op zich, waarbij de gemeente sturing geeft aan de overige ketenpartijen als het gaat om overleg en afstemming over de wijze waarop eventueel toekomstige knelpunten, veroorzaakt door pieken in bouwtransport, worden aangepakt en opgelost. Hierbij bestaat de strategische CLCT deels uit het beslisproces vormgegeven binnen de ketenregievorm 'consensusmodel' en deels uit een ondersteunend informatiesysteem. De betrokken ketenpartijen (met name projectontwikkelaars en hoofdaannemers) zijn verantwoordelijk voor het tijdig aanleveren van benodigde broninformatie voor de strategische CLCT.
- Behoeftte aan controle en regie over bouwlogistieke stromen op operationeel niveau in een stadsgebied (gebiedsgericht) ligt primair bij marktpartijen en is vooral gericht op efficiëntieverbetering. Maar een gebiedsgerichte en project-overstijgende CLCT op operationeel niveau is zeer lastig te realiseren door een complex stakeholderveld en gebrek aan een logische ketenregisseur (dominante partij) in de huidige bouwcontext.

De hier voorgestelde aanpak bestaat uit:

1. starten op kleine schaal binnen pilots (bijv. de living labs van de Topsector Logistiek) met een beperkt aantal vertrouwde ketenpartners op basis van bestaande beschikbare informatiebronnen met data-uitwisseling en combineren van transporten daar waar kansen zich voordoen;
 2. op basis van de opgebouwde ervaringen binnen pilots ontwerpen en ontwikkelen van een ondersteunend informatiesysteem (CLCT) specifiek gericht op de beperkte scope en betrokken vertrouwde ketenpartners; daarbij kan het generiek functioneel ontwerp van een operationele CLCT worden gebruikt als basis;
 3. uitbouwen en opschalen van de CLCT naar meer functionaliteiten en ketenpartners.
- Waarde en positieve business case voor operationele CLCT met belang voor alle betrokken stakeholders (win-win) zijn aanwezig, maar niet evident. Om deze waarde te valoriseren is het nodig om voorafgaand aan een samenwerking op bouwlogistiek op operationeel niveau gemeenschappelijke KPI's te definiëren en deze gedurende de samenwerking consequent te monitoren. Op dit gebied kan de operationele CLCT fungeren als ondersteunend IT-systeem op het gebied van monitoring van de bouwlogistieke prestaties.
 - Inzicht bieden brengt ook commerciële belangen in beeld en vormt daarmee een knelpunt voor gebiedsgerichte en project-overstijgende operationele CLCT. Dit wordt geregeld geconstateerd bij innovaties met als doel om samenwerken tussen partijen in logistieke ketens te verbeteren. Een mogelijke oplossing daarvoor is het gezamenlijk doorlopen van een proces om te komen tot voldoende vertrouwen in de samenwerkingsvorm (zie bijvoorbeeld 'Aan de slag met samenwerking'⁸ en 'Logistieke samenwerking in de sierteeltsector'⁹).
 - Voor strategische ketenregietoepassingen zijn er wel gebiedsgerichte en project-overstijgende CLCT-mogelijkheden, maar deze zijn slechts 'gemakkelijk' toepasbaar onder de volgende voorwaarden:
 - de bouwprojecten hebben een gemeente als opdrachtgever (publieke opdrachtgever);
 - commitment van alle betrokken partijen vooraf regelen in afspraken (SOK, convenant, BLVC-kader,...);
 - bij voorkeur gezamenlijk één ketenregisseur selecteren, waarbij op strategisch niveau voor gebiedsgerichte project-overstijgende ketenregie de gemeente de meest geschikte partij is.
 - Voor operationele ketenregietoepassingen wordt een gebiedsgerichte en project-overstijgende CLCT al snel bijzonder lastig. Er zijn vele voorwaarden van toepassing:
 - er is één dominante regievoerende partij nodig; dit is zeer lastig in de huidige bouwcontext;
 - er moet kunnen worden afgeweken van bestaande vaste klant-leveranciersrelaties;
 - het vergt vaak horizontale samenwerking tussen LDV/transporteurs; daarbij spelen commerciële belangen een grote bepalende rol en is vertrouwen de cruciale schakel tot samenwerken;
 - er zijn eenduidige afspraken nodig voor verrekening/uitwisselen van logistieke diensten;
 - daarbij is een hoog niveau van IT-maturity gewenst en hoge kwaliteit van data nodig.

⁸ Janssen, R., Ploos van Amstel, W., van Merrienboer, S., Quak, H., Balm, S., Aan de slag met samenwerking, TNO, 2012.

⁹ Janssen, R., Dogger, T., Vos, P., van Merrienboer, S., van Weelden, M., Logistieke samenwerking in de sierteeltsector, TNO, 2012.

- De grootste kans van slagen voor een operationele CLCT ligt op individuele projectspecifieke toepassingen, waarbij de potentiële waarde van ketenregie en toepassing van CLCT lager is door de beperktere scope, maar waarbij de haalbaarheid hoger is door de aanwezigheid van een logische regievoerende partij (projectontwikkelaar of hoofdaannemer).
Deze regievoerende partij is ook de aangewezen ketenpartij om het initiatief tot toepassing van een operationele CLCT te nemen en de betrokken ketenpartijen bij elkaar te brengen om tot samenwerking te komen. De urgentie voor het toepassen wordt echter juist groter indien meerdere projecten binnen een stadsgebied gelijktijdig plaatsvinden. Het advies luidt hierbij om vroegtijdig te beginnen met een strategische gebiedsgerichte CLCT en deze aan te vullen met individuele projectspecifieke CLCTs.
- Urgentie bij marktpartijen voor het toepassen van een strategische dan wel operationele CLCT wordt niet overal gevoeld: “ik heb geen CLCT nodig, we lossen het in het werk wel op”. Dit vergt een sterke (visuele) onderbouwing van de problematiek en aantoonbaarheid van de urgentie om er wat aan te doen. In een mogelijk vervolgproject, dat nu is ingediend bij de Topsector Logistiek (TKI-project BISONKIT), wordt hier een voorstel voor gedaan. Dit betreft het ontwikkelen van een digital twin om op basis van het koppelen van BIM-modellen, bouwlogistieke voorspellingsmodellen en verkeersmodellen inzicht te bieden in de impact van de cumulatieve bouwstromen van gelijktijdige uitvoering van meerdere bouwprojecten op de overige verkeersstromen.

5 Visie op CLCTs

Uiteindelijk hebben de inzichten uit dit project en de lessons learned vanuit de use cases geleid tot een visie op de toepassingsmogelijkheden voor CLCTs en de daarbij behorende randvoorwaarden voor drie verschillende typen CLCTs.

5.1 Strategische gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning

De meerwaarde voor een strategische gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning ligt in het voorspellen van toekomstige knelpunten en mogelijke overlast van bouwlogistieke transportstromen. Met name het inzicht in en overzicht van de cumulatieve bouwtransportstromen van alle bouwprojecten in een stadsgebied levert een gemeenschappelijke basis voor discussies over mogelijke oplossingen voor het reduceren van transportpieken en overlast voor de directe omgeving van de bouwprojecten. Met de juiste tooling (slimme rekenmodellen en simulatiemodellen) kunnen scenario-analyses worden uitgevoerd om de impact van maatregelen en oplossingen op transportstromen, verkeer en emissies te verkennen. Het belang hiervan ligt primair bij een gemeente als vertegenwoordiger en belangenbehartiger van de gemeenschap. Maar ook de betrokken projectontwikkelaars en (hoofd)aannemers hebben belang bij het vroegtijdig herkennen van transportpieken en gezamenlijk nadenken over en afstemmen van potentiële maatregelen en oplossingen om een ongestoorde bouwlogistieke keten en bouwproces te realiseren.

De vorm van ketenregie waar binnen het project van uit is gegaan voor verdere verdieping van een strategische gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning is het consensusmodel. Dit model gaat uit van gelijke inspraak van alle partijen en een regelmatige overlegstructuur. Tijdens de uitvoering van dit project is echter wel de overtuiging ontstaan dat een eenduidige aansturing door de gemeente van dit overleg voorwaardelijk is om tot tijdige en daadkrachtige actieplannen te komen.

In het verlengde daarvan is het dan ook nodig om de samenwerking en commitment vooraf goed te organiseren. Daarmee wordt bedoeld dat duidelijke afspraken worden gemaakt ten aanzien van de samenwerking en de commitment van alle partijen. Deze dienen te worden vastgelegd middels een samenwerkingsovereenkomst / convenant of soortgelijk document, dat door alle partijen wordt ondertekend. Daarna is duidelijk onder welke voorwaarden en afspraken samengewerkt wordt. Een belangrijk onderdeel daarvan zijn de plichten en verantwoordelijkheden om tijdig benodigde data beschikbaar te stellen en te delen met de consortiumpartners.

Het functioneel ontwerp van een strategische CLCT voor transportplanning zoals beschreven in het paper 'Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making' biedt een basis voor de toepassing en implementatie daarvan in specifieke praktijkcases. Daarbij is het verstandig om met simpele digitale hulpmiddelen te starten (bijv. bouwplanningen transportplanningen in Excel) en geleidelijk op te schalen naar meer geavanceerde tooling.

5.2 Operationele gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning

De meerwaarde voor een operationele gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning zit primair in efficiëntieverhoging en betrouwbaarheid van de logistiek / bouwtransport bij marktpartijen vanuit een commercieel belang. Dit leidt uiteindelijk ook tot ritreductie en verminderen van overlast van bouwtransport op de omgeving. Door inzicht te bieden in elkaars transportplanningen ontstaat zicht op kansen tot samenwerking, transportuitwisseling en bundeling/consolidatie van transportstromen, eventueel aangevuld met slimme planningssystemen voor het optimaliseren van de planning van de gezamenlijke transporten.

De haalbaarheid van een dergelijke operationele gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning wordt vooral bemoeilijkt door een complex stakeholderveld en commerciële belangen van individuele partijen. Het aantal betrokken partijen loopt voor een operationele gebiedsgerichte CLCT al snel op door meerdere aannemers/onderaannemers met ieder meerdere toeleveranciers van bouwmaterialen die allen weer hun eigen logistiek dienstverleners/transporteurs inzetten. Dit leidt tot complexe afstemmingsproblemen en optimalisatievraagstukken. Daarnaast blijft het vanuit commercieel oogpunt lastig om anderen inzicht te geven in eigen plannings, maar vooral om regie daarop uit handen te geven. Hier geldt nog meer dan bij een strategische CLCT dat tijdens de uitvoering van dit project de overtuiging is ontstaan dat hiervoor een eenduidige ketenregie nodig is vanuit één logistiek dienstverlener. Dit zorgt er ook meteen voor dat de haalbaarheid van toepassing van een gebiedsgerichte operationele CLCT voor transportplanning in de huidige bouwcontext zeer lastig is. Het is vaak nodig om bestaande klant-leveranciersrelaties te herzien en het vereist horizontale samenwerking tussen logistiek dienstverleners en transporteurs. Daarnaast zijn eenduidige afspraken nodig voor de onderlinge verrekening van uitwisseling van logistieke diensten/transportopdrachten.

Aangezien het hier om operationele plannings gaat, is een hoge IT-maturity vereist van de betrokken partijen en wordt ook een hoge kwaliteit van data gevraagd voor een CLCT. Dit betekent dat partijen met digitale planningstools werken, de plannings in deze tools up-to-date en betrouwbaar zijn en data-uitwisseling is geautomatiseerd.

Het functioneel ontwerp van een operationele CLCT voor transportplanning zoals beschreven in het paper 'Construction Logistics Control Tower(s) for Strategic and Operational Planning and Decision-Making'¹⁰ biedt een basis voor de toepassing en implementatie daarvan in specifieke praktijkcases. Daarbij is het verstandig om met simpele digitale hulpmiddelen te starten (bijv. bouwplanningen en transportplanningen in Excel) en geleidelijk op te schalen naar meer geavanceerde tooling. Monitoring van de actuele en gerealiseerde prestaties van alle individuele onderdelen van de logistieke keten op basis van gemeenschappelijke prestatie indicatoren (KPI's) speelt daarin een belangrijk rol. Monitoring van prestaties in de logistieke keten kan al op basis van handmatige registratie met redelijk eenvoudige digitale hulpmiddelen, zoals Google Forms. Dit vergt wel een strakke discipline van het uitvoerend personeel. Ervaringen uit eerdere TKI-projecten¹⁰ laten zien dat dit bijdraagt aan vertrouwen en een continu leer- en verbeterproces mogelijk maakt.

¹⁰ de Bes, J., Eckartz, S., van Kempen, E., van Merriënboer, S., Ploos van Amstel, W., van Rijn, J. & Vrijhoef, R., Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw: Ervaringen en aanbevelingen, TNO, 2018.

5.3 Operationele project-gedreven CLCT voor transportplanning

Een operationele project-gedreven CLCT voor transportplanning is in het project niet verder verkend, aangezien hierin minder meerwaarde werd gezien door de betrokken stakeholders. Echter, het complexe stakeholdersveld, zoals dat bij een operationele gebiedsgerichte CLCT voor transportplanning geldt, is aanzienlijk minder complex vanuit één bouwproject. Bovendien is bij een project-gedreven CLCT voor één bouwproject ook één duidelijke dominante partij aan te wijzen, namelijk de hoofdaannemer. Deze hoofdaannemer is dan ook de logisch aangewezen partij om regievoerder te zijn voor deze bouwketen of de regievoering bij één externe partij te beleggen. Ook hier geldt dat IT-maturity bij alle betrokken partijen en een hoge kwaliteit van data vereist en voorwaardelijk zijn.

6 Actieplan voor implementatie en roadmap voor opschaling

De visie op de eerste twee CLCTs uit voorgaand hoofdstuk wordt in dit hoofdstuk vertaald in een actieplan voor het implementeren van bouwlogistieke control towers (CLCT), zoals dat mogelijk is op basis van de nu beschikbare methoden en tools, en een roadmap om de komende jaren methoden en tools verder te ontwikkelen en een brede opschaling van de toepassing van CLCTs in de Nederlandse bouwsector te realiseren. Dit wordt gedaan voor achtereenvolgens een strategische CLCT voor transportplanning en een operationele CLCT voor transportplanning. In de roadmap worden tevens de ambities voor het opschalen van toepassingen van CLCTs vastgelegd. Deze ambities zijn door TNO geformuleerde indicatieve doelen op basis van de ervaringen uit onderzoeksprojecten van de afgelopen jaren met vele betrokken partijen uit de bouw- en bouwlogistieke sector en rekening houdend met praktische haalbaarheid. Het actieplan en de roadmap bestaan uit concrete acties voor verschillende betrokken partijen (publiek en privaat), uitgezet langs haalbare en realistische tijdlijnen (korte en lange termijn) op drie verschillende ontwikkellijnen: organisatie, data en technologie. Deze ontwikkellijnen zijn zo gekozen om het actieplan en de roadmap eenvoudig en overzichtelijk te houden. De ambities geven concrete meetbare doelstellingen in de tijd in termen van aantal te realiseren CLCT-toepassingen voor grote en middelgrote steden. Binnen de ontwikkellijn organisatie zijn de acties gebundeld die betrekking hebben op het organiseren van de samenwerking en gedragsverandering, het verhogen van de urgentie en het creëren van incentives voor de verschillende doelgroepen om te veranderen. De ontwikkellijn data geeft acties weer omtrent het monitoren en vastleggen van gegevens over het bouw- en logistieke proces, het verbeteren van de kwaliteit van de data en het verhogen van het gebruik van beschikbare data. De ontwikkellijn technologie heeft betrekking op acties voor het ontwikkelen, implementeren en gebruiken van nieuwe en beschikbare technologie en standaarden op het gebied van informatietechnologie (IT) om CLCT-toepassingen mogelijk te maken. De hier genoemde acties zijn geïnspireerd op de ervaringen en lessons learned uit de casestudies van dit project. In toekomstige uitvoering van vervolgonderzoek, zoals het lopende TKI-project LOKET en het voorgenomen TKI-project BISONKIT, zal verdere invulling worden gegeven aan elementen van de roadmap met als doel brede opschaling van toepassing van CLCTs. Het actieplan en de roadmap voor achtereenvolgens een strategische CLCT en een operationele CLCT zijn gevisualiseerd in Figuur 21 en Figuur 22 uit bijlage D.

6.1 Actieplan voor de implementatie van een strategische CLCT

In het actieplan voor de implementatie van een strategische CLCT worden acties geformuleerd voor korte termijn (1 tot 2 jaar) en voor de lange termijn (twee tot zes jaar) op het gebied van organisatie, data en technologie die nodig zijn om tot implementatie van een

strategische CLCT voor transportplanning te komen. De korte termijn acties komen voort uit kansen die er liggen om op basis van bestaande tools en technologie strategische CLCTs te realiseren. De lange termijn acties zijn gericht op het verbeteren en verhogen van de meerwaarde van de strategische CLCTs door geavanceerdere implementatie en automatisering op basis van bestaande technologie. Deze zijn overzichtelijk weergegeven in de volgende Tabel 6.

Tabel 6: Korte- en lange termijn acties voor de implementatie van een strategische CLCT voor transportplanning.

| Actieplan voor implementatie strategische CLCT | | | | | |
|--|--|----------------------------------|--|---|--|
| | | korte termijn | | lange termijn | |
| | actie | actiehouder | actie | actiehouder | |
| organisatie | Afsprakenkader scheppen met commitment vanuit stakeholders (bijvoorbeeld: door middel van SOK/convenant) | gemeente, aannemers | Uitbreiden van samenwerkingsverband door commitment van meerdere stakeholders | gemeente | |
| | Enkel betrekken van bouwprojecten met gemeente als opdrachtgever | gemeente | Ook betrekken van bouwprojecten van projectontwikkelaars, waarbij de gemeente niet de opdrachtgever is | gemeente, aannemers | |
| | Voorwaarden voor implementatie strategische CLCT meenemen in aanbesteding | gemeente | | | |
| data | Inventariseren bouwopgave van een stadsgebied voor komende jaren | gemeente | Koppelen met BIM-data van een bouwproject | IT-service providers, kennisinstellingen, aannemers | |
| | Gebruik maken van een model voor schatten bouwtransport (bijv.: bouwemissietool TNO noxestimator.nl) | aannemers | Koppeling met real-world datastromen (op basis van bestaande technologie) | IT-service providers, kennisinstellingen, aannemers | |
| | Handmatig data opvragen bij projectontwikkelaar / aannemer | gemeente | | | |
| technologie | Handmatig bouwtransport in de tijd uitzetten => knelpuntanalyse (wanneer/waar pieken?) | gemeente, aannemers, consultants | Oplossingen voor ontsluiten data en standaarden integreren in CLCT (e.g. afsprakenstelsel digiGO/DSGO) | DSGO, kennisinstellingen | |
| | | | Scenario-analyse toepassen bij onderzoeken van oplossingsrichtingen (zie ook: prediction models uit functioneel ontwerp) | consultants | |

6.1.1 Korte termijn acties

Voor de korte termijn liggen de kansen voor het toepassen van gebiedsgerichte strategische CLCTs voornamelijk bij de grote steden (ook wel G4 genoemd: Amsterdam, Rotterdam, Den Haag en Utrecht). De IT-maturity bij deze steden is vaak hoog, waarbij ze kunnen beschikken over een redelijke goede basis op het gebied van benodigde IT-systemen (zie functioneel ontwerp van CLCT en als voorbeeld de use case beschrijving van Amsterdam uit bijlage A).

Daarvoor is wel een aantal organisatorische acties nodig. Een daarvan is het realiseren en formaliseren van een publiek-private samenwerking tussen de betrokken stakeholders. Dit zijn in eerste instantie de gemeente, de opdrachtgevers van bouwprojecten en de hoofdaannemers (indien gunning reeds verleend is). In de use case Rotterdam is hier ruime ervaring mee opgedaan, waarbij de voornaamste lesson learned is dat dit een tijdrovend proces is, waarbij de gemeente slechts beperkte speelruimte en middelen heeft om dit proces te versnellen. Om tot gemeenschappelijke oplossingen te komen is het nodig om de samenwerking vast te leggen en commitment vanuit alle stakeholders te formaliseren. Een bruikbaar hulpmiddel om het toepassen van bouwlogistieke maatregelen te stimuleren, is een BLVC-kader met een uitgebreide paragraaf specifiek voor bouwlogistieke maatregelen.

De grootste invloed vanuit de gemeente is op bouwprojecten waar de gemeente zelf opdrachtgever is. Daarbij kunnen reeds in het aanbestedingsproces eisen worden gesteld aan het implementeren en/of deelnemen in een samenwerkingsverband rond het implementeren van een strategische CLCT.

Ten behoeve van opschaling dient een generiek format te worden opgesteld voor het opnemen van eisen aan CLCT gebruik en toepassing, welke in aanbestedingen kunnen worden meegenomen. Dit bevordert het toepassen van bouwlogistieke maatregelen en het minimaliseren van overlast of het inzichtelijk maken van de bouwlogistieke overlast en de te verwachten impact daarvan op overige verkeersstromen door middel van een strategische CLCT.

Vanuit de gemeente en de reeds betrokken stakeholders in een stadsgebied met een aanzienlijke bouwopgave voor de komende jaren, is het zaak om inzicht te krijgen in de cumulatieve bouwtransportstromen van alle bouwprojecten in het gebied. Van daaruit kunnen analyses plaatsvinden van mogelijke knelpunten en potentiële oplossingen. Een eerste stap daarin is het inventariseren van de bouwopgave de komende jaren en deze handmatig te vertalen naar bouwtransportritten uitgezet in de tijd. Op basis van deze data kan een eerste knelpuntanalyse worden uitgevoerd van waar en op welk moment pieken in bouwtransport zijn te verwachten. Indien reeds bouwbedrijven als stakeholders betrokken zijn, kan de benodigde data opgevraagd worden bij deze bedrijven. Maar ook als dit nog niet zover is, kan door middel van slimme rekentools al een bruikbare voorspelling gemaakt worden van deze bouwtransportritten. Een voorbeeld van een dergelijke tool is de door TNO ontwikkelde bouwemissietool, bouwemissies.nl.

6.1.2 Lange termijn acties

Op de langere termijn kan de gemeente het samenwerkingsverband rondom de toepassing van een strategische CLCT uitbreiden met meer partijen. Daarbij kunnen ook projectontwikkelaars van bouwprojecten in het stadsgebied, waarvan de gemeente zelf geen opdrachtgever is, worden betrokken in het samenwerkingsverband.

Veel bouwbedrijven werken bij grote bouwprojecten tijdens de ontwikkeling van het bouwwerk met een BIM-model (Bouw Informatie Management). Daarin wordt alle data / informatie betreffende het bouwwerk en met name de onderdelen (bouwelementen) waaruit het bouwwerk bestaat vastgelegd en uitgewisseld tussen stakeholders. Het BIM-model van een bouwwerk is als zodanig een zeer rijke bron van data voor verdere analyses betreffende het bouwproject, bouwproces en overige gerelateerde processen. Dit geldt ook voor het bouwlogistieke proces. Indien voor een bouwwerk een BIM-model beschikbaar is, kan een koppeling tot stand worden gebracht met de CLCT-toepassing, zodat geautomatiseerd de hoeveelheden benodigde bouwmaterialen kunnen worden vertaald naar transportritten. Gekoppeld aan een bouwplanning (mogelijk ook opgenomen in het BIM-model, 4D-BIM) levert dit de gewenste input voor het cumulatieve overzicht van bouwtransportstromen van alle bouwprojecten in het gebied. Dit vergt implementatie door IT-service providers eventueel ondersteund vanuit resultaten uit nader onderzoek door de kennisinstellingen naar de wijze waarop deze koppeling tot stand kan worden gebracht.

Digitalisering in het algemeen en de ontwikkeling van geavanceerde CLCTs vergen tijd. Daarbij is het noodzakelijk om aansluiting te vinden en houden bij de actuele ontwikkelingen op het gebied van de digitalisering in de bouwsector, maar ook in de logistieke sector. Deze urgentie wordt onderkend door het sectorinitiatief digiGO, dat het DSGO-programma (Digitaal Stelsel Gebouwde Omgeving¹¹) heeft gelanceerd om de gebouwde omgeving/bouwsector verder te digitaliseren. Het DSGO-programma ontwikkelt een afsprakenstelsel om de toegang tot en uitwisseling van gegevens binnen de bouwsector te vergemakkelijken.

¹¹ [Zo bouwen we het DSGO - digiGO](#)

Het afsprakenstelsel biedt publieke en private organisaties in de bouw de instrumenten voor het ontwikkelen van CLCT-toepassingen. Gemeenten en aannemers kunnen de tools uit het afsprakenstelsel van DSGO integreren in hun CLCT-toepassingen.

De laatste actie (scenario-analyses uitvoeren) is eigenlijk geen actie om tot implementatie te komen, maar is onderdeel van wat een CLCT doet en mogelijk maakt. Het uitvoeren van scenario-analyses kan bijdragen aan het bepalen van de juiste bouwlogistieke maatregelen om de overlast van bouwlogistiek in het gebied te verminderen. Deze scenario-analyses worden daarbij gevoed vanuit de databronnen en resultaten van de strategische CLCT en uitgevoerd door consultants.

6.2 Roadmap voor opschaling van toepassing van strategische CLCTs

In de roadmap voor opschaling van de toepassing van strategische CLCTs voor transportplanning worden acties geformuleerd voor korte termijn (één tot twee jaar) en voor de lange termijn (twee tot zes jaar) op het gebied van organisatie, data en technologie die nodig zijn voor de opschaling van toepassingen van strategische CLCTs voor transportplanning. De korte termijn acties komen voort uit kansen die er liggen om nu al aan de slag te gaan met activiteiten die leiden tot opschaling van strategische CLCTs. De lange termijn acties vergen meer tijd en onderzoek en zijn gericht op een versnelling van de opschaling van strategische CLCTs. Deze zijn overzichtelijk weergegeven in de volgende Tabel 7.

Tabel 7: Korte- en lange termijn acties voor opschaling van de toepassing van strategische CLCTs voor transportplanning.

| Roadmap voor opschaling strategische CLCTs | | | | |
|--|---|--|--|---|
| | korte termijn | | lange termijn | |
| ambitie | focus op grote steden (G4) | | focus op grote en middelgrote steden (e.g. steden met ZE-zones) | |
| | 1 tot 2 toepassingen van CLCTs | | 2 tot 4 toepassingen van CLCTs per jaar | |
| | actie | actiehouder | actie | actiehouder |
| organisatie | Uitdragen/presenteren van succes-stories op publieke media/fora | alle stakeholders, TKI en kennisinstellingen | Uitdragen/presenteren van succes-stories op publieke media/fora | alle stakeholders, TKI en kennisinstellingen |
| | Pilotprojecten starten rondom samenwerking op bouwlogistiek binnen een stadsgebied door middel van SOK/convenant | gemeente, aannemers | Ervaringen uit eerdere pilotprojecten omzetten in (lokale) regelgeving (bijvoorbeeld via BLVC-kader en vergunningen) en gebruiken voor een update van de | gemeente |
| | Opstellen van een leidraad voor gemeenten hoe te werken met BLVC kaders en bouwlogistieke maatregelen | rijksoverheid (minlenW), consultants | Ervaring opbouwen en leren uit eerdere projecten (Case-Based Reasoning, CBR) | gemeente, aannemers |
| | Generiek format opstellen voor opnemen van eisen aan CLCT toepassing bij aanbestedingen | rijksoverheid (minlenW), consultants | Voorwaarden voor implementatie strategische CLCT bij bouwen in stadsgebied opnemen in vergunningverlening | gemeente |
| data | Gebruik van BIM bevorderen | opdrachtgevers, aannemers | Ontwikkelen van een geautomatiseerde koppeling met data uit een BIM-model van een bouwproject | IT-service providers, kennisinstellingen, aannemers |
| | | | Koppeling met real-world datastromen (zie Digital Twin voor bouwlogistiek, TKI LOKET) | kennisinstellingen |
| technologie | Kennismaken van de stand van zaken omtrent het afsprakenstelsel digiGO/DSGO | gemeente, aannemers | BIM, GIS, TMS en verkeersmodellen combineren in pilotprojecten voor Digital Twin voor bouwlogistiek (bijv. TKI BISON-KIT) | kennisinstellingen |
| | Pilotprojecten (bijv. Living labs Topsector Logistiek) starten voor experimenteren met nieuwe technologie voor ketensamenwerking (vanuit onderzoek uit TKI-projecten) en afsprakenstelsel digiGO/SDGO | gemeente, aannemers, IT-service providers, TKI en kennisinstellingen | Aansluiten bij de ontwikkelingen rondom het afsprakenstelsel digiGO/DSGO en de ervaringen uit pilotprojecten inbrengen als input | DSGO, kennisinstellingen |
| | | | Ontwikkelen van een standaard methodiek voor het uitvoeren van scenario-analyses (zie ook: prediction models uit functioneel ontwerp) | kennisinstellingen |

6.2.1 Korte termijn acties

Korte termijn acties voor het opschalen van gebiedsgerichte strategische CLCTs zitten in het uitdragen en presenteren van de cruciale elementen van een succesvolle aanpak en zoveel als mogelijk laten zien hoe het kan en wat nodig is om te komen tot een succesvolle toepassing. Dit kan op relevante congressen (bijvoorbeeld het jaarlijkse Topsector Logistiek event) en in relevante media (bijvoorbeeld Cobouw en Logistiek.nl).

Voor het opschalen van toepassingen van gebiedsgerichte strategische CLCTs zijn korte termijn acties voornamelijk gericht op opstarten van pilotprojecten en daarvan leren. Zoals eerder vermeld liggen de grootste kansen daarvoor bij de grote steden, aangezien de IT-maturity daar vaak hoog is. Daar liggen dus goede kansen om eerste toepassingen van strategische CLCTs te realiseren en is de verwachting van TNO dat bij een of twee van deze steden binnen twee jaar een CLCT te realiseren is.

De organisatorische acties die nodig zijn om deze pilotprojecten op te starten en zo tot opschaling te komen, zijn overeenkomend met het actieplan: het realiseren van een publiek-private samenwerkingen tussen betrokken stakeholders en tevens formaliseren van de samenwerking door de commitment vanuit alle stakeholders vast te leggen in een convenant of samenwerkingsovereenkomst (SOK).

Een bruikbaar hulpmiddel bij het organiseren van samenwerkingsverbanden rondom toepassingen van strategische CLCTs, die leiden tot toepassing van bouwlogistieke maatregelen, is een BLVC-kader met een uitgebreide paragraaf specifiek voor bouwlogistieke maatregelen. Ten behoeve van opschaling is het belangrijk om de ervaringen die inmiddels zijn opgebouwd bij de grote steden met het opstellen en toepassen van BLVC-kaders vanuit het oogpunt van bouwlogistiek vast te leggen en te vertalen in een leidraad voor gemeenten hoe om te gaan met BLVC-kaders om toepassingen van strategische CLCTs en bouwlogistieke maatregelen te stimuleren. Dit past heel goed bij het huidige *ondersteuningsprogramma medeoverheden* van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat in het kader van SEB dat op het moment van schrijven in ontwikkeling is¹². Een van de belangrijke ervaringen uit dit project daarvoor is: het onderscheid maken tussen publieke opdrachtgevers (gemeente zelf als opdrachtgever van een bouwproject) en private opdrachtgevers (projectontwikkelaars), aangezien private opdrachtgevers minder gefocust zijn op het maatschappelijk belang van het verminderen van overlast door bouwlogistiek. Dit betekent dat private partijen minder gemakkelijk te betrekken zijn in dit soort samenwerkingsverbanden en meer externe druk daarbij nodig hebben. Dit kan worden gerealiseerd door het opstellen van (lokale) regelgeving op dit gebied.

Het proces van het in kaart brengen van de toekomstige bouwopgave en de daaruit voortvloeiende bouwtransportstromen kan veel sneller als van de bouwprojecten BIM-modellen beschikbaar zijn en deze als data-bron kunnen worden gebruikt. BIM is bestaande technologie en kan direct worden toegepast. De korte termijn actie voor opschaling betreft dan ook het bevorderen van het gebruik en toepassing van BIM. Dit kan door opdrachtgevers en aannemers worden opgepakt.

Op de korte termijn kennisnemen van de ontwikkelingen die plaatsvinden op het gebied van het afsprakenstelsel digiGO/DSGO is een belangrijke stap in de verkenning van de technologische ondersteuning die nu en in de toekomst beschikbaar is voor het opstellen van strategische CLCTs. Aansluitend op het reeds genoemde opstarten van pilotprojecten is het van belang om daarin ook, indien mogelijk, te experimenteren met bestaande en nieuwe technologie voor data-ontsluiting en data-uitwisseling. Met name de ‘Living labs’¹³ van de Topsector Logistiek zijn daarvoor bij uitstek geschikt.

6.2.2 Lange termijn acties

Voor de langere termijn kunnen de ervaringen zoals opgedaan in pilotprojecten bij de grote steden (G4), worden vertaald naar handelingsperspectief voor de overige grote en middelgrote steden in Nederland. Daarbij moeten de lokale omstandigheden en mogelijkheden voor het toepassen van technologie en beschikbaarheid van data vooraf goed worden overwogen en meegenomen in de afwegingen tot het toepassen van CLCTs. De verwachting is echter dat voor het toepassen van een strategische CLCT hiervoor goede mogelijkheden bestaan, aangezien de benodigde diepgang en gewenste gedetailleerdheid van data niet te groot is. Dit leidt tot een door TNO geformuleerde ambitie voor opschaling van het toepassen van strategische CLCTs bij twee tot vier steden per jaar. Ook voor de langere termijn blijft het regelmatig uitdragen en presenteren van opgedane kennis en ervaringen in succesvolle toepassingen belangrijk voor opschaling van strategische CLCTs.

¹² [De instrumenten van het programma SEB - SEB | Routekaart schoon en emissieloos bouwen \(opwegnaarseb.nl\)](#)

¹³ [Bouwlogistiek en Mobiele Werktuigen - Living Labs 3x3+1 - Resultatenboek 2023 \(topsectorlogistiek.nl\)](#)

Op het gebied van organisatie van de samenwerking om te komen tot toepassingen van CLCTs kunnen ervaringen worden gebruikt om het handelingsperspectief voor overige gemeenten te bepalen. Het BLVC-kader en de ervaringen daarmee bij de grote gemeenten, leveren naar verwachting waardevolle input voor opschaling naar de overige gemeenten. Het verdient aanbeveling om regelmatig een update te maken van de eerder vermelde leidraad voor gemeenten betreffende BLVC-kaders en CLCT / bouwlogistieke maatregelen op basis van de opgedane ervaringen. Nader onderzoek hoe dit het best kan worden omgezet en geborgd in (lokale) regelgeving en wetgeving is nog nodig op dit vlak.

Case-Based Reasoning (CBR)¹⁴ is een op ervaring gebaseerde benadering voor het oplossen van nieuwe problemen door eerder succesvolle oplossingen aan te passen aan soortgelijke problemen. Deze techniek van probleem oplossen is binnen dit project geïnitieerd door de casussen, waarmee in het project is gewerkt. Voor de opschaling van CLCT-toepassingen kan het nuttig zijn om vanuit deze techniek bredere toepassingsmogelijkheden te creëren en analyseren.

In de vergunningverlening bij het bouwen in het stadsgebied kunnen voorwaarden voor implementeren en/of deelnemen in een samenwerkingsverband rond het implementeren van een strategische CLCT worden opgenomen. Dit vergt een goed voorbereidingsproces en verkenning van de juridische mogelijkheden daartoe door de gemeente.

Ook voor de lange termijn acties blijft het integreren van BIM-data van specifieke bouwwerken/-projecten tot cumulatieve overzichten van bouwtransportstromen van alle bouwprojecten in een gebied een relevante actie om tot opschaling van CLCT-toepassingen te komen. BIM-modellen vormen een rijke data-bron voor analyses betreffende een bouwproject, bouwproces en overige gerelateerde processen. Ook hiervoor geldt dat implementatie door IT-service providers eventueel ondersteund vanuit nader onderzoek door de kennisinstellingen nodig is.

In het lopende TKI-project LOKET wordt binnen drie verschillende use cases in drie verschillende steden (Utrecht, Den Bosch en Eindhoven) gewerkt aan een demonstrator van een digital twin voor bouwlogistiek. Dit kan worden gezien als een technologisch geavanceerde toepassing van een CLCT (zie ook het functioneel ontwerp van een CLCT). Hierin wordt een koppeling gelegd tussen de CLCT en real-world datastromen. Dat betekent dat de CLCT (bij voorkeur) geautomatiseerd wordt gevoed met gemonitorde data uit de praktijk en het cumulatieve overzicht van bouwtransportstromen van alle bouwprojecten in het gebied een weergave is van het meest actuele beeld. Een digital twin levert een technologisch geavanceerde en data intensieve implementatie van een CLCT op. Deze is niet op korte termijn realiseerbaar en vergt nog verkennend onderzoek door de kennisinstellingen (zie bijvoorbeeld TKI LOKET). Het TKI-project LOKET is een voorbeeld van een pilot / experiment om de kennis en expertise op het gebied van digital twin toepassingen voor bouwlogistiek te ontwikkelen. Meer van dergelijke pilotprojecten initiëren leidt tot een versnelling van de kennisopbouw op dit vlak en daarmee een vergroting van de mogelijkheden voor toepassen van strategische CLCTs en draagt daarmee bij aan de opschaling van toepassing van strategische CLCTs.

In het beoogde TKI-project BISONKIT wordt een voorstel gedaan voor het ontwikkelen van een digital twin van een strategische CLCT. In dit project wordt getracht om BIM-data van een bouwproject te koppelen aan verkeersmodellen om inzicht te verschaffen in de impact van bouwlogistiek op verkeersstromen en de juiste maatregelen te kiezen om deze impact

¹⁴ [What is Case-Based Reasoning \(CBR\)? Definition from WhatIs.com \(techtarget.com\)](https://www.techtarget.com/whatis/definition/case-based-reasoning)

te verminderen. Daarbij wordt gemonitorde data van bouwtransportstromen en overige verkeersstromen in een gebied gebruikt worden voor voorspellingen van bouwtransportstromen in de toekomst en de impact op de verkeersstromen in de toekomst. Hierin worden meerdere technologieën gebruikt en gecombineerd binnen een geavanceerde CLCT-toepassing (BIM, GIS, TMS, verkeersmodellen). Dit onderzoek door kennisinstellingen draagt bij aan een versnelling van de opschaling van strategische CLCTs.

Voor opschaling van toepassing van CLCT is het noodzakelijk om zoveel mogelijk generieke standaardoplossingen te ontwikkelen. Daarvoor is het essentieel om aansluiting te vinden en houden bij de actuele ontwikkelingen op het gebied van de digitalisering in de bouwsector, maar ook in de logistieke sector. Met name het sectorinitiatief digiGO en het DSGO-programma (Digitaal Stelsel Gebouwde Omgeving¹⁵) zijn op dit gebied bezig met het ontwikkelen van sectorspecifieke oplossingen. Het DSGO-programma ontwikkelt een afsprakenstelsel om de toegang tot en uitwisseling van gegevens binnen de bouwsector te vergemakkelijken. Het toepassen van deze afspraken in CLCT-toepassingen levert voordelen op het gebied van standaardiseren, waarmee opschaling van CLCT-toepassingen wordt versneld. Het afsprakenstelsel biedt publieke en private organisaties in de bouw de hulpmiddelen / instrumenten voor het ontwikkelen van CLCT toepassingen.

Voor de opschaling van de toepassing van CLCTs is het ontwikkelen van een standaard methodiek voor het uitvoeren van scenario-analyses een waardevolle aanvulling. Dit leidt tot een versnelling en verhoging van de mogelijkheden tot het uitvoeren van scenario-analyses en draagt daarmee bij aan de opschaling. Kennisinstellingen zijn de aangewezen partijen om dit op te pakken.

6.3 Actieplan voor implementatie van een operationele CLCT

In het actieplan voor de implementatie van een operationele CLCT worden acties geformuleerd voor korte termijn (één tot twee jaar) en voor de lange termijn (twee tot zes jaar) op het gebied van organisatie, data en technologie die nodig zijn om tot implementatie van een operationele CLCT voor transportplanning te komen. De korte termijn acties komen voort uit kansen die er liggen om op basis van bestaande tools en technologie operationele CLCTs te realiseren. De lange termijn acties zijn gericht op het verbeteren en verhogen van de meerwaarde van de operationele CLCTs door geavanceerdere implementatie en automatisering op basis van bestaande technologie. Deze zijn overzichtelijk weergegeven in de volgende Tabel 8.

¹⁵ [Zo bouwen we het DSGO - digiGO](#)

Tabel 8: Korte- en lange termijn acties voor implementatie van een operationele CLCT voor transportplanning.

| Actieplan voor implementatie operationele CLCT | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | korte termijn | | lange termijn | |
| | actie | actiehouder | actie | actiehouder |
| organisatie | Kleinschalige samenwerkingsverbanden tussen ketenpartijen (e.g. transporteurs/LDVs) | aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers | Coöperatie structuur waarin LDV/transporteurs deelnemen in een marktplaats platform voor transport | aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers, IT-service provider |
| | Gedragsverandering bij bouwplanners om te komen tot up-to-date planningsgegevens in een digitale omgeving | aannemers | Een ondernemer (risiconemer) investeert in IT voor schaalbaar transportplatform | aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers, IT-service provider |
| data | Inzicht bieden en onderling uitwisselen van actuele transportplanningen | aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers | Ontsluiten van data via API's | gemeente, aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers, IT-service provider |
| | Ontsluiten van data via import/export functionaliteit | aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers | Koppelen met BIM-data van een bouwproject | IT-service providers, kennisinstellingen, aannemers |
| technologie | Doorontwikkelen van bestaande TMS naar gemeenschappelijk TMS | IT-service providers, consultants | Intelligentie toevoegen: slimme algoritmes voor optimalisatie en consolidatie transport, asset sharing, route optimalisatie | kennisinstellingen |
| | Implementeren van huidige technologie (sensoriek, track-en-trace, RFID) en bestaande IT-systemen (bouwtickets) ten behoeve van dataregistratie en verbeterde transportplanning | aannemers, LDVs, transporteurs, toeleveranciers, consultants | Link maken tussen operationele CLCT en strategische CLCT om operationele data in te brengen | kennisinstellingen |

6.3.1 Korte termijn acties

Voor de korte termijn liggen de kansen voor het toepassen van gebiedsgerichte operationele CLCTs voornamelijk bij de grotere marktpartijen (aannemers, logistiek dienstverleners, transporteurs en toeleveranciers). Net als bij de grotere gemeenten geldt dat bij de grotere bedrijven de IT-maturity vaak hoog is, waarbij ze kunnen beschikken over een redelijke goede basis op het gebied van benodigde IT-systemen (zie functioneel ontwerp van CLCT). Daar liggen dus goede kansen om eerste toepassingen van operationele CLCTs te realiseren.

De grootste kans van slagen om tot operationele CLCTs te komen, is door het aangaan van kleinschalige samenwerkingsverbanden tussen marktpartijen. Gezien de toepassing op transportplanning zijn met name samenwerkingsverbanden tussen logistiek dienstverleners en/of transporteurs kansrijk. Een mooi voorbeeld daarvan is de ontwikkeling bij enkele leden van TLN (Kuijf Logistics Utrecht en Kees Koopman Transport-Logistiek), waarbij transporteurs hun operationele transportplanningsdata uitwisselen om tot optimale beladingen en transportritten te komen (horizontale samenwerking).

Een veel voorkomend knelpunt voor het implementeren van operationele CLCTs is de huidige wijze van handmatig plannen op de bouwplaats. De dagelijkse / wekelijkse planning vindt plaats in de bouwkeet op de wand met een whiteboard dan wel op een groot A0 papier, waarbij dit niet dagelijks wordt aangepast in de daarvoor beschikbare planningstools. Deze zijn vaak wel beschikbaar, maar worden eenmalig gebruikt om een initiële planning te maken en daarna slechts sporadisch aangepast. Dit vereist een gedragsverandering van de bouwplanners / bouwuitvoerders / projectleiders van aannemers op de bouwplaats.

Het onderling uitwisselen van data over transporten / transportplanningen is al een eerste stap in het opzetten van een samenwerkingsverband en kan doorontwikkelen tot een operationele CLCT. De meest eenvoudige vorm van data-uitwisseling is via import/export van databestanden vanuit een transportplanningstool of Excel (.csv bestanden).

Een technologisch meer geavanceerdere wijze van data uitwisselen van transporten / transportplanningen is door de verschillende TMS-systemen van transporteurs te koppelen of een gemeenschappelijk TMS te gebruiken. Dit kan worden opgepakt door IT-service providers ondersteund door consultants.

Monitoring van bedrijfsprestaties (dataregistratie) in de bouw wordt nog niet intensief toegepast, zeker niet bij de kleinere MKB-bedrijven. Het implementeren van dataregistratiesystemen vergt geen nieuwe technologie of technologieontwikkeling, het gaat vooral om de wil en incentives om deze toe te passen binnen de bouw. Bestaande technologieën, zoals sensoren en automatische identificatie, RFIDs, track-en-trace, bouwticket systemen, kunnen worden toegepast om tot een verbeterd dataregistratie proces te leiden. Een goed dataregistratieproces zorgt voor een goede basis voor data-analyse en het toepassen van data-driven oplossingen zoals CLCTs.

6.3.2 Lange termijn acties

In de pakketbezorging zijn al talrijke voorbeelden te vinden van marktplaatsen voor het uitwisselen van transportdiensten en transportcapaciteiten (e.g. [Brenger.nl](https://www.brenger.nl), [transmission.nl](https://www.transmission.nl)). Binnen de bouw moet dit nog tot ontwikkeling komen, maar ook hier liggen kansen om tot een coöperatiestructuur te komen voor het bundelen, consolideren en uitwisselen van transporten. Dit vergt wel een nader onderzoek naar de voorwaarden en spelregels waaronder dit kan plaatsvinden, de juiste incentives voor marktpartijen om hierin te participeren en de businessmodellen die dit mogelijk maken.

Een andere wijze om tot implementatie van een operationele CLCT te komen, welke leidt tot een grote schaal van bundelen, consolideren en uitwisselen van transporten, kan worden gerealiseerd wanneer een grote kapitaalkrachtige marktpartij kan investeren in een IT-systeem voor een transportplatform met schaalbare oplossingen specifiek voor de bouw. Dit vergt wel een aanzienlijke investering met bijbehorend risico.

Ten aanzien van data-uitwisseling is een meer geavanceerde vorm van data-uitwisseling (ten opzichte van excel-gebaseerde import/export van databestanden) de ontsluiting van data en koppeling van databronnen via API's (Application Programming Interface). Dit is een set van regels en protocollen waarmee verschillende softwareapplicaties met elkaar kunnen communiceren en data uitwisselen. API's maken het mogelijk om gegevens tussen organisaties op een geautomatiseerde en veilige wijze te delen.

Ook voor een operationele CLCT biedt het werken vanuit bestaande BIM-modellen een goede basis en inputbron van data voor operationele planning en aansturing van het bouwlogistieke proces. Dit draagt bij aan meer geavanceerde toepassingen van operationele CLCTs en vergt implementatie door IT-service providers eventueel ondersteund vanuit resultaten uit nader onderzoek door de kennisinstellingen naar de wijze waarop deze koppeling tot stand kan worden gebracht.

Het toevoegen van intelligentie aan CLCT-toepassingen is een essentiële stap om tot het uiteindelijke doel van het toepassen van operationele CLCTs in transportplanning te leiden:

het reduceren van transportritten en bijbehorende overlast (emissies, files, geluid) en het bundelen en consolideren van transportstromen.

Het toepassen van slimme algoritmes voor optimalisatie van transport en transportroutes, optimalisatie van het gebruik van transportmiddelen en transportpersoneel kan daadwerkelijk tot reducties leiden.

In de ideale bouwlogistieke wereld is een operationele CLCT voor transportplanning over meerdere bouwprojecten in een gebied direct gekoppeld aan een strategische CLCT voor transportplanning. De operationele CLCT dient als databron van real-world data voor de strategische CLCT.

6.4 Roadmap voor opschaling van toepassing van operationele CLCTs

In de roadmap voor opschaling van de toepassing van operationele CLCTs voor transportplanning worden acties geformuleerd voor korte termijn (één tot twee jaar) en voor de lange termijn (twee tot zes jaar) op het gebied van organisatie, data en technologie die nodig zijn voor de opschaling van toepassingen van strategische CLCTs voor transportplanning. De korte termijn acties komen voort uit kansen die er liggen om nu al aan de slag te gaan met activiteiten die leiden tot opschaling van operationele CLCTs. De lange termijn acties vergen meer tijd en onderzoek en zijn gericht op een versnelling van de opschaling van operationele CLCTs. Deze zijn overzichtelijk weergegeven in de volgende Tabel 9.

Tabel 9: Korte- en lange termijn acties voor opschaling van operationele CLCTs voor transportplanning.

| Roadmap voor opschaling van operationele CLCTs | | | | |
|--|---|---|---|--|
| | korte termijn | | lange termijn | |
| ambitie | Focus op grote aannemers/LDVs/transporteurs/toeleveranciers 1 tot 2 toepassingen van kleinschalige CLCTs | | Focus op grote en middelgrote aannemers/LDVs/transporteurs/toeleveranciers 1 tot 2 toepassingen van CLCTs per jaar | |
| | actie | actiehouder | actie | actiehouder |
| organisatie | Uitdragen/presenteren van succes-stories op publieke media/fora | alle stakeholders, TKI en kennisinstellingen | Uitdragen/presenteren van succes-stories op publieke media/fora | alle stakeholders, TKI en kennisinstellingen |
| | Economische incentives/incentive vanuit de gemeente die CLCT toepassing faciliteert en beloont | gemeente | | |
| | Opstellen en communiceren van presentatie / whitepaper met voordelen en voorbeelden van toepassen van digitale planningshulpmiddelen / CLCTs | TKI en kennisinstellingen | | |
| data | Opstellen van een leidraad voor toepassen van bestaande oplossingen voor geautomatiseerde dataregistratie en data-uitwisseling op het gebied van bouwlogistiek. | DigiGO/DSGO, IT-service providers, kennisinstellingen | Ontwikkelen van nieuwe geavanceerde IT-oplossingen en standaarden voor geautomatiseerde dataregistratie specifiek voor bouwlogistiek. | DigiGO/DSGO, IT-service providers, TKI en kennisinstellingen |
| | Nader onderzoek naar het kwantificeren van de bedrijfseconomische voordelen van het toepassen van een operationele CLCT per stakeholder in de bouwlogistieke keten | kennisinstellingen | Ontwikkelen van standaarden voor een geautomatiseerde koppeling tussen BIM-modellen van een bouwproject en operationele CLCTs | DigiGO/DSGO, IT-service providers, kennisinstellingen |
| technologie | Opstellen van een overzicht en leidraad voor het toepassen van bestaande digitale hulpmiddelen en tools voor bouw- en bouwlogistieke planning. | DigiGO/DSGO, IT-service providers, kennisinstellingen | Ontwikkelen van sector specifieke standaarden, generieke oplossingen en intelligentie toevoegen: slimme algoritmes voor optimalisatie en consolidatie transport, asset sharing, route optimalisatie | DigiGO/DSGO, IT-service providers, kennisinstellingen |
| | Pilotprojecten (bijv. Living Labs Topsector Logistiek) starten voor experimenteren met huidige en nieuwe technologie (sensoriek, track-en-trace, RFID) en bestaande IT-systemen (bouwtickets) ten behoeve van dataregistratie en verbeterde transportplanning | alle stakeholders, TKI en kennisinstellingen | Ontwikkelen van generieke oplossing om link tussen operationele CLCT en strategische CLCT te realiseren en operationele data in te brengen in strategische CLCT (Digital Twin) | kennisinstellingen |

6.4.1 Korte termijn acties

Korte termijn acties voor het opschalen van gebiedsgerichte operationele CLCTs zitten in het uitdragen en presenteren van de cruciale elementen van een succesvolle aanpak en zoveel als mogelijk laten zien hoe het kan en wat nodig is om te komen tot een succesvolle toepassing. Dit kan op relevante congressen (bijvoorbeeld het jaarlijkse Topsector Logistiek event) en in relevante media (bijvoorbeeld Cobouw en Logistiek.nl).

Een mogelijke stimulans in het kader van opschaling om tot bredere toepassingen van operationele CLCTs te komen, zijn financiële en/of bedrijfseconomische incentives. Deze kunnen door een gemeente ter beschikking worden gesteld bij aantoonbare verbeteringen in bouwtransport (vermindering van transportritten en gerelateerde overlast) door toepassing van bouwlogistieke maatregelen, zoals een operationele CLCT. Binnen gemeente Rotterdam is hier ervaring mee opgedaan middels de Subsidie ritbesparing bouwlogistiek ([Stimuleringssubsidie ritbesparing in de bouwlogistiek - Duurzaam 010](#)). Hierin is in de periode 2019 tot en met 2023 een subsidie ter beschikking gesteld voor het toepassen van bouwlogistieke maatregelen die aantoonbaar leiden tot ritreductie.

Om tot de gewenste gedragsverandering bij bouwplanners te komen (up-to-date houden van bouw- en bouwlogistieke planningsmiddelen), kan op de korte termijn meer bewustwording worden gerealiseerd door TKI en kennisinstellingen door middel van een presentatie en/of whitepaper met voordelen van toepassing van digitale planningshulpmiddelen in brede zin en meer specifieke CLCTs en praktijkvoorbeelden daarvan en hier breed over te communiceren.

Aangezien dataregistratie en data-uitwisseling op het gebied van bouwlogistiek niet evident is en nog niet breed wordt toegepast binnen de bouwsector op dit moment, verdient dit meer aandacht in de verschillende lopende door de overheid gefinancierde programma's om de bouw schoner en duurzamer te maken (SEB). Daarbij kan een eerste stap zijn het opstellen van een leidraad voor het toepassen van bestaande (generieke) digitale oplossingen (IT-systemen). Daarna kan gewerkt worden aan het ontwikkelen van specifieke digitale oplossingen voor de bouwsector, bijvoorbeeld door DigiGO/DSGO.

Goed onderbouwd inzicht in de bedrijfseconomische voordelen van het toepassen van operationele CLCTs per stakeholder in de bouwlogistieke keten ontbreekt op dit moment. Dergelijke voordelen worden echter wel verwacht. Meer inzicht in die voordelen kan echter wel bijdragen aan de acceptatie van het concept CLCT en daarmee aan de versnelling van de opschaling van toepassing van operationele CLCTs. Nader onderzoek naar een goed onderbouwde kwantificering van de bedrijfseconomische voordelen van operationele CLCTs per ketenpartij is gewenst. Dit kan door de kennisinstellingen met medewerking van alle ketenpartijen worden opgepakt.

Ook op het gebied van bouwplanning en bouwlogistieke planning is behoefte aan een overzicht van geschikte bestaande digitale hulpmiddelen en tooling, aangevuld met een leidraad hoe deze stapsgewijs te implementeren in de bedrijfsvoering en een analyse van benodigde innovaties om deze hulpmiddelen beter inzetbaar te maken voor de opschalingsfase. Binnen dit project is daar een eerste aanzet toe gegeven (overzicht van state-of-the-art IT-systemen voor bouwlogistiek in Nederland, TNO 2023 R10799). Ook binnen DigiGO/DSGO wordt hieraan gewerkt.

Ook voor opschaling van operationele CLCTs is het van belang om kennis en ervaringen op te doen in het toepassen en experimenteren met huidige en nieuwe technologische oplossingen voor dataregistratie, data-ontsluiting, data-uitwisseling en bouwplanning / bouwlogistieke planningssystemen. Zoals eerder vermeld zijn met name de ‘Living labs’¹⁶ van de Topsector Logistiek daarvoor bij uitstek geschikt.

6.4.2 Lange termijn acties

Voor de langere termijn kunnen de ervaringen, zoals opgedaan bij kleinschalige toepassingen van operationele CLCTs bij grote marktpartijen, worden vertaald naar mogelijke toepassingen voor middelgrote marktpartijen in Nederland. Ook hier moeten de individuele omstandigheden en mogelijkheden van de betrokken marktpartijen voor het toepassen van technologie en beschikbaarheid van data vooraf goed worden geïnventariseerd en meegenomen in de afwegingen tot het toepassen van operationele CLCTs. De mogelijkheden tot opschaling zullen voornamelijk bepaald worden door de IT-maturity van de betrokken bedrijven, de ontwikkeling van standaarden voor data-uitwisseling door onder andere DigiGO/DSGO en de (financiële) mogelijkheden om bestaande technologische oplossingen toe te passen. Ook voor de langere termijn blijft het regelmatig uitdragen en presenteren van opgedane kennis en ervaringen in succesvolle toepassingen belangrijk voor opschaling van operationele CLCTs. Gezien de lage IT-maturity van de meeste bouwbedrijven leidt dit tot een door TNO ingeschatte bescheiden ambitie voor opschaling van het toepassen van operationele CLCTs van één tot twee toepassingen per jaar.

Het uitdragen en presenteren van de cruciale elementen van een succesvolle aanpak en zoveel als mogelijk laten zien hoe het kan en wat nodig is om te komen tot een succesvolle toepassing blijft ook voor de lange termijn een belangrijke actie om tot opschaling van toepassing van operationele CLCTs te komen.

Voortbordurend op de korte termijn actie van het opstellen van een leidraad voor het toepassen van bestaande oplossingen voor geautomatiseerde dataregistratie en data-uitwisseling, is het ontwikkelen van nieuwe meer geavanceerde IT-oplossingen en standaarden specifiek voor de bouwlogistiek een actie voor de langere termijn. Dit vergt investeringen en nieuw onderzoek door onder andere DigiGO/DSGO, IT-service providers, TKI en de kennisinstellingen.

Ontwikkelen van standaarden voor een geautomatiseerde koppeling tussen BIM-modellen en operationele CLCTs draagt bij aan de opschaling van toepassingen van operationele CLCTs. Dit vergt nader onderzoek door DigiGO/DSGO en de kennisinstellingen naar de wijze waarop deze koppeling tot stand kan worden gebracht en vervolgens implementatie door IT-service providers.

Voor opschaling van operationele CLCTs is het ontwikkelen van sectorspecifieke standaarden, generieke oplossingen en het toevoegen van intelligentie aan operationele CLCT-toepassingen een essentiële stap. Standaarden en generieke oplossingen leiden tot opschaling en brede toepassing van operationele CLCTs, die het mogelijk maken om het uiteindelijke doel te realiseren: het reduceren van transportritten en bijbehorende overlast (emissies, files, geluid) en het bundelen en consolideren van transportstromen.

¹⁶ [Bouwlogistiek en Mobiele Werktuigen - Living Labs 3x3+1 - Resultatenboek 2023 \(topsectorlogistiek.nl\)](https://www.topsectorlogistiek.nl/publicaties/bouwlogistiek-en-mobiele-werktuigen-living-labs-3x3+1-resultatenboek-2023)

Het toepassen van slimme algoritmes voor optimalisatie van transport en transportroutes, optimalisatie van het gebruik van transportmiddelen en transportpersoneel kan daadwerkelijk tot reducties leiden.

Zoals eerder genoemd is in de gewenste ideale oplossing een operationele CLCT voor transportplanning gekoppeld aan een strategische CLCT voor transportplanning. Het ontwikkelen van standaarden en generieke oplossingen om deze link te realiseren is een actie voor de langere termijn, waarvoor nog nader onderzoek noodzakelijk is.

6.5 Indicatieve inschatting van de impact van CLCT-ambities op belangrijke KPIs van de Topsector Logistiek

De genoemde ambities in bovenstaande actieplannen voor enerzijds implementatie van een strategische dan wel operationele CLCT en anderzijds de roadmap voor opschaling van toepassingen van strategische en operationele CLCTs kunnen worden doorvertaald naar een indicatieve inschatting van de impact op belangrijke KPIs van de Topsector Logistiek. De ambities voor opschaling zijn ingeschat door TNO en weergegeven in Tabel 7 en Tabel 9. Uitgaande van de meest voorzichtige interpretatie kiezen we voor de inschatting van impact voor de ondergrens van opschaling, wat neerkomt op een toename van twee CLCTs per jaar voor de eerste twee jaar (korte termijn) en voor de daaropvolgende jaren (lange termijn) drie CLCTs per jaar. Over een periode van vijf jaar betekent dit een totale toename van 13 toepassingen van CLCTs.

De doelstellingen en prioritaire thema's van de Topsector Logistiek vertalen zich naar de volgende meetbare KPIs, zoals geformuleerd door de Topsector Logistiek¹⁷:

- Toename van aantal Cross-Chain-Control-Center (4C) toepassingen;
- Additionele omzet van nieuwe supply chain control activiteiten;
- Kostenreductie in bouw door Cross-Chain-Control-Center (4C) toepassingen;
- Gereduceerde of voorkomen wegtransportkilometers;
- Gereduceerde of voorkomen CO₂-, NO_x- en PM₁₀-emissies;
- Toename van aantal bedrijven dat zich bezighoudt met supply chain control activiteiten.

De hiervoor genoemde ambitie van een toename met 13 CLCT toepassingen in de komende vijf jaar wordt hieronder gekwantificeerd naar de meetbare KPIs.

Daarbij zijn de volgende aannames gebruikt:

- Een CLCT is een vorm van Cross-Chain-Control-Center (4C) toepassing;
- De aanname voor implementatie van een CLCT is dat dit uiteindelijk leidt tot het toepassen van een bouwhub; dat betekent dat de impact van het toepassen van een CLCT gelijk wordt gesteld aan de impact van het toepassen van een bouwhub;
- twee bouwprojecten per CLCT voor de korte termijn (eerste twee jaar, kleinschalige CLCTs);
- drie bouwprojecten per CLCT voor de langere termijn (vanaf jaar drie tot en met jaar vijf, grote CLCTs);
- twee bedrijven per bouwproject betrokken bij kleinschalige CLCT toepassing voor de korte termijn;

¹⁷ [Topsector Logistiek - Resultatenboek 2023](#)

- drie bedrijven per bouwproject betrokken bij grote CLCT-toepassing voor de langere termijn;
- Geschatte omzet per kleinschalige CLCT-toepassing per jaar is **€ 150.000,-**; als referentie is bij een marktpartij welke een bouwhub exploiteert een indicatie van de omzet opgevraagd voor een kleine bouwhub;
- Geschatte omzet per grote CLCT-toepassing per jaar is **€ 250.000,-**; idem als referentie is bij een marktpartij welke een bouwhub exploiteert een indicatie van de omzet opgevraagd voor een grote bouwhub;
- De kostenbesparing van een CLCT-toepassing in de logistieke keten manifesteert zich met name in een kortere bouwtijd en derhalve een besparing op arbeid op de bouwplaats bij de betrokken aannemers¹⁸;
- Bij zowel kleinschalige als grote CLCT-toepassingen wordt uitgegaan van **een vermindering van de bouwtijd met 20 dagen per bouwproject**. Dit is een voorzichtige schatting, waarbij als referentie wordt aangedragen de realisatie van 13 weken (65 dagen) bouwtijdvermindering bij het bouwproject De Trip van aannemer Boele en van Eesteren met VolkerWessels Bouwmaterieel als bouwhub; kanttekening hierbij is dat een CLCT geen bouwhub is, maar de toepassing van de maatregel bouwhub wel bevordert en vergemakkelijkt;
- Een werkdag voor een bouwproject vertaalt zich onder de aannahme van 10 mensen bouw personeel op de bouwplaats, 8 uur per dag en uurtarief van € 60,- naar **een besparing van € 4.800,- per bouwproject per dag**;
- **De gemiddelde CO₂ besparing** bij toepassing van CLCT voor een bouwproject is geschat op **30 ton/bouwproject**; dit is een gemiddelde besparing over de onderzoeken van de afgelopen jaren door TNO naar de impact van bouw hubs; kanttekening daarbij is dat de variatie erg groot is en de mogelijke besparing sterk gerelateerd is aan de omvang van het bouwproject (in aantal m² bvo); het moet dus worden geïnterpreteerd als een grove orde-grootte schatting;
- **De gemiddelde NO_x besparing** bij toepassing van CLCT voor een bouwproject is geschat op **0,13 ton/bouwproject**; Ook hiervoor geldt dat dit een grove orde-grootte schatting is;
- **De gemiddelde PM₁₀ besparing** bij toepassing van CLCT voor een bouwproject is geschat op **1,2 kg/bouwproject**. Ook hiervoor geldt dat dit een grove orde-grootte schatting is;

De ambities uit de actieplannen leveren uiteindelijk de volgende geschatte impact op voor de toepassing van CLCTs over een periode van 5 jaar (zie Tabel 10).

Tabel 10: Geschatte impact op belangrijke KPIs van de Topsector Logistiek over een periode van 5 jaar.

| | |
|---|-----------|
| Periode (jaren) | 5 |
| Aantal toegenomen Cross-Chain-Control-Center (4C) toepassingen | 13 |
| Additionele omzet van nieuwe supply chain control activiteiten (miljoen Euro) | 2,8 M€ |
| Kostenreductie in bouw door Cross-Chain-Control-Center (4C) toepassingen (miljoen Euro) | 3,4 M€ |
| Gereduceerde of voorkomen wegtransport kilometers | 1.200.000 |
| Gereduceerde of voorkomen CO ₂ emissies (ton) | 1.030 |
| Gereduceerde of voorkomen NO _x emissies (ton) | 4,6 |
| Gereduceerde of voorkomen PM ₁₀ emissies (kg) | 42,0 |
| Toename in aantal bedrijven dat zich bezighoudt met supply chain control activiteiten | 118 |

¹⁸ S. van Merrienboer (TNO), W. Ploos van Amstel (HvA), Wat zijn de voorwaarden voor succesvolle bouw hubs voor bouwlogistiek?, VLW, 2018.

Een CLCT vergemakkelijkt toepassing van bouwlogistieke maatregelen zoals een bouwhub. De bouwhub levert logistieke diensten aan de hoofdaannemer van een bouwproject. Daarmee is het een kostenpost voor de hoofdaannemer, maar zorgt het aan de andere kant wel voor kostenbesparingen door de professionalisering van het logistieke proces. Deze besparingen zitten onder andere in lagere transportkosten, maar vooral in een hogere arbeidsproductiviteit en een verkorte duur van het bouwproces. In de bovenstaande Topsector Logistiek ambities zie je dit terug in enerzijds de '*Additionele omzet van nieuwe supply chain control activiteiten*' (extra kosten) en anderzijds de '*Kostenreductie in bouw door Cross-Chain-Control-Center (4C) toepassingen*' (kostenreductie). Netto levert dit een positief resultaat (0,6 M€).

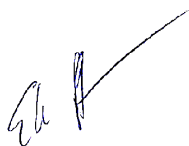
Een belangrijke kanttekening bij bovenstaande resultaten is dat deze inschatting gebaseerd is op uitgangspunten en aannames die sterk variabel kunnen zijn, zoals hierboven per aannames toegelicht en deze inschatting dan ook moet worden geïnterpreteerd als orde-grootte impact van opschaling. Daarnaast is het belangrijk om te beseffen dat de opschaling van CLCTs niet eindeloos is, maar vooral gebaseerd op opschaling naar meerdere gemeenten. Drie van de vier grote gemeenten (Amsterdam, Rotterdam, Utrecht) kennen al een of meerdere bouw hubs per gemeente. Bij de overige gemeenten (G40, in totaal 40 middelgrote gemeenten) zie je nu een enkele gemeente met een bouw hub ontstaan (bijvoorbeeld: Eindhoven). Daar is nog voldoende potentie voor opschaling, maar er is een bovengrens. Deze bovengrens is met een toename van 13 CLCTs nog zeker niet bereikt.

6.6 Conclusie

Met de actieplannen zoals in dit hoofdstuk gepresenteerd ligt er een handelingsperspectief voor de verschillende betrokken partijen bij het programma Schoon en Emissieloos Bouwen (SEB) om door middel van het ontwikkelen en toepassen van CLCTs bij te dragen aan de ambities van het programma SEB. Het handelingsperspectief is breed ingestoken om zowel voor de korte termijn tot actie te kunnen overgaan en concrete implementatie van CLCTs in gang te zetten, als voor de lange termijn door middel van onderzoek en ontwikkeling opschaling van toepassingen van CLCTs mogelijk te maken.

Ondertekening

TNO › Mobility & Built Environment › Den Haag, 1 juli 2024



Ellen Hofbauer
Plv. Research Manager



Siem van Merriënboer
Auteur

Bijlage A

Beschrijving use case Amsterdam

Titel: Toepassing van een CLCT in case Study Amsterdam

Auteur: Ruben Vrijhoef

Case study Amsterdam: kadewerkzaamheden Programma Bruggen en Kademuuren

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.

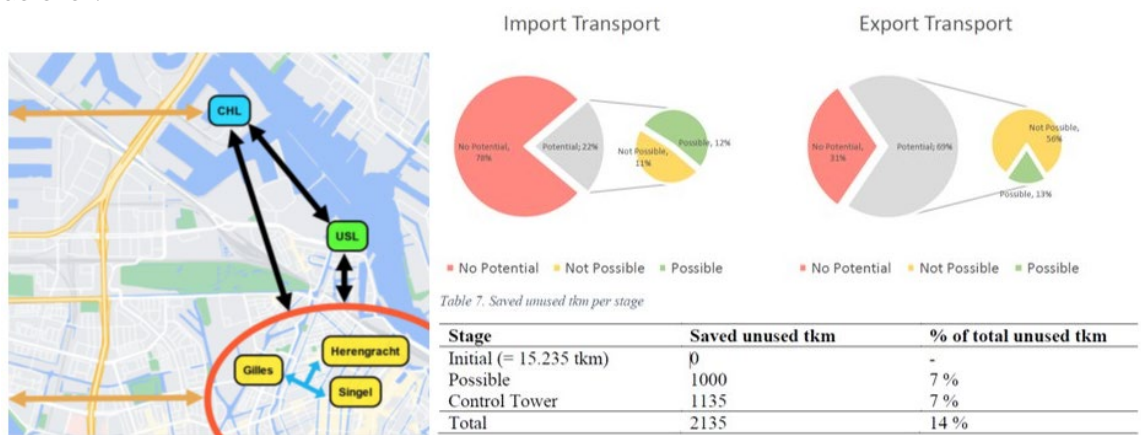
In 2020 heeft de gemeente Amsterdam het Meerjarenprogramma Bruggen en Kademuuren (PBK) vastgesteld om in de stad 800 van de 1.800 bruggen en 200 van de 600 kilometer kademuuren te herstellen. Deze objecten bleken in kritieke staat te verkeren en in 2020 stortte zelfs een kademuur volledig in. Met name 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 kademuuren, bruggen en trottoirs, inclusief ondergrondse infrastructuur, als geïntegreerd cluster per locatie gerenoveerd (Figuur 4).

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.



Figuur 4: Typerende situatie van een kademuurvernieuwing gecombineerd met maaiveldvernieuwing (Bron: Ruben Vrijhoef)

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.

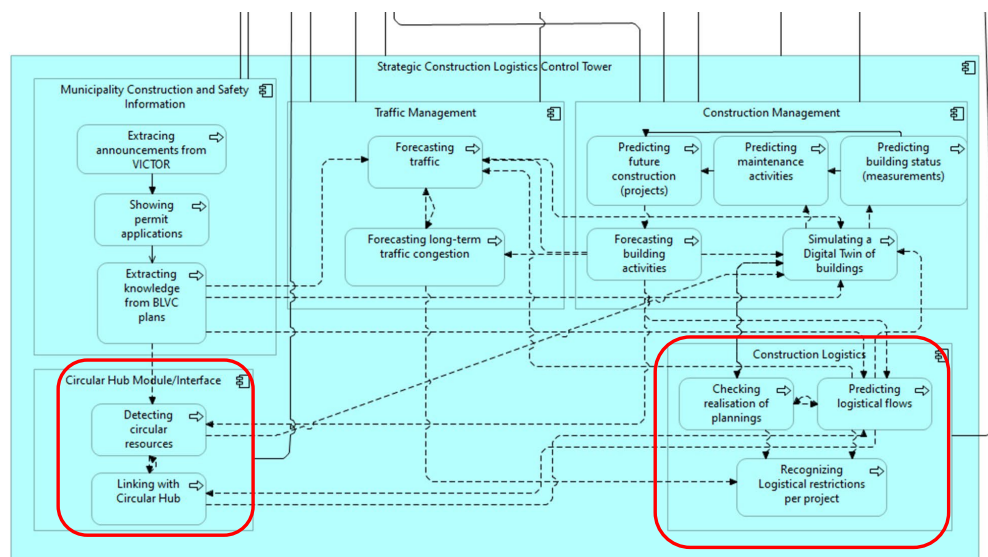


Figuur 5: Eerste case study van gecombineerde transporten op basis van transportregistraties achteraf (Kemerink 2023).

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 casestudy 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 6).

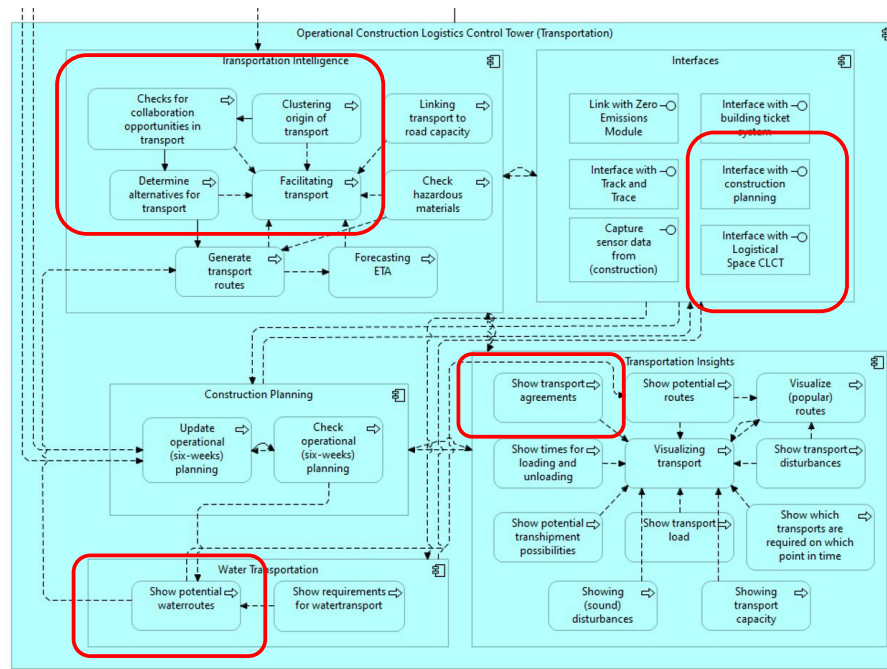


Figuur 6: Geselecteerde functies van de strategische CLCT die getest zijn in de tweede case study.

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 balanceren 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 7).



Figuur 7: 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, dat wil zeggen 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.

| Conventional scenario 1 | | | | | CLCT scenario 2-6 | | | | | | |
|--------------------------------|-------|----------|------|---------|--|--------------|-------|----------|------|-------------------------|------|
| Resultaat CLCT Optimaal | | | | | Resultaat Lokaal opslaan straatstenen | | | | | | |
| | | Klassiek | CLCT | Vershil | % | | | Klassiek | CLCT | Vershil met Ritten+Opti | % |
| Vrachtwagens | Heen | 185 | 0 | -185 | -100% | Vrachtwagens | Heen | 15 | 0 | 0 | [-] |
| | Terug | 154 | 0 | -154 | -100% | | Terug | 12 | 0 | 0 | [-] |
| Schepen | Heen | 34 | 93 | 59 | 174% | Schepen | Heen | 3 | 80 | -12 | -13% |
| | Terug | 18 | 45 | 27 | 150% | | Terug | 1 | 29 | -6 | -17% |

Figuur 8: Doorrekening van transporten in conventioneel scenario 1 versus CLCT scenario 2-6.

Al met al resulteerde de reductie van het conventionele scenario 1 ‘klassiek’ (zie Figuur 8) 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 laadruimte achterblijven. projecten voor gezamenlijk hergebruik door de projecten.

Tabel 11: Vergelijk tussen scenario 1 (conventioneel) versus scenario's 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 |
| Totaal, uitgedrukt in vrachtwagenladingen | 547 | 436 = 80% |

Bijlage B

Beschrijving use case Katendrecht Rotterdam

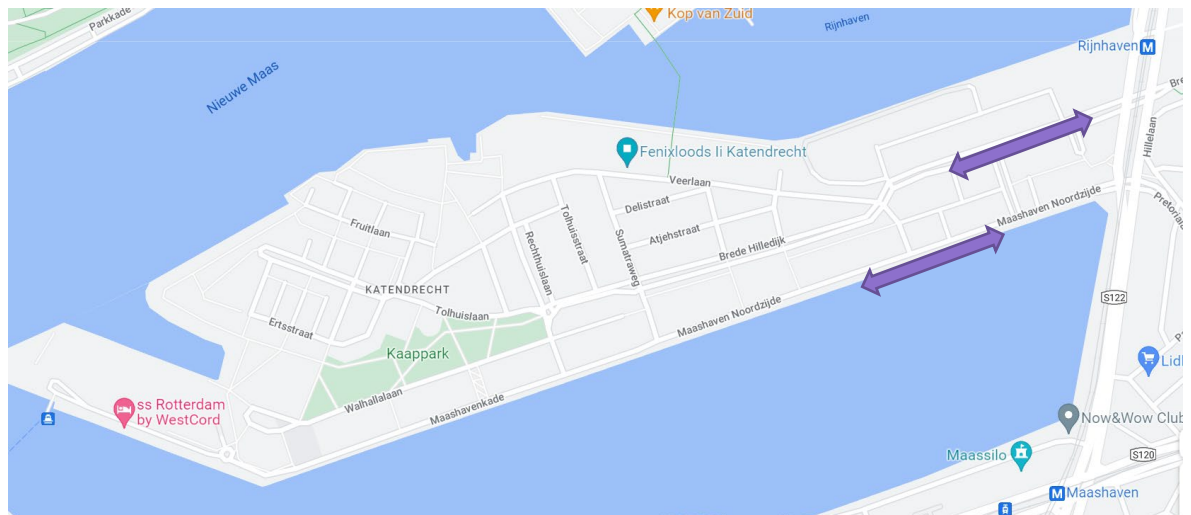
Auteurs: Siem van Merriënboer, Han van der Steen

Ervaringen met de opzet en ontwikkeling van bouwlogistieke control tower (CLCT)

In deze bijlage wordt de verkenning van toepassingsmogelijkheden van een bouwlogistieke control tower (CLCT, Construction Logistics Control Tower) binnen het TKI-project 'Fundamentals for a CLCT' beschreven. Deze verkenning is uitgevoerd door gemeente Rotterdam (Arjen de Feijter en Han van der Steen) en TNO (Jannette de Bes en Siem van Merriënboer). Het doel van deze verkenning was om inzicht te bieden in de mogelijkheden en randvoorwaarden van toepassingen van een bouwlogistieke control tower voor het stadsgebied Katendrecht in Rotterdam.

Algemene beschrijving van use case

De use case Rotterdam Katendrecht betreft een stadsgebied met een beperkte bereikbaarheid over de weg. Het gebied is een schiereiland, met een tweetal toegangswegen tot het gebied: De Brede Hilledijk vanaf metrostation Rijnhaven en de Maashaven Noordzijde (zie Figuur 9).



Figuur 9: Stadsgebied Katendrecht Rotterdam (bron: Googlemaps)

In het gebied vindt een herontwikkeling plaats, waar op grote schaal ongeveer 3.000 nieuwbouwwoningen gebouwd gaan worden in meerdere (grote) bouwprojecten (zie bouwopgave Katendrecht, Figuur 10).



Figuur 10: Bouwopgave Katendrecht (bron: Arjen de Feijter)

Het zwaar bouwlogistiek transport zal voor het grootste gedeelte over deze toegangswegen lopen. Daarnaast moet rekening gehouden worden met een aanzienlijke vervoersstroom van bestelbussen voor het transport van bouwpersoneel en de kleinere (afbouw)materialen. Zonder goede afstemming en regie over deze goederenstromen kan dit tot grote verkeersoverlast leiden. De gemeente Rotterdam heeft een belang om het aantal ritten en eventuele emissies daarvan zoveel als mogelijk te reduceren. Hiertoe werkt de gemeente aan een gebiedsgerichte aanpak voor de bouwlogistiek en is door de Gemeente een BLVC-kader (Bereikbaarheid, Leefbaarheid, Veiligheid en Communicatie, zie ook: [Wat is BLVC?](#)) opgesteld waarin expliciet de eis is opgenomen dat aannemende partijen alle opties voor het bereikbaar houden van de omgeving expliciet overwegen en deze vastleggen in een BLVC-uitvoeringsplan. Dit uitvoeringsplan is per aannemer nodig om een ‘vergunning gebruik weg’ (VGW) te krijgen, die de aannemer nodig heeft om te gaan bouwen (zie ook: [Vergunning gebruik van de weg voor \(bouw\)werkzaamheden aanvragen | Rotterdam.nl](#)). Dit BLVC-kader is onderdeel van een samenwerkingsovereenkomst (convenant) tussen de gemeente Rotterdam en alle projectontwikkelaars (zie ook: [Bouwbedrijven werken samen voor duurzame bouwlogistiek in Katendrecht](#)). Hierin doen de partijen de toezegging om de bouwlogistiek gezamenlijk te organiseren dusdanig dat dit ten goede komt aan de bereikbaarheid, leefbaarheid, veiligheid en communicatie in het gebied. Dit convenant bevat afspraken om te zorgen voor efficiënte bouwlogistiek waarbij partijen elkaar gaan opzoeken om transporten af te stemmen en mogelijk zelfs te combineren. De specifieke doelen van de samenwerkingsovereenkomst zijn te vinden in ‘SOK Katendrecht Pols Noord’. Om dit concreet te maken hebben alle partijen zich gecommitteerd aan het ‘BLVC-kader Katendrecht Pols Noord’. Middels dit BLVC-kader en de samenwerkingsovereenkomst worden alle partijen (uit de SOK) betrokken bij en gecommitteerd aan een gezamenlijke afstemming van ketenregie over bouwlogistieke stromen in het gebied.

Rotterdam Katendrecht is tevens als Living Lab geormerkt door de Topsector Logistiek als landplaats voor innovaties die voortkomen uit het programma Schoon en Emissieloos Bouwen, zowel voor innovaties in de onderzoeksfase als de opschalingsfase. Ondanks dat de betrokken stakeholders nog in de planfase zijn, zijn omgevingsvergunningen op dit moment (februari 2024) nog niet verleend. De Topsector Logistiek adviseert de partijen uit het convenant op aspecten als borging van het thema bouwlogistiek in de gemeentelijke processen, maar ook op het ontwikkelen en toepassen van mogelijke oplossingen voor de bouwlogistiek, waaronder de verkenning van het gebruik van een control tower voor de bouwlogistiek. Partijen die de samenwerkingsovereenkomst getekend hebben, zijn: VOF OCDB (BPD Ontwikkeling B.V. en Van Wijnen Projectontwikkeling West B.V.), Rijnhaven Ontwikkeling B.V., The View of Rotterdam B.V., Baypark Properties B.V., Red Company B.V., Gemeente Rotterdam.

Doelstellingen van de use case in het CLCT-project

Vanuit bovenstaand beschreven bouwlogistieke uitdagingen in het gebied Katendrecht en de status van Living Lab binnen de Topsector Logistiek is Rotterdam Katendrecht geselecteerd als één van de twee use cases in het TKI-project 'Fundamentals for a CLCT'¹⁹. Daarin is een verkenning uitgevoerd naar de toepassing van een bouwlogistieke control tower (CLCT, Construction Logistics Control Tower) als hulpmiddel / potentiële oplossing voor de samenwerking tussen betrokken ketenpartijen en afstemming over alle bouwstromen in het betreffende stadsgebied. Het doel wat binnen deze use case van het TKI-project wordt nagestreefd is inzicht krijgen in de mogelijkheden en randvoorwaarden van de toepassing van een vorm van bouwlogistieke control tower voor ketenregie over bouwstromen in het stadsgebied Rotterdam Katendrecht.

De wijze waarop de gemeente zelf de behoefte aan een control tower heeft geformuleerd:

Een control tower is een organisatie die zorgt voor een optimale afstemming van de verschillende transportstromen in een supply chain, ook wel ketenregie genoemd. De control tower heeft planningsgegevens en real-time gegevens van de transporten nodig om hierop te kunnen sturen. Aangezien er veelal verschillende vervoerders actief zijn voor verschillende bouwprojecten, is het een uitdaging om actuele en up to date planningsinformatie en transportgegevens van alle partijen te verzamelen.

De gemeente heeft behoefte aan een control tower op strategisch niveau: hoeveel transportbewegingen kunnen we in de tijd in het gebied verwachten? En hoe verhouden deze zich tot de capaciteit op de weg? Deze informatie kan de gemeente inzetten om voortijdig potentiële knelpunten te signaleren en marktpartijen te bewegen logistieke oplossingen te vinden. De gemeente Rotterdam ziet het nut van een control tower, maar kan het gebruik ervan niet verplichten. Alle bouwprojecten in Katendrecht Pols Noord zijn private ontwikkelingen, waarbij de gemeente zelf geen opdrachtgever is.

Gevolgdde aanpak binnen use case Katendrecht

In het kader van het TKI-project 'Fundamentals for a CLCT' hebben drie werksessies plaatsgevonden ter verkenning van de usecase Katendrecht Rotterdam. Daarbij waren aanwezig Arjen de Feijter en Han van der Steen namens gemeente Rotterdam (en de Topsector Logistiek Living Lab Katendrecht Rotterdam) en Jannette de Bes en Siem van Merrienboer van TNO.

¹⁹ Van Merrienboer, S., Meijer, L., Rondaij, A., Harmelink, R., 'Control Towers in bouwlogistiek, een verkenning van ketenregie', TNO 2023 R10799, 2023.

Het doel van deze werksessies was in kaart brengen hoe een mogelijke toepassing van een control tower voor ketenregie over alle bouwstromen binnen stadsgebied Katendrecht eruit kan zien.

Tijdens deze werksessies is het stappenplan doorlopen voor het in kaart brengen van de huidige en toekomstige / gewenste situatie ten aanzien van de toepassing van een control tower Bouwlogistiek (CLCT) voor gebiedsgerichte ketenregie op bouwlogistiek over alle bouwprojecten in het stadsgebied Katendrecht Rotterdam. Daarbij zijn de ervaringen vanuit de use case Amsterdam van het TKI-project 'Fundamentals for a CLCT' meegenomen tijdens de werksessies.

Het stappenplan bestaat uit de volgende onderdelen:

- Stakeholdermap: het in kaart brengen van stakeholders en hun rol.
- Type ketenregie: het achterhalen van de eisen, wensen en mogelijke belemmeringen ten aanzien van de specifieke vorm van ketenregie.
- Procesanalyse: beschrijving van de huidige (IST) en toekomstige (SOLL met ketenregie) bouwlogistieke processen.
- Informatieanalyse: in kaart brengen van de beschikbare en gewenste data, informatie en digitale tools vanuit de betrokken stakeholders.
- Bouwlogistieke functies: selectie maken van de gemeenschappelijke bouwlogistieke functies welke men wil betrekken in de ketenregie en ketensamenwerking.

Deze stappen zijn in de eerste werksessie doorlopen en vervolgens door gemeente Rotterdam verder uitgewerkt op basis van gesprekken tussen gemeente Rotterdam en enkele betrokken stakeholders uit de SOK. De input opgehaald vanuit deze gesprekken is helaas summier geweest en zorgt voor een dunne onderbouwing van de geselecteerde ketenregievorm en toepassingsmogelijkheden van een bouwlogistieke control tower. Het resultaat daarvan wordt in de volgende paragrafen toegelicht.

Stakeholdermap

Een overzicht van de betrokken stakeholders in Katendrecht is onderstaand gegeven:

- Gemeente Rotterdam - met veel verschillende afdelingen met eigen belangen en verantwoordelijkheden
- Projectontwikkelaars
- Hoofdaannemers, onderaannemers
- Logistiek dienstverleners (LDV), vervoerders bouwmaterialen
- Topsector Logistiek
- Bewoners
- Havenbedrijf Rotterdam
- Netbeheerder
- OV-vervoerders
- Ministerie IenW, BZK, EZK.

Dit is een uitvoerige lijst, waarvan met name de ketenpartijen (aannemers, LDVs, vervoerders), projectontwikkelaars en gemeente Rotterdam (gebiedsregisseur) de primair betrokken partijen zijn voor de CLCT in Katendrecht. Voor veel van de bouwprojecten in het stadsgebied Katendrecht zijn de ketenpartijen nog niet geselecteerd en/of betrokken bij de logistieke planning en besluitvorming. Van deze lijst potentiële stakeholders is in maart 2023 een convenant gesloten tussen vier ontwikkelaars en de gemeente voor de komende bouwprojecten tussen 2024 en 2030 op Rotterdam Katendrecht Pols Noord.

Ketenregie

De verschillende vormen van ketenregie zijn geïnventariseerd in Werkpakket 1 van dit TKI-project (zie rapportage 'Control Towers in bouwlogistiek, een verkenning van ketenregie'²³) en in Tabel 12 Tabel 12 weergegeven.

Tabel 12: Ketenregie typologieën.

| Ketenregie typologieën | Toelichting |
|-------------------------------|---|
| Referentiemodel | Geen regie - huidige situatie (referentie) |
| Verrekening model | Verrekening van geleverde transporten – samenwerkingsverband van logistieke dienstverleners |
| Consensusmodel | Overlegstructuur met gelijke inspraak voor alle partners |
| Concessiemodel | Eén LDV (tijdelijk, via concessie) voert de ketenregie in een gebied |
| Overheidsmodel | Overheid voert regie |
| Wegbehermodel | Ketenregie op (vaar)wegcapaciteit/verkeersmanagement vanuit de (vaar)wegbeheerder |
| Verticale ketenregie | De regie ligt bij één partij uit de verticale keten (producent/leverancier, logistiek dienstverlener, aannemer) |

In de use case Amsterdam waren alle betrokken partijen unaniem in hun voorkeur voor een ketenregie model, namelijk het consensusmodel. Deze voorkeur komt voort uit het niet uit handen willen geven van de controle en regie over de eigen bouwlogistieke stromen aan een derde partij. Dan is het consensusmodel de meest veilige optie.

In de vervolgesprekken tussen gemeente Rotterdam en enkele betrokken stakeholders uit de SOK is dit aspect wel ter sprake gekomen, maar is er te weinig onderbouwing boven water gekomen om hier keuzes in te maken. Het is voor nu misschien te voorbarig om al een keuze te maken voor één van bovenstaande vormen van ketenregie voor use case Rotterdam, maar vooralsnog is de verwachting dat de betrokken partijen en met name de projectontwikkelaars de voorkeur zullen geven aan een zogenaamd 'consensusmodel'. Dit past namelijk goed bij de huidige werkwijze waarop periodiek op gelijkwaardige basis overleg wordt gevoerd over alle aspecten van het BLVC-kader, waaronder bouwlogistiek. De beoogde control tower Bouwlogistiek kan hieraan bijdragen en de discussie ondersteunen door alle partijen te voorzien van een gemeenschappelijk inzicht in de te verwachten bouwlogistieke stromen over alle bouwprojecten voor een bepaalde periode.

Procesanalyse

De huidige bouwlogistieke processen zijn generiek beschreven in 'Control Towers in bouwlogistiek, een verkenning van ketenregie'²⁰. De bouwlogistieke processen van de bouwprojecten in Katendrecht zullen hier niet van afwijken. Met name interessant is om te zien hoe de afstemming gaat plaatsvinden rondom de bouwlogistieke transporten op de twee toegangswegen van en naar het gebied. Daarnaast is belangrijk om uit te zoeken wat de mogelijkheden en beperkingen zijn ten aanzien van het transport over water. Er is nog niet zoveel bekend over de toekomstige gewenste bouwlogistieke keten en rolverdeling van ketenpartijen. Dit is onderdeel van de verdere verkenning van de samenwerking en afstemming over gewenst ketenregie model (voorstel vanuit de huidige verkenning is het consensusmodel).

²⁰ Van Merrienboer, S., Meijer, L., Rondaj, A., Harmelink, R., 'Control Towers in bouwlogistiek, een verkenning van ketenregie', TNO 2023 R10799, 2023.

Informatieanalyse

Binnen de use case Amsterdam zijn met alle betrokken partijen uitgebreide interviews gehouden ten aanzien van de beschikbaarheid van data en informatie, hun bereidheid om gegevens uit te wisselen met andere ketenpartijen en de gewenste data en informatie. Deze is verwerkt in een overzicht per type ketenpartij / ketenrol (logistiek dienstverleners, aannemers en gemeente)⁶. Dit kan voor Katendrecht te zijner tijd een bron van inspiratie en/of vertrekpunt vormen voor een verkenning van de stand van zaken op het gebied van data beschikbaarheid, informatie-uitwisseling en het gebruik van digitale tools bij de verschillende stakeholders, maar is nu nog niet aan de orde.

Bouwlogistieke functies

De verschillende bouwlogistieke functies zijn al in het onderzoek uit 2018 in kaart gebracht²¹, zie Tabel 13.

Tabel 13: Bouwlogistieke functies.

| Bouwlogistieke functies | Toelichting |
|---|--|
| Transportplanning | Transportplanning op bouwstromen van en naar bouwproject |
| Bouw- / productieplanning | Koppeling tussen bouwplanning en transportplanning (en productieplanning) |
| Asset planning (bouwmaterieel) | Planning van beschikbaarheid / inzet van bouwmaterieel (bijv. bouwkransen) |
| Bouwtickets (planning levertijdvensters) | Planning van levervenstertijden en bouwtickets |
| Voorraad- / logistieke ruimte planning | Voorraadmanagement en beheer van logistieke ruimte op bouwplaats / bouwhub |
| Consolidatie bouwstromen | Bundeling / consolidatie planning van transportstromen (bouwhub – bouwplaats) |
| Dag- / werkpakketten planning | Planning / samenstelling van (dag/week)-werkpakketten afgestemd op bouwactiviteiten |
| Tracking & tracing | Real-time tracking & tracing bouwlogistieke ritten |
| Prestatiemeting / monitoring | Prestatiemeting van bouwlogistiek (KPI's: emissies, kosten, beladingsgraad, productiviteit, ...) |
| (vaar)wegcapaciteit management | Planning en toewijzing van beperkte capaciteit van (vaar)wegen aan doelgroepen |

In de eerste werksessie tussen TNO en de vertegenwoordigers van de gemeente Rotterdam is geconstateerd dat voor Katendrecht een focus lijkt te liggen op transportplanning in combinatie met wegcapaciteit management, gezien de twee toegangswegen. Dit is door gemeente Rotterdam in vervolggesprekken verder afgestemd met enkele betrokken partijen uit de samenwerkingsovereenkomst (SOK Katendrecht). Daaruit is gebleken dat het in dit stadium nog niet mogelijk is om tot een concrete uitwerking en keuze te komen voor specifieke bouwlogistieke functies om CLCT op toe te passen. Kortom, een gedegen voorbereiding, maar nog geen gezamenlijk beeld met alle partijen uit de SOK.

Uit bovenstaande inventarisatie van de toepassing van een bouwlogistieke control tower (CLCT) voor gebiedsgerichte ketenregie over alle bouwprojecten in het stadsgebied

²¹ de Bes, J., Eckartz, S., van Kempen, E., van Merriënboer, S., Ploos van Amstel, W., van Rijn, J. & Vrijhoef, R., Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw: Ervaren en aanbevelingen, TNO, 2018.

Katendrecht Rotterdam, zijn drie mogelijke toepassingen van CLCT zoals deze ook bij de use case Amsterdam naar boven kwamen relevant geacht, zie onderstaande tabel. Waarbij de focus in Katendrecht gericht is op woning- en utiliteitsbouw projecten in tegenstelling tot use case Amsterdam waar de focus ligt op infrastructurele bouwprojecten.

Tabel 14: De drie voorgestelde CLCT's voor Katendrecht uit het TKI-project 'Fundamentals for a CLCT'.

| <i>CLCT</i> | <i>Type planning</i> | <i>Type bouwprojecten</i> | <i>Transport-modaliteit</i> | <i>ketenregie vorm</i> |
|-------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1 | <i>Strategische transportplanning</i> | <i>Woningbouw en utiliteitsbouw</i> | <i>weg en water</i> | <i>consensusmodel</i> |
| 2 | <i>Operationele transportplanning</i> | <i>Woningbouw en utiliteitsbouw</i> | <i>water</i> | <i>consensusmodel</i> |
| 3 | <i>Operationele transportplanning</i> | <i>Woningbouw en utiliteitsbouw</i> | <i>weg</i> | <i>consensusmodel</i> |

Na deze werksessie is een vervolgstap gezet door de gemeente Rotterdam (Han van der Steen en Arjen de Feijter) door samen met een aantal betrokken projectontwikkelaars vanuit de samenwerkingsovereenkomst in gesprek te gaan over de kansen en mogelijkheden van toepassing van een strategische en/of operationele control tower voor transportplanning over weg en/of water in het gebied Katendrecht. Daarbij is aan de hand van verschillende mock-ups (zie bijlage C) van de beoogde CLCT's de discussie gevoerd en inspiratie opgedaan om uiteindelijk te komen tot concrete ontwerpeisen voor een strategische en/of operationele CLCT. Dit proces is op dit moment nog gaande en wordt de komende periode verder ingevuld.

In de beoogde strategische CLCT voor transportplanning over weg en water worden de verwachte transportstromen van alle individuele bouwprojecten per bouwproject door de betrokken projectontwikkelaar dan wel de hoofdaannemer ingebracht en samengevoegd in de CLCT tot een totaalplaatje. Op basis van dit gezamenlijke cumulatieve totaalbeeld van het bouwtransport wordt de discussie gevoerd met alle betrokken partijen uit de samenwerkingsovereenkomst over mogelijke knelpunten en potentiële oplossingen. In de operationele CLCT voor transportplanning over weg en water zal dit proces op vergelijkbare wijze lopen, waarbij de input over de verwachte transportstromen van de aannemers meer gedetailleerd is, waardoor ook in meer detail gezamenlijke oplossingen en kansen tot samenvoegen en uitwisselen van transportstromen kunnen worden besproken.

Uit de drie werksessies en de verdiepingsslag door de gemeente Rotterdam is het beeld naar voren gekomen dat de meest interessante toepassing van een CLCT voor de beschreven bouwlogistieke uitdagingen voor gebied Katendrecht een strategische CLCT voor transportplanning over weg en water is onder een consensusmodel voor ketenregie (nummer 1 uit tabel 3). Dit sluit aan bij de eerder door de gemeente geformuleerde behoefte aan een control tower op strategisch niveau. Dit beeld is echter gebaseerd op interne werksessies tussen TNO en gemeente Rotterdam en vervolgesprekken met enkele van de betrokken stakeholders uit de SOK en derhalve nog geen weergave van een gemeenschappelijk gedragen beeld van een waardevolle toepassing van CLCT voor Katendrecht.

Lessons learned en conclusies

Uit de verschillende werksessies en gesprekken tussen gemeente Rotterdam en de stakeholders zijn onderstaande ervaringen opgedaan.

- Urgentie van de bouwlogistieke opgave voor Katendrecht wordt herkend, maar keuzes voor mogelijke oplossingen (zoals CLCT) zijn nog niet gemaakt.
- Beoogd gebruik van CLCT als informatievoorziening in ‘bouwkeet’ is handig, maar wordt vooralsnog niet als noodzakelijk gezien (wordt ‘in het werk opgelost’).
- Beschikbaarheid van data/databronnen voor CLCT is nog te vroeg in het proces om te kunnen vaststellen.
- Er is een diplomatieke aanpak nodig; het gebruik van een CLCT kan voor de bouwprojecten in Katendrecht niet worden verplicht en bouwprojecten worden niet tegelijkertijd uitgevoerd. Dit laatste houdt in dat de ene aannemer soms net even andere prioriteiten heeft, terwijl de andere aannemer al inhoudelijk wil nadenken over het gebruik van een CLCT.

Voorwaarde voor het succes van een CLCT is de inzet van een (bouwlogistiek) coördinator. Deze persoon betreft alle partijen om tot een integrale transportplanning (strategisch, tactisch, operationeel) te komen. De ervaring uit deze verkenning is dat partijen open staan voor elke vorm van betere planning maar het nog te vroeg vinden om daar al afspraken over te maken. Daarnaast is het voor de betrokken partijen moeilijk om een concrete voorstelling te maken van een control tower. Om die reden zijn verschillende “gradaties” van control in 1-op-1 gesprekken gepresenteerd en toegelicht door de gemeente aan enkele stakeholders uit de SOK, beginnend bij een informatiescherm in de keet met een actueel overzicht van alle geplande eigen transporten en de werkzaamheden van andere partijen in de buurt (zie Figuur 15 en Figuur 16 uit de bijlage), tot en met een systeem voor volledige regie over het transport, dat kan worden neergelegd bij één logistieke dienstverlener (zie Figuur 17 tot en met Figuur 20 uit de bijlage).

Gehoorde argumenten om vooralsnog niet met een control tower aan de slag te gaan:

- “Wij starten als eerste project, dus we hebben geen last van andere projecten”
- “Wij bouwen vooraan op het schiereiland, dus ons bouwproject is prima te bereiken”
- “Dit heeft nu geen prioriteit, we moeten eerst de anterieure overeenkomst tekenen”
- “Eventuele knelpunten worden in het werk opgelost, daar is niet meer controle voor nodig”
- “Wie gaat de mensen en middelen hiervoor leveren?”

Het convenant regelt dat aan verschillende bouwlogistieke eisen moet worden voldaan om in aanmerking te komen voor een vergunning voor het werken in de openbare ruimte (Vergunning Gebruik Weg, VGW). Deze VGW heeft een aannemer nodig om te gaan werken. Daarmee heeft de gemeente enige invloed om bouwlogistieke oplossingen zoals een control tower in te zetten. De verwachting is dat hiermee de urgentie bij de aannemers hoger wordt om te kijken naar een oplossing zoals een control tower, mogelijk samen met andere aannemers. De gemeente kan hier actief op sturen door de aannemer op de afspraken te wijzen, ondanks dat een control tower niet specifiek is voorgeschreven.

Mogelijk dat de aannemers die de komende jaren gecontracteerd worden, wel ontvankelijk zijn om na te denken over het gebruik van een control tower. Het voorstel van een strategische en/of operationele control tower (CLCT) uit het TKI-project, zoals dat door middel van mock-ups in december 2023 is toegelicht aan verschillende projectontwikkelaars uit de samenwerkingsovereenkomst, kan hier ondersteunend in zijn. Als in de toekomst de bereikbaarheid afneemt als gevolg van een toename van het bouwlogistieke verkeer, zal dit de urgentie voor bouwlogistieke oplossingen zoals een control tower verhogen.

Medio maart start de gemeente Rotterdam met alle ontwikkelaars en aannemers een periodiek overleg 'bereikbaarheid tijdens de bouwperiode'. In dit overleg worden raakvlakken, knelpunten en kansen besproken. Ook in dit overleg zullen bouwlogistieke oplossingen worden ingebracht, waaronder de bouwlogistieke control tower. Het voorbereidende werk dat is gedaan in dit project en waarvan in dit document verslaglegging plaatsvindt, geeft een goede basis en dient als vertrekpunt voor het ontwikkelen van de gewenste strategische bouwlogistieke control tower.

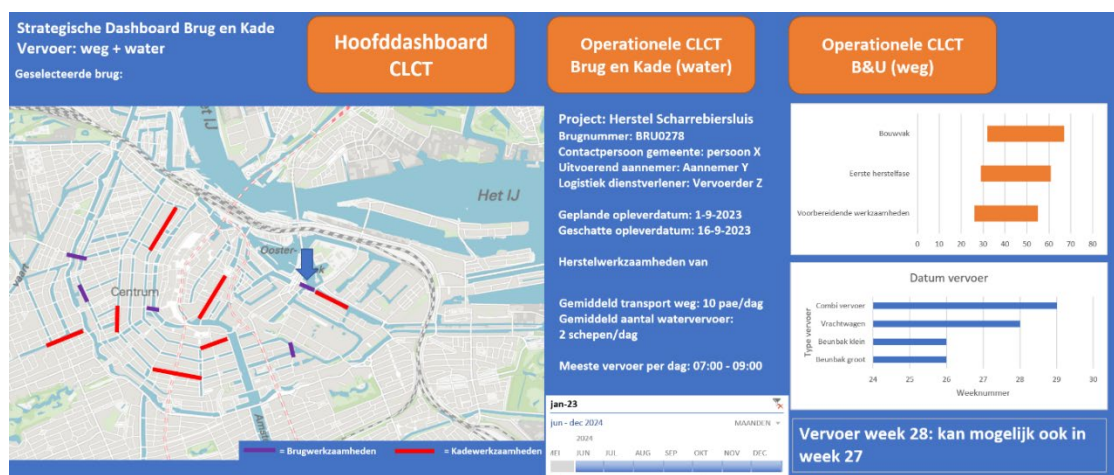
Bijlage C

Mock-ups van dashboards voor CLCTs

Om tot een generiek functioneel ontwerp voor een strategische CLCT en een operationele CLCT voor transportplanning te komen, is gebruik gemaakt van een aantal 'mock-ups' van een dashboard van een bouwlogistieke control tower, zoals we deze voor ogen hebben. Dit is gedaan om de betrokken stakeholders uit de verschillende use cases te inspireren en op ideeën te zetten om hun eigen eisen en wensen aan een CLCT te formuleren.

Mock-ups voor use case Amsterdam

De verschillende 'mock-ups' welke zijn toegepast binnen use case Amsterdam worden in Figuur 11 t/m Figuur 14 getoond.



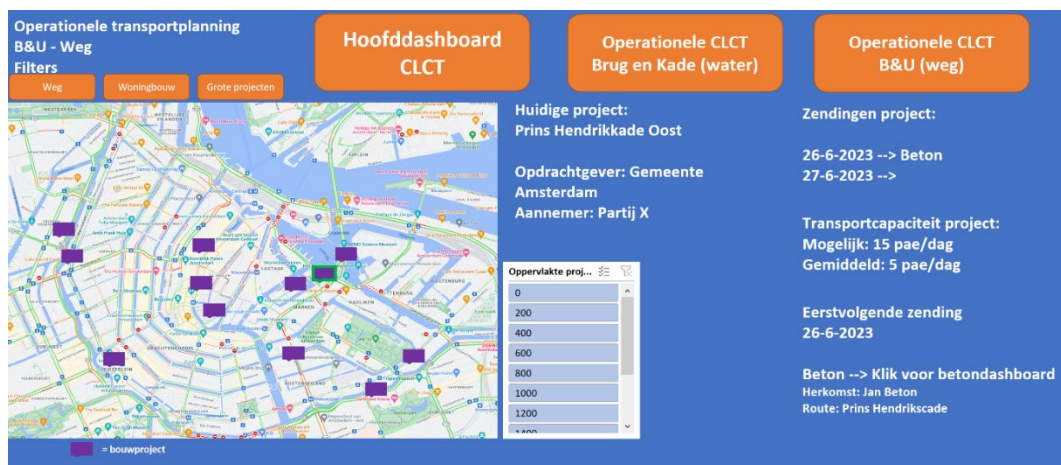
Figuur 11: Mock-up van dashboard voor strategische CLCT voor transportplanning.



Figuur 12: Mock-up van dashboard voor strategische CLCT voor transportplanning.



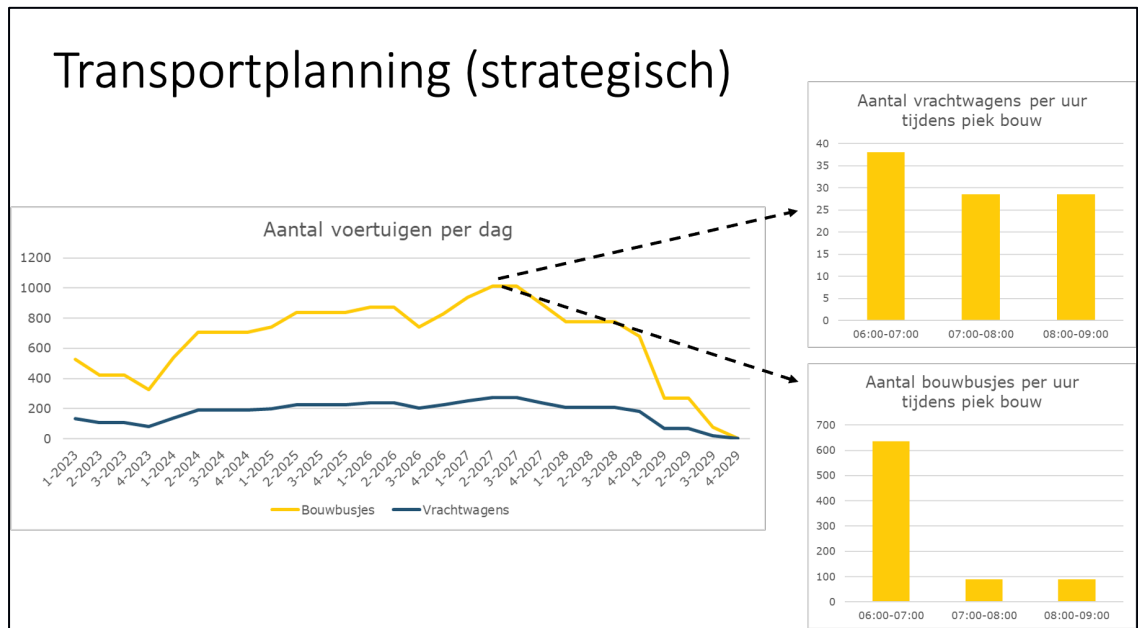
Figuur 13: Mock-up van dashboard voor operationele CLCT voor transportplanning B&K over water.



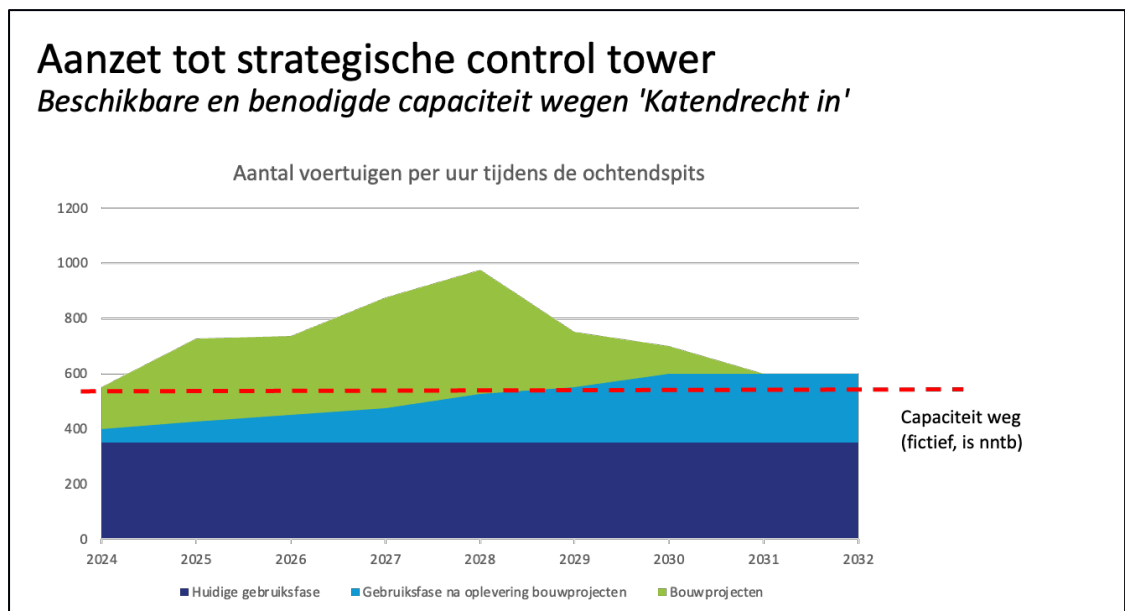
Figuur 14: Mock-up van dashboard voor operationele CLCT voor transportplanning B&U over weg.

Mock-ups voor use case Rotterdam

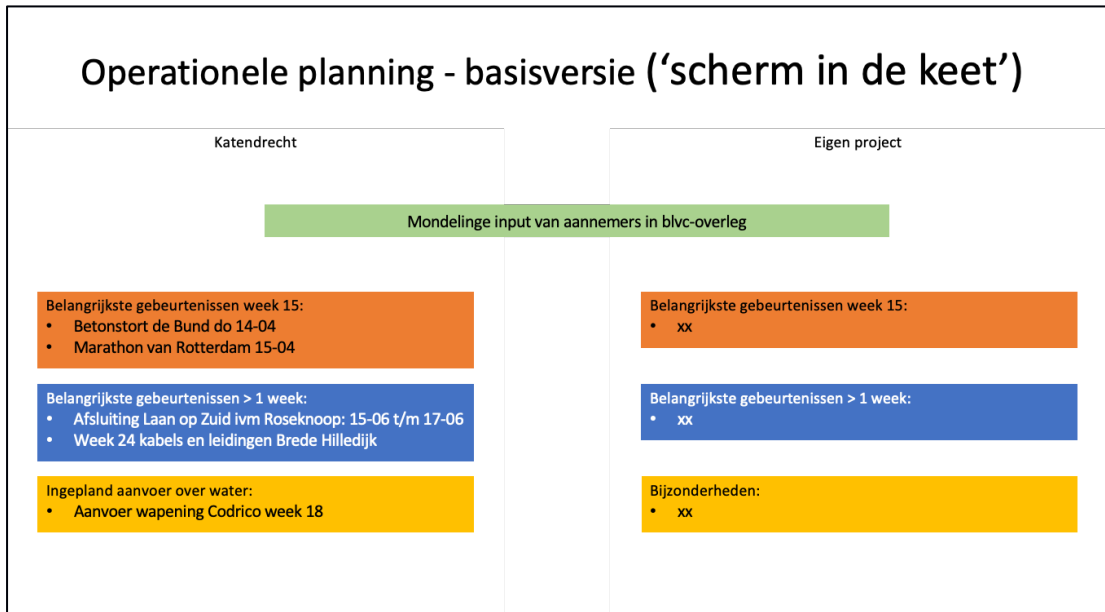
Door gemeente Rotterdam zijn ook verschillende mock-ups voor een strategische en operationele CLCT opgesteld ter inspiratie voor de discussie over eisen en wensen aan een CLCT voor gebiedsgerichte ketenregie op bouwlogistieke stromen voor alle bouwprojecten in het stadsgebied Katendrecht. De verschillende ‘mock-ups’ welke zijn toegepast binnen usecase Rotterdam worden in Figuur 15 t/m Figuur 20 getoond.



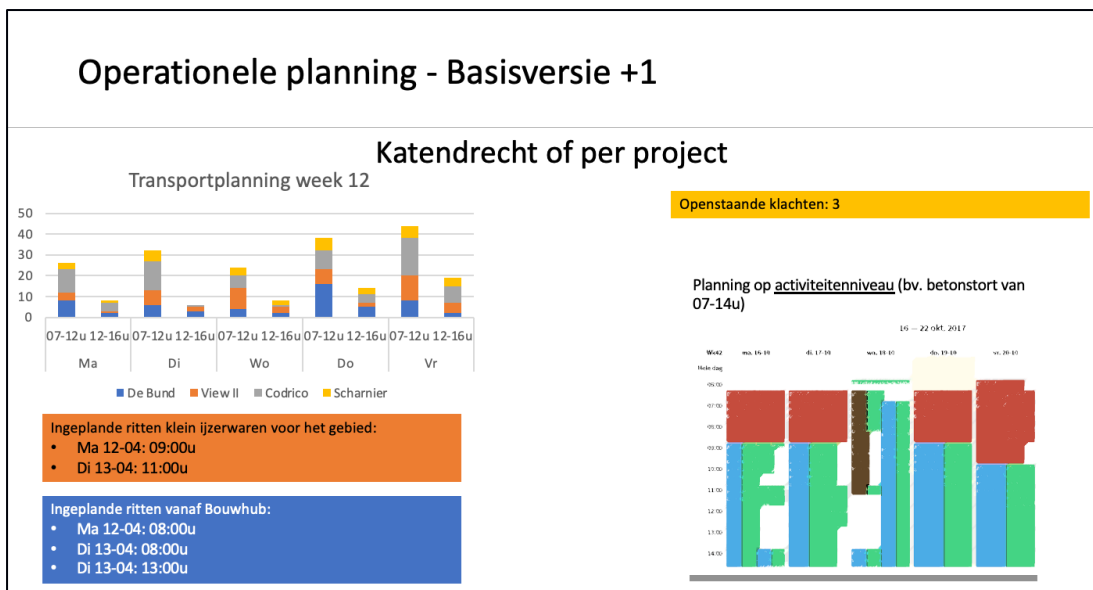
Figuur 15: Mock-up van een strategische CLCT voor Katendrecht.



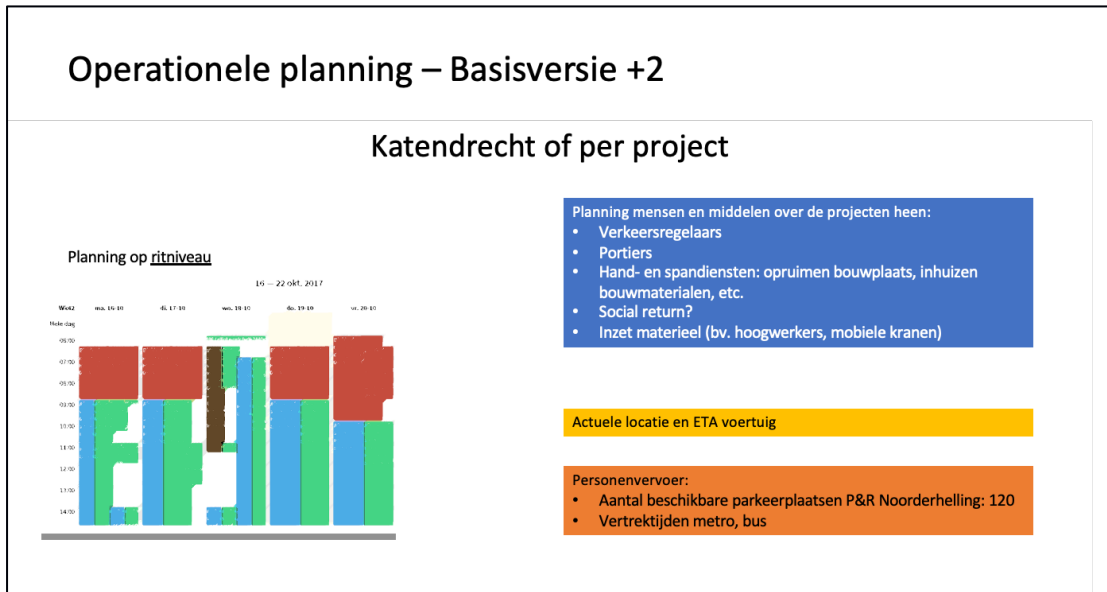
Figuur 16: Mock-up van een strategische CLCT voor Katendrecht, getallen zijn fictief.



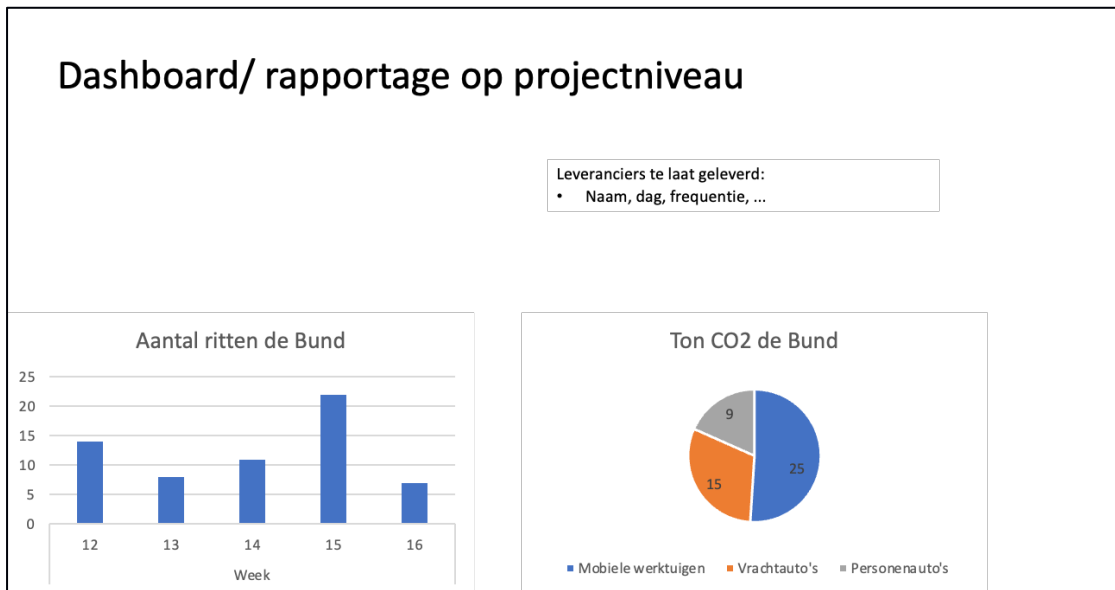
Figuur 17: Mock-up van een operationele CLCT voor Katendrecht.



Figuur 18: Mock-up van een operationele CLCT voor Katendrecht.



Figuur 19: Mock-up van een operationele CLCT voor Katendrecht.



Figuur 20: Mock-up van een operationele CLCT voor Katendrecht.

Bijlage D

Visualisatie van actieplan tot implementatie en roadmap voor opschaling CLCTs

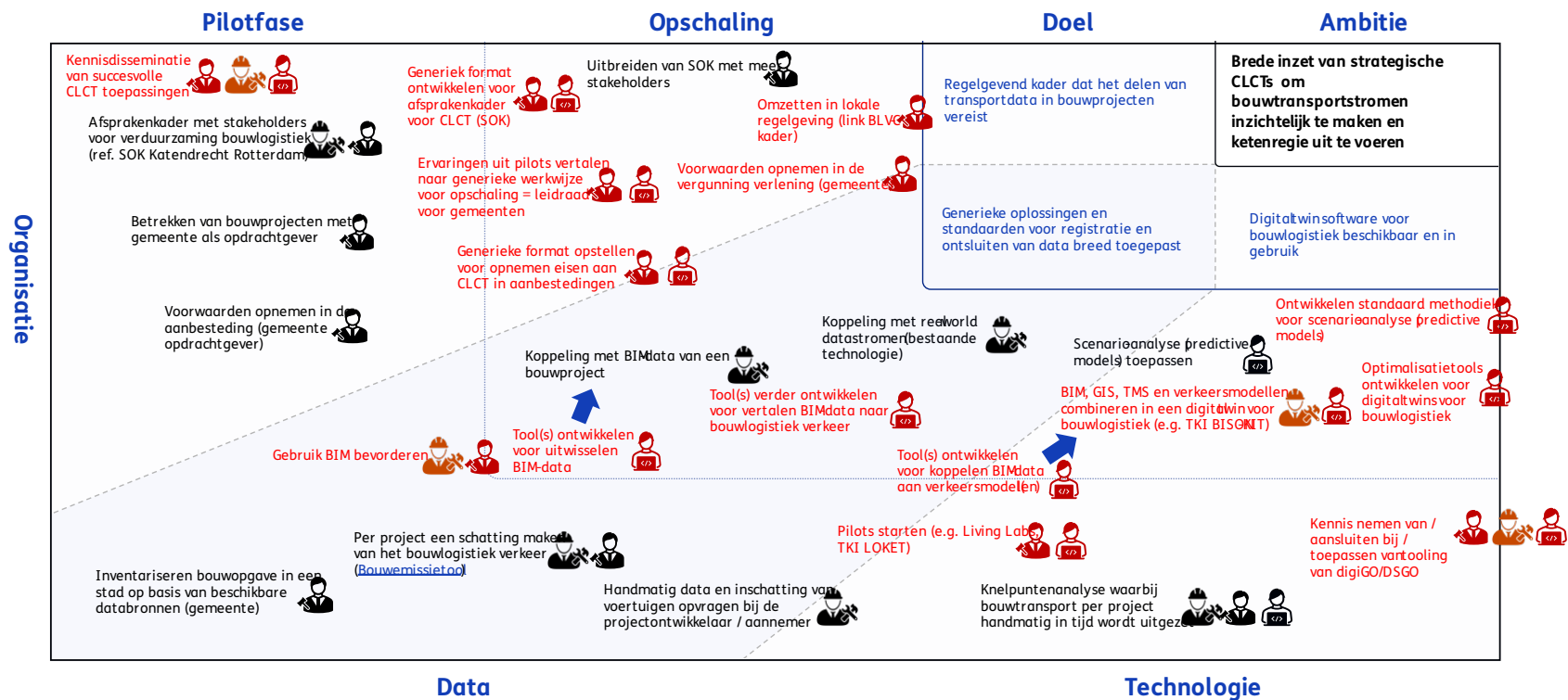
Deze bijlage bevat de visualisaties van het actieplan tot implementatie van een CLCT en de roadmap voor opschaling van CLCTs voor achtereenvolgens een strategische CLCT en een operationele CLCT. Deze zijn achtereenvolgens weergegeven in Figuur 21 voor een strategische CLCT en in Figuur 22 voor een operationele CLCT.

STRATEGISCHE CLCT

LEGENDA

zwart = actieplan, activiteiten voor implementatie van een strategische CLCT
 rood = roadmap generieke activiteiten voor opschaling van de toepassing van strategische CLCTs




TKI, overheid/gemeenten
 opdrachtgevers, aannemers, logistiek dienstverleners, transporteurs
 IT-service providers, consultants, kennisinstellingen, DigiGO/DSGO

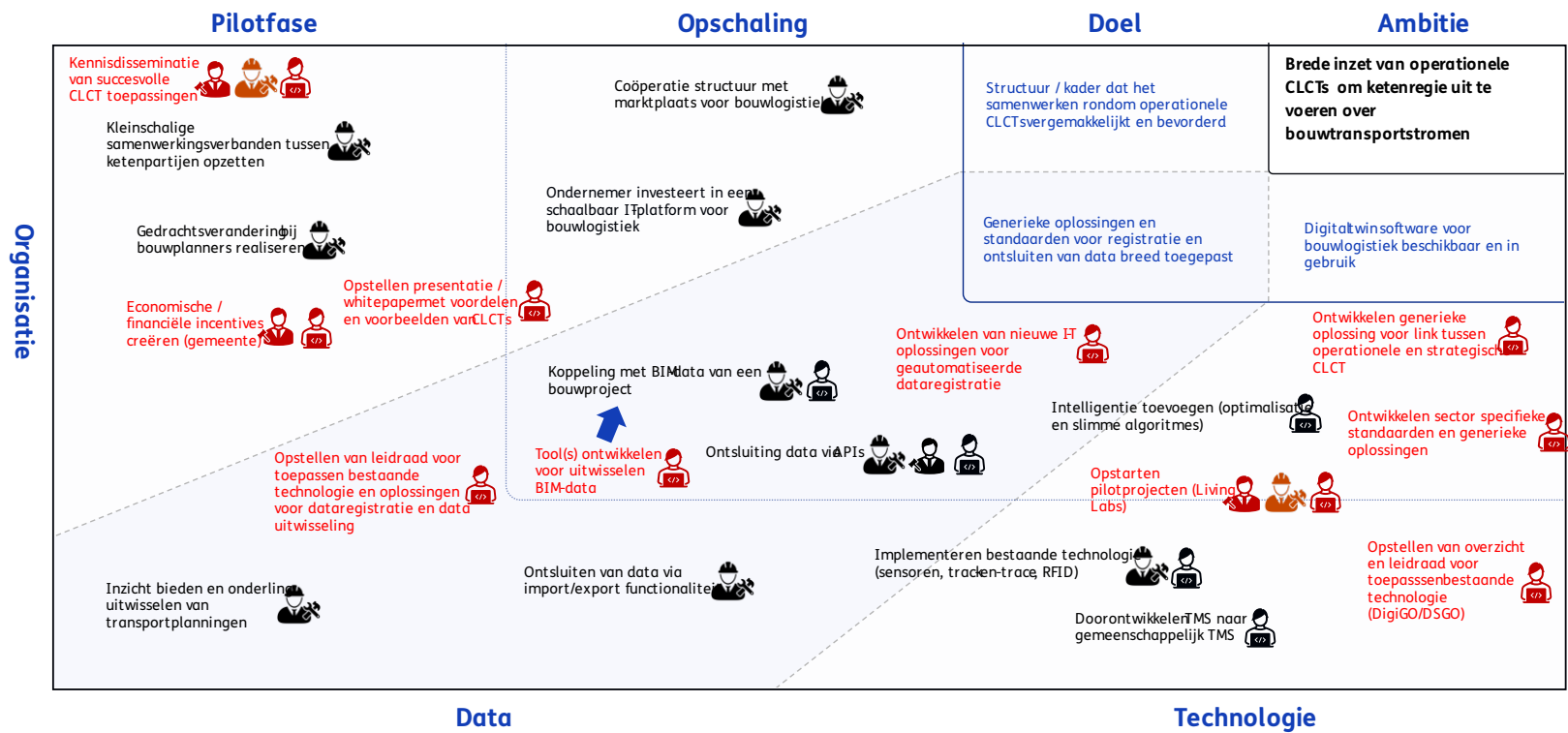


Figuur 21: Visualisatie van actieplan tot implementatie en roadmap voor opschaling van strategische CLCT toepassingen.

OPERATIONELE CLCT

LEGENDA
 zwart = actieplan, activiteiten voor implementatie van een strategische CLCT
 rood = roadmap generieke activiteiten voor opschaling van de toepassing van strategische CLCTs

-  TKI, overheidsgemeenten
-  opdrachtgevers, aannemers, logistiek dienstverleners, transporteurs
-  IT-service providers, consultants, kennisinstellingen, DigiGO/DSGO



Figuur 22: Visualisatie van actieplan tot implementatie en roadmap voor opschaling van operationele CLCT toepassingen.

Mobility & Built Environment

Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
www.tno.nl

TNO innovation
for life