

RAPPORT

WP3: Optimalisatie bouwprocessen

Inleiding

We moeten sneller, duurzamer en goedkoper bouwen. Dat vergt ketensamenwerking. Staat duurzame ketensamenwerking in de bouw voor een doorbaak? De bouwsector is goed voor 40% van de wereldwijde CO2-uitstoot, en moet haar uitstoot drastisch verminderen; niet alleen tijdens de bouw, maar ook bij het gebruik (energie) en later circulair kunnen terugwinnen van bouwmaterialen.

Met industrieel bouwen kunnen woningen sneller en goedkoper worden gebouwd. Modulaire bouwmethoden zijn nodig om sneller te kunnen bouwen bij hoogbouw, laagbouw, renovaties en uitbreiding van gebouwen (bijvoorbeeld bij optoppen). Industrieel bouwen maakt bouwprocessen en -plaatsen duurzamer. Duurzaamheid en efficiëntie kunnen hand in hand gaan door de nieuwe duurzame geïndustrialiseerde bouwmethoden, biobased, lage emissie materialen en circulaire principes toe te passen.

De bouwstenen zijn er. Er zijn voldoende biobased bouwstoffen die we in Nederland kunnen telen zoals hout en vezels. Ontwerpers ontwerpen inmiddels met deze materialen. De principes van industrieel bouwen zijn bekend en kunnen bouwkosten en bouwtijd sparen; je kunt dan meer bouwen in minder tijd. Het Nieuwe Normaal is inmiddels een gedragen standaard met haalbare en ambitieuze circulaire prestaties in de gebouwde omgeving. Emissieloos bouwen en transporteren zijn inmiddels geaccepteerde technieken; beschikbaar, betrouwbaar en betaalbaar. Voor het laden van elektrische voertuigen en werktuigen zijn, ook bij netcongestie, de nodige oplossingen. Voor het duurzaam en efficiënt regelen van de bouwlogistiek zijn er bouwlogistieke oplossingen en is bekend welke data ketenpartners moeten uitwisselen voor een naadloze planning.

In WP3 onderzochten we hoe we emissieloze, biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw kunnen verduurzamen vanuit het perspectief van het bouwproces. In dit rapport bespreken welke proces- en productmaatregelen deze hoogbouw kan verduurzamen, wat dit ruimtelijk betekent met de inzet van hubs en microhubs (hoe veranderen de goederenstromen en wat betekent dit voor de logistieke kosten), welke impact dit heeft voor onder meer de uitstoot van CO2, stikstof en fijnstof en wat de voorwaarden zijn voor realisatie van de maatregelen.

WP3: Optimalisatie bouwprocessen

In WP3 onderzochten we hoe we (biobased geïndustrialiseerde modulaire) hoogbouw kunnen verduurzamen vanuit het perspectief van het bouwproces.

De stedelijke ontwikkeling en economische groei hebben geleid tot een toename van de bouwwerkzaamheden in steden. De bouwsector is sterk vertegenwoordigd in en rondom steden, met een verwachte groei van de bouwomzet in grote steden van 50% naar 80% in het komende decennium. Deze groei brengt echter uitdagingen met zich mee op het gebied van duurzaamheid, gezondheid en logistiek. De bouwsector heeft een aanzienlijke impact op het milieu en de leefomgeving, met een hoog percentage vrachtwagens en bestelwagens

in steden. Om een schonere en gezondere stad te creëren, evenals de bouw- en faalkosten te verminderen, is het nodig om te innoveren in de bouwlogistiek en te streven naar emissievrij transport, integrale samenwerking en het gebruik van duurzame materialen. Het klimaatakkoord is een belangrijk initiatief om de uitstoot van broeikasgassen te verminderen en klimaatverandering tegen te gaan. De bouwsector staat voor een dubbele uitdaging: het tegemoetkomen aan de groeiende vraag naar woningen en het verminderen van de CO2-uitstoot. Er wordt gewerkt aan alternatieve oplossingen zoals zero-emissie transport, circulaire materialen en duurzame methoden. De complexiteit en nieuwe regelgeving in de bouwsector maken het moeilijker voor verschillende belanghebbenden. Het vermijden van grote en complexe projecten is een strategie die sommige aannemers hanteren om onaangename verrassingen te voorkomen. Vertragingen, juridische procedures en kostenoverschrijdingen zijn enkele van de uitdagingen waarmee de bouwsector wordt geconfronteerd.

De eerste stap die het onderzoeksteam heeft gedaan was het in kaart brengen van de goederenstromen van een naar de bouwplaats en de impact van biobased en geïndustrialiseerd bouwen op die volumes. Ook is gekeken naar de afstanden die de goederenstromen afleggen tussen producent en de bouwplaats.

Petar

Onderzoeksplan

Business case:

Volumes en dergelijke

Vervoersstromen

En de impact van biobased

De lokale uitstoot van koolstof, stikstof en fijnstof door de bouw wordt grotendeels veroorzaakt tijdens uitvoering door transport en materieel op en naar de bouwplaats enerzijds, en de manier van bouwen anderzijds. De introductie van bouw hubs aan de stadsrand voor bundeling en optimalisering van transporten naar binnensteden heeft daarbij in recente jaren positieve effecten gehad op beperking van lokale uitstoot tot ongeveer 80%.

Zeggen we iets over personeelsvervoer?

Samenvatting teksten

Verdere logistieke optimalisaties van bouw hubs vinden plaats door toevoegen van circulaire functionaliteit en laadfaciliteiten voor emissieloze voer- en vaartuigen. Inmiddels zijn in de Amsterdamse regio de eerste emissieloze bouw hub voor infrawerken, een circulaire bouw hub, en diverse multimodale bouw hubs aan water gerealiseerd. Dit is bijvoorbeeld de hub van Volker Wessels Materieeldienst bij CTPark in Amsterdam.

VWessels case (TIM)

De vijf functies Petar van hubs uitleggen

Commented [p.1]: Do you mean to implement parts of the model calculations / outcomes? or Later?
Here we can add graphic: MIRO initial plan business case - 'research to model'

Commented [p.2]: We didn't really work on that topic. Except that modular/pre-fab. would speed up construction processes which leads to less on-site construction and therfor less 'personeelsvervoer'

Commented [p.3]: VW workshop results useful here

Commented [p.4]: Yes, including visalisation - graphic

WP3 heeft de ontwikkeling van bouw hubs en de logistieke sturing op bouwstromen alsmede de effecten op emissies onderzocht bij het toepassen van op biobased, geïndustrialiseerde, modulaire ontwerpen gebaseerde bouw principes.

Het EIB bracht in 2022 de kansen van industrieel bouwen in kaart. De mate van industrialisering verschilt in de praktijk. Het betreft een glijdende schaal tussen overwegend handwerk door vaklieden (semi-industrieel) en een vrijwel volledig geautomatiseerd proces (industrieel) waarbij het handwerk is overgenomen door machines en de inzet van arbeidskrachten is verschoven van vaklieden naar operators.

[concreter maken met voorbeelden uit ons onderzoek]

Sneller en goedkoper

Met industrieel bouwen kunnen woningen sneller en goedkoper worden gebouwd. Op de arbeidskosten kan tot 35% worden bespaard, maar daar staan hogere kapitaalkosten van de fabriekshal en machines tegenover. Ook is er geen besparing op grondkosten. Op de totale kosten ontstaat zo een besparing van maximaal 8%. De bouwtijd kan met ongeveer een jaar worden verkort.

Door technische en financiële beperkingen is industriële woningbouw op de helft van de nieuwbouwwoningen nog niet toepasbaar. Aanvullende kwalitatieve eisen beperken de toepasbaarheid van industrieel bouwen verder tot ongeveer 15% van de reguliere nieuwbouwwoningen. Voor tijdelijke (verplaatsbare) woningen is industrieel bouwen breder toepasbaar, en worden de mogelijkheden vooral begrensd door het aanbod van geschikte locaties.

Duurzaam en circulair

Industriële woningbouw kan beter inspelen op de toekomstige eisen rondom duurzaamheid en circulariteit. Het Bouwbesluit maakt weliswaar geen onderscheid tussen traditioneel of geïndustrialiseerd gebouwde woningen. Wel kan door een nauwkeuriger bouwproces het verschil tussen de theoretische en de feitelijke energiestaat na oplevering worden verkleind.

Bij industriële bouw is de kans op kieren en naden kleiner en heeft het daarmee meer kans op een betere feitelijke energiestaat. Op het gebied van circulariteit geldt dat er weinig vermenging is van bouwmaterialen. Zo komen er in de industriële woningbouw geen stukadoors voor. Doordat het industriële proces zeer precies is, is er ook minder sprake van snijverlies. Daarnaast zijn de elementen of modules in de industriële woningbouw makkelijk te hergebruiken. De vraag is echter of dat daadwerkelijk ook zal gebeuren.

Deze nieuwe manier van bouwen heeft ook invloed op financiële aspecten, waaronder de herverdeling van kosten tussen bouwplaats en leveringsketen. Deze worden daarom mede in beschouwing genomen.

Bouwlogistiek

Het proces bij het transport is bij industriële woningbouw anders dan bij traditionele woningbouw. Bij traditionele bouw bestaat het transport uit veel kleine leveringen rechtstreeks naar de bouwplaats. Bij de industriële bouw vinden deze leveringen naar de fabriekshal plaats. Door het grotere bouwvolume kan beter worden gebundeld en op transportkosten worden bespaard. Bij industriële bouw moeten de afzonderlijke elementen of modules naar de bouwplaats worden getransporteerd. Dit vraagt bijzonder

transportmaterieel en stelt ook andere logistieke eisen; concentratie ritten naar fabriek en extra ritten van fabriek naar bouwplaats. Sommige bedrijven verwachten een licht voordeel op de transportkosten en andere bedrijven verwachten dat de kosten voor het transport hetzelfde of iets hoger uit zullen vallen.

Om duurzame, circulaire en integrale logistieke samenwerking te bevorderen, is het belangrijk om stakeholders te vinden die streven naar emissievrije bouwlogistiek. Het implementeren van bouwhubs, het optimaliseren van logistieke processen en het gebruik van digitale tools en systemen kunnen de efficiëntie en duurzaamheid verbeteren.

Biobased materialen

Bij het bouwen met biobased materialen wordt eerst gekeken naar het gebruik van hout (voor de constructie), isolatiemateriaal en panelen (zie de resultaten van WP1 en WP2). Per appartement gaat het om 40 tot 50 m3 aan materiaal (zonder het effect van prefab bij met name de constructie).

Deze vorm van bouwen heeft impact op de vorm en gewicht van bouwdelen, en daarmee op het transport gewichten en -volumes, en andere inrichting van transport en logistiek vergen, en met lagere emissieniveaus gepaard gaan.

[goede link maken met WP1 - Stijn]

Onderbouwing met voorbeelden

De uitkomsten van WP3 leveren de tweede basis voor het vaststellen van de verkenning uit WP1 in beleid in WP6. Via de kennisinstellingen zullen ook de regiogemeenten (uit de G40) rondom de G4 worden geïnformeerd en feedback gevraagd op de producten. [nog te doen]

T3.1 Fieldlab Bouw Hubs Amsterdam (TUD, HvA, DV, VW, WC)

We werken voor dit WP met experimenterend onderzoek en zouden hiertoe een fieldlab opzetten in één of meer bouwhubs in Amsterdam, onder andere Bouwhub Amsterdam Zuidoost en Bouwhub/ALC Ankerweg. Ook is gesproken met logistiek dienstverleners en groothandels die de rol van bouwhub op zich willen nemen.

Het WP heeft in gesprekken de mogelijkheden verkent bij deze hub en de benodigde uitbreidingen van deze hubs alsmede de bouwlogistieke aansturing, specifiek voor biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw. Dit zal onder meer betekenen dat de hubs intensievere afstemming zullen hebben met module leveranciers, eventueel aanpassingen doen aan de hubs zelf om grotere modules en biobased materialen te kunnen overslaan en opslaan.

Resultaten studentenonderzoek [Walther zal dit aanvullen en aanscherpen]

“Op welke wijze kan emissievrije bouwlogistiek georganiseerd worden voor conventionele en circulaire hoogbouwprojecten met een netwerk van ontwikkelende bouwbedrijven, leveranciers, bouw- en microhubs voor Amsterdam-Zuidoost?”

Dit rapport biedt een samenvatting van de belangrijkste conclusies en aanbevelingen van het onderzoek naar duurzame logistieke oplossingen in de bouwsector. Het onderzoek richtte zich op verschillende aspecten, waaronder het gebruik van hergebruikte materialen, bouwhubs, Control Towers en samenwerking in de keten.

Wat betreft het gebruik van hergebruikte materialen, bleek uit de interviews dat er nog beperkte aandacht is voor het implementeren van hergebruik in de bedrijfsprocessen en de business case van timmerfabrieken. Er is echter potentieel voor een omslagpunt waarbij timmerfabrieken hergebruik van materialen zullen opnemen in hun bedrijfsvoering. Verder onderzoek is nodig om te bepalen hoe dit het beste geïmplementeerd kan worden en hoe de kosten van producten, gemaakt van hergebruikt materiaal, kunnen worden beheerst. Het concept van bouw hubs en microhubs werd niet volledig begrepen door veel respondenten. Aanbevolen wordt om een klankbordgroep te organiseren met vertegenwoordigers van verschillende organisaties in de bouwsector om het begrip en de implementatie van hubs te bespreken. Dit zou kunnen leiden tot een beter begrip en waardering voor de meerwaarde van hubs in logistieke processen.

Het concept van een Control Tower, dat gericht is op het coördineren van logistieke processen in de bouwsector, was ook niet goed bekend bij respondenten. Een bijeenkomst met relevante partijen, waaronder bouw hubs, aannemers en timmerfabrieken, in samenwerking met de organisatie die de coördinatie van de Control Tower verzorgt, kan helpen om vragen en onzekerheden weg te nemen en de waarde van een Control Tower te benadrukken.

Een model dat inzicht biedt in transportstromen en helpt bij het optimaliseren van logistieke processen is van belang. Het is aanbevolen om advies in te winnen bij specialisten en mogelijke samenwerkingen aan te gaan om een algemeen toegankelijk model te ontwikkelen dat kan worden gebruikt door bedrijven die behoefte hebben aan dergelijke inzichten.

Verder onderzoek is ook nodig naar de inventarisatie van materialen en de kosten van sloopafval en hergebruik. Het opzetten van een digitaal materialenpaspoort kan helpen bij het verzamelen van informatie over materialen uit verschillende projecten. Bovendien is meer inzicht nodig in de daadwerkelijke kosten van producten, gemaakt van hergebruikt materiaal, om eventuele kostenverschillen te begrijpen en te beheersen. Samenwerking en coördinatie in de bouwsector zijn cruciaal voor het succesvol implementeren van duurzame logistieke oplossingen. Het delen van informatie en betrokkenheid van alle partijen zijn essentieel.

De Bouw hub is een strategisch gelegen logistieke locatie nabij binnenstedelijke gebieden waar goederen vanuit verschillende bronnen naar bouwplaatsen worden vervoerd. Het is een tussenstation dat emissieloos en Just-in-Time werkt, waardoor de beperkte opslagruimte op bouwplaatsen optimaal kan worden benut (Aalbers, H., Van Capelleveen, E., & Pel, W, 2020).

Op de Bouw hub worden tussenopslag en cross-docking uitgevoerd, vaak door logistieke dienstverleners. Het kan worden ingericht voor één groot project of meerdere organisaties, en de ontkoppeling van transportstromen maakt pre-assemblage en Just-in-Time levering mogelijk. Niet alle bouwstromen komen in aanmerking voor deze logistieke keten; grote bouwonderdelen en te storten beton worden bijvoorbeeld rechtstreeks beleverd.

Bouw hubs dragen bij aan emissieloos transport in binnenstedelijke gebieden en bieden oplossingen voor emissiezones. Deze zones maken onderscheid tussen vrachtauto's/bussen en personenauto's/bestelauto's. Bouw hubs maken het mogelijk om voorraadproducten uit de catalogus en op-maat-producten zoals kozijnen te leveren via emissieloos transport (Aalbers et al., 2020; Melkonyan et al., 2020).

Bouwhubs kunnen op verschillende manieren worden ingezet om de logistiek in de bouwsector te verbeteren en de CO₂-uitstoot te verminderen. Dit omvat het gebruik van multimodale hubs met vervoer over water, gebiedsgerichte aanpak, zero-emissie transport en recycling van bouwafval. Het is belangrijk dat er locaties beschikbaar zijn aan de rand van steden, in de nabijheid van gebieden waar veel bouwwerkzaamheden plaatsvinden, voor bouwhubs. Gemeentes kunnen een rol spelen bij het stimuleren van slimme oplossingen en het faciliteren van locaties. Naast bouwhubs kan de inzet van prefab en houtbouw een grote impact hebben op de logistiek. Om afstemming en coördinatie binnen de bouwketen te verbeteren, zijn Coördinatie en IT-tools belangrijk voor efficiënte bouwlogistiek (Rothuizen, 2021).

De reductie in ritten, kilometers en CO₂-uitstoot kan op vier manieren verder worden verhoogd met de inzet van een bouwhub (Rothuizen, 2021):

1. Het inzetten van een multimodale bouwhub met vervoer over water kan leiden tot een extra besparing in ritten, kilometers en CO₂-uitstoot.
2. Het toepassen van bouwhubs in combinatie met een gebiedsgerichte aanpak. Hierbij vindt de ketenregie plaats over verschillende - in tijd overlappende - projecten. Er dient afstemming en samenwerking plaats te vinden tussen diverse bouwplaatsen in een bepaald gebied.
3. De inzet van ZE transportmiddelen in de stad kan ervoor zorgen dat de CO₂-uitstoot op het traject van hub naar de bouwplaats nihil zou zijn.
4. Het inzetten van een bouwhub voor de verwerking en opwaardering van herbruikbaar bouw- en sloopafval naar circulaire bouwmaterialen. De logistieke stromen kunnen door verschillende vormen van circulair bouwen toe- of afnemen. Wat nog ontbreekt is meer inzicht in de optimale bouwlogistieke organisatie van circulair bouwen.

Voor elk gebied en project zijn diverse hubs relevant. Onderstaand figuur 5 geeft de verschillende type bouwhubs die toegepast kunnen worden (AMS, 2023). 32

Figuur 5

Type Bouwhubs

Noot. Overgenomen uit AMS, 2023.

De Gemeente Amsterdam heeft een netwerkvisie opgesteld voor logistieke hubs om de klimaatdoelstellingen van 2030 te behalen. Hubs worden ingedeeld op basis van omvang en locatie, zoals lastmile, regionale en firstmile hubs. Lastmile hubs zijn het beste geplaatst aan de rand van de emissiezone of de stad, hoewel dit vaak relatief dure en schaarse locaties zijn, terwijl regionale hubs tussen steden liggen en firstmile hubs dicht bij de oorsprong van producten zijn. De locatiekeuze van een hub hangt af van de logistieke stroom en het volume van goederen. Het moet voldoen aan bestemmingsplannen en mag geen overlast veroorzaken. Nabijheid van de bestemming is belangrijk om beperkingen voor het wagenpark te vermijden, en hubs in de buurt van natuurgebieden zijn ongewenst vanwege stikstofdepositie. (De Jong, Tijhuis, De Bruin en Aelfers, 2023)

Het onderzoek heeft acht beleidsdoelen geïdentificeerd voor hubs, waaronder emissiereductie, efficiëntere stadslogistiek en duurzame regionale logistiek. Elk type hub draagt in verschillende mate bij aan deze doelen. Lastmile hubs verbeteren de binnenstedelijke doelen, firstmile hubs verminderen onnodige kilometers en druk op de natuur, regionale hubs verminderen vervoersbewegingen en virtuele hubs verbeteren

logistiek via digitalisering. Het ambitieweb toont ook welke beleidsdoelen meer of minder waarde hebben voor provincies en de vervoerregio Amsterdam, waarbij de nadruk ligt op duurzaamheid en minder op het verminderen van overlast. Deze ambities zijn toepasbaar in andere regio's. (De Jong et al., 2023)

Hubs vereisen het bundelen van goederen en bieden ook aanvullende functies zoals opslag, overslag naar andere modaliteiten en value added services. Opslag is vooral belangrijk voor regionale hubs, terwijl lastmile hubs beperktere opslagruimte hebben. Firstmile hubs hebben alleen tijdelijke opslag. Value added services spelen een belangrijke rol in alle hubtoepassingen en omvatten activiteiten zoals 33

orderpicking, labeling, verpakken, sorteren en verwerken van retourzendingen. Voor voedsel kunnen deze diensten ook verwerking omvatten, zoals het wassen en snijden van groenten. Figuur 6 geeft een overzicht van de functies per logistieke stroom en hubtoepassing.

Figuur 6

Toepassing hubs per functie en logistieke stroom

Noot. Overgenomen netwerkvisie logistieke hubs, 2023.

Het Europese project SUCCESS (Sustainable Urban Centres for Construction van 2016 tot en met 2020) heeft onderzoek gedaan naar de toepassing van hubs in Europese steden, met name gericht op bouwlogistiek. Het project heeft gekeken naar manieren om bouwlogistieke stromen te verbeteren en problemen te verminderen, en heeft getest met bouw hubs op proeflocaties in Spanje, Frankrijk, Italië en Luxemburg. Daarnaast is onderzocht hoe de onderzoeksresultaten geïmplementeerd kunnen worden in bedrijfsplannen om de duurzaamheid binnen bedrijven te bevorderen. Het doel was om duurzaamheid binnen bedrijven te bevorderen. De tests werden uitgevoerd volgens een nauwkeurige methodologie, die bestaan uit de volgende stappen (SUCCESS, z.d.):

1. Het analyseren van de huidige situatie door informatie en gegevens te verzamelen over de proeflocaties om inefficiënties en mogelijke verbeteringen in de bouwtoeleveringsketen op te sporen.
2. Het aanbieden van oplossingen en optimalisatietools voor de toeleveringsketen van de bouw, zoals RFID- en GIS-technologieën, tools voor e-samenwerking, procesmapping en bedrijfsmodellen.
3. Het opstellen van numerieke scenario's en simulaties met en zonder CCC's voor verschillende gevallen, gebaseerd op de gegevens van de proeflocaties, zoals enkele/meerdere leveranciers en enkele/meerdere locaties, om mogelijke oplossingen te beoordelen.
4. Het implementeren en testen van verschillende scenario's direct op pilotsites.
5. Het ontwikkelen van een "bedrijfsmodel" op basis van de resultaten van bouwplaatsen om de repliceerbaarheid van de ontwikkelde oplossingen te garanderen, vooral in andere Europese steden.

34

Figuur 7

Logistieke stromen in Noord-Holland

Noot. Overgenomen netwerkvisie logistieke hubs, 2023.

Figuur 8

Potentiële bouwhub locaties

Noot. Overgenomen netwerkvisie logistieke hubs, 2023.

De projecten hebben de ambitie, door het toepassen van een bouwhub, om de kosten en transporttijden van bouwmaterialen te reduceren, het verminderen van het aantal ritten per voertuig en een toename in het gebruik van elektrische voertuigen. Al met al moeten deze ambities zorgen voor meer betrouwbaarheid en flexibiliteit bij het leveren van bouwmaterialen aan de bouwplaats (SUCCESS, z.d.).

Visie Gemeente Amsterdam toekomstige hublocaties

De Gemeente Amsterdam heeft onderzoek gedaan naar het plaatsen van bouw hubs in de regio en heeft dit vastgelegd in een netwerkvisie. De onderzoeksresultaten en potentiële locaties voor bouw hubs zijn weergegeven in figuren 6 en 7, die respectievelijk de huidige logistieke stromen in Noord-Holland en de toekomstige potentie tonen (De Jong et al., 2023). 35

Uit de bovenstaande tekst kan geconcludeerd worden dat een bouw hub veel voordelen kent, maar ook nadelen. In de huidige tijden komen deze logistieke implementaties steeds vaker voor in de bouwprocessen i.c.m. zero-emissie, duurzaamheid en circulariteit. Dit gaat gepaard met positieve resultaten en tegenslagen. Onderstaand zijn deze voor- en nadelen opgenomen in de tabel.

[nog af te stemmen met beschrijving hubfuncties Petar]

Tabel 1

Voor- en nadelen bouw hub

v BOUWHUBS

Voordelen

Logistiek	Beladingsgraad van vrachtverkeer kan hoger zijn omdat er, met een integrale samenwerking, vracht gebundeld en geleverd worden naar de betreffende bouwplaats.
Logistiek en wachttijd	Door de integrale samenwerking kunnen diverse materialen van verschillende leveranciers op de hub gebundeld worden en precies op tijd worden geleverd op locatie (Just in Time). Hiermee worden verspillingen gereduceerd en worden processen gestroomlijnd.
Productiviteit en wachttijd	Door snelle leveringen kunnen bouwtrajecten ingekort en kan het werkgenot geoptimaliseerd worden omdat men vlot te werk kan gaan zonder onnodige wachttijden. Hiermee kan de motivatie van het personeel op een positieve manier bevorderd worden.
Flexibiliteit leverancier	Leveranciers kunnen a.d.h.v. flexiblere plannings de leveringen afgeven bij hubs, waarna ze met andere vrachten gebundeld kunnen worden voor het transport naar de desbetreffende locatie.
Duurzaamheid	Minder zware transport op de weg staat gelijk aan een reductie van uitstoot. De capaciteit van de vrachtwagens kunnen volledig benut worden door ze volledig vol te vullen. Hierdoor kan er relatief gezien minder vrachtverkeer uitgestuurd worden en kan de welbekende uitstoot gereduceerd worden.

Tijdbesparing	Een grote vrachtwagen is sneller te legen dan meerdere kleinere vrachtwagens. Door op deze manier te werk te gaan kan er veel tijd bespaard worden en kan het proces versneld worden.
Bouwafval	Bouwafval zal regelmatig meegegeven kunnen worden aan de kleinere transporten.
Sloopafval	De bouwhub kan fungeren als verzamelplaats voor sloopafval van een enkele, en meerdere, bouwplaats(en). Hiermee kan er met een integrale samenwerking ruimte en vrachten bespaard worden.
Materiaalpaspoort	De bouwhub kan met digitale registraties een rol spelen bij het materiaalpaspoort. Alle materialen worden hier verzameld en kunnen gemakkelijk geïnventariseerd worden voor het digitale paspoort.
Prefab	Op de bouwhub zouden prefab-elementen, vanuit diverse leveranciers, in elkaar gemonteerd kunnen worden. Hierdoor

Daarnaast verkenden we de meerwaarde en mogelijkheden om in de bouw hubs (aan de stadsrand) aangevuld met microhubs (tussen hub en bouwlocatie) 2D componenten vanaf leverancier samen te stellen tot 3D componenten en zo deels productiewerkzaamheden uit te voeren op de hubs.

Petar

Aanpak modellering en resultaten van de modellering

Lessons learned van modellering

Vervolgonderzoek

De hubs zullen software (laten) (door)ontwikkelen om modulaire bouwlogistiek en transporten tussen hubs en bouwplaatsen efficiënter te plannen en emissie prognoses en -registraties uit te voeren (met bijvoorbeeld kenteken- en motorgegevens). Tevens testen we in T3.1 de strategieën voor optimalisatie van de bouwlogistiek vanuit T3.2.

De bouwhub in Amsterdam Zuidoost werkt volgens een emissiebeperkende geautomatiseerde systematiek (vooralsnog voor GWW en alleen voor CO2) die de basis vormt voor uitbreiding van de systematiek naar biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw.

De systematiek en metingen voor hoogbouw zullen op dezelfde manier worden vormgegeven en gemonitord. Daarbij zullen, naast CO2, ook NOx en PM10+2,5 aan de emissies worden toegevoegd.

Resultaten:

Ontwikkeling (of doorontwikkeling) van systematiek voor de uitbreiding van logistieke software en dashboard inclusief emissiemeting van NOx en PM10+2,5 (naast CO2).

Procesontwerp voor een industriële biobased bouwketen inclusief conceptontwikkelaar voor lokale productie-activiteiten in (micro)hubs.

[Petar]

Studie naar uitbreiding van benodigde hub faciliteiten voor lage emissie modulebouw en

Commented [p.5]: General text about the model? We should add BAU to full BIMZEC (scenarios) including the findings / dataviz. (deltas)

circulair hergebruik van retourstromen (o.a. aansluitend op de materiaalstromen monitor van gemeente Amsterdam en uitbreiding voor andere G4 gemeenten).

[Petar: concrete invulling van hubfunctionaliteiten]

- Studie naar benodigde E-oplaadpunten en eventuele waterstof tank- of vulpunten (na bestudering van formele mogelijkheden voor waterstof op hublocaties), om zero emissie hub(s) te realiseren, in afstemming met Alliander/Stedin, waterstof leveranciers e.a.

[Petar/Walther: concrete invulling van laadfunctionaliteiten]

- Afstemming met gemeente over werkwijze voor kavelpaspoorten en stimulering van duurzame voertuigen.

[Afstemming met Richard]

T3.2 Strategieën efficiënte emissievrije bouwlogistiek (TUD, HvA)

We ontwikkelen strategieën voor emissievrije bouwlogistiek voor biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw in de stedelijke omgeving op basis van een samenspel in een netwerk van module leveranciers buiten de stad, bouw hubs aan de stadsrand, en eventuele microhubs voor laatste tussenopslag en nabewerkingen op of nabij de bouwplaats.

Wat vinden ondernemers in de regio van emissievrije bouwlogistiek?

Resultaten HVA onderzoek met Haskoning/RHDHV

[Walther]

De Hogeschool van Amsterdam heeft Royal HaskoningDHV medio mei 2023 opdracht gegeven voor een marktverkenning naar de stand van zaken bij zero-emissie transport in de bouwsector. Doel: partijen te vragen naar hun mening over het onderwerp.

Voor deze marktverkenning heeft RHDHV in de periode van juni tot oktober 2023 20 gesprekken gevoerd met 16 partijen. De interviews hebben plaats gevonden met aannemers, producenten, de groothandel, vervoerders en de gemeente Amsterdam.

De ontwikkelingen rondom duurzaam bouwtransport zijn complex, gaan snel, vinden veelal gelijktijdig plaats en zijn financiële puzzels. We hebben daarom koplopers uit de bouwsector gevraagd hoe ze deze intensieve uitdagingen aangaan. Het korte antwoord is dat ze het vraagstuk vereenvoudigen en daarbij pragmatisch blijven. Ze beginnen gewoon en doen wat ze kunnen. Ze hebben een idee waar ze willen staan over een bepaalde tijd. De duurzame ambitie kent onderling dan ook grote verschillen in toepassingen en acties. Er zijn zoveel verschillende acties als er bedrijven zijn.

Hebben beleid

Koplopers hebben beleid op het gebied van zero-emissie transport: ze brengen de toekomstige effecten van verduurzaming en de alternatieven in kaart. In hun beleid staat: Wat willen we? Hoe willen dit bereiken? Wanneer willen we dit bereikt hebben? Wie gaat de kar trekken (wie is geschikt hiervoor)? Ze zetten de toekomstige effecten van verduurzaming en de beschikbare alternatieven op een rij. Het beleid wordt bij de wat grotere bedrijven centraal opgesteld en vervolgens aan de gekozen kartrekker overgelaten. Bij de kleinere bedrijven is de baas aan zet.

Werken decentraal

Beleid wordt centraal opgezet, maar op project/opdrachtniveau toegepast. Zo is het bijvoorbeeld aan de projectleider op een bouwplaats of en hoe hij/zij deze duurzaamheid toepast, omdat ook de kosten in de gaten gehouden moeten worden.

Investeren zelf in elektrisch vervoer

Koplopers anticiperen op duurzaamheidseisen door zelf al te investeren in zowel elektrische bestelbussen als vrachtwagens. Stapsgevijs. In plaats van ineens een compleet wagenpark te vervangen, wordt een afgeschreven vrachtwagen vervangen door een elektrische variant. Dit kan een nieuw model elektrische vrachtwagen zijn of een omgebouwde dieselvrachtwagen. Ze leven in de realiteit door niet alles ineens te willen doen. Dit geldt zowel voor de vervanging van het wagenpark als voor de inzet van alternatieve oplossingen.

Zetten diesel HVO100 in waar elektrisch nog niet voldoet

Vanwege de nog beperkte actieradius van elektrische vrachtwagens (tussen de 200 en 300km) wordt diesel ingezet op de snelweg, bijvoorbeeld voor transport van en naar magazijnen of distributiecentra. Elektrisch vervoer wordt vooral ingezet voor binnenstedelijk transport.

Gebruiken (bouw)hubs

Door hubs in te zetten worden logistieke stromen gebundeld. Efficiënt plannen leidt tot minder vervoersbewegingen. Dit bespaart ritten en kosten.

Zetten ander vervoer in

Een voorbeeld is transport over water. Dit loont bij bulk als er voorzieningen voor het lossen zijn, anders is per as nog steeds het meest geschikt. Vervoer over water geeft concurrentievoordeel bij aanbestedingen waar duurzaamheid een van de eisen is.

Maken gebruik van ketensamenwerking

Koplopers gaan in gesprek met partners uit de keten, zoals over het bundelen van afvalstromen of bouwlogistiek. Dit leidt tot minder ritten met daarnaast een efficiëntere planning. De succesfactor voor ketensamenwerking is dat onderaannemers meegenomen worden in zowel de besluitvorming als de voordelen.

Data: analyseren hun eigen logistieke proces

Koplopers analyseren hun eigen logistieke bewegingen. Dit doen ze om hun routes te verbeteren, het aantal ritten te verminderen en kosten te verlagen. Data die ze bijhouden: routes, voertuigen, chauffeur, beladingsgraad, afvalstromen en opbrengst per uur. Manieren waarop ze data verzamelen: bouwlogistiek coördinatiemodel van onderaannemer, eigen software (WMS en DMS), apps zoals GPS-buddy of App Circuit, fleet-managementsysteem en bonnetjes.

Overheid en gemeenten

Zij zijn belangrijke spelers in de duurzaamheidstransitie door duurzaamheidsoplossingen te faciliteren, stimuleren en motiveren. Koplopers gaan met de overheid in gesprek over uit te voeren opdrachten, in plaats van met de instelling 'jullie vragen, wij leveren'. Zo kunnen creatieve oplossingen gekozen worden.

Faciliteren

Gemeenten denken mee met duurzame oplossingen door faciliteiten beschikbaar te stellen, zoals het mogen gebruiken van bepaalde kades, routes en/of laadinfrastructuur.

Stimuleren en motiveren

De overheid helpt daarnaast in de transitie door het beschikbaar stellen van subsidies als belangrijke stimulans voor verduurzaming. Het enthousiasme is groot, de AanZET subsidie was binnen 1 dag al vier keer overtekend.

Gemeenten blijven in hun rol als opdrachtgever duurzaamheid structureel meenemen in uitvragen. Dit is namelijk een belangrijke prikkel voor de sector om actie te ondernemen, mee te bewegen en te veranderen. Daarnaast kan een gemeente de transitie stimuleren in haar rol als publieke partij door duurzaamheidseisen mee te nemen in EMVI-criteria, omgevingsplannen en BLVC kaders.

Uitwisseling en meedenken

Aannemers die vooroplopen, denken ook mee met kansen om beleid slimmer uit te voeren, in plaats van het principe van 'jullie vragen, wij draaien' toe te passen. Door in publiek-private context in dialoog te blijven kunnen creatieve oplossingen bedacht worden en vervolgens worden toegepast. Er kan aan een relatie gebouwd worden, waarin meegedacht wordt, in plaats van dat enkel via handhaven zaken worden afgedwongen.

De ontwikkeling naar duurzaam transport is in de bouw al op gang gekomen. Koplopers blijven daarbij realistisch, doen goed wat ze zelf goed kunnen doen en blijven verstandig. Ze houden zichzelf op de kaart en willen anderen stimuleren om dat ook te doen. Om ook een koploper te worden: "blijf pragmatisch en doe in elk geval al iets. Begin gewoon klein. Sta voor wat je doet en deel het op social media: "be real be good". Wie wordt medekoplopers?

Bouwhubs stimuleren emissieloze bouwlogistiek

Het samenspel voorziet in efficiënte aanvoer van modules (en overige materialen) voor en samenstelling van biobased geïndustrialiseerde hoogbouw naar de stad enerzijds, en just-in-time en emissievrije doorlevering naar bouwplaatsen anderzijds.

De bouwhub Amsterdam Zuidoost dient GWW-werken, zoals die voor de Gaasperdammertunnel. We verkennen de mogelijkheden om deze hub uit te breiden voor biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw. Daarnaast is er een aantal bouwhubs in Amsterdam aan de Noordzijde nabij de Coentunnel, aan de Ankerweg en Papierweg. We zien de hubs in samenhang en testen hierop samenhangende strategieën voor integrale optimalisatie van de bouwlogistiek naar de regio en stad, en de eventueel benodigde tussenbewerking op de hubs, en vervolglevering van prefab modules naar bouwplaatsen binnen de regio en stad. Er is tevens gekeken worden naar de retourstromen vanaf bouwplaatsen en slooppjecten in de stad, en teruglevering van secundaire materialen via de hub naar leveranciers en producenten voor hergebruik in nieuwe bouwproducten en -modules.

Samenwerking tussen alle (direct en indirecte) partijen die betrokken zijn bij de toelevering aan bouwprojecten is cruciaal om bouwlogistiek zo efficiënt mogelijk in te richten en om zo

de uitdagingen in de bouwsector aan te kunnen. Dit is echter uitdagend doordat de toeleveringsketen gefragmenteerd is (veel bouwbedrijven, leveranciers en logistieke bedrijven die in verschillende tijdelijke bouwconsortia werken, wat leidt tot verschillende manieren van werken en van gegevensbeheer) en er daarnaast verschillende overheidsinstanties betrokken zijn bij de besluitvormingsprocessen over bouwprojecten en logistiek.

Ketenregie

Om samenwerking mogelijk te maken is gemeenschappelijke afstemming, ofwel ketenregie, nodig. Dit vraagt zowel om verticale (samenwerking met bestaande relaties in de keten (zoals verlader – transporteur – bouwplaats), bijvoorbeeld door betere onderlinge informatie-uitwisseling), horizontale (samenwerking tussen bedrijven die zich op dezelfde positie in de keten bevinden, bijvoorbeeld vervoerderssamenwerking) als cross-chain samenwerking (samenwerking tussen verschillende logistieke ketens).

Er zijn twee niveaus te onderscheiden waarop samenwerking in de keten kan plaatsvinden bij de toelevering aan bouwprojecten:

In de ketens van bouwstromen voor één bouwproject, waarin meerdere toeleveranciers en onderaannemers actief zijn.

In de ketens over meerdere bouwprojecten heen, bijvoorbeeld van alle bouwprojecten in een gebied.

[plaatje Walther]

Tom Tesselaar, student aan de TUDelft, schreef zijn scriptie over het ontwerpen van een bouwlogistieke verkeersstoren voor stadsontwikkeling. Op dit moment wordt de bouwlogistiek in stadsontwikkeling niet goed gecoördineerd, wat leidt tot te veel transport, vertragingen, opstoppen en bouwfouten. Er zijn veel redenen waarom de coördinatie in bouwketens ingewikkeld is. Sommige redenen komen voort uit de aard van de bouwsector, die wordt beschouwd als gefragmenteerd, complex, convergerend, getypeerd als "make-to-order", projectgestuurd, en die moet werken met kleine stedelijke bouwplaatsen. Er is geen duidelijke verdeling van verantwoordelijkheden tussen de vele belanghebbenden in de toeleveringsketen van de bouw. De complexiteit komt ook voort uit een gebrek aan vertrouwen, het niet delen van informatie en 'oud' gedrag.

Coördinatie van bouwlogistiek in stadsontwikkeling verbeteren

Coördinatie kan worden bereikt door het gebruik van ICT-systemen. Sommige systemen coördineren vraag en aanbod van een organisatie (ERP) of proberen de planning van meerdere organisaties te coördineren (APS). Andere systemen plannen specifiek logistieke operaties (TMS) of magazijnoperaties (WMS). Geen van deze systemen is ontworpen om de logistiek, planning en vraag en aanbod van een hele toeleveringsketen of cluster van lokale bouwprojecten te coördineren. Er is een concept dat zou kunnen helpen bij het coördineren van meerdere organisaties en meerdere toeleveringsketens; een controletoren, of meer specifiek een controletoren voor bouwlogistiek.

[Walther/Ruben toevoegen kennis topsector rapporten]

Een controletoren voor bouwlogistiek kan worden gedefinieerd als een centraal knooppunt

dat logistieke processen voor een of meer bouwprojecten bewaakt, plant en coördineert door relevante informatiesystemen en gegevensbronnen te integreren. Zoals de definitie impliceert, is een controletoren een centraal systeem dat in contact staat met alle relevante belanghebbenden. Het kan een fysieke plek zijn, volledig cloudgebaseerd, of een combinatie van de twee, afhankelijk van verdere ontwikkelingen en implementatie.

Planning en routing, een informatieknooppunt en besluitvorming

In het onderzoek van Tesselaar werd de informatie die beschikbaar is bij verschillende organisaties in de bouwketen in kaart gebracht. Deze informatie werd beschouwd als input voor de controletoren voor bouwlogistiek. De output van de control tower is een combinatie van functionaliteiten die gevonden zijn via interviews en literatuuronderzoek. In totaal zijn 15 functionaliteiten beschreven, in drie categorieën: planning en routing, een informatiehub en besluitvorming. De planning- en routeringsfuncties hebben betrekking op wat waar naartoe gaat, voor wie, op welk moment en in welke volumes. Een verkeerstoren fungeert ook als een knooppunt waar informatie wordt opgeslagen, gedeeld en geanalyseerd. De derde categorie omvat de besluitvorming op basis van de beschikbare informatie.

[valideren voor onze case: kloppen de informatiestromen?]

De controletoren zorgt voor de communicatie tussen de organisaties die betrokken zijn bij projecten in het aangewezen gebied. De verkeerstoren verzamelt de totale materiaalvraag voor een specifiek geografisch gebied en communiceert deze totale vraag met groothandelaars/leveranciers en logistieke dienstverleners. Op die manier creëert de controletoren de mogelijkheid om de materiaalstroom in het gebied te verbeteren. Er zijn minder voertuigen nodig omdat er geconsolideerd kan worden met een hogere beladingsgraad. Route- en leveringsinformatie kan rechtstreeks worden doorgegeven aan de logistieke dienstverleners, samen met relevante informatie uit de bouwlogistieke plannen of BLVC-documenten. De leveringen worden zo gepland dat ze op tijd en tegen de juiste kosten voldoen aan de vereisten van de bouwprocessen. Deze processen worden gecontroleerd en geanalyseerd met behulp van KPI's om te zien of het bouwproject volgens de oorspronkelijke plannen verloopt. Deze KPI's worden ook gebruikt om prognoses te maken en transport- en bouwschema's aan te passen om de logistiek te optimaliseren en overlast en stilstand tot een minimum te beperken.

Andere voordelen zijn: één aanspreekpunt, centrale informatiestroom, keuze in informatiedeling via modules, gegarandeerde toegang tot informatie, gecoördineerde bouwlogistiek voor een heel gebied, gecoördineerde informatie over wegversperringen, minder verkeer, hogere beladingsgraad en minder hinder en uitstoot van broeikasgassen. Een mogelijk nadeel is dat sommige belanghebbenden hun bedrijfsmodel moeten aanpassen en dat de voorkeursgroothandels/leveranciers van een aannemer misschien niet worden gekozen door de verkeerstoren. Transparantie kan leiden tot nieuwe rollen in de toeleveringsketens.

Open data

Een controletoren voor bouwlogistiek zou open moeten zijn voor organisaties die betrokken zijn bij bouwprojecten in een bepaald gebied. Sommige informatie zou zelfs openbaar moeten zijn, omdat het kan helpen in de relatie met de bewoners van het gebied, of hulpdiensten kan voorzien van cruciale informatie over wegversperringen en verkeer. Het

faciliteren van een verkeerstoren zou gedaan moeten worden door een neutrale, onpartijdige, capabele, betrouwbare en bovenal betrouwbare organisatie. Deze organisatie zou kunnen helpen bij verdere ontwikkelingen, maar ook bij het creëren van een meer gemeenschappelijke visie op een verkeerstoren.

Binnen het eerdere TKI-project 'Fundamentals for a Construction Logistics Control Tower' (CLCT) wordt de volgende hoofdvraag geadresseerd: "hoe kan een zogenaamde Construction Logistics Control Tower (kortweg CLCT) ketenregie ondersteunen, wat is hiervoor nodig en onder welke voorwaarden kan dit gebeuren?" TNO geeft een overzicht van de mogelijke functionaliteiten van een control tower voor bouwlogistiek, welke mogelijke vormen van ketenregie een CLCT kan hebben en wat de rol van stakeholders daarin is.

[meer uit dit rapport gebruiken en toepassen op ons project?]

De specifieke bouwblokken van een CLCT, waar de verschillende geïnterviewde consortiumpartners aangaven de meeste baat bij te hebben, zijn de transportplanning en de materieelplanning. Door hier een gemeenschappelijk inzicht in te bieden, is het mogelijk om tussen bouwprojecten (binnen en buiten bouwbedrijven) vrachten te combineren en materieel efficiënter in te zetten. Een derde functionele bouwblok van een CLCT is het inzichtelijk maken van de logistieke ruimte-capaciteit op bouwplaatsen en bouw hubs. Het verbeterd inzicht kan vervolgens aan de hand van het poldermodel in onderling overleg leiden tot het delen van transport, de inzet van materieel, logistieke ruimte en (vaar)wegcapaciteit.

De lage digitaliseringsgraad in de bouwsector wordt genoemd als grootste hindernis voor een CLCT. Bouwbedrijven werken nog relatief vaak met 'ouderwetse' methoden om hun planningen te organiseren en transport te registreren. Concreet betekent dit dat er via Excel of op papier wordt gewerkt (denk aan vrachtbrieven).

Een andere belemmering is het feit dat bouwbedrijven vaak contractuele afspraken hebben met een logistiek dienstverlener, waardoor (vanwege lagere flexibiliteit) niet altijd de optimale situatie bereikt kan worden.

Resultaten:

- Strategie voor ontwikkeling van een netwerk van bouw hubs voor aanvoer, doorvoer en samenstelling van biobased prefab modules en materiaalstromen van buiten de regio naar bouwplaatsen binnen de regio, en vice versa: afvoer en eventuele bewerking van bouw- en slooppafval voor direct hergebruik als hernieuwde materialen binnen de regio (bijvoorbeeld hergebruik van sloophout), of eventueel via afvoer naar leveranciers en producenten voor verwerking in nieuwe producten.

[Petar/Walther]

- Strategie voor ontwikkeling van bouwlogistiek, handling, laadinfrastructuur, evt. waterstof tanken vul faciliteit voor emissieloos transport, en evt. multimodale oplossingen over weg en water, specifiek gericht op transport van biobased prefab modules (voor hoogbouw).

[Petar/Walther]

- Financiële afwegingen, waaronder de bouwplaatskosten.

[Petar/Ruben/Walther]

T3.3 Barrières industrieel en modulair bouwen (Cirkelstad, VGG, bouwpartners)

Door minder bewerkingen en kortere bouwzeiten op de bouwplaats heeft geprefabriceerd modulair bouwen een positieve impact op leefomgeving en verminderde overlast in de stad. Bovendien gaat biobased bouw gepaard met lagere gewichten dan beton en staal. Mogelijke procesmatige nadelen voor logistiek, handling en transport schuilen onder andere in stijfheid van volumineuze modules en weersgevoeligheid van materialen.

We verkennen welke procesmatige en technische barrières biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw nog in de weg kunnen staan en welke oplossingen daarvoor beschikbaar zijn. Daarbij onderzoeken we tevens de mogelijke negatieve impact en denkbare veranderingen van huidig beleid om procesmatige barrières voor de toepassing en realisatie van biobased geïndustrialiseerde hoogbouw op te lossen. Ook hier betrekken we financiële overwegingen.

Resultaten:

- Inventarisatie van procesmatige barrières en negatieve impacts, met name aangaande handling en logistiek, van biobased geïndustrialiseerde modulaire hoogbouw van producenten buiten de Randstad naar bouwlocaties in de Randstad.

[Petar: gesprekken met module bouwers]

- onderzoeken van mogelijke oplossingen en denkbare veranderingen van huidig beleid om procesmatige barrières op te heffen ten bate van de toepassing en realisatie van lage emissie geïndustrialiseerde hoogbouw.

[samen even bespreken wat we als boodschap hebben]

- Financiële overwegingen, waaronder de bouwplaatskosten

[modelering? Ruben/Petar]

T3.4 Impactanalyse luchtkwaliteit (WU, MIT): We meten en analyseren de effecten op emissies in de stad als gevolg van emissievrije bouwlogistiek in combinatie met toepassing van lokale bouw hubs voor biobased industriële modulaire hoogbouw.

Als eerste installeren we een netwerk van mobiele luchtkwaliteit sensoren (5 tot 8 stuks), waarmee we CO₂, CO, NO_x, en fijnstof (PM_{2.5} and PM₁₀) inclusief roet (elementair koolstof) concentraties in en rond de bouw hubs en bouwplaatsen meten.

Met deze mobiele sensoren krijgen we real-time inzicht in eigenlijke luchtvervuiling en -verbetering van deze bouw hubs en -plaatsen, zowel ter plaatse, als door de tijd heen (duur

Commented [p.6]: This will no be included I suppose in our report.

Commented [p.7]: If Titus/Julie want to join with they part, they could do it here. And one partial report 3.4 from their side.

van vervuiling) en ruimte (dispersie en neerslag van emissies). Bovendien zijn co-locatie metingen van cruciaal belang omdat het de bepaling van emissiefactoren (verhoudingen van verontreinigende stoffen tot CO₂) mogelijk maakt, waardoor de complicerende factoren van veranderende meteorologie worden weggelaten.

We gebruiken deze eigenlijk gemeten resultaten om de emissie prognoses en transport registraties vanuit de softwaresystemen van de bouw hubs en bouwplaatsen te corrigeren en te kalibreren.

Deze activiteit komt tot stand vanuit een samenwerking tussen MIT Senseable City Lab, WUR, TUD en AMS Institute. Deze bron specifieke metingen zullen bijdragen aan de grotere gezamenlijke gegevensverzameling en analyse-inspanning van deze kennisinstellingen, om de meet- en analysecapaciteit van de luchtkwaliteit uit te bouwen binnen de Senseable City mobiel monitoring raamwerk.

MIT Senseable City Lab

Resultaten:

- Verificatie en validatie van verwachte emissiereducties en gezondheidseffecten met tijdreeksanalyse van de concentraties van luchtvervuiling in en rond de bouw hubs en -plaatsen.

T3.5 Impactanalyse stedelijke infrastructuur (TUD): We analyseren de impact van efficiënte en emissievrije bouwlogistiek in combinatie met toepassing van lokale bouw hubs voor industriële modulaire en lage emissie hoogbouw op en rond de infrastructuur in de stad.

We gaan hiervoor na in welke mate deze veranderende bouwprocessen een impact hebben op actuele problemen waaronder geluidsoverlast, beschadiging van stedelijke infrastructuur en wegen en verkeersveiligheid. De lichtere en grotere transportvolumes van biobased prefab modules hebben naar verwachting hun effecten op aslasten en benodigde trekkracht van (lichtere en stillere) voertuigen (mogelijk emissievrij/elektrisch).

De causale verbanden en effecten hiervan op schades, veiligheid en overlast rond stedelijke infrastructuur zullen hier onderzocht en inzichtelijk gemaakt worden.

[hebben we dit gedaan?

Anders verwijzen naar resultaten Brussel?]

Resultaten:

- Factoren- en effectenanalyse van binnenstedelijk bouwtransport op binnenstedelijke infrastructuur

- Impactanalyse van inzet van emissievrije bouwlogistiek, toepassing van lokale bouw hubs, en transporten van biobased prefab modules op de infrastructuur in de stad, d.w.z. beperking van schades, overlast en verkeersincidenten

Referenties

Add references: Petar

Barratt, M. (2004). Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply Chain Management: an international journal*, 9(1), 30-42.

Aalbers, H., Van Capelleveen, E., & Pel, W. (2020). *Inventarisatie rapport bouw- en installatietiek* [Inventarisatie rapport].

Balm, S., Berden, M., Morel, M. A., Ploos Van Amstel, W. P., & CIVIC. (2018). Slimme bouwlogistiek: onderzoek naar de fundamenteën van slimme en schone bouwlogistiek in steden. *Slimme Bouwlogistiek*.

Bouwlogistiek Timmers. Praktische Bouwlogistiek. (z.d.).
<https://www.timmerslpm.nl/bouwlogistiek/Bouwlogistiek.aspx>

Bouwend Nederland. (z.d.). *Duurzaamheid*.
<https://www.bouwendnederland.nl/actueel/onderwerpen-a-z/duurzaamheid> 89

Brusselaers, N. (2023). *The impact of off-site construction transport on air quality* [Thesis submitted in fulfilment of the requirements for the degree of PhD in Business Economics]. Vrije Universiteit Brussel.

Brusselaers, N., Mommens, K. M., & Macharis, C. (2014). Air quality and freight transport in cities: a dynamic approach to measure the real impact.

Brusselaers, N., Mommens, K., & Macharis, C. (2021). Building Bridges: A Participatory Stakeholder Framework for Sustainable Urban Construction Logistics. *Sustainability*, 13(5), 2678. <https://doi.org/10.3390/su13052678>

Buck Consultants International, CE Delft, Connekt, Districon, HvA, Panteia, & TNO. (2020, 4 september). *Laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen in stadslogistiek - Topsector Logistiek*. Topsector Logistiek. <https://topsectorlogistiek.nl/kennisbank/laadinfrastructuur-voor-elektrische-voertuigen-in-stadslogistiek/>

De Bes, J., Eckartz, S., Van Kempen, E. A., Van Merrienboer, S., Ploos an Amstel, W. P., Van Rijn, J., & Vrijhoef, R. (2018). Duurzame bouwlogistiek voor binnenstedelijke woning- en utiliteitsbouw: Ervaringen en aanbevelingen. TNO Onderzoek Duurzame Bouwlogistiek, Hoofdstuk 1.

De Bok, M., Tavasszy, L., & Thoen, S. (2020). Application of an empirical multi-agent model for urban goods transport to analyze impacts of zero emission zones in The Netherlands. *Transport Policy*, 124, 119–127. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2020.07.010>

De Jong, J., Tijhuis, R., De Bruin, D., & Aelfers, S. (2023). *Netwerkvisie logistieke hubs* (Door Provincie Flevoland en Vervoerregio Amsterdam; Nr. 30120174).

Europe, W. H. O. R. O. F. & WHO. (2000). *Air Quality Guidelines for Europe*. WHO Regional Office Europe.

Gemeente Amsterdam. (2023). Hoogbouwbeleid Amsterdam 2023. *Gemeente Amsterdam*. <https://amsterdam.raadsinformatie.nl/document/12816225/1/09012f9780cc8b33>

Hogeschool van Amsterdam. (2022, 19 oktober). *Je deur wordt een tafel: hout van renovatie terug naar bewoners*. <https://www.hva.nl/kc-techniek/gedeelde-content/nieuws/nieuwsberichten/2022/06/circular-wood-for-the-neighbourhood-hout-van-renovatie-terug-naar-bewoner.html>

IEA. (2019, december). *Global Status Report for Buildings and Construction 2019 – Analysis - IEA*. Geraadpleegd op 5 juni 2023, van <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>

IenM. (z.d.). *Stikstof - Stikstofoxiden (NO_x)*. RIVM. Geraadpleegd op 30 mei 2023, van <https://www.rivm.nl/stikstof/stikstofoxiden-nox> 91

IenW. (2021, 8 maart). *Verstedelijking: perspectief op circulair bouwen met houtbouw*. Nieuwsbericht | InnovatieX. Geraadpleegd op 30 mei 2023, van <https://www.innovatiex.nl/nieuws/nieuws/2020/12/18/verstedelijking-perspectief-op-circulair-bouwen-met-houtbouw>

IenW. (2023, 26 april). *Klimaatverandering en gevolgen*. Klimaatverandering | Rijksoverheid.nl. Geraadpleegd op 30 mei 2023, van <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/klimaatverandering/gevolgen-klimaatverandering>

Janné, M. (2020). *Construction Logistics in a City Development Setting November 2020* [Thesis]. Linköping University.

Kennisdlogistiek. (2020, 29 september). *CO₂ en NO_x uitstoot*. Geraadpleegd op 4 maart 2023, van <https://www.kennisdlogistiek.nl/publicaties/co2-en-nox-uitstoot-het-berekenen-en-de-toepassing-in-containertransport>

Körner, M. K., Ribeiro, J. N. R., & Hogeschool van Amsterdam. (2017, 13 juni). *Logistieke processen met de inzet van een hub: Hoe kunnen KPI's, die worden uitgedrukt in kwantitatieve data, aantonen of de inzet van een bouwlogistieke hub leidt tot verbetering van de logistieke processen?*

Laadinfrastructuur voor elektrische voertuigen in stadslogistiek - Topsector Logistiek. (2020, 4 september). Topsector Logistiek.

<https://topsectorlogistiek.nl/kennisbank/laadinfrastructuur-voor-elektrische-voertuigen-in-stadslogistiek/>

Metabolic, DR2 New Economy, Roemers, G., Kamps, M., Blok, M., Duijvestein, P., Van der Linden, G., & Krebber, R. (2022). CIRCULAIRE BUSINESS CASES IN DE MRA: Bouw- en sloopafval. In *Metabolic*. 92

Morel, M., Balm, S., Berden, M., & van Amstel, W. P. (2019). Governance models for sustainable urban construction logistics: barriers for collaboration - ScienceDirect. *City Logistics 2019*. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352146520303793>

Morel, M. A., & Berden, M. (2020). Slimmere bouwlogistiek in de stad. *Rooilijn*, 53(2), 102–111. https://pure.hva.nl/ws/files/7291480/Rooilijn_2_2020_Slimmere_bouwlogistiek.pdf

Oorschot, J. van, Voet, E. van der, Blok, M., Schouten, N., Witteveen, P., Rijken, B., & Hoorn, A. van. (2022). Scenariostudie materiaal-voorraad, vraag en secundair aanbod in gebouwen: Onderdeel van het werkprogramma Monitoring & Sturing Circulaire Economie. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving. Retrieved from <https://hdl.handle.net/1887/3281342>

Osypchuk, O. (z.d.). *Analysis of Selected Solutions for Sustainable Urban Deliveries in the Construction Industry*. MDPI. <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/3567>

Overbeek, M. (2017). *Biobased materialen, circulaire economie en natuurlijk kapitaal*. <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/532263>

Product, P. F. (2022, 5 september). *De belangrijkste keurmerken voor Circulaire Producten op een rij*. Product for Product. <https://productforproduct.nl/circulaire-producten/de-belangrijkste-keurmerken-voor-circulaire-producten-op-een-rij/>

Rabobank. (2021, 25 mei). *Toekomstbestendig bouwen met biobased materialen - Rabobank*. <https://www.rabobank.nl/kennis/d011145719-toekomstbestendig-bouwen-met-biobased-materialen>

Rothuizen, M. (2021, 2 december). *Outlook Bouwlogistiek: Scenario's voor reductie van vervoersbewegingen en CO2-uitstoot in de stad voor nieuwbouwprojecten in 2030*. Topsector Logistiek. <https://topsectorlogistiek.nl/outlook-bouwlogistiek-scenarios-voor-reductie-van-vervoersbewegingen-en-co2-uitstoot-in-de-stad-voor-nieuwbouwprojecten-in-2030/>

Ruiz, L. A. L., Ramón, X. R., & Domingo, S. G. (2020). The circular economy in the construction and demolition waste sector e A review and an integrative model approach. *Elsevier*.

Silie, N., N van Eck, Onderzoek naar zero emissie bouwlogistiek in de G4, Hogeschool van Amsterdam (2023)

SUCCESS. (z.d.). *SUCCESS Project*. SUCCESS. <http://www.success-urbanlogistics.eu/>

Tesselaar, T. & Gemeente Amsterdam. (2020). *Designing a Construction Logistics Control Tower for City Development* [Master thesis]. Technische Universiteit Delft.

TiQiT. (2023, 9 maart). *Wat is het belang van een goede bouwplaatslogistiek?* - TiQiT. TiQiT. <https://www.tiqit.nl/faq/wat-is-het-belang-van-een-goede-bouwplaatslogistiek-bouwlogistiek/?cn-reloaded=1>

TNO. (2022, 5 mei) *Circulaire bouw en bouwmaterialen* | TNO. [tno.nl/nl](https://www.tno.nl/nl). Geraadpleegd op 30 mei 2023, van <https://www.tno.nl/nl/duurzaam/circulaire-waardecreatie/circulaire-bouw-infrastructuur/>

TNO. (z.d.). *Circulair bouwen met hout, en wat er nodig is voor een serieuze opschaling*. <https://www.tno.nl/nl/newsroom/insights/2021/07/circulair-bouwen-hout-nodig-serieuze/>

TNO. (z.d.). *Circulaire Economie, Milieu & Duurzame Industrie* | TNO. [tno.nl/nl](https://www.tno.nl/nl). Geraadpleegd op 8 juni 2023, van https://www.tno.nl/nl/over-tno/organisatie/units/circulaire-economie-milieu/?gclid=CjwKCAjw-IWkBhBTEiwA2exyO4xXIFD393IbntTt1UHNC9GZ8D706APzB_mtoDbvKDj2avr3pxTbDhoCNDAAQAvD_BwE

Topsector Logistiek, van Luik, C., & Buck Consultants International. (2022). *Verduurzaming bouwlogistiek door gemeenten*. *Topsector Logistiek*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj9gbPsqZ3_AhWQhf0HHbBnCeoQFnoECA4QAQ&url=https%3A%2F%2Ftopsectorlogistiek.nl%2Fwp-content%2Fuploads%2F2022%2F03%2F20220328-Onderzoek-verduurzaming-bouwlogistiek-gemeenten-1.pdf&usg=AOvVaw0rdVYPdOhlkzBxqVB27999

Uitvoeringsprogramma Topsector Logistiek 2020-2023 [Topsector Logistiek] & Buck Consultants International. (2020). *QuickScan aard & omvang bouwlogistiek*. In *cdn*. Uitvoeringsprogramma Topsector Logistiek 2020-2023. Geraadpleegd op 16 februari 2023, van <https://cdn.opwegnaarseb.nl/media/Quickscan-Aard-en-Omvang-Bouwlogistiek-24042020.pdf>

Van Belzen, T. (2022, 10 maart). *de-hele-bouw-is-een-co2-bom*. Vakmedianet. <https://www.cobouw.nl/303472/de-hele-bouw-is-een-co2-bom>

Ploos van Amstel, W. (2022a, 17 juni). *ICCT research: "battery-electric last-mile trucks are economically viable today"*. Geraadpleegd op 5 juni 2023, van <http://www.citylogistics.info/research/icct-research-battery-electric-last-mile-trucks-are-economically-viable-today/> 94

Ploos van Amstel, W. (2022b, 19 december). *HvA project CW4N vindt oplossing voor hergebruik oud afvalhout*. Walther Ploos van Amstel. <https://www.waltherploosvanamstel.nl/cw4n-onderzoekt-hergebruik-oud-afvalhout/>

Van Luik, C., Luijten, C. J. L. M., Molin, A., Ploos van Amstel, W., & Vrijhoef, R. (2019). *Slimme en duurzame bouwlogistiek*. *Duurzame Bouwlogistiek*.

