



Low impact in lastmile logistics

Modaliteitskeuzes: van Lopen tot Hyperloop

Hoe beweegt de stadslogistiek?

Ron van Duin

Hogeschool Rotterdam, TU Delft

Walther Ploos van Amstel

Hogeschool van Amsterdam

Bram Kin

Hogeschool van Arnhem Nijmegen

Hans Quak

BUas

Nilesh Anand

Hogeschool van Rotterdam

Samenvatting

Binnen de Spronggroep Low Impact Lastmile logisticS (LILS) onderzoeken wij hoe steden de transitie maken naar efficiëntere, emissiearme, overlastarme en multimodale logistieke systemen. Traditioneel stedelijk goederenvervoer is lange tijd afhankelijk geweest van bestelwagens en vrachtwagens die, hoewel essentieel, aanzienlijk bijdragen aan congestie, emissies en geluidsoverlast. Nu steden streven naar nul-emissie doelstellingen, verandert een reeks alternatieve bezorgmethoden (zowel traditionele als technologie-gedreven) het logistieke landschap.

Eerder over het hoofd geziene modi zoals lopen, crowdshipping, vervoer over water en openbaar vervoer krijgen nu meer beleidsmatige aandacht. Lopen speelt een cruciale rol in de laatste meters van leveringen, vooral wanneer dit wordt ondersteund door microhubs en aangewezen loszones. Crowdshipping maakt gebruik van de dagelijkse reispatronen van burgers voor leveringen en bevordert zo sociale inclusie en duurzaamheid, al zijn er nog uitdagingen op het gebied van vertrouwen, regelgeving en arbeidsnormen. Evenzo biedt het gebruik van waterwegen en openbaarvervoernetwerken voor goederenvervoer nieuwe mogelijkheden om het wegverkeer en de uitstoot te verminderen.

Tegelijkertijd versnellen technologie-gedreven innovaties. Lichte elektrische vrachtvoertuigen (LEFV's) – waaronder elektrische bakfietsen en kleine elektrische bestelwagens – worden steeds vaker ingezet in dichtbevolkte stedelijke gebieden vanwege hun wendbaarheid, lage uitstoot en geschiktheid voor nul-emissiezones. Drones en bezorgrobots worden al operationeel ingezet in verschillende Aziatische steden en bieden flexibele, contactloze last-mile oplossingen, hoewel de meeste landen nog juridische en regelgevende obstakels moeten overwinnen voordat grootschalige toepassing mogelijk is. Ondergrondse goederentransport- en Hyperloopsystemen bevinden zich nog in experimentele fases, maar beloven in de toekomst aanzienlijke efficiëntiewinsten.

Al met al weerspiegelt de evolutie van stedelijke logistiek een verschuiving van voertuiggerichte naar systeemgerichte benaderingen. Succes hangt af van het combineren van meerdere vervoersmodi, ondersteund door data-gestuurd

beheer, slimme infrastructuur en gecoördineerd beleid. Duurzame logistiek vereist samenwerking tussen overheden, logistieke dienstverleners en burgers om efficiëntie, toegankelijkheid en leefbaarheid in de stedelijke omgeving in balans te brengen – op weg naar werkelijk steden zonder negatieve impact.

Alle auteurs van dit hoofdstuk zijn lid van de Spronggroep Low Impact Lastmile logisticS (LILS).

Inleiding

Steden wereldwijd staan voor een enorme logistieke uitdaging. De explosieve groei van e-commerce, de vraag naar snelle bezorging en de strikte klimaatdoelen zetten de traditionele manieren van goederenvervoer onder immense druk. Vrachtwagens en bestelbusjes zorgen voor congestie, vervuiling en geluidsoverlast, terwijl de beschikbare ruimte in de stad alleen maar schaarser wordt. De zoektocht naar slimme, schone en efficiënte manieren om goederen te vervoeren is in volle gang. Dit artikel verkent de veelzijdige wereld van moderne stadslogistiek, van de eenvoud van lopen tot de sciencefiction-achtige belofte van de Hyperloop. De sleutel tot succesvolle stadslogistiek ligt niet in één enkele, magische oplossing. In plaats daarvan wijst alles op een multimodale aanpak: het slim combineren van verschillende vervoersmiddelen, afgestemd op de specifieke eigenschappen van de goederen, de afstand en de stedelijke omgeving. Vanuit een centraal depot aan de rand van de stad kunnen goederen bijvoorbeeld per elektrische truck, boot of zelfs lightrail naar een microhub in de wijk worden gebracht. Vandaar nemen cargo-bikes, drones of lopende bezorgers het over voor het laatste stukje, de zogenaamde 'last mile'.

De basis van dit artikel vormt een samenvatting van de uitgebreide literatuurreview (*Sustainable City Logistics*) welke is uitgevoerd door de auteurs in het te verschijnen boek *'Advances in Transport Policy and Planning'* bij uitgeverij Elsevier.

Lopen: De Stille Kracht achter de Last Mile

Ondanks alle technologische vooruitgang is lopen nog steeds een onmisbaar onderdeel van bijna elke bezorging. Vanaf het moment dat een bestelbusje parkeert, begint de chauffeur vaak aan een wandeling naar het uiteindelijke afleveradres. Onderzoek in Londen toonde aan dat lopen maar liefst 62% van de totale bezorgtijd in beslag kan nemen en 40% van de afstand van een bezorggronde beslaat (Allen et al., 2018). Waarom krijgt lopen dan zo weinig aandacht? Lange tijd werd het simpelweg als vanzelfsprekend beschouwd. Pas recentelijk wordt het gezien als een kans voor optimalisatie (Butrina et al., 2017). Bedrijven gebruiken geavanceerde routeplanners die niet alleen de rijtijd, maar ook de loopafstand van de chauffeur meenemen

(Le Colleter et al., 2023). Door vanaf één parkeerplek meerdere adressen te voet te bedienen, kan de totale werktijd met wel 19% worden teruggebracht (Russo & Comi, 2023). Gemeenten spelen hierop in door het creëren van meer en slimmere laad- en loszones. Dit vermindert zoektijd naar parkeerplekken, illegale parkeerovertredingen en lange loopafstanden, wat weer leidt tot kortere stilstaattijden en minder overlast. In steden die streven naar een '15-minutenstad' – waar alle voorzieningen dichtbij zijn – wordt lopen, al dan niet ondersteund door cargo-bikes en microhubs, steeds centraler in het logistieke plan.

Crowdshipping: Jouw Buurt als Bezorgnetwerk

Stel je voor: je gaat naar huis van je werk en neemt onderweg een pakketje voor je buurman mee. Dit is het concept van crowdshipping. Het maakt gebruik van de reizen die mensen toch al maken om goederen te vervoeren, in plaats van een speciaal daarvoor ingezette bestelbus. Platforms koppelen mensen die iets nodig hebben aan 'crowdshippers' die dezelfde route afleggen (Mehmann, Frehe, & Teuteberg, 2015). Denk aan forensen tussen steden, studenten of klanten die een restaurant verlaten en een maaltijd voor iemand anders kunnen meenemen. Bekende voorbeelden zijn het 'Öffi-Packerl' in Wenen, waar trampassagiers pakketjes meenemen, of features op platforms zoals Vinted. De voordelen zijn potentieel groot: beter gebruik van bestaande transportcapaciteit, lagere kosten, minder bezorgvoertuigen en dus minder emissies (Buldeo-Rai et al., 2017). Toch zijn er hobbels. Betrouwbaarheid en veiligheid zijn cruciale zorgen; afzenders moeten vertrouwen hebben in de bezorger. Sterke platformen met robuuste identiteitsverificatie en track-and-trace zijn essentieel. Uit onderzoek blijkt dat het succes sterk afhangt van een goede reputatie van het platform en van de beloning voor de crowdshippers (Pourrahmani & Jaller, 2021). Een veelbelovende variant is de integratie met het openbaar vervoer, waarbij reizigers pakketjes ophalen en afleveren bij geautomatiseerde lockers op stations.

Light Electric Freight Vehicles (LEFV's): Wendbaar en Schoon

Dit is een brede categorie van kleine, elektrische voertuigen speciaal ontworpen voor de stad, van elektrische cargo-bikes en trikes tot mini-bestelbusjes. Ze zijn wendbaar, stil, stoten geen uitlaatgassen uit en zijn perfect voor drukke stadscentra (Hogt, Balm, & Warmerdam, 2017; Kin, Fransen, & Ploos van Amstel, 2024; Moolenburgh, van Duin, Balm, & Ploos van Amstel, 2020). LEFV's hebben een laadvermogen tot zo'n 750 kg en zijn ideaal voor het vervoer van pakketten, boodschappen, verswaren en zelfs klein bouw materiaal. In Amsterdam worden ze bijvoorbeeld al ingezet voor post, maaltijdbezorging en door loodgieters. Hun kracht komt volledig tot uiting in een hub-and-spoke model: grotere voertuigen brengen goederen naar een microhub aan de rand van de wijk, waarna LEFV's de last mile verzorgen. Toch is grootschalige adoptie nog een uitdaging. De aanschafkosten zijn hoog, de actieradius is beperkt

en de laadinfrastructuur moet nog verder worden ontwikkeld (Katsela, et al., 2022). Ook vinden chauffeurs een bestelbusje vaak comfortabeler (veiliger, droger, klimaatbeheersing). Toch groeit het aanbod en de interesse, mede gedreven door zero-emissiezones in binnensteden waar vervuilende voertuigen steeds vaker worden geweerd.

Bestelbusjes: Het Onmisbare Werkpaard

Bestelbusjes (Light Commercial Vehicles - LCV's) zijn de ruggengraat van de stedelijke economie. Van pakketbezorging en klussers tot monteurs en zorgpersoneel – bijna iedereen gebruikt ze (Figenbaum, 2018). In de EU rijden er meer dan 30 miljoen. Hun kracht ligt in hun veelzijdigheid en relatief lage kosten. De opkomst van e-commerce heeft het aantal bestelbusjes echter doen exploderen, met alle gevolgen van dien voor de leefbaarheid. Daarom verschuift de focus naar het slimmer en schoner inzetten van LCV's. Elektrificatie is hierbij de belangrijkste trend. Elektrische bestelbusjes zijn bij uitstek geschikt voor stadsritten met veel stops, waar regeneratief remmen energie kan terugwinnen. Uitdagingen zijn de hogere aanschafprijs en de laadinfrastructuur. Andere strategieën zijn het verbeteren van de laadfactor (minder halflege busjes rondrijden), dynamische route-optimalisatie, het gebruik van consolidatiehubs en het delen van voertuigen tussen bedrijven (Lordieck et al., 2024). Voor beleidsmakers is het cruciaal om onderscheid te maken tussen de verschillende soorten ritten (pakketten, bouw, services) om effectief maatwerk te kunnen leveren (Nesterova & Quak, 2016).

Vrachtwagens: De Onvermijdelijke Ruggengraat

Ondanks de opkomst van alternatieven domineren vrachtwagens nog steeds het volume van het stedelijk goederenvervoer. Ze zijn onmisbaar voor de aanvoer van voedsel, bouwmaterialen en voorraad naar winkels. De uitdaging is om hun impact te minimaliseren. De elektrificatie van zware vrachtwagens is in volle gang, aangewakkerd door zero-emissiebeleid. Voor stadsdistributie zijn batterij-elektrische trucks (BETs) zeer geschikt. Hun beperkte actieradius is voor veel stadsritten minder een probleem, en ze zijn stil en emissievrij. De uitdagingen zijn echter aanzienlijk: extreem hoge aanschafkosten, zware batterijen die laadvermogen kosten, en de noodzaak van krachtige laadinfrastructuur die het elektriciteitsnet niet overbelast (Gillström, 2024).

Innovatieve Ontwerpen

Er wordt gewerkt aan vrachtwagens die veiliger en geschikter zijn voor de stad (SAE, 2021). Denk aan lage instappen voor beter zicht op voetgangers en fietsers, stillere laadkleppen en koelunits, en geavanceerde hulpsystemen (ADAS) die blinde hoeken elimineren.

Toegangsregulering

Steden gebruiken steeds vaker beleid om de impact van trucks te sturen. Dit varieert van venstertijden (alleen op bepaalde tijden toegestaan) en milieuzones (waar oude, vervuilende trucks niet in mogen) tot zero-emissiezones, waar alleen nog uitstootvrije voertuigen welkom zijn (Quak, 2015; Quak et al., 2026).

Boten: De Stille Kracht van de Gracht

In waterrijke steden zoals Amsterdam, Utrecht en Gent worden kanalen en rivieren herontdekt als logistieke routes. Elektrische boten vervoeren bouwmaterialen, afval, pakketten en zelfs bier naar horecagelegenheden. Het concept is vaak tweeledig: een grotere boot of barge brengt goederen vanaf een centraal depot naar een aanlegsteiger in het centrum. Daar worden de goederen overgeladen op elektrische cargo-bikes of bestelbusjes voor de laatste meters. Deze “watergebonden” logistiek kan het aantal vrachtwagenbewegingen in het historisch centrum drastisch verminderen, wat zorgt voor minder congestie, trillingen (belangrijk voor oude kademuren) en uitstoot (van Duin Kortmann, R., van den Boogaard., 2014). De uitdagingen zijn praktisch van aard: voldoende geschikte aanlegplaatsen, de extra handeling voor overlading, en de coördinatie tussen water- en landtransport. Toch laten projecten in Amsterdam (Pourmohammad-Zia & van Koningsveld, 2024) en Brussel (Brusselaers & Mommens, 2022) zien dat het economisch en ecologisch haalbaar is, vooral voor grote volumes zoals bij bouwprojecten.

Bezorgrobots: Sciencefiction wordt (Beperkt) Werkelijkheid

Autonome bezorgrobots zijn kleine, zelfrijdende wagentjes die met zo'n 6 km/u over trottoirs rijden om maaltijden of pakketjes te bezorgen. Bedrijven als Starship Technologies testen ze op campussen en in wijken. Het idee is verleidelijk: extreem lage operationele kosten (geen chauffeur), 24/7 inzetbaar en zero-emissie. Onderzoek suggereert dat ze de last-mile-kosten met wel 70% kunnen verlagen (Bakach, Campbell, & Ehmke, 2021). De realiteit is echter complex. De robots kunnen voetgangers hinderen, zijn kwetsbaar voor vandalisme en hebben een beperkt bereik en laadvermogen. Vaak worden ze ingezet in combinatie met een bestelbusje ('moederschap') dat ze uitzet en ophaalt. Regelgeving is een grote hobbel. In veel landen ontbreekt een helder kader voor het gebruik van de openbare ruimte door robots (Alverhed et al., 2024). Acceptatie door het publiek is wisselend; mensen zijn nieuwsgierig, maar ook bezorgd over privacy en veiligheid. Voorlopig lijken robots het meest geschikt voor afgesloten gebieden zoals campussen of bedrijventerreinen (Yu & Puchinger, 2024; Quak & Weppner, 2021; Arntz et al., 2023). Een nadeel van de bezorgrobots is dat er een actieve bijdrage nodig is van de ontvanger, die zelf de spullen uit de robot zal moeten halen. Dus – ondanks dat er geen bezorger nodig is – is er nog altijd wel een mens nodig voor een succesvolle levering.

Openbaar Vervoer: Passagiers en Pakketten delen de reis

Waarom gebruiken we de bestaande, uitgebreide netwerken van bussen, trams en metro's niet ook voor goederen? Dit concept wint aan populariteit. Bussen en trams hebben buiten de spits vaak voldoende ruimte voor een aantal pakketten.

Wanneer een geïntegreerd openbaarvervoersysteem effectief wordt georganiseerd, kan het de operationele, ecologische en sociale prestaties verbeteren, wat leidt tot kortere afstanden en minder externe effecten (Bruzzone, Cavallaro & Nocera 2021). Volgens De Oliveira, Meira & Oliveira (2024) biedt zo'n systeem voordelen zoals schaalvergroting en lagere kosten, maar kent het ook uitdagingen zoals samenwerking tussen belanghebbenden en beleidsintegratie.

Het gebruik van openbaar vervoer voor goederenvervoer wordt in meerdere studies onderzocht vanwege het optimalisatiepotentieel. De meeste onderzoeken richten zich op pakketbezorging en onderscheiden drie hoofdtoepassingen:

1. het benutten van de overcapaciteit van openbaarvervoermiddelen buiten de spits (= co-modaliteit) (Yang et al., 2024)),
2. het inzetten van reizigers als bezorgers (crowdshipping of cargohitching) (van Duin et al., 2019), en
3. het hergebruiken van infrastructuur zoals rijstroken, sporen en terminals voor vrachtvervoer.

Recente studies verkennen samenwerking tussen goederen- en openbaar vervoer, waarbij terminals als overslaghubs dienen (Guo et al., 2025; Schmidt, Tilk & Irnich, 2024). De prestaties van zulke geïntegreerde netwerken worden beoordeeld op aspecten als verstoringsrisico (Li et al., 2022), leverings- en servicekwaliteit (Hörsting & Cleophas, 2023) en stedelijke impact (El Ouadi et al., 2022).

De voordelen zijn efficiënter ruimtegebruik en minder vervuiling. De uitdagingen zijn logistiek: hoe integreer je goederen in een strakke (personenvervoer) dienstregeling zonder vertragingen te veroorzaken? Veiligheid en aansprakelijkheid zijn ook belangrijke aandachtspunten. Toch biedt het integreren van personen- en goederenvervoer een enorme kans voor duurzamere steden.

Drones: Snel door de Lucht

Drones (Unmanned Aerial System/UAV's) belichten de snelste last-mile bezorging ooit, rechtstreeks door de lucht, over files heen. Ze zijn ideaal voor lichte, dringende zendingen zoals medicijnen, documenten of kleine pakketten. Bedrijven als Amazon, Wing (van Alphabet) en Zipline investeren er zwaar in. Het grootste voordeel is

snelheid. Hierdoor kunnen Bezorgtijden kunnen worden teruggebracht van uren naar minuten, afgelegen of moeilijk bereikbare gebieden beter worden bediend (Garg, et al., 2023). Om de beperkte vliegduur en actieradius te omzeilen, wordt vaak gekeken naar hybride systemen, waarbij een bestelbusje als mobiel lanceerplatform fungeert. De bus rijdt een route, terwijl de drone vanaf het dak meerdere stops afwerkt (Boysen et al., 2018). Er zijn serieuze barrières (Zhang et al., 2024). De regelgeving is complex; wie is er aansprakelijk bij een ongeluk? Hoe beheer je het drukke stedelijk luchtruim? Privacyzorgen (camera's), geluidsoverlast en maatschappelijke acceptatie zijn andere kritieke factoren. Voor grootschalige inzet is een robuust juridisch kader (een 'U-space') essentieel.

Hyperloop: Een Toekomstvisie voor Lange Afstand

De Hyperloop – een concept voor een vacuümbuis waarin capsules met zeer hoge snelheid reizen – lijkt nu nog verre toekomstmuziek, vooral voor personenvervoer. Toch is er ook een visie voor goederen: de 'Cargoloop'. Een Hyperloop-terminal aan de rand van de stad zou fungeren als een supersnelle verbinding met productiecentra of havens, honderden kilometers verderop. Goederen arriveren binnen een uur, waarna ze lokaal worden gedistribueerd met schone voertuigen. Dit zou het aantal vrachtauto's op de snelwegen enorm kunnen verminderen (Markvica et al., 2018). De technische, financiële en politieke uitdagingen zijn echter immens. De aanlegkosten zijn astronomisch, de technologie is nog in de testfase en de ruimtelijke inpassing is extreem complex. Voor de nabije toekomst blijft de Hyperloop daarom vooral een visionair concept dat de grenzen van logistiek verkent (Mahalakshmi & Mrudula, 2018).

De Toekomst van de stadslogistiek is Multimodaal en Geïntegreerd Systeem

Er is geen enkel vervoermiddel dat de complexe puzzel van stadslogistiek alleen kan oplossen. De toekomst ligt in een slim, geïntegreerd ecosysteem. Een pakketje kan een reis maken die begint in een Hyperloop-terminal, overgaat op een elektrische truck, dan wordt overgeladen op een boot, om uiteindelijk per cargo-bike of drone bij de klant te worden afgeleverd. Succes vereist samenwerking tussen alle partijen: logistieke dienstverleners, technologie-ontwikkelaars, gemeenten en bewoners. Beleid moet innovatie stimuleren (bijv. via zero-emissiezones), experimenteren mogelijk maken (tijdelijke testvergunningen voor drones en robots) en investeren in de juiste infrastructuur (laadpalen, microhubs, aanlegsteigers). De transitie is niet louter een technologische uitdaging; het is een systeemverandering. Door de krachten van alle modaliteiten – van het bescheiden wandelen tot de high-tech drone – te bundelen, kunnen we onze steden voorzien van de goederen die ze nodig hebben, zonder in te leveren op leefbaarheid, bereikbaarheid en een gezond klimaat.

Referenties

- Allen, J., Piecyk, M., Piotrowska, M., McLeod, F., Cherrett, T., Ghali, K., Nguyen, T., Bektas, T., Bates, O., Friday, A., Wise, S., & Austwick, M. (2018). Understanding the impact of e-commerce on last-mile light goods vehicle activity in urban areas: The case of London. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, **61**, 325-338.
- Alverhed, E., Hellgren, S., Isaksson, H., Olsson, L., Palmqvist, H. & Flodén, J., (2024) Autonomous last-mile delivery robots: a literature review. *Eur. Transp. Res. Rev.* **16**, **4**.
- Arntz, E. M., van Duin, J. H. R., van Binsbergen, A. J., Tavasszy, L., & Klein, T. (2023). Assessment of readiness of a traffic environment for autonomous delivery robots. *Frontiers in Future Transportation*, **4**, 1-12. Article 1102302. <https://doi.org/10.3389/ffutr.2023.1102302>
- Bakach, I., Campbell, A. M., & Ehmke, J. F. (2021). A two-tier urban delivery network with robot-based deliveries. *Networks*, **78**(4), 461-483.
- Boysen, N., Briskorn, D., Fedtke, S., & Schwerdfeger, S. (2018). Drone delivery from trucks: Drone scheduling for given truck routes. *Networks* **72** (4), 506-527.
- Brusselaers N., & Mommens K. (2022). The effects of a water-bound construction consolidation centre on off-site transport performance. *Case Studies on Transport Policy*, **10**(4), 2092–2101.
- Bruzzese, F., Cavallaro, F., & Nocera, S. (2021). The integration of passenger and freight transport for first-last mile operations. *Transport policy*, **100**, 31-48.
- Buldeo Rai, H., Verlinde, S., Merckx, J., & Macharis, C. (2017). Crowd logistics: an opportunity for more sustainable urban freight transport? *European Transport Research Review*, **9**, 1-13.
- De Oliveira, I. K., Meira, L. H., & Oliveira, L. K. (2024). Key factors for developing freight and passenger integrated transportation systems in Brazil. *Research in Transportation Economics*, **104**, 101425
- El Ouadi, J., Errouso, H., Malhene, N., Benhadou, S., (2022). On understanding the impacts of shared public transportation on urban traffic and road safety using an agent-based simulation with heterogeneous fleets: a case study of Casablanca city. *Quality & Quantity*, **56** (6), 3893-3932, 10.1007/s11135-021-01282-9
- Gillström, H. (2024). Barriers and enablers: How logistics companies could tackle the transition to electrified road freight transport. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, **13**, 100172.
- Guo, X., Wang, D. Z., Sun, H., Wu, J., & Zhou, J. (2025). Optimal operation strategy in the collaborative urban freight transport system with concept of capacity allocation. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, **171**, 104973
- Figenbaum, E. (2018). Can battery electric light commercial vehicles work for craftsmen and service enterprises? *Energy Policy*, **120**, 58-72.

- Garg, V., Niranjana, S., Prybutok, V., Pohlen, T., & Gligor, D. (2023). Drones in last-mile delivery: A systematic review on Efficiency, Accessibility, and Sustainability. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 23(7 July):103831. DOI:10.1016/j.trd.2023.103831
- Hogt, R., Balm, S.H., & Warmerdam, J.M. (2017). Designing Light Electric Vehicles for urban freight transport. *Paper presented at the EVS30 Symposium*, Stuttgart
- Hörsting, L., & Cleophas, C. (2023). Scheduling shared passenger and freight transport on a fixed infrastructure. *European Journal of Operational Research*, 306(3), 1158-1169.
- Katsela, K., Güneş, Ş., Fried, T., Goodchild, A. & Browne, M., (2022). Defining urban freight microhubs: A case study analysis. *Sustainability*, 14(1), 532.
- Kin, B., Fransen, R., & Ploos van Amstel, W., (2024). Light electric vehicles: beyond the hype. *Paper presented at the Vervoerslogistieke Werkdagen*
- Le Colleter, T., Dumez, D., Lehuédé, F., & Péton, O. (2023). Small and large neighborhood search for the park-and-loop routing problem with parking selection. *European Journal of Operational Research*, 308(3), 1233-1248
- Li, F., Guo, X., Zhou, L., Wu, J., & Li, T. (2022). A capacity matching model in a collaborative urban public transport system: integrating passenger and freight transportation. *International Journal of Production Research*, 60(20), 6303-6328
- Lordieck, J., Ruesch, M., Haefeli, U., & Arnold, T. (2024). Freight Transport by Vans in Switzerland: Operational Profiles, Challenges and Options for Action. *Transportation Research Procedia*, 79, 353-360.
- Mahalakshmi, H. & Mrudula, M., (2018). Hyperloop Transportation Systems. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET)* 6(5), 1118-1123.
- Markvica, K., Hu, B., Prandstetter, M., Ritzinger, U., Zajicek, J., Berkowitsch, C., Hauger, G., Pfoser, S., Berger, T., Eitler, S. & Schodl, R., (2018). On the Development of a Sustainable and Fit-for-the-Future Transportation Network. *INFRASTRUCTURES* 3(3), DOI 10.3390/infrastructures3030023
- Mehmann, J., Frehe, V., & Teuteberg, F. (2015). Crowd logistics- a literature review and maturity model. <https://econpapers.repec.org/RePEc:zbw:hiclpr:20,117-145>
- Moolenburgh, E.A., van Duin, J.H.R., Balm, S., & Ploos van Amstel, W. (2020). Logistics concepts for light electric freight vehicles: a multiple case study from the Netherlands. *Transportation Research Procedia*, 301-308
- Murray, C., & Chu, A. (2015). The flying sidekick traveling salesman problem: Optimization of drone-assisted parcel delivery. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 86-109.
- Nesterova, N., & Quak, H. (2016). A city logistics living lab: a methodological approach. *Transportation Research Procedia*, 16, 403-417.

- Pourrahmani, E., & Jaller, M. (2021). Crowdsipping in last mile deliveries: Operational challenges and research opportunities. *Socio-Economic Planning Sciences*, **78**, 101063.
- Pourmohammad-Zia, N., & van Koningsveld M. (2024). Sustainable urban logistics: A case study of waterway integration in Amsterdam. *Sustainable Cities and Society* **105**(105334).
- Quak, H. (2015). Access restrictions and local authorities' city logistics regulation in urban area. In: Taniguchi and Thompson (eds.) *City logistics mapping the future*, 177-199.
- Quak, H., & Weppner, J. (2021). Ervaringen met de autonome bezorgrobot LOWIE op de BUas-campus, *Logistiek+* **11**, 136-155.
- Quak, H., Kin, B., van Duin, R., Streng, J. & Sjouke, T., (2026, forthcoming). The introduction of a zero emission zone for city logistics – a case study from Rotterdam. To appear in *Transportation Research Procedia*.
- Russo, F., & Comi, A. (2023). Urban courier delivery in a smart city: the user learning process of travel costs enhanced by emerging technologies. *Sustainability*, **15**(23), 16253
- SAE (2021). SAE Levels of Driving Automation™ Refined for Clarity and International Audience, available from <https://www.sae.org/news/blog/sae-levels-driving-automation-clarity-refinements> (September, 2025).
- Schmidt, J., Tilk, C., & Irnich, S. (2024). Using public transport in a 2-echelon last-mile delivery network. *European Journal of Operational Research*, **317**(3), 827-840.
- van Duin, J.H.R., Kortmann, R., van den Boogaard, S.L., (2014). City logistics through the canals? A simulation study on freight waterborne transport in the inner-city of Amsterdam. *International Journal of Urban Sciences* **18**(2), 86 - 200, DOI: 10.1080/12265934.2014.929021.
- van Duin, R., Wiegmans, B., Tavasszy, L., Hendriks, B., & He, Y. (2019). Evaluating new participative city logistics concepts: The case of cargo hitching. *Transportation Research Procedia*, **39**, 565-575. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.06.058>
- Yang, X., Nie, X., Luo, H., & Huang, G. Q. (2024). Integrating parcel delivery schedules with public transport networks in urban co-modality systems. *Computers & Operations Research*, **167**, 106650
- Yu, S., and Puchinger, J. (2024). Collaborative truck–robot deliveries: challenges, models, and methods. *Annals of Operations Research*, 1-38. DOI: [10.1007/s10479-024-06127-w](https://doi.org/10.1007/s10479-024-06127-w)
- Zhang, R., Dou, L., Xin, B., Chen, C., & Deng, F. (2024). A Review on the Truck and Drone Cooperative Delivery Problem. *Unmanned Systems* **12**(05), 823-847.

