

**HET REALISME VAN DE KLIMAATAMBITIES VOOR HET GOEDERENVERVOER IN  
VLAANDEREN: EEN TAND BIJSTEKEN**

Koen Mommens            Vrije Universiteit Brussel, Mobilise

Cathy Macharis        Vrije Universiteit Brussel, Mobilise

## Samenvatting

Logistiek is een essentieel onderdeel van onze economie en ons welzijn, maar de huidige organisatie ervan heeft aanzienlijke gevolgen voor het milieu en de maatschappij. In het streven naar een klimaatneutraal Europa tegen 2050 zijn de uitdagingen voor de logistieke sector groot. De 4 V's – vermijden, verminderen, verschuiven en vergroenen – vormen de basis van de verduurzaming. Deze studie presenteert de impact van 21 individuele maatregelen op de vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitsoot van het goederenvervoer in Vlaanderen tegen 2030 en 2040. Individuele maatregelen volstaan niet om de beoogde (en nodige) doelstelling tegen 2030 te halen. Het verduurzamen van het goederenvervoer is een 'en' verhaal.

- 'en' het combineren van maatregelen uit de vier 'V's.
- 'en' het betrekken van de verschillende actoren, gezien ze enkel samen het succes kunnen garanderen. Daar horen ook andere sectoren – zoals de energie sector – bij.
- 'en' het afstemmen van het beleid. Lokale overheden kunnen met de invoering van zero-emissiezones onder andere belangrijke maatregelen nemen. Het transport zelf overstijgt die grenzen. Vele maatregelen – zoals kilometerheffing of ERS - hebben baat bij een Europese aanpak. Twee maatregelen springen eruit met uitgesproken emissie reducties, zeker richting 2040 toe. Batterij elektrische voertuigen (BEV) tonen een groot reductiepotentieel en behalen zelfs in 2040 de klimaatdoelstelling van Vlaanderen. Het reductiepotentieel is echter voorwaardelijk aan de uitbouw van voldoende en performante laadinfrastructuur en een doorzetting van de huidige ontwikkelingssnelheid en productie van voertuigen en batterijen. Bovenstaande geldt ook voor de emissiestandaarden. Deze leggen productie doelstellingen op. Om deze om te zetten in gebruik van BEV is een competitieve TCO en voldoende laadinfrastructuur nodig. Maatregelen zoals ERS, zero-emissie zones en CO<sub>2</sub> bijdrage of kilometerheffing versterken het gebruik van emissievrije voertuigen.

Er is niet de luxe om enkel in te zetten op elektrificatie. Voor specifieke goederenstromen zijn er reeds vandaag maatregelen beschikbaar die een significante impact hebben; denk aan eco-driving, nachtleveringen, spoorvervoer en binnenvaart. Ze vormen aanzienlijke quick-wins., die mits ondersteuning van flankerend beleid relatief snel en goedkoop verwezenlijkt kunnen worden.

Er wordt op basis van de resultaten afgestapt van de nood aan inzetten op overgangstechnologieën (LNG, CNG).

## 1. Introductie

Logistiek vormt een essentieel onderdeel van onze economie en welvaart. Het goederenvervoer, in zijn huidige organisatie, heeft echter ook een noemenswaardige impact op mens en omgeving. In het streven naar een klimaatneutraal Europa tegen 2050, zijn de uitdagingen voor de logistieke sector groot. Er zijn dan ook nog heel wat openstaande vragen voor de sector, beleid en de andere betrokken actoren. Des te meer omdat er enerzijds al duurzame logistieke oplossingen bestaan, en anderzijds nog oplossingen in ontwikkeling zijn. Een omvattende visie ontbreekt momenteel.

De sector is verantwoordelijk voor 19,7% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in Vlaanderen en slaagt er als enige sector niet in om haar emissies te reduceren in de afgelopen 30 jaar. Dit vertegenwoordigt een uitstoot van 8,3 miljoen ton aan CO<sub>2</sub> equivalent per jaar in 2019 (Klimaat.be, 2023). Jaarlijks worden er in of door België 278 miljoen ton aan goederen vervoerd. Daarvan is 37% domestiek transport, ofwel goederen met een oorsprong en bestemming binnen het Belgische grondgebied. Daarnaast is 6% transit vervoer en heeft 27% en 29% van het volume respectievelijk een oorsprong (export) of bestemming (import) binnen het Belgische grondgebied (Federaal Planbureau, 2022). Van het volume wordt 60% over de weg getransporteerd, 18% via binnenvaart, 16% via short sea shipping en 5% via spoorvervoer. Het getransporteerd volume vertaalt zich in 63,5 miljard afgelegde tonkilometers (weg, spoor en binnenvaart) op het Belgisch grondgebied. Daarvan (de tonkilometers) gaat 77% over de weg, 10% door spoor en 12% door binnenvaart. Het goederenvervoer in Vlaanderen is verantwoordelijk voor 4,08 miljoen ton CO<sub>2</sub> per jaar, waarvan 3 miljoen ton afkomstig is van zware vrachtoertuigen (MTM boven 12 ton), 0,53 miljoen ton van lichte vrachtoertuigen (MTM tussen 3,5 en 12 ton) en 0,45 miljoen ton van bestelwagens. Binnenvaart en spoor staan respectievelijk in voor 75 duizend ton en 24 duizend ton CO<sub>2</sub> per jaar. Wat opvalt is het relatieve belang van wegvervoer met zwaar wegvervoer in het bijzonder. Daarnaast is het ook goed zichtbaar dat binnenvaart en spoorvervoer op vlak van CO<sub>2</sub>-uitstoot per tonkilometer zeer duurzame modi zijn. De verwachting is dat het goederenvervoer in de komende decennia verder gaat groeien. Het Federaal Planbureau (2022) gaat uit van een groei van 7,1% in tonkilometers tussen 2019 en 2030, en van 20,2% in tonkilometers tegen 2040. Daaraan verbonden verwacht het Federaal Planbureau een toename van de congestie die voornamelijk veroorzaakt wordt door de stijging in het goederenvervoer. Dit heeft een rechtstreekse impact op de duurzaamheid van het goederenvervoer, zowel naar emissies als naar congestie als externe kost parameter toe.

Deze studie onderzoekt maatregelen die de logistiek in Vlaanderen kunnen verduurzamen met 2040 als perspectief en 2030 als tussentijdse doelstelling. De nadruk ligt op CO<sub>2</sub>-uitstoot. Dit met het oog op het halen van de Vlaamse klimaatdoelstelling voor goederenvervoer. De studie wil dienen als wetenschappelijk fundament voor het politieke en maatschappelijke debat over maatregelen en over een strategie die de vermindering van de uitstoot van goederenvervoer moeten dienen. Naast het verminderen van de uitstoot, is het verduurzamen van goederenvervoer ook het verminderen van congestie, overlast, verkeersveiligheid, etc. Bepaalde maatregelen (bv. stedelijke consolidatie centra)

die in dit rapport worden besproken, zullen daarom minder goed scoren maar in de praktijk wel gunstig zijn en de leefbaarheid verhogen (en omgekeerd). De 4 V's: vermelden, vermijden, verschuiven en verschonen, vormen de leiddraad voor de verduurzaming van goederenvervoer in het algemeen, om te transformeren naar een ander systeem, naar een andere organisatie van de logistiek (Macharis, 2022). Deze studie is gefinancierd door Bond Beter Leefmilieu. Deze paper bevat letterlijke tekst uit het projectrapport (Mommens et al., 2023). Meer gedetailleerde informatie over de maatregelen, het transport systeem in Vlaanderen, het huidige beleid en de resultaten kan teruggevonden worden in ditzelfde projectrapport dat terug te vinden is op <https://mobilise.research.vub.be/publications>.

## 2. Literatuur en scenario opbouw

Goederenvervoer kan op verschillende manieren verduurzaamd worden. Macharis et al. (2014) beschrijft de verduurzaming volgens 4 V's: vermelden, vermijden, vergroenen en verschuiven. Elk van de V's bevat verschillende mogelijke maatregelen en acties voor de verschillende actoren: verzenders, ontvangers, logistieke dienstverleners en overheden. van Lier et al. (2019) identificeerden meer dan 300 maatregelen en acties die het goederentransport kunnen verduurzamen. van Lier et al. (2019) gaan ook verder en maakten een selectie van meest relevante – vanuit reductiepotentieel, haalbaarheid en draagvlak – maatregelen. Deze lijst vormde de basis voor dit onderzoek, en werd uitgebreid.

Om het goederenvervoer te verduurzamen, is de eerste stap de bewustwording creëren over de duurzaamheidsimpact van de logistiek. Het gebruik van vermeldingsmaatregelen zorgt voor duidelijkheid, zichtbaarheid en betrokkenheid, wat de actoren aanzet om verbindingen tussen actoren aan te gaan en zich te verbinden tot reducties. De volgende 'vermelding'smaatregelen worden in deze studie opgenomen als scenario:

- Invoering van een **duurzaamheidslabel** voor logistiek dat early adaptor beloont met zichtbaarheid en erkenning
- Internalisering van de uitstoot van wegvervoer, spoorvervoer en binnenvaart via **CO<sub>2</sub>-bijdrage** op Europees niveau. De inschatting van de kosten van klimaatverandering wordt gekenmerkt door een hoge mate van complexiteit en bijhorende onzekerheid. Er worden drie prijsscenario's doorgerekend: (1) 45€/ton gebaseerd op emission trading system (ETS2) dat Europa gaat invoeren vanaf 2027; (2) 100€/ton gebaseerd op van Essen et al. (2019) en 150€/ton gebaseerd op de verwachting dat de prijs per ton CO<sub>2</sub> in de toekomst gaat stijgen (Maibach et al., 2014). Ter info geeft het IPCC (2022) een prijsvork van 19 en 90 euro per ton.
- Verplichte invoering van **ecodriving**. Het reductiepotentieel varieert sterk naargelang de chauffeur en termijn na cursus. De grootste reductie worden meteen na het volgen van de cursus vastgesteld. Na een langere periode wordt het reductiepotentieel met een factor 3 verkleind.
- Het invoeren van een **kilometerheffing** voor alle transport modi met omvang de externe kosten op Europees niveau. Het goederenvervoer in België kent al een kilometerheffing voor het zware

wegvervoer op hoofdzakelijk het hoofdwegennetwerk dat rekening houdt met EURO norm en laadvermogen.

- Een **afschaffing van professionele diesel**. Momenteel kunnen professionele dieselgebruikers een gedeelte van de bijzondere accijns terugkrijgen van de overheid. In 2023 bedraagt deze teruggave € 205,0665 per 1.000 liter diesel. In grootorde komt de afschaffing neer op een stijging van de afstandskosten voor het wegvervoer met 10%.

De verwachte groei in transport vraag vereist grotere inspanningen om tot de noodzakelijke uitstoot reducties te komen. Een beste manier is om de reductie in te zetten van bij de bron – zijnde de vraag om goederen te vervoeren. Elke vermindering in vraag – hetzij door het reduceren van te transporteren volume, hetzij door het reduceren van de transport afstand – heeft een rechtstreekse reductie in CO<sub>2</sub>-emissies en externaliteiten tot gevolg. De inzet op de transportvraag mikt op een systeemverandering waarbij er transport 'ontkoppeld' wordt van economische groei. De volgende 'vermijding'smaatregelen worden in deze studie opgenomen als scenario:

- Consolidatie via een **stedelijk consolidatiecentrum** voor goederenstromen die niet optimaal de stad ingaan. Het stedelijk consolidatiecentrum laat toe transporten te bundelen, van transport modus te veranderen, eventueel aan stockage te doen en toegevoegde waarde te creëren. Consolidatie tussen verschillende retailers en/of logistieke dienstverleners vormt de grote uitdaging omdat daar informatie, systemen en kosten en baten gedeeld moeten worden. Een netwerk van microhubs heeft een hogere operationele kost, maar laat beter toe om cargofietsen te gebruiken (VIL - Result! project).
- Maatregelen ter bevordering van de **circulaire economie**. De functionaliteit van een product wordt zo lang mogelijk behouden of hergebruikt, in plaats van een product na gebruik af te breken, te verbranden of als afval te storten. Hierdoor kan de afgelegde afstanden in het goederenvervoer gereduceerd worden, zeker wanneer de locatie van hergebruik zich lokaal bevindt. De circulaire economie vereist een systeemverandering, en onderzoek focust zich momenteel vooral daarop, net als op hergebruik mogelijkheden en niet op de impact op transport (Lemiski & van Amstel, 2023). Zonder realisatie van een systeemverandering zal de daadwerkelijke impact van deze maatregel echter beperkt blijven tot specifieke cases.
- Een sterke versnippering van functies zorgt voor grotere afstanden in woon-werkverkeer en goederentransport. De maatregel omvat de uitbreiding van de huidige transportinfrastructuur met bestaande en geplande multimodale overslagpunten en een verschuiving van de industriële tewerkstelling met 10% naar de internationale logistieke knooppunten en regionale logistieke knooppunten (type 1 en 3, conform de definitie in Beleidsplan Ruimte Vlaanderen). Ingrijpen in de **ruimtelijke planning** heeft een langdurig effect. Bovenstaande gaat uit van een realisatie van bovenstaande tegen 2030. Dat is ambitieus aangezien het clusteren van bedrijvigheid en logistieke activiteit een traag proces is.

Verduurzaming van het goederenvervoer kan, naast vermijden en verminderen, ook worden bereikt door te verschuiven naar meer duurzame vervoerwijzen, zoals spoor, binnenvaart en cargofietsen of het combineren van verschillende vervoerswijzen (multimodaal vervoer). Het wegvervoer is sneller aan het vergroenen dan de binnenvaart. De inzet op modale verschuiving dient bijgevolg ook idealiter gepaard te gaan met investeringen in het vergroenen van de binnenvaart en verdere elektrificatie van het spoorvervoer. Verder kan een verschuiving plaatsvinden van dag- naar nachtleveringen. Dit is afhankelijk van de mate waarin het dagtransport met congestie wordt geconfronteerd. De volgende 'verschuiving'smaatregelen worden in deze studie opgenomen als scenario:

- **Multimodaal transport** wordt ondersteund door de overheid met een **subsidie** die opgehoogd wordt tot het Europese maximum van 30% van de transport kost.
- In deze maatregel wordt de realisatie van de geplande **infrastructuurwerken** geanalyseerd. Het Masterplan 2020 voor binnenvaart gaat uit van een investering van 3 miljard euro. Wat spoorwegen betreft worden de geplande infrastructuraanpassingen gebaseerd op het Strategisch Meerjareninvesteringsplan 2018-2031 voor het spoor en het recente Meerjareninvesteringsplan voor de periode 2023-2032. Het totale budget voor personen en goederenvervoer via spoor wordt geraamd op € 4,3 miljard. Infrastructuur-gerelateerde maatregelen zijn meestal niet prioritair gericht op emissiereductie, maar kunnen wel vaak de efficiëntie verhogen en zo ook het brandstofverbruik reduceren (Holtman et al., 2015).
- **Cargofietsen** zijn elektrisch aangedreven fietsen met een relatief beperkte volume capaciteit. Ze zijn emissievrij vanuit een tank-to-wheel perspectief, veroorzaken geen geluidsoverlast en zorgen nauwelijks voor infrastructuurschade. In Nederland (Van Amstel et al., 2018) schat men dat 20% van de bestelwagenbewegingen vervangen kunnen worden door cargofiets transporten.
- Er is een sterke overlap tussen de rijmomenten van goederenvervoer en personenmobiliteit (Lebeau et al., 2014). Dit zorgt ervoor dat het goederenvervoer eveneens sterk geconfronteerd wordt met congestie, en in deze omstandigheden ligt de uitstoot van een voertuig beduidend hoger. Enkel de externe kosten voor geluidsoverlast zijn significant hoger tijdens dal- en nachturen. Dit scenario verplaatst de leveringen aan supermarkten en grote retailers naar **dal- en nachturen**.

Goederenvervoer zal altijd nodig blijven en dankzij zijn flexibiliteit, betrouwbaarheid en relatief goedkope prijs is wegvervoer – en zwaar wegvervoer in het bijzonder – de meest gebruikte transport modus. Daarom is het van essentieel belang voor het halen van de klimaatdoelstellingen om de uitstoot van zwaar wegvervoer drastisch te gaan reduceren. Er wordt daarbij gekeken naar verschillende aandrijvingstechnologieën die ofwel een lagere uitstoot per voertuigkilometer genereren ofwel als zero-emissie beschouwd kunnen worden. De mate waarin emissie-arme en emissievrije voertuigtechnologieën ingezet kunnen worden, hangt af van de mate waarin deze beschikbaar zijn; betaalbaar zijn (total-cost-of-ownership) en de mate waarin tank- of laadinfrastructuur aanwezig is. Beleid kan hierin een belangrijke rol spelen door de total-cost-of-ownership voor deze technologieën

versneld interessant te maken. Beleid kan ook emissiestandaarden opleggen om de industrie versneld te laten innoveren en investeren in emissie-arme en emissievrije voertuigen. De overheid speelt ook een belangrijke rol in het ter beschikking stellen van tank- of laadinfrastructuur, of het faciliteren van (publiek-)private installaties. Tot slot staat de overheid ook zelf in voor goederenvervoer en aanbestedingen, en bijgevolg daaraan emissie-voorwaarden aan koppelen. De volgende 'vergroening'smaatregelen worden in deze studie opgenomen als scenario:

- Het vergroenen van de relatieve oude – en bijhorende vervuilende diesel aangedreven – **binnenvaartvloot**. Er wordt vanuit beleid momenteel erg ingezet op LNG in de sector. Naast het huidige LNG traject, ontwikkelde de CCNR (2021) ook twee andere toekomsttrajecten die meer gestoeld zijn op een variatie van aandrijvingstechnologieën. CITBO (2022) schat de kost om de Belgische binnenvaartvloot emissievrij te maken tegen 2050 in op 1 miljard euro. Het scenario gaat uit van een 10% reductie voor scheepsklassen M1 en M2 en 20% voor de grotere scheepsklassen tegen 2030. Naar 2050 toe werd het conservatieve scenario van de CCRN gehanteerd.
- Goederenvervoer via **spoor** gebeurt in België al hoofdzakelijk via elektrische aandrijving en dus emissievrij (tank-to-wheel). Specifiek voor vrachtvervoer per spoor is het optimaliseren en elektrificeren van rangeeractiviteiten een belangrijk aandachtspunt. Een volledige elektrificatie wordt als scenario opgenomen in deze studie.
- **Elektrificatie van het wegvervoer** (BEV) vereist de aanpak van drie uitdagingen: (1) het hogere gewicht van de elektrische vrachtvoertuigen en verlies aan laadcapaciteit, (2) de aanwezigheid van voldoende en performante laadinfrastructuur en (3) het wachten/overbruggen van het TCO verschil. Er werden in de studie voor Bond Beter Leefmilieu vier scenario's doorgerekend, waarvan één scenario weerhouden is in deze paper om leesbaarheidsredenen. Dat scenario gaat uit van een elektrificatie van 30% van de bestelwagens, 4,1% van de lichte vrachtwagens en 5% van de zware vrachtwagens tegen 2030. Dat aandeel stijgt naar 90% voor alle voertuigtypes in 2040 (Clean Power For Transport). Elektrische voertuigen worden emissievrije impact beschouwd vanuit WTW perspectief. Er wordt uitgegaan van voldoende laadinfrastructuur.
- **Brandstofcelvoertuig** of FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle) gebruiken waterstof. Waterstof vrachtwagens zou een oplossing kunnen zijn om langere afstanden elektrisch te laten rijden. Deze laatste vertegenwoordigen het belangrijkste aandeel in de CO<sub>2</sub>-emissies van het goederenvervoer. De voertuigen worden emissievrije impact beschouwd vanuit WTW perspectief, met als notitie dat waterstof momenteel niet kostenefficiënt emissievrij geproduceerd kan worden (Gustafsson et al., 2021; Lombardi et al., 2020). Daarnaast zijn de grootste hindernissen de uitbouw van de nodige tankinfrastructuur en de meerkost van de brandstofcelvoertuigen. De tendens is dat FCEV een vijftal jaar na BEV voordeliger zullen zijn dan de diesel variant, en misschien duurder zullen blijven dan BEV (TNO, 2022). Er werden in de studie voor Bond Beter Leefmilieu vier scenario's doorgerekend, waarvan één scenario weerhouden is in deze paper om leesbaarheidsredenen. Dat scenario gaat

uit van een aandeel van respectievelijk 0,5% en 1% tegen 2030 voor lichte en zware vrachtwagens. Tegen 2040 neemt dat aandeel toe naar 3% en 5%.

- Elektrische Wegsystemen of **Electric Road Systems** (ERS) zorgt voor een dynamische krachtoverdracht naar elektrische vrachtwagens vanaf de wegen waarop ze rijden. Hierdoor kunnen de batterijen in deze voertuigen – en hun volume, kostprijs en gewicht – verminderd worden. Tegelijk kan er ook tijd voor het opladen van de batterijen bespaard worden (Aronietis en Vanelslender, 2021). Het systeem wordt als scenario opgenomen met een invoering langs E313 tussen grens Vlaanderen-Wallonië en Antwerpen (216 kilometer) en E17 tussen Antwerpen en Gent (103 kilometer), telkens in beide richtingen. Het systeem wordt operationeel geacht tegen 2030 en gelinkt aan een internationaal ERS netwerk in 2040.
- CNG en LNG aangedreven wegvoertuigen zijn aardgas toepassingen. **CNG/LNG** heeft een lager koolstofgehalte dan diesel, waardoor beperkte CO<sub>2</sub> reducties bekomen kunnen worden (6-7%). Belangrijk in de uitstoot inschatting zijn de methaan lekkages bij productie, verwerking en distributie (IEA, 2017), wat tot een reductie van 4,9% resulteert. Het gebruik van CNG/LNG is verbonden aan de voorwaarde dat er voldoende tankinfrastructuur aanwezig is (investering nodig), een gunstige TCO (momenteel nadelig). Momenteel heeft België een vrijstelling van belastingen op getankte CNG en LNG en ecologiepremie voor de aanschaf van of ombouw naar LNG/CNG voertuigen lopen. Eens de TCO van emissievrije voertuigtechnologieën – en batterij elektrische voertuigen in het bijzonder – interessant wordt, is de verwachting dat de sector hieraan voorkeur zal geven, waardoor het aandeel CNG/LNG voertuigen reeds tegen 2030 zal beginnen afnemen. CNG en LNG kunnen met andere woorden hoogstens als tijdelijke oplossing ingezet worden. Als alternatief kan tot biomethaan opgewekt biogas ingezet worden. Biomethaan heeft het potentieel om op langere termijn een klimaatneutrale aandrijvingsbron te zijn. Dit is echter onderhevig aan tal van onzekerheden (van Lier et al., 2019). Er werden in de studie voor Bond Beter Leefmilieu vier scenario's doorgerekend, waarvan één scenario weerhouden is in deze paper om leesbaarheidsredenen. Dat scenario gaat uit van een aandeel van respectievelijk 20% en 15% tegen 2030 voor bestelwagens en zware vrachtwagens. Tegen 2040 zijn deze voertuigen vervangen door emissievrije voertuigen.
- Bij **platooning** rijden vrachtwagens op zeer korte afstand (0,3 seconde) van elkaar door gebruik te maken van technologie voor geautomatiseerd rijden. Zodoende wordt de luchtweerstand verkleind en wordt er minder brandstof verbruikt, hetgeen tot emissie reducties leidt. Er wordt uitgegaan van platoons bestaande uit twee vrachtwagens van dezelfde firma (scheduled) en dezelfde vrachtwagenfabrikant (mono-brand).
- In het Vlaamse regeerakkoord staat de ambitie vermeldt om stadsdistributie emissievrij te organiseren vanaf 2025. De Vlaamse Overheid heeft een traject uitgerold om tot een realisatie van emissievrije stadsdistributie te komen. Als maatregel ondersteunt deze op het gebruik van emissievrije voertuigen. Het instellen van een **zero-emissie zone** (ZEZ) - een zone waar alleen



emissievrije voertuigen in mogen opereren – in de dertien Vlaamse centrumsteden wordt als scenario gebruikt voor alle voertuigen in 2030.

- De Europese Commissie legt **emissienormen** op voor de nieuw verkochte transport voertuigen. Daar werden recent emissienormen voor zwaar wegvervoer aan toegevoegd (-15% tegen 2025, -30% tegen 2030 en -90% tegen 2040, telkens ten opzichte van 2019).

Sommige maatregelen (zoals Hydrotreated Vegetable Oil) werden bij gebrek aan uitgevoerde simulaties in eerdere projecten niet opgenomen.

### **3. Methodologie**

De inschatting van het reductiepotentieel van de maatregelen/scenario's wordt uitgevoerd door doorrekeningen met het TRABAM simulatiemodel. TRABAM staat voor Transport Agent-BASed Model. TRABAM is ontwikkeld in de open-source software MATSim (Horni et al., 2016), en bouwt verder op het werk van Schröder en Liedtke (2014). De agents in het model zijn transportondernemingen. Elke agent maakt een dagplan op distributiecentra niveau. De agent kiest daarbij welk voertuig uit de vloot gebruikt wordt, wanneer dit voertuig het depot verlaat, welke verzendingen in dat voertuig gestoken worden, indien meerdere verzendingen, wordt de stop-sequentie bepaald en routekeuze. De voertuigen worden individueel op het netwerk gesimuleerd, waarbij een tijdsafhankelijke en voertuigafhankelijke kostenminimalisatie algoritme de optimale route berekent. Het model simuleert een etmaal en voert alle dag-plannen simultaan uit. Daarna evalueren de agents individueel het economisch succes van hun eigen plan. Economisch succes houdt rekening met kosten en een penalisatie voor het niet of te laat leveren van goederen. Het proces optimaliseert dus op kosten, en is onderhevig aan onderliggende factoren zoals beladingsgraad en congestie. Deze laatste wordt ondersteund door incorporatie van netwerkbelasting door personenwagenverkeer tijdens piekuren afkomstig van het Strategisch Personenmodel Vlaanderen. Via een iteratieproces proberen de agents hun dag-plan te verbeteren door hun routekeuze, beladingsgraad, modale- en voertuigkeuze, vertrektijd en stop-sequentie bij melkroutes aan te passen. Ze onthouden hun plan met het grootste economisch succes doorheen de verschillende iteraties en leren doorheen de iteraties welke vertrektijd, beladingsgraad, voertuig, route en stopsequentie meest aangewezen zijn. Zo evolueert elke agent en het transportsysteem (alle agents samen) in zijn geheel naar een equilibrium waarbij nog nauwelijks verbeteringen gemaakt worden. Dan wordt het iteratieproces afgebroken en worden de resultaten uitgelezen.

Het model gebruikt drie inputs. Het eerste is het transportnetwerk. Hiervoor wordt het hoofdwegennetwerk op basis van *Openstreetmaps* gebruikt. Dit geeft realistische resultaten en werd reeds gevalideerd in eerdere projecten waarbij de resultaten vergeleken werden met daadwerkelijke ritten voor retailers, met resultaten van google maps route planner en met resultaten van het Strategisch Vrachtmiddel Vlaanderen (Mommens, 2019). De tweede input is de transportvraag per agent. Dit wordt

gegeneerd via een speciaal ontwikkeld model (Mommens et al., 2017). De laatste input zijn de agents gegevens die bestaan uit de locaties van hun distributiecentra en de voertuigvloot van de agents. Een simulatie met TRABAM is tijdrovend (4-5 dagen). Deze studie geeft een overzicht van bijna 100 TRABAM simulaties die in het kader van verschillende onderzoeken plaatsvonden. De simulaties werden geïntegreerd in een Excel rekenmodel dat een doorkijk naar toelaat 2030 en 2040. Het gebruik van het dynamische Excel rekenmodel is verbonden aan een aantal assumpties en beperkingen.

- De berekeningen en resultaten dienen enkel indicatief gebruikt te worden. Het Excel rekenmodel gaat voorbij aan de complexiteit van het logistiek systeem.
- Alle prognoses, relaties en verbanden (voertuigkilometer, intrede technologie, etc.) worden als lineair beschouwd.
- De emissie factoren voor het wegvervoer en spoorvervoer zijn gebaseerd op emissie factoren van Departement Omgeving en VITO (Delhay et al., 2017). Dit omwille van consistentie redenen met andere beleidsdocumenten.
- De emissie factoren voor binnenvaart zijn gebaseerd op emissie factoren van EMMOSS model.
- Voor het beheer van de voertuig vloot wordt er uitgegaan van 50% van vloot in beheer van eigen transport, 50% in beheer van transporteurs (voor derden). De eerste vervangen hun vloot elke 10 jaar, de tweede groep elke 7 jaar.
- Als startjaar van de maatregelen wordt 2024 gebruikt. Maturiteit en TCO pariteit van maatregelen worden echter in beschouwing genomen.

De reducties van maatregelen worden weergegeven tegenover referentiejaar 2005 enerzijds en anderzijds ten opzichte van de business-as-usual in het toekomstjaar.

#### **4. Resultaten**

Elk van de doorgerekende maatregelen zorgt voor een reductie in de CO<sub>2</sub> uitstoot van het goederenvervoer in Vlaanderen tegen 2030 en 2040 in vergelijking met de business as usual. Het is echter belangrijk dat in deze business as usual, het goederenvervoer zal stijgen en dat deze stijging eveneens een stijging in uitstoot zal veroorzaken. De groei in congestie versterkt deze verwachte stijging in uitstoot. Om de klimaatcrisis te bestrijden en de afgesproken klimaatambities te realiseren zal er dus een omslag gemaakt moeten worden in het goederenvervoer van de toekomst. De doorrekeningen tonen aan dat één individuele maatregel hiervoor niet zal volstaan. Zoals afgelezen kan worden in onderstaande Tabel 1, zorgen de meeste maatregelen er individueel in om een reductie te realiseren van 1% tot 2,5% ten opzichte van de business as usual in 2030. Vier maatregelen springen in het oog, zijnde de invoering van emissievrije zones in de centrumsteden, eco-driving, emissiestandaarden en elektrificeren van het wegvervoer. Maar geen van hen slaagt er individueel in om de groei in transport (en bijhorende emissies) op te vangen, laat staan om de klimaatdoelstelling van Vlaanderen voor het

goederenvervoer te halen (-4% t.o.v. 2005). Noteer hierbij dat deze ambitie reeds 10 keer lager ligt dan de Belgische ambitie voor niet-ETS sectoren.

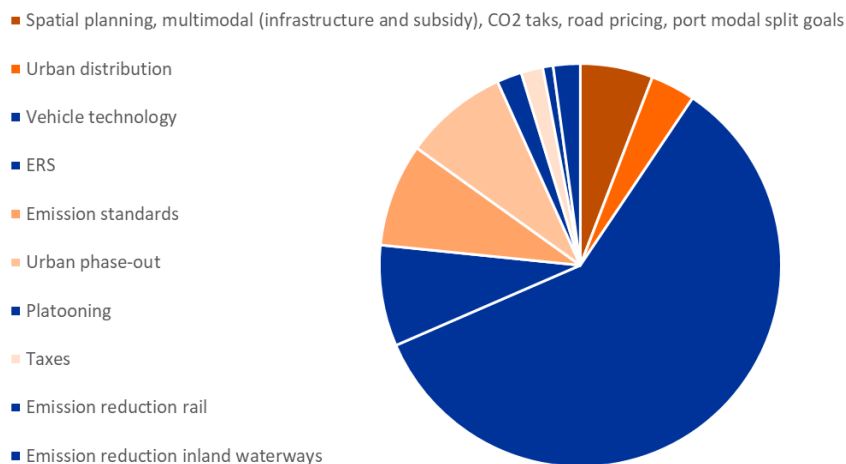
Tabel 1. Overzicht van maatregelen voor Vlaanderen en hun CO<sub>2</sub> impact in 2030 en 2040 ten opzichte van 2005

<b>Maatregel/scenario</b>	<b>Type</b>	<b>CO<sub>2</sub> uitstoot 2030 t.o.v. BAU</b>	<b>CO<sub>2</sub> uitstoot 2040 t.o.v. BAU</b>
Business as usual (BAU)	-	+17% (t.o.v. 2005)	+28% (t.o.v. 2005)
Eco-driving	Vermelden	-10%	-10%
Duurzaamheidslabel	Vermelden	-6%	-6%
CO <sub>2</sub> bijdrage 100€/ton	Vermelden	-3,1%	-8%
Kilometerheffing internalisatie externe kosten	Vermelden	-2,7%	-2,7%
Afschaffing professionele diesel	Vermelden	-1%	-1%
Circulaire economie	Vermijden	-5%	-25%
Ruimtelijke planning	Vermijden	-0,7%	-2,3%
Stedelijke distributiecentrum	Vermijden	-1,1%	-1,1%
Cargofietsen	Verschuiven	-2,2%	-2,2%
Nachtleveringen supermarkten	Verschuiven	-0,9%	-0,4%
Subsidie voor multimodal Vervoer	Verschuiven	-2,1%	-2,2%
Infrastructuur voor multimodal Vervoer	Verschuiven	-0,7%	-2,7%
Vergroenen binnenvaart	Vergroenen	-0,4%	-2,1%
Elektrificeren spoor	Vergroenen	-1%	-1%
Batterij elektrische wegvoertuigen	Vergroenen	-7%	-87%
Waterstof wegvoertuigen	Vergroenen	-0,8%	-4,4%
CNG/LNG	Vergroenen	-0,7%	-0,2%
Electric Road Systems	Vergroenen	-2,1%	-20,6%
Platooning	Vergroenen	-0,6%	-0,6%
Emissiestandaarden	Vergroenen	-12%	-66%
emissievrije zones in Vlaamse centrumsteden	Vergroenen	-9,9%	-25,1%
CO <sub>2</sub> doelstelling goederenvervoer Vlaanderen	-	-4% (t.o.v. 2005)	-52% (t.o.v. 2005)

Wanneer men naar 2040 kijkt als perspectief, dan is er één maatregel die individueel wel volstaat voor het halen van de – opnieuw relatief bescheiden – Vlaamse klimaatambitie voor het goederenvervoer (-52% t.o.v. 2005). Dat is de verzetting van de elektrificatie van het wegvervoer. Het realiseren van de emissiestandaarden zorgt ook voor een significante reductie. Er is daar natuurlijk een overlap met elektrificatie en andere duurzame aandrijvingsvormen. Drie andere maatregelen slagen er ongeveer in

om de verwachte groei in transport en de daaraan verbonden emissies op te vangen, zijnde; circulaire economie, emissievrije zones in centrumsteden en ERS.

Er is geen analyse gebeurd van hoe maatregelen met elkaar interageren in deze studie. In van Lier et al. (2019) gebeurde dit wel, en stelden de auteurs versterkende effecten vast. Daarop verder bouwend kan men bijgevolg ook hier stellen dat maatregelen best gecombineerd worden om tot relatief grotere emissie reducties te komen.



Figuur 1. CO<sub>2</sub> emissie reducties van het goederenvervoer in Vlaanderen tegen 2030 t.o.v. 2005

Tweederde van de emissie reducties zijn afkomstig van emissievrije voertuigtechnologieën. Aanvullend staan ondersteunende regelgeving (emissiestandaarden en emissievrije zones) in voor een extra reductie van 17%. Toch volstaat het niet om te berusten in technologische ontwikkeling. Dit omwille van verschillende redenen. Ten eerste is hun evolutie verbonden aan voorwaarden (bvb. ontwikkeling laadinfrastructuur). Ten tweede is de TCO pariteit voor emissievrije zware vrachtvoertuigen en schepen nog niet bereikt, terwijl de klimaatcrisis en ambities niet toelaten om te wachten. Ten derde vormen CO<sub>2</sub> emissies slechts een deel van het duurzaamheidsprobleem van het transport systeem. Emissievrije voertuigen zullen geen directe bijdrage hebben aan het reduceren van congestie, infrastructuurschade en ongevallen. Een bredere waaier aan maatregelen en bijhorende visie lijkt dus nodig. Meer dan éénvierde van de emissiereducties komen van maatregelen die de transitie naar duurzaam goederenvervoer versnellen. Het betrekken van de stakeholders is daarbij cruciaal om die versnelling en opname toe te laten.

## 5. Conclusie

Deze paper presenteert de impact op de CO<sub>2</sub> uitstoot van goederenvervoer in Vlaanderen tegen 2030 en 2040 voor 21 individuele maatregelen. Twee maatregelen springen eruit met uitgesproken emissie reducties, zeker richting 2040 toe. Batterij elektrische voertuigen tonen een groot reductiepotentieel. Het reductiepotentieel is echter gebonden aan de uitbouw van voldoende en performante

laadinfrastructuur en een doorzetting van de huidige technologie-ontwikkelingssnelheid. De ontwikkeling van de voertuigen wordt sterk gestimuleerd door de vanuit de EU opgelegde emissiestandaarden – de tweede maatregel met een uitgesproken reductiepotentieel.

Het gebruik van BEV voertuigen kan vanuit de overheid sterk gestimuleerd worden door de invoering van zero-emissie zones, het internaliseren van de impact (externe kosten, CO<sub>2</sub> bijdrage of vrijstelling van de huidige kilometerheffing voor BEV), het uitbouwen en ondersteunen van private uitbouw van laadinfrastructuur en het ondersteunen van de aankoop van BEV.

Het combineren van maatregelen is noodzakelijk om de klimaatdoelstellingen te halen. Het verduurzamen van het goederenvervoer is een 'en' verhaal.

- 'en' het combineren van maatregelen uit de vier 'V's
- 'en' het betrekken van de verschillende actoren.
- 'en' het afstemmen met andere sectoren en de energie sector in het bijzonder.
- 'en' het afstemmen van het beleid.

Gezien de onzekerheid en de verbonden voorwaarden aan de inzet van BEV voertuigen en gezien de urgentie van de klimaatproblematiek (en de impact van goederenvervoer op mens en omgeving in het algemeen), is er niet de luxe om enkel in te zetten op elektrificatie. Voor specifieke goederenstromen zijn er reeds vandaag maatregelen beschikbaar die een significante impact hebben; denk aan eco-driving, nachtleveringen voor supermarkten, spoorvervoer en binnenvaart. Ze vormen aanzienlijke quick-wins., die mits ondersteuning van flankerend beleid relatief snel en goedkoop verwezenlijkt kunnen worden.

Daarnaast is er nood aan een strategie die zoals reeds aangehaald over verschillende beleidsniveaus en bevoegdheden heen wordt ontwikkeld en gerealiseerd. Deze omvat:

- de financiële ondersteuning van aankoop en/of gebruik emissie-arme/vrije voertuigtechnologieën.
- de uitbouw en ondersteuning van private uitbouw van tank/laadinfrastructuur die vereist is om de transitie te realiseren. Ook de invoering van ERS kan in dit opzicht overwogen worden.
- ruimtelijke planning die inzet op het reduceren van transport(vraag), stimuleren van modal shift en consolidatie.
- het afstappen van inzetten op overgangstechnologieën (LNG, CNG). De technologie ontwikkeling – zeker voor BEV – is sneller gegaan dan voorspeld, waardoor zich nu een momentum aandient om op deze emissievrije technologieën in te zetten.

## Referenties

- Aronietis, R. en Vanelslander, T., 2021. Logibat WP2 Chapter: Economic Impacts of the Catenary Electric Road System: Implementation in Flanders
- CCRN, 2021. Study on energy transition towards a zero-emission inland navigation sector. Central Commission for the Navigation of the Rhine - Study on the energy transition (ccr-zkr.org)
- CITBO, 2022. Vergroeningsbeleid in de EU binnenvaart.
- Delhaye E., De Ceuster G., Vanhove F., Maerivoet S., 2017. Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016, Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, door Transport & Mobility Leuven
- Federaal Plabureau, 2022. Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2040. Brussels.
- Gustafsson, M., Svensson, N., Eklund, M., Dahl Öberg, J., & Vehabovic, A. (2021). Well-to-wheel greenhouse gas emissions of heavy-duty transports: Influence of electricity carbon intensity. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 93, 102757. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102757>
- Holtman et al., 2015. Deliverable 2.2. Innovation Platform and draft Research and Innovation Road map for Inland Waterway Transport. PLATINA II Platform for the implementation of NAIADES II.
- Horni, A., Nagel, K., & Axhausen, K. W., 2016. The Multi-Agent Transport Simulation MATSim (Andreas Horni, K. Nagel, & K. W. Axhausen, Eds.). <https://doi.org/10.5334/baw>
- International Energy Agency, 2017. The Future of Trucks: Implications for Energy and the Environment
- Lebeau, P. and Macharis, M., 2014. Freight transport in Brussels and its impact on road traffic. *Brussels Studies* [Online], Algemene collectie, nr 80, Online op 20 octobre 2014, DOI: <https://doi.org/10.4000/brussels.1239>
- Lemiski, D., van Amstel, W.P., 2023. Challenges in city logistics and circular value chains for e-waste. Vervoerslogistieke Werkdagen, Mechelen.
- Lombardi, S., Tribioli, L., Guandalini, G., & Iora, P., 2020. Energy performance and well-to-wheel analysis of different powertrain solutions for freight transportation. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(22), 12535–12554. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.02.181>
- Macharis, C., Melo, S., Woxenius, J., & Van Lier, T., 2014. Sustainable logistics. Bingley: Emerald Group Publishing.
- Macharis, C., 2022. With a Factor 8 to the Mobility System of the Future. Stichting Kunstboek
- Maibach, M., Schreyer, C., Sutter, C., Van Essen, H., Boon, B., Smokers, R., & Bak, M., 2008. Handbook on Estimation of External Cost in the Transport Sector. Internalisation Measures and Policies for

- All External Costs of Transport (IMPACT), Version 1.1. European Commission, DG TREN. Delft.
- Mommens, K., van Lier, T., Macharis, C., 2017. Freight demand generation for Belgium on commodity and loading unit level. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, Vol. 17(1), pp, 46-62.
- Mommens, K., 2019. The development of an assessment framework for multimodal freight transport of different cargo types in Belgium.
- Mommens, K., Schelfhout, C., Macharis, C., 2023. Roadmap verduurzaming goederenvervoer in Vlaanderen, 65 p.
- Schröder, S., & Liedtke, G. (2014). Modeling and analyzing the effect of differentiated urban freight measures – a case study of the food retailing industry. *93rd Annual Meeting of Transportation Research Board*. Washington DC.
- TNO, 2022. Techno-economic uptake potential of zero-emission trucks in Europe
- Van Amstel, W., Balm, S., Warmerdam, J., Boerema, M., Altenburg, M., Rieck, F. en Peters, T., 2018. Stadslogistiek: Licht en elektrisch. Amsterdam: Hogeschool van Amsterdam
- van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schroten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., Brambilla, M., Fiorello, D., Fermi, F., Parolin, R., El Beyrouty, K., 2019. Handbook of external costs of transport: version 2019, CE Delft
- Van Lier, T., Mommens, K., Vanhulle, A., Van Winckel, J., & Macharis, C., 2019. Roadmap voor vermindering van klimaat- en luchtmissies van vrachtvervoer. Brussels.