

**ROADMAP  
VERDUURZAMING  
GOEDERENVERVOER IN  
VLAANDEREN**

**In opdracht van: BOND BETER LEEFMILIEU**

Koen Mommens, Claire Schelfhout en Cathy Macharis  
Mobilise - Vrije Universiteit Brussel

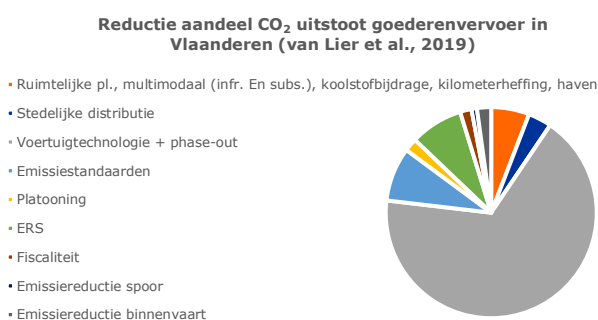


## Inhoudstafel

SAMENVATTING	3	
1	Introductie	5
2	Transport in kaart	6
	2.1 Goederenvervoer vandaag en morgen	6
	2.2 Vastgelegd beleid	8
3	Methodologie	12
4	Verduurzamen van goederenvervoer	14
	4.1 Vermelden	15
	4.2 Vermijden	23
	4.3 Verschuiven	29
	4.4 Vergroenen	36
5	Conclusies en aanbevelingen	60
6	Bibliografie	61

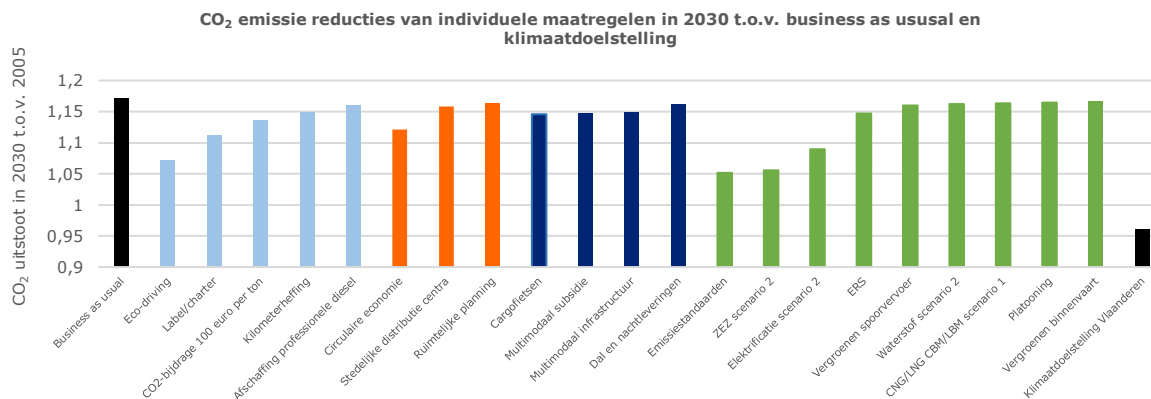
## SAMENVATTING

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. Bond Beter Leefmilieu (BBL) wil bijdragen tot de verduurzaming van de logistieke sector in Vlaanderen. Om haar standpunten wetenschappelijk te onderbouwen en robuust het debat aan te gaan, wenst BBL een studie naar de verduurzamingsmogelijkheden in de Vlaamse logistiek. De focus van deze studie ligt op het verminderen van de CO<sub>2</sub>-uitstoot.



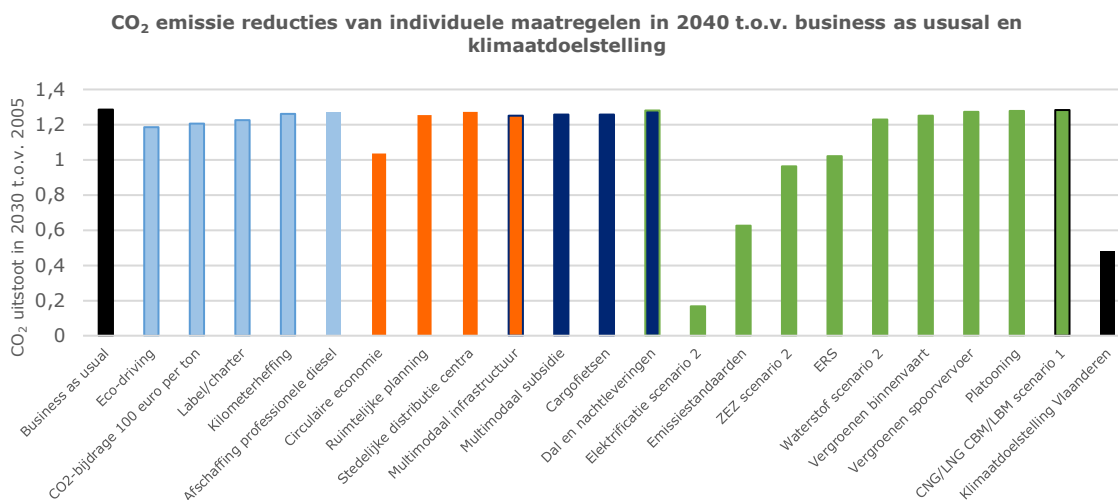
De 4 V's – vermelden, vermijden, verschuiven en vergroenen – vormen de basis van de verduurzaming. In de Roadmap studie voor de Vlaamse Overheid (van Lier et al., 2019) werd reeds duidelijk dat geen van de V's genegeerd kan worden. Deze studie bouwt verder op de resultaten en breidt deze uit. Het rapport presenteert de impact van 21 individuele maatregelen op de vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot van het goederenvervoer in Vlaanderen tegen 2030 en 2040.

Individuele maatregelen volstaan niet om de beoogde (en nodige) doelstelling tegen 2030 te halen. Daarom is een combinatie van maatregelen nodig. Combinaties van maatregelen werden niet geanalyseerd omdat ze interageren en hun effect dus niet als dusdanig kan opgeteld worden. Het belang van combineren werd echter wel aangetoond in de Roadmap studie (van Lier et al., 2019).



Het verduurzamen van het goederenvervoer is een 'en' verhaal.

- 'en' het combineren van maatregelen uit de vier 'V's, weergegeven in verschillende kleuren in bovenstaande figuur.
- '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. Daarnaast zijn drie gewesten verantwoordelijk voor het wegvervoer en de binnenvaart. Het transport zelf overstijgt die grenzen. Vele maatregelen – zoals kilometerheffing of ERS - hebben baat bij een Europese aanpak. Afgestemd beleid is nodig.



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 ontwikkelingsnelheid en productie van voertuigen en batterijen. Dit is essentieel aangezien de TCO analyse de uitdaging weergeeft voor regionaal en long haul vervoer. 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.

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, 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 emissievrije voertuigtechnologieën door middel van premies, kilometerheffing of invoeren van zero-emissie zones.
- 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.

Waar de roadmap in 2019 nog aanraade om eveneens in te zetten op overgangstechnologieën (LNG, CNG), wordt er in dit rapport op basis van de resultaten van afgestapt. De technologie ontwikkeling – zeker voor BEV – gaat sneller dan voorspeld, waardoor zich nu een momentum aandient om op deze emissievrije technologieën in te zetten.



# 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. De sector is verantwoordelijk voor 19,7% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot en slaagt er als enige sector niet in om haar emissies te reduceren. 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.

Bond Beter Leefmilieu (BBL) streeft mee naar het verduurzamen van de logistieke sector in Vlaanderen. Om haar standpunten wetenschappelijk te onderbouwen en robuust het debat aan te gaan, wenst BBL een studie naar de verduurzamingsmogelijkheden in de Vlaamse logistiek. Het bewustzijn over de urgentie om CO<sub>2</sub>-uitstoot reducties te realiseren moet bij de betrokken actoren zoals, beleidsmakers en de sector zelf, worden aangescherpt. Deze studie heeft als doel om maatregelen te formuleren die perspectief bieden naar 2050, met 2030 als tussentijdse doelstelling. De nadruk ligt op CO<sub>2</sub>-uitstoot.

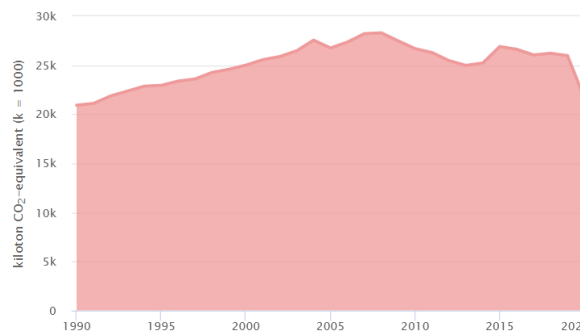
Er werd in 2019 een Roadmap opgeleverd aan de Vlaamse Overheid, waarin een uitgebreide analyse van duurzaamheidsmogelijkheden in de logistiek is opgemaakt. Dit met het oog op het halen van de Vlaamse klimaatdoelstelling voor goederenvervoer. De studie omvatte een bundeling van alle mogelijke maatregelen voor het reduceren van de CO<sub>2</sub>-uitstoot, een stakeholder bevraging en analyse (MAMCA), een doorrekening van 19 individuele maatregelen met transportmodellen om de impact van de maatregel te kwantificeren en tot slot het uitwerken en doorrekenen van verschillende voorkeursscenario's. De Roadmap studie – uitgevoerd door een consortium VUB Mobilise en SWECO – kreeg als kritiek dat er niet diep werd ingegaan op de sociale-kosten-baten van de verschillende maatregelen en voorkeursscenario's. Om hierover correcte uitspraken te doen zijn echter robuuste kosten-baten analyses per maatregel nodig, hetgeen elk op zich al een onderwerp van een aparte studie vormen. Desalniettemin vormt de studie (nog steeds) een zeer uitgebreide en robuuste analyse van de mogelijkheden en diens impact. Net als de Roadmap studie, moet dit onderzoek en bijhorend rapport 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.

Dit onderzoek focust dus op de decarbonisatie van het goederenvervoer. 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, zullen een leidraad vormen voor dit rapport. Eveneens kunnen de 4 V's een leidraad vormen voor de verduurzaming van goederenvervoer in het algemeen, om te transformeren naar een ander systeem, naar een andere organisatie van de logistiek, niet enkel door de CO<sub>2</sub>-uitstoot te bekijken maar door al de externe factoren mee te nemen in het verhaal.

## 2 Transport in kaart

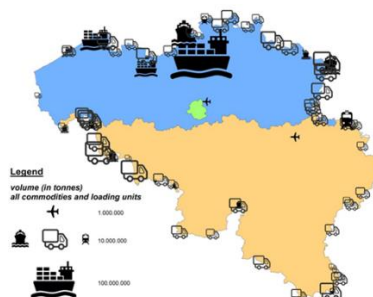
### 2.1 Goederenvervoer vandaag en morgen

Zowel de uitstoot van broeikasgassen die de klimaatopwarming veroorzaken als de uitstoot van luchtpolluenten die een impact hebben op onze gezondheid en omgeving vormen een belangrijk probleem vandaag de dag. De transportsector en goederenvervoer in het bijzonder dragen daarbij een belangrijke verantwoordelijkheid. De transportsector staat in voor 19,7% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot<sup>1</sup>. Het is de enige sector die, samen met tertiaire verwarming, haar emissies ook niet weet te reduceren in de afgelopen 30 jaar. Goederenvervoer staat in voor ongeveer 21% van de uitstoot van de transportsector, goed voor een uitstoot van 8,3 miljoen ton aan CO<sub>2</sub> equivalent per jaar in 2019<sup>2</sup>. De COVID-2019 pandemie en bijhorende maatregelen zorgden voor een daling in de CO<sub>2</sub>-uitstoot van de transportsector (personen en goederen samen). Deze daling is echter uitsluitend toe te schrijven aan de daling van het personenvervoer tijdens de pandemie (en bijhorende maatregelen). De trends in het goederenvervoer kende nauwelijks een verschil tijdens deze periode<sup>3</sup>.



Figuur 1: CO<sub>2</sub> equivalent uitstoot van transport sector in België<sup>1</sup>

Jaarlijks worden er in of door België 278 miljoen ton<sup>5</sup> aan goederen vervoerd in België. 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. Onderstaande kaart geeft een indicatie van het volume dat via de verschillende gateways (hoofdwegen, spoor, binnenwateren, havens en luchthavens) het land in- en uitgaan. Vlaanderen heeft zelf geen enquêtering die het goederenvervoer in kaart brengen. De Vlaamse Overheid gebruikt daarvoor het Strategisch Vrachtmodel Vlaanderen, dat goederenvervoer afleidt uit socio-economische gegevens. Dit vormt bijgevolg een minder wenselijke bron om transportvraag in kaart te brengen.



Figuur 2: Goederenvervoer in ton tussen Belgische grenspunten (hoofdwegen, spoor, binnenwateren, zeehavens en luchthavens) en de rest van de wereld- import, export en transit<sup>2</sup>

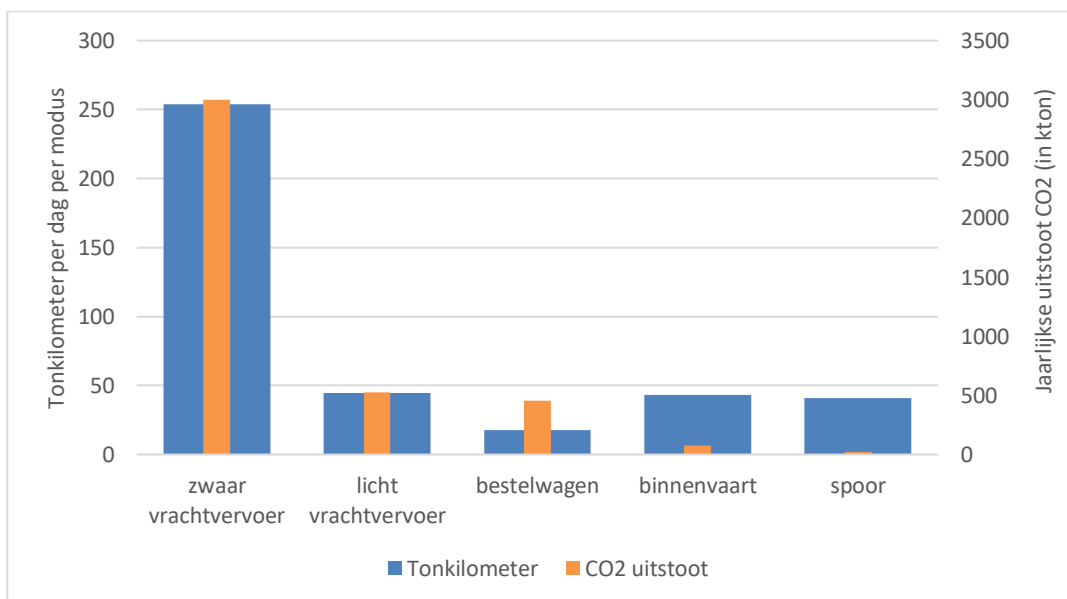
<sup>1</sup> Klimaat.be

<sup>2</sup> Mommens, 2019



Van het volume wordt 60% over de weg getransporteerd, 18% via binnenvaart, 16% via short sea shipping en 5% via spoorvervoer.

Als er gekeken wordt naar de impact van goederenvervoer op de uitstoot van broeikasgassen en luchtvervuilende pollutanten, dan is het beter om te kijken naar de transport prestaties, en met name de tonkilometers. 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<sup>7</sup>. Iets meer dan de helft van de voertuigkilometers afgelegd door goederenvervoertuigen wordt afgelegd door zware vrachtvoertuigen (maximaal toegelaten massa (MTM) hoger dan 12 ton)<sup>8</sup>. Het betreft dan voornamelijk trekkeroplegger combinaties<sup>9</sup>, 19% door lichte vrachtvoertuigen (MTM tussen 3,5 en 12 ton) en 27% door bestelwagens<sup>8</sup>. Het relatieve aandeel van goederenvervoer vervoer in de emissies is uitgesproken. Hoewel goederenvervoer bijvoorbeeld instaat voor ongeveer 10% van de voertuigbewegingen in steden, is ze wel verantwoordelijk voor 25% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door transport in de stad en tot 33% voor de uitstoot van fijn stof<sup>10</sup>. 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 vrachtvoertuigen (MTM boven 12 ton), 0,53 miljoen ton van lichte vrachtvoertuigen (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<sup>11</sup>. 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. Bestelwagens scoren relatief slecht, gezien de transport prestaties uitgedrukt zijn in tonkilometers, en bestelwagens een zeer beperkt tonnage kunnen vervoeren.

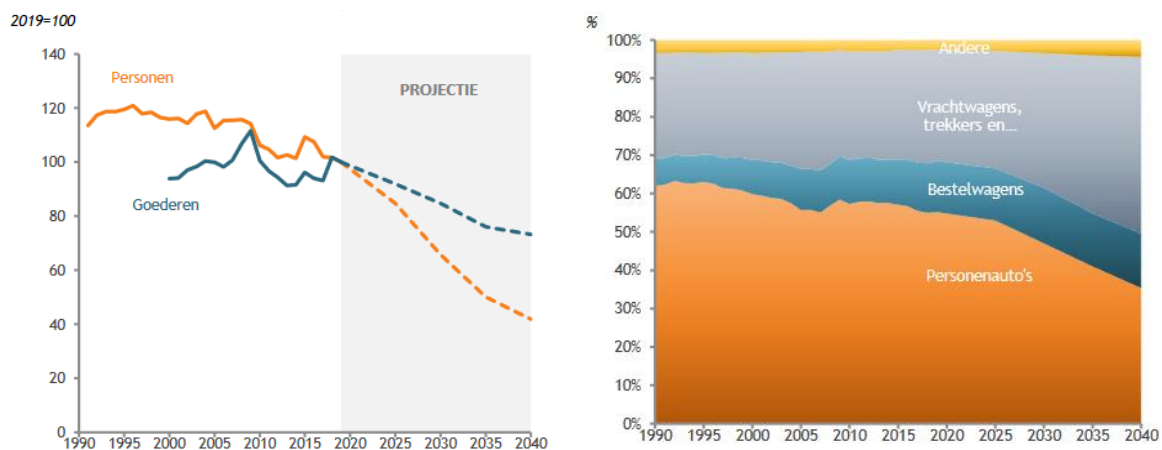


*Figuur 3: Transport (in tonkilometer) en CO<sub>2</sub> uitstoot per transport modus.*

De verwachting is dat het goederenvervoer in de komende decennia verder gaat groeien. In de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) werd er uitgegaan van een groei met 18% in tonkilometers tussen 2013 en 2030. 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. De groei zet zich het hardste door bij spoorvervoer (respectievelijk 14,3% en 28,5% van de tonkilometers), gevolgd door wegvervoer (6,2% en 19,4% van de tonkilometers) en tot slot binnenvaart (2,8% en 9% van de tonkilometers). Vertaald naar vervoerd volume zien we vergelijkbare percentages (9,1% en 22%).

De groei komt echter van het internationaal vervoer. Domestiek transport volume daalt tussen 2019 en 2030 met 3,9%. Ze verwachten dat de impact van de recessie als gevolg van de gezondheidscrisis en energiecrisis voelbaar blijft in het komende decennium. Daarna neemt de groei in getransporteerd volume terug aan tot 2,7% in 2040 (t.o.v. 2019). De verwachte toename van het goederenvervoer brengt echter geen verschuivingen in de modal split met zich mee. Dit is voornamelijk te wijten aan de groei van het wegvervoer.

Het Federaal Planbureau verwacht drie trends. Ten eerste zien zij een kleine ontkoppeling tussen de economische groei en transport. Het aantal afgelegde tonkilometers per bruto binnenlands product (€) daalt met iets meer dan 7% tussen 2019 en 2040. Ten tweede verwachten ze een toename van de congestie die voornamelijk veroorzaakt wordt door de stijging in het goederenvervoer. Tijdens de spitsuren liggen de dalingen van de snelheden op het wegennet in de orde van 10% tot 15% op de belangrijkste assen in en rond Antwerpen en Gent, en 6% in Brussel. Elders is de impact minder groot. Dit heeft een rechtstreekse impact op de duurzaamheid van het goederenvervoer, zowel naar emissies als naar congestie als externe kost parameter toe. Ten derde verwacht het Federaal Planbureau een daling van de emissies, ondanks de toename van de transportvraag. Zeer uitgesproken voor personenvervoer, uitgaande van de inwerkingtreding van de nieuwe euronormen, vergroening van de autofiscaliteit en de progressieve ban op personenwagens in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest, Antwerpen en Gent. Voor het goederenvervoer is dit veel minder uitgesproken. Ze verwachten wel degelijk een daling van de CO<sub>2</sub>-intensiteit per tonkilometer voor het goederenvervoer, maar deze kan de groei van het goederenvervoer niet opvangen. Dat vertaalt zich ook in de CO<sub>2</sub>-uitstoot per transport modus.



*Figuur 4: CO<sub>2</sub> intensiteit per pkm en tonkm (links) en aandeel in CO<sub>2</sub> uitstoot (tailpipe) per modus (rechts) (bron: Federaal Planbureau, 2022).*

## 2.2 Vastgelegd beleid

Er zijn klimaatambities vastgelegd en beleidsmaatregelen genomen voor het goederenvervoer. Onderstaande sectie geeft geen exhaustieve lijst van het beleid weer, maar fungeert als introductie en vertrekpunt voor de verdere analyse van de maatregelen.

### **Klimaatambities**

De Europese Unie heeft de doelstelling gesteld om tegen 2050 klimaatneutraal te zijn, met een tussentijdse reductie van de uitstoot van broeikasgassen met 55% tegen 2030, ten opzichte van 1990. De reductiedoelstellingen zijn onderverdeeld in twee sectoren: ETS en niet-ETS. ETS staat voor Emission Trading System en werkt met verhandelbare emissierechten. Door het reduceren van



het aantal rechten doorheen de tijd, wordt er een reductie gehaald. Bedrijven die erin slagen hun emissies te reduceren, kunnen hun overschotten aan emissierechten verkopen aan bedrijven die er niet of minder goed in slagen. Zo wordt de markt gestuurd naar ecologische innovaties en emissiereducties. In dat systeem zitten een aantal sectoren vervat. De transport sectortransportsector zit daar nog niet in, maar gezien de sector haar emissies maar moeilijk kan doen dalen zal het vanaf 2027 opgenomen worden in een tweede ETS systeem. Op 22/06/2022 werd het ETS systeem hervormd door het Europees Parlement. Ten eerste werd de ambitie aangescherpt naar -63% in 2030 ten opzichte van 2005. Ten tweede zouden de gratis uitstootrechten voor die bedrijven volledig verdwijnen tegen 2032 (startend van 2027). Ten derde komt er een 'tweede' ETS specifiek voor het wegtransport, scheepvaart en verwarming van gebouwen. Brandstoffenverdelers zullen op termijn ook uitstootrechten moeten kopen, wat tot duurdere benzine, diesel, gas en stookolie zou kunnen leiden. Er zal men werken met een prijsplafond van 45 euro per ton CO<sub>2</sub> en dit tot 2030. Dit is beduidend lager dan de prijs in het huidige ETS systeem (die nogal volatiel is) en dan de monetaire impact die een ton CO<sub>2</sub> heeft op mens en omgeving. Deze laatste wordt immers ingeschat op 100 euro per ton (van Essen et al., 2019).



Figuur 5: Prijs voor één ton CO<sub>2</sub> in het huidige ETS systeem.

De niet-ETS sectoren, inclusief de transportsector momenteel, vallen onder de verantwoordelijkheid van de individuele lidstaten. Voor België betekent dit een reductie van 47% tegen 2030 ten opzichte van 2005. Deze inspanningen worden verder verdeeld onder de gewesten. Vlaanderen stelt voor zichzelf momenteel een doelstelling van 40% reductie op. De lastenverdeling tussen de gewesten en de federale overheid moet nog finaal afgeklopt worden. Van de transportsector wordt verwacht dat deze een reductie van 27% zal behalen, onderverdeeld in personenvervoer (46%) en goederenvervoer (4%). Deze percentages zijn hoger dan de verwachte reducties opgegeven door het Federaal Planbureau, wat betekent dat er een versnelling moet plaatsvinden om deze doelen te behalen.

### **Vlaamse beleid**

Het Vlaams klimaatplan bevat een aantal maatregelen om de uitstoot van broeikasgassen van het goederenvervoer te verminderen en zo bij te dragen aan de Vlaamse en Europese doelstellingen. Sommige van deze maatregelen zijn in zekere mate opgenomen in de geanalyseerde maatregelen. Het Vlaams Klimaatplan heeft de volgende maatregelen opgenomen voor het goederenvervoer. Een aantal van deze maatregelen zijn in bepaalde mate opgenomen in de geanalyseerde maatregelen.

- **Uitfasering aankoop fossiele verbrandingsmotoren:** Vlaanderen vraagt aan de federale overheid de aankoop van fossiele verbrandingsmotoren van personen- en bestelwagens uit te faseren vanaf 1 januari 2029.
- **Aanstelling transitie-manager:** Om de verdere transitie naar een elektrisch voertuigenpark gecoördineerd aan te pakken, is er een transitie-manager elektrificatie mobiliteit aangesteld. Dit om de horizontale samenwerking over de verschillende beleidsdomeinen en -niveaus te faciliteren en om te waken over de evolutie van de beschikbaarheid van batterijen,

netontwikkeling, elektriciteitsbevoorradingszekerheid en prijzen binnen een stabiel fiscaal kader. Met ViaVia wordt hier verder op ingezet met een topteam logistiek.

- Verhoging (semi-)publieke laadpunten en aanscherping werf Mobiliteit LEKP: Vlaanderen verhoogt de doelstellingen uit het Clean Power for Transport-plan en mikken hierbij op 100.000 (semi-)publieke laadequivalenten tegen 2030. Om dit te realiseren gaat Vlaanderen, in samenspraak met de VVSG, een aanscherping van de doelstelling in het Lokaal Energie en Klimaatpact doorvoeren vanaf 2022: nl. 1,5 (semi-) publieke laadequivalenten per 100 inwoners (99.000 laadpunten (CPE)) tegen 2030 en dit bovenop de voorziene (ultra-)snellaadinfrastructuur langs de autosnelwegen.
- Aanmoediging emissievrij vrachtvervoer door gunstig belastingsregime: Vlaanderen gebruikt de mogelijkheden die de nieuwe Europese Tolrichtlijn biedt om emissievrij vrachtvervoer tijdelijk (5 jaar) fiscaal te bevoordelen via een vrijstelling op de kilometerheffing. Deze vrijstelling wordt beperkt tot de milieucomponent, ofwel het deel van de kilometerheffing dat de vervoerder betaalt voor het veroorzaken van luchtvervuiling en geluid.
- CO<sub>2</sub>-differentiatie in de kilometerheffing: De nieuwe Europese Tolrichtlijn leidt naast de vrijstelling van de milieucomponent eveneens naar een CO<sub>2</sub>-differentiatie van de kilometerheffing, ingevoerd voor de infrastructuurheffing en de gebruiksrechten. Vlaanderen zal deze aanpassing doorvoeren waardoor de voertuigen die het meeste CO<sub>2</sub> uitstoten, ook het meeste moeten betalen. Op termijn moet deze CO<sub>2</sub>-differentiatie, de differentiatie volgens euro-emissieklasse volledig vervangen. Zo wordt de kilometerheffing voor vrachtwagens, meer nog dan vandaag, een sturend instrument dat kan bijdragen tot de vergroening van het vrachtvervoer.
- Verdere inzet op modal shift naar water en vergroening hiervan: Vlaanderen zet verder in op de modal shift naar water en de vergroening hiervan bijvoorbeeld via verhoging van de bruggen van o.m. het Albertkanaal, walstroom, ... Per ton/km zijn de emissies van vrachtwagens altijd 3 tot 6 keer hoger dan de uitstoot van de binnenvaart. Modal shift voor water zorgt daarom bijkomend nog voor verminderde uitstoot en filevorming. In het Klimaatplan werd reeds opgenomen dat het aandeel spoor en binnenvaart in de modale verdeling dient toe te nemen tot 30%. In de verschillende zeehavens dient sterk ingezet te worden op het gebruik van duurzame modi. Het aandeel van deze modi (spoor, binnenvaart en estuaire vaart) zou ten opzichte van het totaal toe moeten nemen met 5 tot 10% (t.o.v. 2013)
- In de recentste versie van het Vlaams Energie en Klimaatplan (2023) worden verschillende ambities inzake het goederenvervoer in Vlaanderen genomen. Naar voertuigvloot zullen vanaf 2029 alle nieuw aangekochte bestelwagens emissievrij moeten zijn. Tegen 2025 wordt een aandeel van 25% van de nieuw aankopen beoogd. Voor vrachtwagens wordt tegen 2030 een aandeel van 27% van de nieuw aankopen als doelstelling gezet. Naast emissievrije voertuigen dient er ook een verschuiving van 6,3 miljard voertuigkilometers gerealiseerd worden van wegvervoer naar binnenvaart of spoor.

.Bovenop deze maatregelen, zijn er nog een resem maatregelen die een impact hebben op een segment van het goederenvervoer.

- In het Vlaamse regeerakkoord staat de ambitie vermeldt om **stadsdistributie emissievrij** te organiseren vanaf 2025. Alle actoren zijn het erover eens dat dit ambitieus is. De Vlaamse Overheid (Dep. MOW in samenwerking met binnenlands beleid en de VMM) heeft een traject uitgerold om tot een realisatie van emissievrije stadsdistributie te komen. Er komen ambitieniveaus voor de subsectoren van goederenvervoer.
- Momenteel kunnen professionele dieselgebruikers (zoals transportbedrijven, taxibedrijven e.d.) een gedeelte van de bijzondere accijns terugkrijgen van de Staat (art. 429, § 5, programmawet van 27 december 2004). In 2021 bedroeg deze teruggave € 247,6158 per 1.000 liter diesel, o.a. toepasselijk voor zware vrachtwagens (MTM > 7,5 ton). Het te recupereren bedrag aan accijnzen is afhankelijk van het accijnstarief op het moment van de aankoop van de diesel. Zowel de nationale eindgebruikers als de eindgebruikers gevestigd in een andere Lidstaat komen in aanmerking voor deze vrijstelling van de verhoging van de bijzondere accijns. Een financiële vertaling per kilometer van de afschaffing van deze fiscale

gunstmaatregel is niet zo eenvoudig, aangezien het brandstofverbruik per kilometer en per voertuigtype niet constant is. Er is een afbouw van deze ondersteuning naar:

- o € 226,9716 op 01.01.2022
- o € 205,0665 op 01.01.2023
- o € 204,0665 op 01.01.2024
- o € 203,0665 op 01.01.2025
- o € 202,0665 op 01.01.2026

Afschaffing wordt door sommige politieke partijen geopperd, maar is nog niet gerealiseerd.

- Momenteel is er een kilometerheffing op de Belgische wegen van toepassing voor vrachtvoertuigen met een MTM hoger dan 3,5 ton. Het tarief en het onderhevig wegennetwerk is verschillend voor de verschillende Gewesten, de EURO norm van het voertuig en de MTM van het voertuig. Er is in de kilometerheffing nog geen differentiatie of bevoordeling van emissievrije vrachtvoertuigen.
- De **Ecologiepremie+** is een financiële tegemoetkoming via VLAiO voor ondernemingen die ecologische investeringen zullen doen in Vlaanderen. Daarmee wil de overheid ondernemingen stimuleren om hun processen milieuvriendelijk en energiezuinig te organiseren. Ze doet dit door een deel van de kostprijs van de investering (limitatieve lijst) op zich te nemen met een percentage van 15 tot 55%. Hieronder de maatregelen voor goederenvervoer. Ze zijn opgenomen in een limitatieve lijst van investeringen die ongeveer jaarlijks verandert.

Technologienr.	Naam techniek		
201071	Batterij elektrische vrachtwagen		
<b>Uitleg</b>			
Nieuwe vrachtwagen (meer dan 3,5 ton) met 100% elektrische aandrijving (geen hybride), zonder opbouw en met een maximum in aanmerking komend investeringsbedrag van 400.000 euro per vrachtwagen. Per onderneming komen maximum twee vrachtwagens in aanmerking voor steun.			
<b>Meerkost%</b>			
80			
Ecologiegetal	Ecoklasse	kmo%	go%
9	A	50	40
<b>Netto subsidie kmo (%)</b>		<b>Netto subsidie go (%)</b>	
40		32	
<b>Essentiële componenten</b>			
vrachtwagen met 100% elektrische aandrijving (zonder opbouw)			

Technologienr.	Naam techniek		
201073	Elektrisch laadstation		
<b>Uitleg</b>			
Elektrisch laadstation bestaande uit een snellader van minimum 50 kW per laadpunt, gebruik makend van groene stroom en met aanwezigheid van een slimme sturing. Naast de voorwaarden hier vermeld, gelden ook de algemene voorwaarden met betrekking tot onder andere groene energie zoals vermeld vooraan deze lijst bij de aandachtspunten.			
<b>Meerkost%</b>			
100			
Ecologiegetal	Ecoklasse	kmo%	go%
6	B	30	15
<b>Netto subsidie kmo (%)</b>		<b>Netto subsidie go (%)</b>	
30		15	
<b>Essentiële componenten</b>			
laadstation bestaande uit 1 of meerdere laadpalen, transformator en slimme sturing (bij uitbreiding van een bestaand laadstation kunnen transformator en sturing reeds aanwezig zijn)			

Technologienr.	Naam techniek		
201073	Elektrisch laadstation		
<b>Uitleg</b>			
Elektrisch laadstation bestaande uit een snellader van minimum 50 kW per laadpunt, gebruik makend van groene stroom en met aanwezigheid van een slimme sturing. Naast de voorwaarden hier vermeld, gelden ook de algemene voorwaarden met betrekking tot onder andere groene energie zoals vermeld vooraan deze lijst bij de aandachtspunten.			
<b>Meerkost%</b>			
100			
Ecologiegetal	Ecoklasse	kmo%	go%
6	B	30	15
<b>Netto subsidie kmo (%)</b>		<b>Netto subsidie go (%)</b>	
30		15	
<b>Essentiële componenten</b>			
laadstation bestaande uit 1 of meerdere laadpalen, transformator en slimme sturing (bij uitbreiding van een bestaand laadstation kunnen transformator en sturing reeds aanwezig zijn)			

Figuur 6: maatregel fiches voor Ecologiepremie+

- De Vlaamse Overheid heeft een project oproep uitgestuurd voor de uitbouw van **(semi-) publieke & niet publieke laadinfrastructuur** voor hoog vermogen **voor elektrische**

**vrachtwagens.** De maximale subsidie per project bedraagt 300.000 euro. Daarmee kunnen investeringen worden vergoed voor de plaatsing en slimme aansluiting van laadinfrastructuur en dit aan 20% van de kosten met een maximum van 1.000 euro per gerealiseerde charge point equivalent (CPE).

- Lokaal zijn er maatregelen en initiatieven die een emissievrije logistiek bevorderen: lage emissiezones in Gent en Antwerpen; de convenant in Mechelen, etc.

### **Federaal en Europees beleid**

Ook op andere beleidsniveaus bevinden zich bevoegdheden – en worden maatregelen genomen die relevant zijn voor het verduurzamen van de logistiek. Op Europese schaal wordt het tweede ETS ingevoerd (zie eerder) en zijn er emissiestandaarden (zie later 3.8). Daarnaast is AFIR - Regulation for the deployment of alternative fuels infrastructure – goedgekeurd. Dit akkoord stelt vereisten inzake toekomstige elektrische laadinfrastructuur en waterstof tankinfrastructuur voor de transport sector. Zo dient er voor wagens en bestelwagens voor elk voertuig een publieke laadcapaciteit van minstens 1,3 kW voorzien zijn. Voor zwaar wegvervoer dient een minimum van 350 kW aanwezig te zijn, elke 60 kilometers langsheen het TEN-T kernnetwerk en elke 100 kilometer langsheen het gehele TEN-T netwerk tegen 2030, met aanvulling van veilige overnacht laadplaatsen voor stedelijke leveringen. Waterstof tankinfrastructuur voor vrachtwagens dient voorzien te worden elke 200 kilometer langs het TEN-T netwerk vanaf 2030. De operatoren van deze infrastructuur zijn gebonden aan prijstransparantie.

De Belgische federale overheid voorziet een verhoogde belastingaftrek voor bedrijven die investeren in koolstofvrije vrachtwagens en in infrastructuur voor het opladen van elektriciteit en het tanken van waterstof. Het aftrekpercentage bedraagt 35% in 2022 en 2023, en daalt daarna geleidelijk (2024: 29,5%; 2025: 24%; 2026: 18,5% en 2027: 13,5%).

## 3 Methodologie

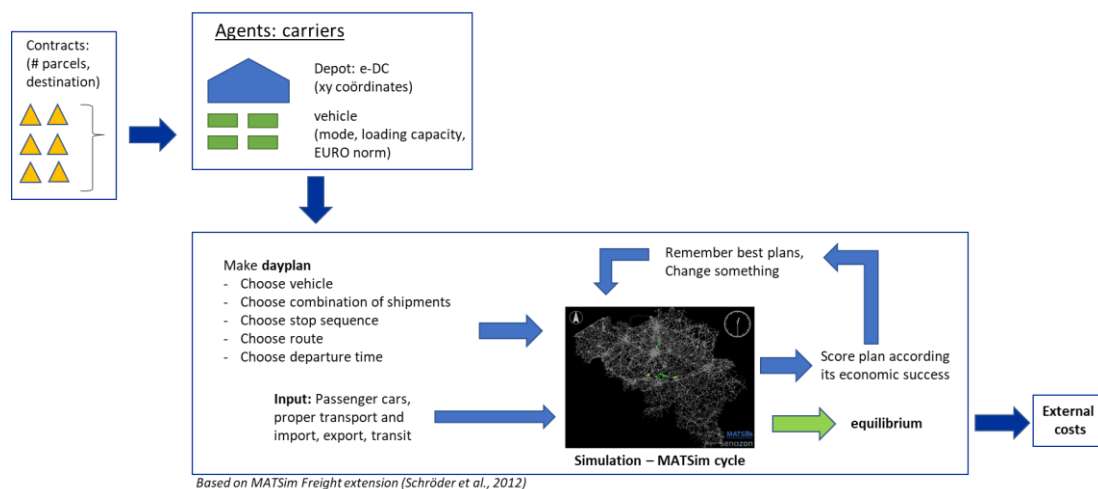
In onderstaande secties worden de verschillende maatregelen hoe goederenvervoer verduurzaamt kan worden geanalyseerd volgens hun sterktes en zwaktes en reductiepotentieel voor de uitstoot van CO<sub>2</sub> en luchtvervuilende pollutanten. De reducties worden op twee manieren weergegeven: (1) enerzijds tegenover referentiejaar 2005 (bijvoorbeeld in de figuren) en anderzijds ten opzichte van de business-as-usual in het toekomstjaar, waar zo vermeldt.

De inschatting vertrekt van de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) waarbij maatregelen met het Strategisch Vrachtmodel Vlaanderen enerzijds en TRABAM anderzijds doorgerekend worden. Dit tweede model is een in-house agent-based transport model van VUB Mobilise. 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 gemodelleerd, waarbij een tijdsafhankelijke en voertuigafhankelijke kostenminimalisatie algoritme de optimale route berekent. TRABAM 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 penaliserende voor het niet of te laat leveren van goederen. Het proces optimaliseert dus op kosten, en is onderhevig aan onderliggende factoren zoals beladingsgraad, congestie, halen van leverversters,

etc. 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.

TRABAM is bijgevolg een dynamisch transport model, dat daarenboven ook personenwagens tijdens de piekuren meeneemt om congestie in rekening te brengen. Figuur 6 geeft de basisstructuur van het model weer.



Figuur 5: Structuur TRABAM

Het model gebruikt drie inputs. Het eerste is het transportnetwerk. Hiervoor wordt het wegennetwerk 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 Vrachtmodel Vlaanderen. De tweede input is de transportvraag per agent. Dit wordt gegeneerd via een speciaal ontwikkeld model (Mommens et al., 2017).

Tot slot neemt TRABAM als derde input gegevens van de agents mee. Deze gegevens bestaan uit: (1) de locaties van hun distributiecentra. (2) De gegevens over de voertuigvloot van de agents. Voor agents met een eigen vloot beschikt VUB Mobilise over een databank van de voertuigen per transportbedrijf.

TRABAM kan zowel systeem analyses uitvoeren alsook bedrijfs- of projectgebonden simulaties uitvoeren met bedrijfs- of projectgebonden inputgegevens (vloot, transport vraag). Zo werd TRABAM reeds ingezet voor beleidsadvies (o.a. Vlaamse Overheid - Roadmap duurzame logistiek, Brusselse Overheid – ban van verbrandingsmotoren en beleid e-commerce; Waalse Overheid – impact nachtleveringen aan supermarkten), alsook voor bedrijven zoals Colruyt en Torfs. Omdat het laadvermogen en EURO-norm aan de individuele voertuigen gekoppeld wordt, is TRABAM in staat om de externe kosten op straat en voertuigniveau te berekenen.

Een simulatie met TRABAM is tijdrovend (4-5 dagen), waardoor er een zeker budget tegenover de simulaties staat. Om echter ruimere overzichtsanalyses – zoals in deze studie – toe te laten, heeft VUB Mobilise de resultaten van de bijna 100 simulaties met TRABAM samengebracht in een Excel rekenmodel. Zodoende kunnen relatief snel indicaties gemaakt worden van de impact van maatregelen, op basis dus van een aggregatie van eerdere doorrekeningen met TRABAM. Dit met een doorkijk naar 2030, 2035 en 2040. Het is het dynamisch Excel rekenmodel dat in deze studie

gebruikt zal worden als aanvulling op de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) resultaten die wel doorgerekend zijn met transport modellen.

Het gebruik van het dynamische Excel rekenmodel is verbonden aan een aantal assumpties en beperkingen. Deze worden hieronder opgelijst:

- De berekeningen en resultaten dienen enkel indicatief gebruikt te worden. Het Excel rekenmodel gaat voorbij aan de complexiteit van het logistiek systeem. Dat kan enkel 'correct' meegenomen worden via concrete doorrekeningen met goederenvervoersmodellen. De berekeningen en resultaten van het model kunnen bijgevolg niet gebruikt worden als plaatsvervangende voor concrete doorrekeningen met goederenvervoersmodellen waar deze vereist zijn.
- Alle prognoses, relaties en verbanden (voertuigkilometer, intrede technologie, etc.) worden als lineair beschouwd. Het is onmogelijk om de complexiteit van de relaties op een andere manier mee te nemen.
- De emissie factoren voor het wegvervoer en spoorvervoer zijn gebaseerd op emissie factoren van Departement Omgeving en VITO. Een andere bron kan gebruikt worden, maar dat is in deze studie niet wenselijk gezien bovenstaande bronnen in de Roadmap studie gebruikt werden.
- De emissie factoren voor binnenvaart zijn gebaseerd op emissie factoren van EMOSS model. Een andere bron kan gebruikt worden, maar dat is in deze studie niet wenselijk gezien bovenstaande bronnen in de Roadmap studie gebruikt werden.
- 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. Sommige maatregelen kunnen meteen worden ingevoerd, andere vragen investeringen of nieuwe ontwikkelingen - ter info vraagt de fabrikanten gemiddeld 8 jaar ontwikkeling om een nieuw model/technologie operationeel op de markt te brengen (dynamisch in te geven)

## 4 Verduurzamen van goederenvervoer

Goederenvervoer kan op verschillende manieren verduurzaamd worden. Macharis et al. (2014) beschrijft de verduurzaming volgens 4 V's: vermijden, verminderen, vergroenen en verschuiven. Elk van de V's bevat verschillende mogelijke maatregelen en acties voor de verschillende actoren: verzenders, ontvangers, logistieke dienstverleners en overheden. Idealiter worden maatregelen uit de verschillende V's ook gecombineerd.

In de volgende secties wordt er individueel ingegaan op de verschillende V's. In de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) werden in totaal meer dan 300 maatregelen en acties geïdentificeerd die het goederentransport kunnen verduurzamen. Er wordt in dit rapport ingegaan op de belangrijkste van deze maatregelen. De samenstelling ervan bestaat enerzijds uit de 19 uitgediepte maatregelen die in de Roadmap geïdentificeerd werden op basis van een ruime stakeholder bevraging. Anderzijds worden een aantal aanvullende maatregelen opgenomen die omwille van 'moeilijk door te rekenen met de modellen' niet uitgediept werden in de Roadmap. Voor elk van de maatregelen wordt er de inhoud van de maatregel kort toegelicht, de actoren die bij de maatregel betrokken dienen te worden, de te verwachte impact.



## 4.1 Vermelden

Om het goederenvervoer te verduurzamen, is de eerste stap de bewustwording over de impact ervan op de maatschappij, de omgeving en de economie. Dit betekent dat beslissingsnemers in de logistieke keten moeten begrijpen welke keuzes het meest duurzaam zijn en hoe zij hun transportstromen en organisatie kunnen optimaliseren.

Het gebrek aan kennis en bewustwording laat zich merken in de gehele logistieke keten. Dit begint bij de inrichting openbare ruimte of winkelzones waar geen of nauwelijks rekening gehouden wordt met goederenstromen die deze aantrekken. Verladers zijn zich vaak niet bewust van de multimodale mogelijkheden. Logistieke dienstverleners kunnen eveneens op zeer veel manieren hun impact reduceren, denk aan het optimaliseren van beladingsgraden of het inzetten van Ecodriving. Het eindigt bij de consument/burger die zich verplaatst om hun producten te gaan ophalen, of een leveringskeuze maken voor hun online aankopen.

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. Het is essentieel dat de informatie die gebruikt wordt om deze maatregelen te bepalen betrouwbaar en nauwkeurig is om greenwashing te voorkomen. Objectieve en uniforme maatstaven, monitoring en een beperkt aantal labels en charters zijn noodzakelijk om onduidelijkheid te vermijden. Hiervoor dient er:

- Ingezet te worden op labels, charters, Green Deal waarbij actoren worden samengebracht
- Ingezet te worden op internalisering via CO2-bijdrage
- Ingezet te worden op ecodriving
- Ingezet te worden op kilometerheffing
- Ingezet te worden op de afschaffing van professionele diesel.

### 1.1 Labels, charters, Green Deal

Een manier om verduurzaming in de logistiek te versnellen is om de early adopters of actoren die zich engageren om nieuwe oplossingen te testen en te implementeren samen te brengen en/of te belonen met zichtbaarheid of erkenning.

Het samenbrengen van actoren heeft als voordeel dat er informatie uitgewisseld kan worden tussen hen om zodoende van elkaar te leren. Samen kan er nagedacht worden over duurzaamheidsoplossingen of het opzetten van piloten. Daarnaast zien we ook dat heel wat oplossingen die een verduurzaming van het goederenvervoer beogen vastlopen op de weerstand van één of meerdere actoren in de logistieke keten. Het vooraf samenbrengen van de actoren laat toe om in dialoog te gaan, eventuele problemen reeds vooraf op te sporen en aan te pakken. Een voorbeeld van een dergelijke overlegstructuur zijn de Green Deals voor stedelijke logistiek in Vlaanderen en Brussel. Daarnaast zijn er commissies waar de actoren samengebracht worden – zoals de MORA-commissie Goederenvervoer, Logistiek en Internationale Knooppunten of de goederenvervoerscommissie in het Brussels Hoofdstedelijk Gewest. Deze laatste twee gaan verder dan enkel de verduurzaming van de sector en de gesprekken die er gevoerd worden zijn meer strategisch van aard, dan een platform voor ontwikkeling van verduurzamingsinitiatieven. De impact van de Green Deal en de overlegstructuren kan niet gekwantificeerd worden. Hun bestaan is echter onontbeerlijk voor de realisatie van de transitie naar een duurzaam goederenvervoersysteem.

In Mechelen is de overlegstructuur tussen de stad en de actoren gegoten in een convenant voor goederenvervoer. In het convenant engageren alle actoren zich om hun deel van de afspraak na



te komen. Deze engagementen dienen ook gerealiseerd te worden. Het convenant gaat aldus verder dan een vrijblijvend overleg en uitgesproken intenties.

De impact van het convenant is nog niet berekend, maar het spreekt voor zich dat deze op lokale schaal een positief effect heeft op de uitstoot. Op regionale schaal kan er momenteel geen uitspraak gedaan worden, gezien het actoren misschien aanzet om hun minder duurzame voertuigen elders in te zetten.

Een instrument dat al jaren bestaat is het Lean & Green certificaat. Dit wordt overhandigd aan bedrijven die de CO<sub>2</sub> uitstoot van (een aanzienlijk deel van hun) logistieke activiteit willen reduceren met 20% in de vijf jaren volgend op de aanvraag. Deze bedrijven leggen daarvoor een plan van aanpak voor, dat op haalbaarheid wordt gecontroleerd. In totaal hebben 81 bedrijven dit ondertussen gedaan. Indien de bedrijven de reductie binnen de 5 jaar ook daadwerkelijk realiseren, dan verkrijgen ze een Lean & Green Star certificaat. Al 23 bedrijven slaagden daar tot dus ver in. De manier waarop de reductie gerealiseerd werd varieert sterk (tussen de V's). De reductie zelf voor de 81 bedrijven komt zo op **6%** (ervan uitgaande dat de bedrijven die geen star dossier aanvroegen, ook geen reducties realiseerden). De impact op luchtvervuiling zal op basis van een kwalitatieve analyse positief zijn, maar aanzienlijk kleiner dan 6%, gezien er in Lean&Green ook warehousing inzet en maatregelen die enkel een effect hebben op CO<sub>2</sub>. Het voordeel van Lean & Green is dat de bedrijven in kwestie een label op hun voertuigen en materieel mogen kleven, hetgeen voor de nodige zichtbaarheid en profilering zorgt. Het zorgt ook voor een versnellende werking van andere maatregelen. De reductie impact zelf is wel een gevolg van deze andere maatregelen.

VIL heeft een aantal jaren geleden ook het Logistics Sustainability Index label gelanceerd. De index neemt een zeer brede waaier aan duurzaamheidsindicatoren mee die transport, welzijn op werk, warehousing en zelfs verplaatsingsgedrag van personeel meeneemt. Het maakt de index zeer data intensief en wordt daarom niet echt opgepikt door de markt.

**Actoren:**

Deze maatregel kan zowel van toepassing zijn op de logistieke dienstverlener (LSP), als op de brede waaier aan actoren (regionale overheid, lokale overheid, LSP, verzenders, ontvangers).

**Samenvatting:**

<b>Inhoud</b>
Invoering van een duurzaamheidslabel
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
6% tussen business as usual en deelname aan label o.b.v. Lean & Green
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
Erg afhankelijk van scope. In Lean & Green zal er nauwelijks reductie, indien enkel transport in scope inclusief luchtvervuiling, dan kan eenzelfde reductiepotentieel van 6% behaald worden.
<b>Beleidsniveau</b>
Uniformiteit en draagvlak is belangrijk dus best groot geografisch gebied: best EU, dan Belgisch of Vlaams-Nederlands.

**1.2 Internalisering via CO<sub>2</sub>-bijdrage**

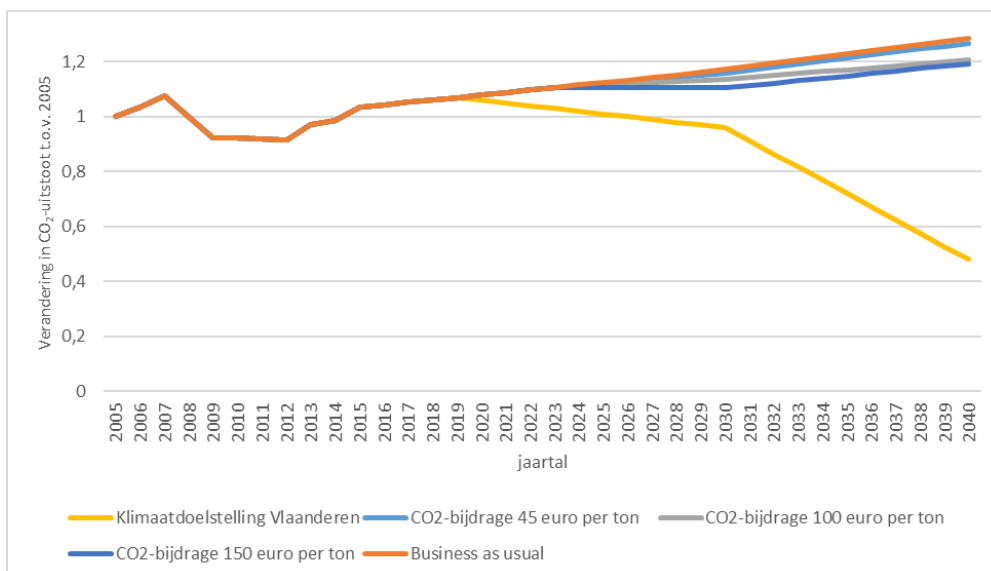
Een bijdrage geheven op wegvervoer, spoorvervoer en binnenvaart per verbruikte energiedrager op tank-to-wheel basis. Deze bijdrage is rechtstreeks gekoppeld aan de veroorzaakte emissies aangezien de heffing betaald wordt naargelang de hoeveelheid verbruikte brandstof/energiedrager.





De waarde van de impact van een ton CO<sub>2</sub> wordt ingeschat op € 100 (van Essen et al., 2019). De inschatting kan enerzijds gebeuren aan de hand van de schadekosten veroorzaakt en die nog veroorzaakt zullen worden door de klimaatverandering. Hier worden nog steeds nieuwe inzichten in vergaard, daardoor zijn de waarden onderhevig aan onzekerheid. Anderzijds kan de prijs van een ton CO<sub>2</sub> ingeschat worden op basis van vermijdingskosten. De kosten die nodig zijn om de klimaatdoelstellingen te halen. Ook hier ziet men echter dat doelstellingen verscherpt worden met stijgende kennis, en zodoende gaat de prijs omhoog. De inschatting van de kosten van klimaatverandering wordt gekenmerkt door een hoge mate van complexiteit bij het voorspellen van langetermijneffecten op wereldschaal en risicopatronen die moeilijk te voorzien zijn. De referentieprij twintig jaar geleden lag op 18 euro per ton CO<sub>2</sub> (Maibach et al., 2008). In 2010 werd de prijs ingeschat op 25 euro per ton, en werd er gesteld dat tegen 2020 de prijs tussen de 18 en 70€ zal liggen. Deze inschatting is achterhaald, aangezien de centrumwaarde momenteel 100 euro per ton. Eenzelfde variatie is zichtbaar in andere waarderingen van een ton CO<sub>2</sub>. Het IPCC (2022) stelt dat de prijs ligt tussen 19 en 90 euro. De prijs voor een ton CO<sub>2</sub> in het ETS varieert ook sterk. Indien men kijkt naar de waarden van het laatste 5 jaren, ziet men prijzen tussen 10 en 100 euro per ton. De verwachting is dat de prijs verder zal stijgen met vooruitschrijdende kennis en strengere normen. Gezien deze verwachting worden bovenop de doorrekening van de Roadmap studie die 100 euro per ton CO<sub>2</sub> hanteerde (van Lier et al., 2019), nog een twee aanvullende scenario's doorgerkend. Een eerste met 45 euro per ton CO<sub>2</sub>, gebaseerd op emission trading system (ETS2) dat Europa gaat invoeren vanaf 2027. Het bevat immers een prijsplafond 45 euro per ton en dit tot 2030. Het andere scenario houdt rekening met de verwachte prijsstijging, en rekt 150 euro per ton CO<sub>2</sub> aan.

Met een bijdrage van 45 euro per ton wordt een beperkte reductie van 1,1% gehaald tegen 2030 en 1,4% gehaald tegen 2040. Met 100 euro per ton wordt er een reductie gerealiseerd van 3,1% in 2030 en 6,2% in 2040. Deze zet zich haast meteen na invoering in en blijft constant doorheen de jaren. Indien de prijs van de bijdrage met 50% verhoogd wordt naar 150 euro per ton, dan ziet men dat de reductie stijgt naar 5,8% in 2030 en 7,2% in 2040. De reductie volgt eenzelfde patroon doorheen de tijd. De hogere prijs zet de sector aan om te focussen op de CO<sub>2</sub> uitstoot. Doorrekening van de bijdrage in de transportprijs wordt met andere woorden moeizamer.



Figuur 8: Reductiepotentieel koolstofbijdrage

De bovenstaande reducties zijn voor 2030 zijn groter bij een CO<sub>2</sub>-bijdrage, dan bij een internalisatie van alle externe kosten. Dit komt omdat met deze maatregel op interne kost en CO<sub>2</sub>-uitstoot geoptimaliseerd wordt, waardoor de prestaties en dus reducties daarop afgerekend worden. Bij een



internalisatie van alle externe kosten speelt de congestie kost een belangrijke rol en vinden er meer voertuigkilometers (en uitstoot) plaats om congestie te vermijden.

Het effect op luchtvervuiling is positief en in grootorde (met respectievelijk 1% voor 45 €/ton CO<sub>2</sub>, 3% voor 100 €/ton CO<sub>2</sub> en 5,8% voor 150 €/ton CO<sub>2</sub>) zeer gelijklopend aan de reducties in CO<sub>2</sub>-uitstoot.

Een Europese invoering van deze maatregel is wenselijk. Daarnaast is het belangrijk dat de maatregel gebied dekkend wordt ingevoerd voor alle modi. Het zet de sector ook aan om de vloot versneld te vernieuwen, te vergroenen en duurzamere aandrijvingstechnologieën te gebruiken (zie fiche elektrificatie). De huidige kilometerheffing zorgt dat de technologie en infrastructuur voor een invoering reeds aanwezig is. Gemakkelijker nog kan de invoering georganiseerd worden via de bestaande brandstofbijdrage.

Actoren:

Deze maatregel kan in principe door de regionale overheid genomen worden. Het is echter wenselijk dat er voorafgaand afstemming is met de logistieke sector en de lokale overheden. Meer nog, in theorie wordt een bijdrage het best vanuit het Europese niveau ingevoerd.

Inhoud
Invoering van een CO <sub>2</sub> -bijdrage van respectievelijk 45 euro per ton, 100 euro per ton en 150 euro per ton
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
1,1% t.o.v. BAU in 2030 voor 45€/ton; 3,1% t.o.v. BAU in 2030 voor 100€/ton en 5,8% t.o.v. BAU in 2030 voor 150€/ton 1,8% t.o.v. BAU in 2040 voor 45€/ton; 8% t.o.v. BAU in 2040 voor 100€/ton en 9,3% t.o.v. BAU in 2040 voor 150€/ton
Luchtvervuiling reductiepotentieel
1% t.o.v. BAU in 2030 voor 45€/ton; 3% t.o.v. BAU in 2030 voor 100€/ton en 5,8% t.o.v. BAU in 2030 voor 150€/ton 1,8% t.o.v. BAU in 2040 voor 45€/ton; 8% t.o.v. BAU in 2040 voor 100€/ton en 9,3% t.o.v. BAU in 2040 voor 150€/ton
Beleidsniveau
Uniformiteit en draagvlak is belangrijk dus best groot geografisch gebied: best EU, Voor Belgische of Vlaamse toepassing is er risico op omrijkilometers en stijgend uitstoot buiten onderzoeksgebied

Samenvatting:

### 1.3 Ecodriving

De chauffeur zelf kan ook voor significante emissie reducties zorgen. 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. In de literatuur varieert de besparing tussen 4% en 40% (Yuan et al., 2022). Op basis van wetenschappelijke consensus wordt het reductiepotentieel in programma's zoals Lean & Green ingeschat op 10% van de CO<sub>2</sub>-uitstoot. Bij gekoeld transport kan ook bewustwording en gedragsverandering bij het open laten van de laadruimte voor significante reducties zorgen.

Actoren:

Deze maatregel heeft enkel betrekking op de chauffeurs. De regionale overheid kan een cursus eco-driving wel stimuleren of verplichten. Transport bedrijven kunnen hun chauffeurs monitoren

– bijvoorbeeld op brandstofgebruik per kilometer – en aan deze prestaties cursussen of premies verbinden.

Samenvatting:

<b>Inhoud</b>
Eco-driving
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
10% t.o.v. BAU in 2030
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
10% t.o.v. BAU in 2030
<b>Beleidsniveau</b>
Regionale overheid kan eco-driving cursus verplichten of stimuleren.

#### 1.4 Kilometerheffing

Het goederenvervoer in België kent al een kilometerheffing voor het zware wegvervoer (> 3,5 ton). De gehanteerde tarieven zijn verschillend voor de drie gewesten. De huidige heffing houdt reeds rekening met de EURO norm en het laadvermogen van het voertuig. Zo integreert de heffing reeds twee variabelen die een impact hebben op de externe kosten van transport en in mindere mate op de CO<sub>2</sub>-uitstoot.

De invoering van de heffing ging niet gepaard met reducties in gereden kilometers. De extra kost door de heffing werd gewoon doorgerekend. De heffing heeft wel voor een versnelde verduurzaming van de voertuigvloot gezorgd (Viapass).

De huidige kilometerheffing heeft een aantal belangrijke beperkingen:

1. ze neemt bestelwagens (<3.5 ton) niet mee.
2. ze is niet gebied dekkend in Vlaanderen en Wallonië. Daar worden enkel de hoofdwegen getarifeerd.
3. ze vertegenwoordigt geen volledige internalisatie van de externe kosten.
4. ze maakt geen onderscheid naar het moment waarop gereden wordt.

Voor een verduurzaming van het goederenvervoer dient de huidige kilometerheffing aangepast te worden. In de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) werden 9 verschillende heffingen geanalyseerd. Alle scenario's vertrekken vanuit het idee van een internalisatie van de externe kosten. Er zijn variaties gemaakt in gebied en modi waarop de heffing van toepassing is. Daarnaast worden variaties meegenomen in de monetaire waarde die aan congestie toegekend wordt en worden de huidige accijnzen al dan niet reeds als een internalisatie beschouwd. Onderstaande tabel geeft het overzicht van de samenstelling van de scenario's.

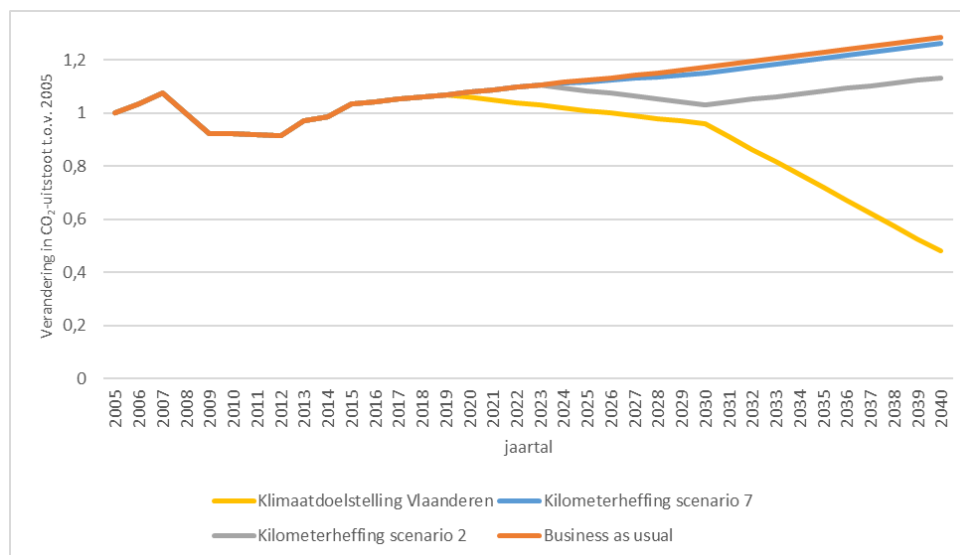
**Tabel 1: kilometerheffing scenario's.**

Scenario	Klimaatkost	km-heffing personen	spoor en binnenvaart	gebied	Congestie	Accijnzen / heffingen
1	inclusief	inclusief	exclusief	België	1	geen internalisatie
2	inclusief	inclusief	inclusief	België	1	geen internalisatie
3	inclusief	inclusief	exclusief	Europa	1	geen internalisatie
4	exclusief	inclusief	inclusief	Europa	2	wel internalisatie
5	exclusief	inclusief	inclusief	Europa	3	wel internalisatie
6	exclusief	inclusief	exclusief	Europa	3	wel internalisatie
7	exclusief	inclusief	exclusief	Europa	3	wel internalisatie
8	exclusief	inclusief	exclusief	België	3	wel internalisatie
9	Uitbreiding bestaande km-heffing naar alle wegen en bestelwagens					

De externe kost voor congestie is het hoogst, in vergelijking met de andere externe kosten parameters. De congestie kost op het snelwegennet is relatief hoger dan op de congestie kost voor het lokaal wegennet. Dit heeft als gevolg dat bij een invoering van een kilometerheffing op basis van externe kosten, zwaar vrachtvervoer naar het onderliggend wegennet geduwd wordt. Dit is niet wenselijk. Vandaar zijn er kostenneutrale correcties toegepast (Congestie '2' en '3' in de tabel), om dit effect tegen te gaan. Scenario 4, 6 en 8 hebben enkel doorrekenings-doeleinden en worden bijgevolg niet opgenomen in de rapportering. Voor een gedetailleerde beschrijving van de gehanteerde kosten wordt doorverwezen naar de Roadmap studie (van Lier et al., 2019).

**Tabel 2: Reductiepotentieel kilometerheffing voor goederenvervoer**

Scenario	1	2	3	5	7	9
CO <sub>2</sub> reductie t.o.v. business as usual 2030 in Vlaanderen	-11,7%	-11,9%	-0,1%	+2% (-1,2%)	+1,3 (-1,9%)	-1,5%


**Figuur 9: reductiepotentieel kilometerheffing scenario 2 en scenario 7**

Uit bovenstaande resultaten kunnen we concluderen dat:

- de invoering van een gebied dekkende heffing voor alle (goederenvervoers)modi wenselijk is om de uitstoot van CO<sub>2</sub> te reduceren. Het zet de sector ook aan om de vloot versneld te vernieuwen, te vergroenen en duurzamere aandrijvingstechnologieën te gebruiken (zie fiche elektrificatie).

- Invoering van een heffing op Belgisch niveau voor een lokale reductie zorgt (scenario 1 en 2). De doorrekeningen met het Strategisch Vrachtmodel Vlaanderen tonen voor deze scenario's op Europese schaal, door omrij-kilometers, een verhoging van de CO<sub>2</sub>-uitstoot (van Lier et al., 2019). Om dergelijke perverse effecten te vermijden, wordt een heffing best op Europese schaal ingevoerd.
- Doordat er niet (louter) op CO<sub>2</sub> geoptimaliseerd wordt, maar ook op de andere externe kosten, resulteert de kilometerheffing maatregel in beperktere reducties dan de CO<sub>2</sub> bijdrage. Bovendien duwt de gecorrigeerde congestie kost, de voertuigen naar het hogere wegennet, met iets langere voertuigkilometers tot gevolg. Beide samen resulteren in een lichte stijging van de CO<sub>2</sub> uitstoot (scenario 5 en 7). In combinatie met de koolstofbijdrage (zie cijfers tussen haakjes voor scenario 5 en 7) worden wel CO<sub>2</sub> reducties waargenomen.

De impact van een kilometerheffing is complex. In de roadmap kan waargenomen worden dat de invoering van de kilometerheffing zelf tot relatief beperkte reducties leidt. Echter kan eveneens vastgesteld worden dat wanneer de maatregel ingevoerd wordt wanneer er emissievrije goederenvoertuigen hun intrede doen, de inzet van deze voertuigen gestimuleerd wordt. Met een versterkte reductie in emissies tot gevolg.

De complexiteit heeft eveneens tot gevolg dat variaties in een heffing doorrekenen met het excel model niet wenselijk is, gezien het model niet in staat is om de onderliggende relaties in het transport systeem te capteren.

Het effect op luchtvervuiling is vergelijkbaar als deze voor CO<sub>2</sub>. Hetzelfde geldt hier als bij CO<sub>2</sub> dat er niet geoptimaliseerd wordt enkel hierop, maar vooral op congestie.

Er zijn bij kennis van de auteurs geen impact analyses van een internalisatie van externe kosten voor goederenvervoer naar tijdsperspectief 2035, 2040 en 2050. Daardoor (en door bovenvermelde complexiteit) kan er geen onderbouwde inschatting gegeven worden in dit rapport. Er wordt daarom geopteerd om enkel de cijfers van de Roadmap te rapporteren, gezien deze rekening houdt met de onderliggende relaties (gereden kilometers, versnelde vloot vernieuwing, etc.). Wel is het zo dat het reductiepotentieel van de maatregelen langzaam uitdooft na invoering. Eens vermijdingsgedrag en het effect op de modal split heeft plaatsgevonden, zullen er daar geen significante reducties meer gerealiseerd kunnen worden. De heffing heeft ook een effect op de aankoop van voertuigen en hun gebruik. Daar zal de maatregel zeer effectief zijn voor de overgang naar emissievrije voertuigen. Eens deze ruim aangekocht en ingezet worden, zullen ook hier door de kilometerheffing geen verdere reducties meer gemaakt worden.

#### Actoren:

Deze maatregel kan in principe door de regionale overheid genomen worden. Het is echter wenselijk dat er voorafgaand afstemming is met de logistieke sector en de lokale overheden. Meer nog, een kilometerheffing wordt het best vanuit het Europese niveau ingevoerd.

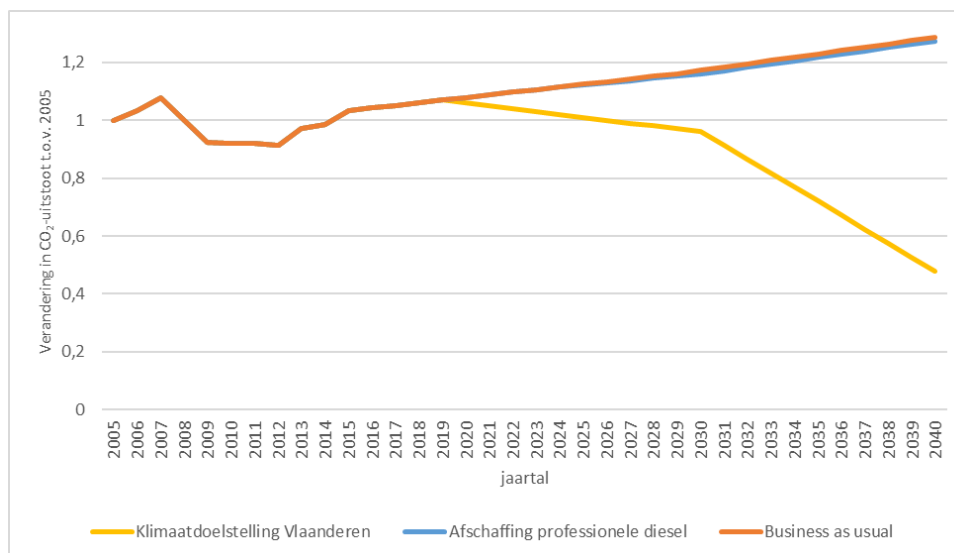


Samenvatting:

Inhoud
Invoering van een kilometerheffing volgens scenario 7 (van Lier et al., 2019)
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
11,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2; 1,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 7 12,7% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2; 2,7% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 7
Luchtvervuiling reductiepotentieel
11,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2; 1,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 7 12,7% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2; 2,7% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 7
Beleidsniveau
Deze maatregel kan regionaal ingevoerd worden, maar het is wenselijk om dit op nationale schaal of zelfs Europees niveau in te voeren.

### 1.5 Afschaffing professionele diesel

Deze maatregel omvat een aanpassing van de fiscaliteit in het wegvervoer door het afschaffen van de professionele diesel voor het goederenvervoer. Momenteel kunnen professionele dieselgebruikers (zoals transportbedrijven, taxibedrijven e.d.) een gedeelte van de bijzondere accijns terugkrijgen van de overheid. In 2023 bedraagt deze teruggave € 205,0665 per 1.000 liter diesel, o.a. toepasselijk voor zware vrachtwagens (MTM > 7,5 ton). Zowel Belgische als transporteurs van andere EU lidstaten krijgen deze teruggave. Een financiële vertaling per kilometer van de afschaffing van deze fiscale gunstmaatregel is niet zo eenvoudig, aangezien het brandstofverbruik per kilometer en per voertuigtype niet constant is. In grootorde komt de afschaffing neer op een stijging van de afstandskosten voor het wegvervoer met 10%.



Figuur 10: reductiepotentieel afschaffing professionele diesel

De beperkte daling in de CO<sub>2</sub>-uitstoot met een half procent is het gevolg van een kleine modale verschuiving en daling in voertuigkilometers over de weg door de prijsverhoging. In het kader van een opdracht ter voorbereiding van het Vlaams Klimaatplan heeft TML eveneens een inperking van het systeem van professionele diesel geëvalueerd. Daaruit bleek het effect op de transportvraag, gezien de prijsinelasticiteit van vrachtvervoer, zeer beperkt (grootteorde 1%). Het effect op luchtvervuiling is verwaarloosbaar positief.

Een afschaffing van de fiscale voordelen voor professionele diesel heeft wel een significant effect de Belgische en Vlaamse broeikasgasinventaris en dus op het behalen van de broeikasgasdoelstellingen door het afbouwen van de discrepantie tussen in België getankte brandstof en gereden kilometers. De fiscale regeling zorgt immers voor een aanzienlijk relatief prijsvoordeel voor de aankoop van diesel in België ten opzichte van de buurlanden. Het zorgt voor een hogere brandstofverkoop en bijhorend tanktoerisme. Er wordt hierdoor meer brandstof getankt dan noodzakelijk om de kilometers in België te rijden. Een gedeelte van de in België getankte diesel wordt dus bijgevolg uitgestoten in het buitenland maar komt toch op de Belgische emissie-inventaris. Voor de klimaatrapportage maken de lidstaten verplicht gebruik van de brandstofverkoop cijfers. De afschaffing reduceert de brandstof verkoop met **7%** (van Lier et al., 2019).

Maar om de klimaatdoelstellingen te halen, werkt België samen met andere EU-lidstaten, i.o.v. de Europese Commissie, om de steun aan fossiele brandstoffen geleidelijk uit te faseren. Een stapsgewijze afbouw van de vergoeding lijkt daarbij wenselijk en de meest haalbare optie. TML adviseert om de professionele dieselaccijns te verlagen naar het Franse niveau van € 452 per 1000 liter, wat vergelijkbaar is met het gemiddelde accijnsniveau van onze buurlanden. Dit zou de terugbetaling terugbrengen tot € 150 per 1000 liter, wat neerkomt op een vermindering van bijna € 100 per 1000 liter, wat op zijn beurt een vermindering van -2,5 tot -3% in voertuigkilometers op de Belgische wegen zou kunnen betekenen. Als de terugbetaling van de accijnzen volledig wordt onderdrukt, zou dit zelfs kunnen leiden tot een vermindering van -5% in voertuigkilometers. Een hervorming, waarbij de korting wordt verlaagd op € 150 per 1000 liter, zou naar schatting een inkomstenstijging van ongeveer 341 miljoen euro opleveren zonder gedragshervorming, en 151 miljoen euro met gedragsverandering. In geval van volledige onderdrukking van de accijnzen zou de overheid in 2020 zelfs 981 miljoen euro kunnen besparen. Het gedrag van de vrachtvervoerders kan echter veranderen omdat de brandstof in België niet meer de goedkoopste zou zijn, waardoor de werkelijke winst lager zou kunnen uitvallen

Actoren:

Federale overheid.

Samenvatting:

Inhoud
Afschaffing professionele diesel
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
1% t.o.v. BAU in 2030; 1% t.o.v. BAU in 2040
Luchtvervuiling reductiepotentieel
1% t.o.v. BAU in 2030; 1% t.o.v. BAU in 2040
Beleidsniveau
Deze maatregel dient op federaal niveau ingevoerd te worden.

## 4.2 Vermijden

Het goederenvervoer wordt verwacht te groeien met 7,1% in tonkilometers tussen 2019 en 2030, en van 20,2% tegen 2040 (t.o.v. 2019). De basis voor de analyses is de roadmap studie en die vertrekt van een stijging in de transportvraag met 19% tussen 2013 en 2030.

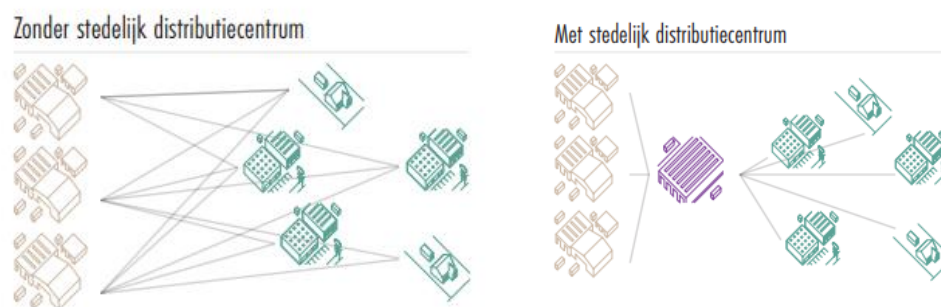
Deze groei vereist grotere inspanningen om tot uitstoot reducties te komen. Een beste manier is om de reductie in te zetten van bij de bron – zijnde de vraag om goederen te vervoeren. Elke vermindering in vraag – hetzij door het reduceren van te transporteren volume, hetzij door het reduceren van de transport afstand – heeft een rechtstreekse reductie in CO<sub>2</sub>-emissies tot gevolg. Daarenboven – en in tegenstelling tot bijvoorbeeld vergroeningsmaatregelen (elektrificatie, etc.) hebben vermijdingsmaatregelen ook een rechtstreekse reductie voor de andere externaliteiten tot gevolg. De inzet op de transportvraag mikt op een systeemverandering waarbij er transport 'ontkoppeld' wordt van economische groei. Hiervoor dient er:

- Ingezet te worden op consolidatie
- Ingezet te worden op circulaire economie
- Ingezet te worden op een ruimtelijke planning waarbij transportafstanden geminimaliseerd worden.

Het ingrijpen op de transportvraag en economische processen maakt dat deze maatregelen moeilijker te kwantificeren zijn dan de andere V's. De huidige studies en toepassingen zijn uitsluitend gericht op (sub)segmenten van het goederenvervoer, waardoor het (nog) niet mogelijk is om een onderbouwde inschatting te kunnen maken van het reductiepotentieel voor het gehele goederenvervoer. Dat neemt niet weg dat net 'Vermijden' een essentieel onderdeel vormt van de verduurzaming van het goederenvervoer waar de overheid – net als alle stakeholders – een rol in te spelen heeft.

## 2.1 Stedelijke consolidatie centra

Consolidatie is een vormt een essentieel onderdeel van de logistieke keten. Het laat toe transporten te bundelen, van transport modus te veranderen, eventueel aan stockage te doen en toegevoegde waarde te creëren. Consolidatie gebeurt al op bedrijfsniveau – door retailers en logistieke dienstverleners of gespecialiseerde partijen die de logistieke- en consolidatieactiviteit op zich nemen. Consolidatie tussen verschillende retailers en/of logistieke dienstverleners vormt de grote uitdaging omdat daar informatie, systemen en kosten en baten gedeeld moeten worden. Het potentieel is echter groot, met een huidige gemiddelde beladingsgraad van wegvoertuigen tussen 33 en 45% (eigen berekening o.b.v. Eurostat, COPERT & van Essen et al., 2019).



*Figuur 11: Stedelijk consolidatie centrum*

De nadruk in onderzoek en praktijk inzake consolidatie centra ligt in steden. In steden zijn 10 tot 20% van alle voertuigen goederenvervoertuigen (Lebeau et al., 2014). Naar schatting zijn goederenvervoertuigen in steden verantwoordelijk voor ongeveer een kwart van de CO<sub>2</sub>-uitstoot door transport. Voor fijnstof en stikstofoxiden loopt dit percentage zelfs op tot een derde (Lebeau et al., 2014). De last mile levering in Vlaamse steden kan een stuk efficiënter verlopen door het consolideren van goederenstromen in en uit de stad via stedelijke consolidatie centra aan de rand van de stad of een netwerk van microhubs in de stad. Er bestaan veel voorbeelden, ook in België.

- CULT in Antwerpen
- Brussels Construction Consolidation Center
- Gent Levert



De meeste stedelijke consolidatiecentra zetten in op één bepaald type goederen. De meeste van deze centra worden privaat beheerd, maar krijgen zeker in het begin meestal een steun van de lokale overheid. Soms worden ook lokale voordelen (bijvoorbeeld rond toegang) verbonden aan het gebruik van het stedelijk consolidatiecentrum. Dit is dan vaak gekoppeld aan voorwaarden die verbonden zijn aan de operaties van het consolidatiecentrum; bijvoorbeeld inzet van cargofietsen en/of emissievrije voertuigen. De locatie van het consolidatiecentrum is heel belangrijk, waarbij bereikbaarheid voor aanvoer mee in rekening gebracht moet worden.

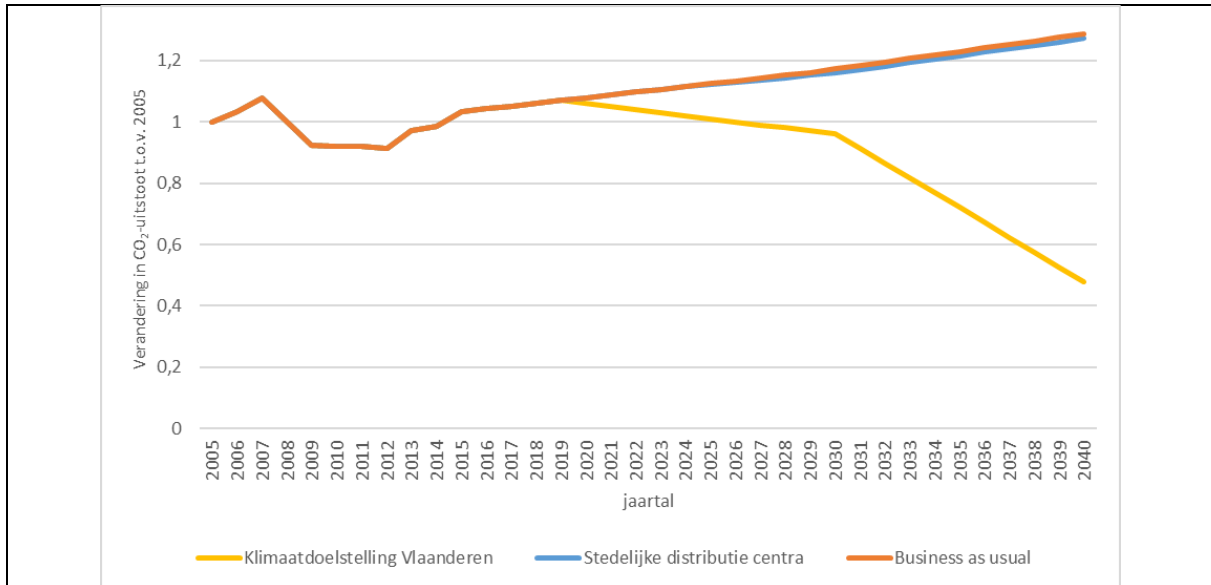
In het VIL project R!sult werd het gebruik van stedelijke consolidatie centra onderzocht voor pakjesleveringen. Met uitzondering van de stad Antwerpen is één centrum per stad voldoende om de gehele stad van pakjes te bevoorraden. Een netwerk van microhubs heeft een hogere operationele kost, maar laat beter toe om cargofietsen te gebruiken.

Bundelen kan op verschillende manieren. Verzenders, logistieke dienstverleners, lokale handelaars kunnen onderling gaan samenwerken (horizontaal en/of verticaal) en zo beladingsgraden optimaliseren. Een andere optie is om een overslagpunt toe te voegen aan supply chains van en naar stedelijk gebied.

De impact verschilt sterk tussen de verschillende initiatieven, afhankelijk van de mate waarin er gebundeld kan worden en de inzet van duurzame voertuigen. We zien uitstoot reducties tussen **30% en 90%**. Dit zijn reducties voor de stromen die onder de scope vallen van het consolidatiecentrum. In de roadmap studie werd de theoretisch maximale reductie ingeschat door ervan uit te gaan dat alle stromen met een bestemming in een Vlaamse centrum stad via een consolidatiecentrum moeten lopen. Voor bevoorrading van supermarkten is dit bijvoorbeeld in realiteit niet wenselijk. Dat maakt dat het reductiepotentieel van deze maatregel op Vlaams en Belgisch niveau relatief beperkt blijft (**1,1%**). Lokaal is de impact groot.

Het effect op luchtvervuiling is rechtstreeks evenredig aan het aantal uitgespaarde voertuigkilometers.

Overheden zetten stappen richting emissievrij goederenvervoer op hun grondgebied. Dit onder de ambities vanuit Europa en Vlaanderen (White paper transport spreekt al in 2011 van emissievrije stedelijke distributie tegen 2030 en het Vlaams Regeerakkoord spreekt over emissievrije stedelijke distributie vanaf 2025). Anderzijds zien we ook een groeiende maatschappelijke druk en bewustwording van de impact van wegvervoer in steden. Dit zorgt ervoor dat de grote reductieslag van deze maatregel vermoedelijk voor en rond 2030 zal liggen. De verwachting is dat er daarna geen noemenswaardige emissiereducties meer zullen zijn in steden, maar wel in meer rurale gebieden en in de productie van de energie waarop de emissievrije voertuigen rijden.



Figuur 12: Reductiepotentieel stedelijk consolidatie centrum

**Actoren:**

Voor een stedelijk consolidatiecentrum worden best logistieke dienstverleners, lokale overheid en lokale handel betrokken.

**Samenvatting:**

Inhoud	
Stedelijke consolidatie centra voor alle stromen die de Vlaamse centrumsteden in moeten	
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel	
1,1% t.o.v. BAU in 2030; 1,1% t.o.v. BAU in 2040	
Luchtvervuiling reductiepotentieel	
1,1% t.o.v. BAU in 2030; 1,1% t.o.v. BAU in 2040	
Beleidsniveau	
Stedelijke consolidatie centra kunnen initieel overheidssteuning gebruiken. Momenteel komt deze vaak van lokale overheden.	

**2.2 Circulaire economie**

De circulaire economie gaat uit van gesloten materiaalkringlopen. 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. Dan kunnen kilometers uitgespaard worden in de vaak globale productie en aanleveringsketen. Ook in het transport verbonden aan het levenseinde van een product (afbraak, verbranding, stort) kunnen kilometers en gerelateerde externaliteiten bespaard worden. Een onderbouwde inschatting van deze reducties is er nog niet bij kennis van de auteurs van dit rapport.

Een circulaire economie vereist een systeemverandering, en onderzoek focust zich momenteel vooral daarop, net als op hergebruik mogelijkheden. Het is ook de fase waarin circulaire economie zich momenteel bevindt, namelijk de uitwerking van demonstraties en zeer specifieke cases



(Lemiski & van Amstel, 2023). Een voorbeeld is het hergebruik van tegels van de Brusselse WTC torens in andere Brusselse werven via het Brussels Construction Consolidation Center.

Een voorbeeld dat voor velen niet onder circulaire economie valt, maar wel een inschatting kan maken van het mogelijke reductiepotentieel van circulaire economie op transport-gerelateerde externaliteiten is het hergebruik van laadeenheden (zoals pallets en containers) en de transportbewegingen die nodig zijn om hergebruik mogelijk te maken. Lege containers of pallets dienen bewaard, geconsolideerd, soms gereinigd te worden, vooraleer ze getransporteerd worden naar de locatie van hergebruik. Hergebruik en optimalisatie van hun gerelateerde transportstromen leidt in voorbeelden tot reducties van **25% tot 35%** in CO<sub>2</sub> uitstoot (Zhao et al., 2018). Het effect op luchtvervuiling is rechtstreeks evenredig aan het aantal uitgespaarde voertuigkilometers.

Zonder realisatie van een systeemverandering zal de daadwerkelijke impact van deze maatregel echter beperkt blijven tot deze van de specifieke cases.

Actoren:

Deze maatregel vereist de samenwerking van alle actoren in de transport keten.

Samenvatting:

Inhoud
Circulaire economie
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
Er bestaan nog geen inschattingen. Op basis van hergebruik van laadeenheden kan een reductiepotentieel van 25% tot 35% bekomen worden tegen 2030 ten opzichte van BAU.
Luchtvervuiling reductiepotentieel
Er bestaan nog geen inschattingen. Op basis van hergebruik van laadeenheden kan een reductiepotentieel van 25% tot 35% bekomen worden tegen 2030 ten opzichte van BAU.
Beleidsniveau
Regionale overheid kan circulaire ketens stimuleren.

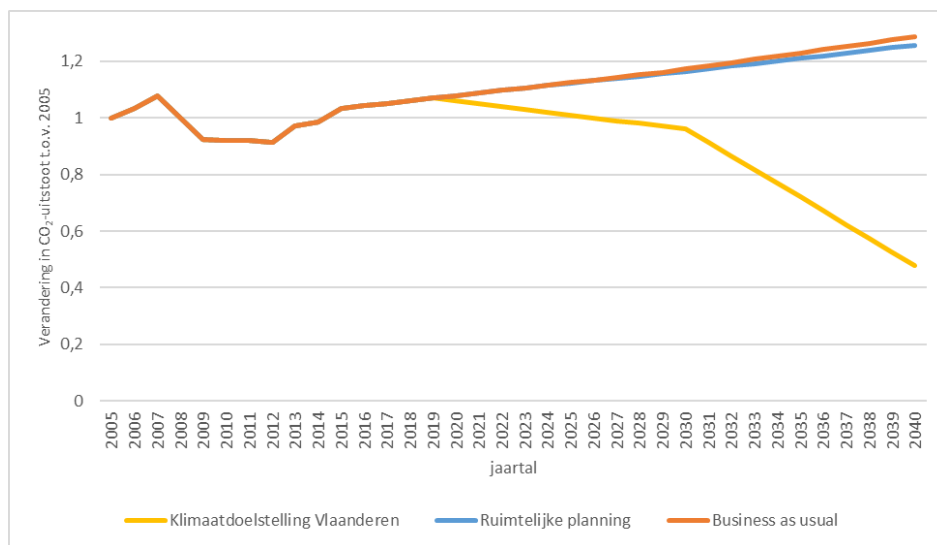
### 2.3 Ruimtelijke planning

Goederentransport is per definitie het resultaat van ruimtelijke planning aangezien de locatie van productie en consumptie niet gelijk zijn. Een sterke versnippering verspreiding van functies zorgen voor grotere afstanden in woon-werkverkeer en goederentransport. Op gewestelijke schaal kan strategische ruimtelijke planning wel degelijk een verschil maken. Het gaat dan voornamelijk over de verdere uitbouw van clusters aan bedrijvigheid en logistieke activiteit, en dit langs internationale (zeehavens en luchthavens) en regionale logistieke knooppunten. Deze laatste liggen op strategische, multimodaal ontsloten locaties. De maatregel is conform de visie van het beleidsplan Ruimte Vlaanderen (BRV) inzake verdichting en verweving van functies. Ingrijpen in de ruimtelijke planning heeft een langdurig effect. Tegelijkertijd is het clusteren van bedrijvigheid en logistieke activiteit een traag proces, aangezien distributie centra en productie eenheden niet zomaar

opgegeven of verplaatst worden. De maatregel heeft een invloed op productie en attractie van goederenvervoerstromen, en zodoende op de transportvraag.

Vlaanderen is een logistieke hotspot in Europa. De huidige Vlaamse logistieke activiteit is echter sterk verspreid. Een voordeel van herlocalisatie is dat het een modal shift naar binnenvaart en spoor kan bevorderen. In Vlaanderen is ook het havenbeleid zeer relevant indien er sterk wordt ingezet op concentratie van bedrijvigheid in logistieke knooppunten.

Wanneer de huidige transportinfrastructuur uitgebreid wordt met bestaande en geplande multimodale overslagpunten en wanneer de industriële tewerkstelling met 10% verhoogd wordt binnen de internationale logistieke knooppunten en regionale logistieke knooppunten (type 1 en 3, conform de definitie in Beleidsplan Ruimte Vlaanderen), dan wordt een CO<sub>2</sub> reductie van 0,7% verwezenlijkt ten opzichte van business as usual in 2030. De 10% werd vastgelegd in overleg met de Vlaamse administraties voor ruimtelijk planning, milieu en mobiliteit, en is in lijn met hun beleidsambities. Noteer dat deze verschuiving van industriële tewerkstelling ter omvang van 10% van de huidige tewerkstelling in de knooppunten, overeenkomt met een daling in industriële tewerkstelling met ongeveer 20% daalt in het resterende Vlaamse grondgebied. Bovenstaande gaat uit van een realisatie van bovenstaande tegen 2030. Dit is weinig realistisch. De kans is daarom groot dat het reductiepotentieel voor 2030 in de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) overschat wordt. Tegelijk zal de impact van deze maatregel er bij invoering weldegelijk zijn, weliswaar tegen een latere jaar. De berekening die uitgevoerd werd voor deze studie toont immers aan dat tegen 2040 een grotere reductie van 2,3% verwacht kan worden.



*Figuur 13: Reductiepotentieel ruimtelijke planning*

Het effect van deze ruimtelijke planning maatregel op de luchtvervuiling is moeilijk in te schatten. Uit de modellering komt naar voren dat er nauwelijks een modale verschuiving plaatsvindt door de maatregel. De interactie van de maatregel met het al dan niet versneld in gebruik nemen van emissievrije voertuigen – bijvoorbeeld door efficiëntere investeringen in laadinfrastructuur – kunnen niet gekwantificeerd worden met het model. Kwalitatief kan wel aangenomen worden dat door de ruimtelijke concentratie van logistieke activiteit, de transport-gerelateerde luchtvervuiling in de knooppunten zal stijgen, terwijl de belasting op het buitengebied zal verminderen.

Naast verschuiven van bestaande tewerkstelling is er natuurlijk de mogelijkheid om nieuwe logistieke activiteit aan te trekken en te clusteren. Een voorbeeld hiervan is het aantrekken van distributiecentra voor e-commerce. Zonder in te gaan over de tewerkstellingskwaliteit, zorgt een nabij gelegen distributiecentrum voor beperktere aanrijkilometers voor de bestelwagens die de

last-mile levering uitvoeren. Dit maakt een verschil tot 50% in CO<sub>2</sub> uitstoot voor deze last-mile stromen.

Ook op lokaal niveau kan de invulling van de ruimte een faciliterende factor zijn voor het reduceren van de uitstoot van goederenvervoer. Parkeerbeleid, toegang (lage-emissiezones, voertuigluwe- en voetgangerszones), uitbouwen van fietsinfrastructuur en toelaten van microhubs en pakketautomaten in het stadscentrum zijn maatregelen die lokale overheden kunnen invoeren, die consolidatie, een modal shift en het gebruik van emissievrije voertuigen bevorderen.

Actoren:

Alle actoren – verzenders, ontvangers, logistieke dienstverleners, lokaal en regionaal beleid – dienen betrokken te worden, zodat een consistent, duidelijk en door flankerende maatregelen ondersteund ruimtelijk planningsbeleid kan gerealiseerd worden.

Samenvatting:

Inhoud
Verplaatsing van industriële tewerkstelling naar regionale logistieke knooppunten (type 1 en 3, conform de definitie in Beleidsplan Ruimte Vlaanderen)
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
0,7% t.o.v. BAU in 2030 en 2,3% t.o.v. BAU in 2040
Luchtvervuiling reductiepotentieel
0,7% t.o.v. BAU in 2030 en 2,3% t.o.v. BAU in 2040. Noteer wel dat er deze reducties ongelijk verdeeld zijn over het grondgebied
Beleidsniveau
Regionale overheid

### 4.3 Verschuiven

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). Binnenvaart en spoorvervoer hebben het voordeel dat ze meer goederen kunnen vervoeren dan een vrachtwagen, wat schaalvoordelen oplevert. De overslag op het binnenschip of het spoor brengt echter wel extra kosten met zich mee. Er moet een bepaalde afstand worden afgelegd voordat deze modi goedkoper worden dan het wegvervoer. De externe kosten per tonkilometer liggen lager voor het spoor t.o.v. de binnenvaart en die van binnenvaart liggen lager t.o.v. het wegvervoer. Ook cargofietsen zijn een duurzame optie voor leveren van goederen, met name voor kleinere afstanden en ladingen tot 350 kilogram.

Verder kan er ook een verschuiving gebeuren in tijd en ruimte. Er kan een verschuiving plaatsvinden van dag- naar nachtleveringen. Dit is afhankelijk van de mate waarin het dagtransport met congestie wordt geconfronteerd, want de veroorzaakte externaliteiten moeten lager liggen. Een verschuiving in de ruimte is bv. de investering in infrastructuur voor multimodale modi i.p.v. infrastructuur voor wegtransport. Het is echter belangrijk op te merken dat alleen weg-, binnenvaart- en spoorvervoer in het huidige model zijn opgenomen. Hiervoor dient er:

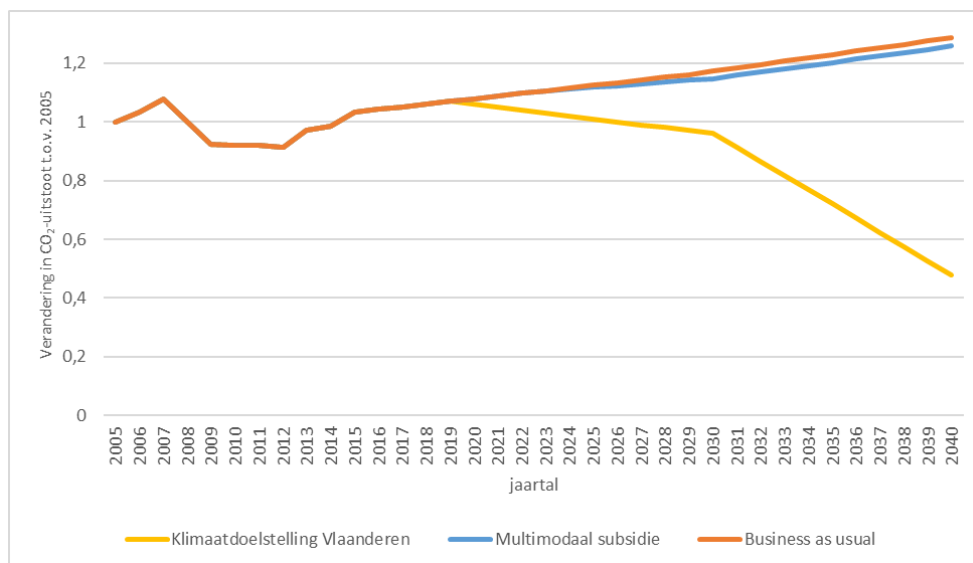
- Ingezet te worden op subsidies voor multimodaal transport
- Ingezet te worden op multimodale infrastructuur
- Ingezet te worden op cargofietsen
- Ingezet te worden op dal- en nachturen



### 3.1 Subsidies multimodaal

Multimodaal transport wordt omwille van bovenstaand vermelde voordelen reeds ondersteund door de overheid. De overheid investeert enerzijds als infrastructuur beheerder in het onderhoud en de verdere uitbouw van de transport infrastructuur. Anderzijds schrijft de overheid ook subsidies uit ter ondersteuning van transport, waaronder subsidies ter bevordering van een modale verschuiving naar spoor en/of binnenvaart. Deze financiële ondersteuning is telkens afhankelijk van een aantal voorwaarden en beperkingen. Binnenvaart is een regionale bevoegdheid in België, spoorvervoer is een federale bevoegdheid. Vertrekkende van de subsidie samenstelling in 2018 (Roadmap studie) wordt de assumptie genomen dat de subsidies opgehoogd worden tot het Europese maximum van 30% van de transport kost.

De impact hiervan is relatief beperkt tot reducties van 2,1% tegen 2030 en 2,2 tegen 2040, dit omwille van de inherent lage kruiselasticiteiten tussen de verschillende modi. Dat is ook zichtbaar in historische modal split data. Regionaal en Europees beleid over goederenvervoer focust al twee decennia op de modale verschuiving van goederen naar binnenvaart en spoor om tot een duurzamer goederenvervoer te komen. Dit heeft echter niet geleid tot grote veranderingen in de modale verdeling in Europa en België. Daarnaast is het wegvervoer 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.



Figuur 14: Reductiepotentieel Subsidie multimodaal vervoer

Dankzij de maatregel vindt er een modale verschuiving plaats (spoor 10,8% => 11,4%; binnenvaart 12,3% => 15,7%). De binnenvaart sector werkt voornamelijk met schepen met verouderde diesel motoren. Inzake luchtvervuiling scoren deze schepen minder goed dan een euro-6 vrachtwagen. Daarom is het effect van deze maatregel op de luchtkwaliteit – zonder ingrijpende vloot verbeteringen in de binnenvaart – negatief.

Er is in de analyse geen onderscheid gemaakt naar type van goederen en laadeenheid maar sommige goederen (zoals bouwmaterialen) en laadeenheden (zoals containers en bulkgoederen) verlenen zich beter tot een modale verschuiving dan andere goederen (Mommens, 2019).

Actoren:

Regionale, federale en Europese overheid voor de subsidie regeling en handhaving. Logistieke dienstverleners voor de aanvraag, implementatie en idealiter ook vergroening.

Samenvatting:

Inhoud
Subsidie voor binnenvaart en spoorvervoer tot Europees maximum (30% van transport kost)
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
2,1% t.o.v. BAU in 2030 en 2,2% t.o.v. BAU in 2040
Luchtvervuiling reductiepotentieel
0,5% t.o.v. BAU in 2030 en 0,6% t.o.v. BAU in 2040.
Beleidsniveau
Regionale overheid voor binnenvaart en federale overheid voor spoor

### 3.2 Infrastructuur multimodaal

Om bereikbaarheid te optimaliseren, en reisafstanden en congestie te kunnen minimaliseren is een goed transportnetwerk nodig. Vlaanderen beschikt over een dicht netwerk voor wat wegverkeer betreft, maar ook de bevaarbare waterwegen en het spoornetwerk is relatief sterk uitgebouwd. Toch zijn deze laatste twee minder dicht, en vormen missing links en bottlenecks een groter probleem dan bij het wegvervoer. In deze maatregel wordt de realisatie van de geplande infrastructuurwerken geanalyseerd. De realisatie van infrastructuurwerken vraagt enorme investeringen. Deze zijn onderwerp van lange termijnplanning. Gezien deze deel uit maken van het Europese TENT netwerk kunnen de hieraan gebonden EU subsidiemogelijkheden (tot 40-50%) maximaal worden benut. 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., 2016).

Voor binnenvaart wordt vertrokken van de geplande infrastructuraanpassingen gegeven in het Masterplan 2020. Deze komen overeen met een investering van 3 miljard euro. Ten opzichte van het Masterplan zijn er al een aantal investeringen uitgevoerd (startend vanaf 2015) maar voor een aantal van de projecten wordt de planning niet gehaald of blijken de voorziene budgetten niet toereikend.

Wat spoorwegen betreft worden de geplande infrastructuraanpassingen gebaseerd op het Strategisch Meerjareninvesteringsplan 2018-2031 voor het spoor (Infrabel & NMBS, 2017) en het recente Meerjareninvesteringsplan voor de periode 2023-2032 (FOD Mobiliteit, 2022). Daarbij is het niet evident om te bepalen in welke mate deze investeringen in infrastructuur specifiek het goederenvervoer ten goede komen. Het budget wordt geraamd op € 4,3 miljard.

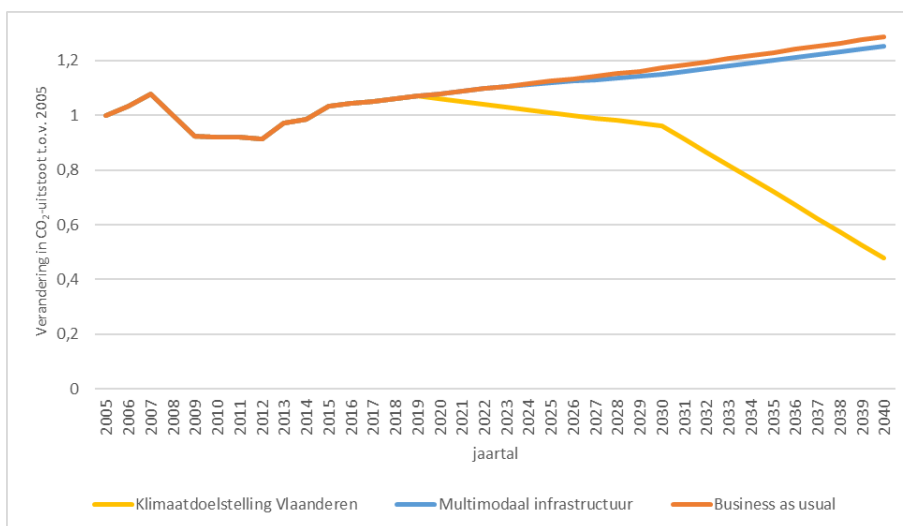
Tabel 3: Havendoelstellingen modal shift van goederenvolume tegen 2030

	Antwerpen	Gent	Zeebrugge
Weg	-10%	-8%	-9%
Binnenvaart	-2%	1%	3%
Spoor	12%	6%	6%

Het vervolledigen van het netwerk tegen 2030 is mogelijk niet realistisch. De kans bestaat dat de realisatie van dit scenario de tijdshorizon 2030 overstijgt. Ook hier zijn het realiseren van de havendoelstellingen essentieel. In het bijzonder vanwege de sterke stijging van de

havengerelateerde containerstromen, die het meest geschikt geacht worden voor modale verschuiving. De voorspelde groei van het containervervoer opvangen via een modal shift is, zo stellen experts, mogelijk met de bestaande infrastructuur. De Haven van Antwerpen, de tweede grootste zeehaven van Europa, beschikt op dit moment al over een spoornetwerk van 1000 km. Dat is bijzonder veel in vergelijking met andere havens binnen dezelfde range. Ook de Vlaamse waterwegen hebben hun maximale capaciteit nog niet bereikt. Vanuit een brede optiek lijkt het verder uitbouwen van multimodale infrastructuur echter vereist om de verwachte groei in transport op te vangen en multimodaal transport verder te stimuleren.

Net als bij de subsidie blijft ook hier de impact relatief beperkt, met een reductie van 2% ten opzichte van de business as usual in 2030 en 2,7% tegen 2040. Dankzij de maatregel vindt er ook hier een modale verschuiving plaats (spoor 10,8% => 11,3%; binnenvaart 12,3% => 16,2%). Hetzelfde probleem stelt zich met de binnenvaart sector die voornamelijk met schepen met verouderde diesel motoren werkt. Inzake luchtvervuiling scoren deze schepen minder goed dan een euro-6 vrachtwagen. Daarom is het effect van deze maatregel op de luchtkwaliteit – zonder ingrijpende vloot verbeteringen in de binnenvaart – negatief.



Figuur 15: Reductiepotentieel multimodale infrastructuur

**Actoren:**

Regionale, federale en Europese overheid voor de infrastructuur uitbouw. Logistieke dienstverleners voor de aanvraag, implementatie en idealiter ook vergroening.

**Samenvatting:**

<b>Inhoud</b>
Realisatie investeringsplannen binnenvaart en spoor
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
0,7% t.o.v. BAU in 2030 en 2,7% t.o.v. BAU in 2040
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
0,1% t.o.v. BAU in 2030 en 0,7% t.o.v. BAU in 2040
<b>Beleidsniveau</b>
Regionale overheid voor binnenvaart en federale overheid voor spoor

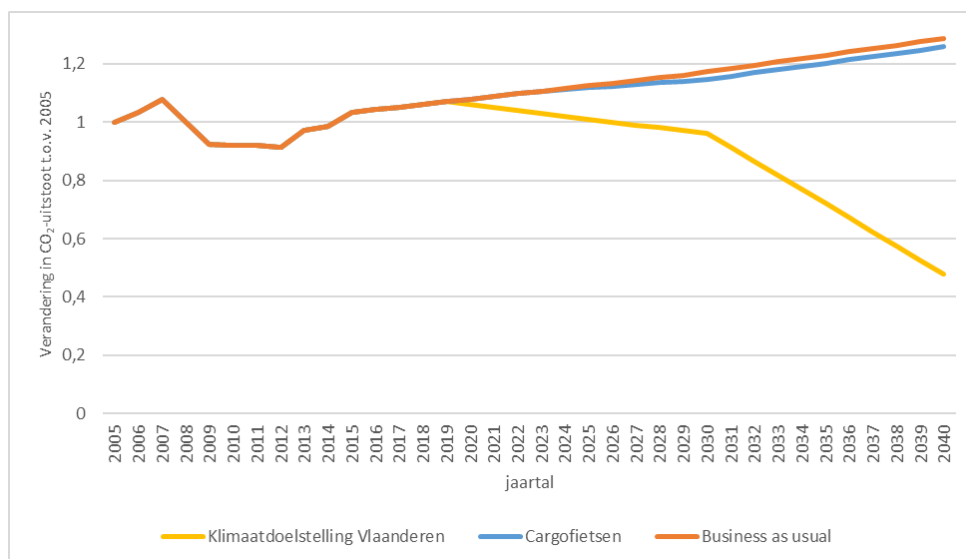


### 3.3 Cargofietsen

Cargofietsen zijn elektrisch aangedreven fietsen met een relatief beperkte volume capaciteit (in vergelijking met andere vrachtvoertuigen). Hoewel de wetenschappelijke literatuur over de duurzaamheidsimpact (in externe kosten) van cargofietsen zich nog in zijn kinderschoenen bevindt, worden er aan de transport modus verschillende voordelen toegekend:

- Cargofietsen zijn tank-to-wheel emissievrij, zowel voor broeikasgassen als voor luchtvervuilende pollutanten. Er is nog onzekerheid over de impact van well-to-tank processen.
- Cargofietsen zorgen niet voor geluidsoverlast en ook niet of nauwelijks voor infrastructuurschade.
- Cargofietsen worden toegeschreven dat ze ook nauwelijks bijdragen aan de congestie. Hiervoor worden er maatschappelijke en economische baten aan de modus toegeschreven. In realiteit hangt de bijdrage aan congestie door cargofietsen sterk af van de fietsinfrastructuur en de plaats die cargofietsen kunnen innemen op de openbare weg. Litman et al. (2016) spreken van een externe congestiekost van 18 eurocent per voertuigkilometer indien de cargofietsen op straat rijden en 1,4 eurocent per voertuigkilometer indien ze op fietspaden rijden. Ter vergelijking de externe congestiekost voor bestelwagens in steden varieert afhankelijk van de verkeersomstandigheden tussen 30 eurocent en 114 eurocent per voertuigkilometer.
- Voor de ongevalskost zijn er nog onvoldoende studies om een betrouwbare inschatting te kunnen maken.

Een studie in Nederland (Van Amstel et al., 2018) schat in dat 20% van de bestelwagenbewegingen vervangen kan worden door cargofiets transporten. Dit zou vertaald naar België resulteren in een reductie van de totale transport-gerelateerde CO<sub>2</sub> uitstoot met 2,2% tegen 2030. Er worden geen extra reducties verwacht nadien, omdat het wegvervoer richting emissievrije logistiek evolueert en zo de noodzaak van cargofietsen wat wegneemt. Tegelijk vertrekt de analyse al van een theoretisch maximum. Nederland is een vlak land met sterke ruimtelijke concentratie van bebouwing en activiteit. Het is een fietsland bij uitstek. De twintig percent kan dus als een maximum beschouwd worden. Tegelijk zou een dergelijke verschuiving voor een groot aantal cargofietsen en cargofietsbewegingen zorgen, waarvoor de Belgische transport infrastructuur niet klaar is. Voor Vlaanderen (of België) is er geen studie of cijfer materiaal.



Figuur 16: Reductiepotentieel cargofietsen



Bij cargofietsen is het kwestie van de aanrijkmeters te beperken. Daarom is een denses netwerk aan hubs en microhubs nodig.

**Actoren:**

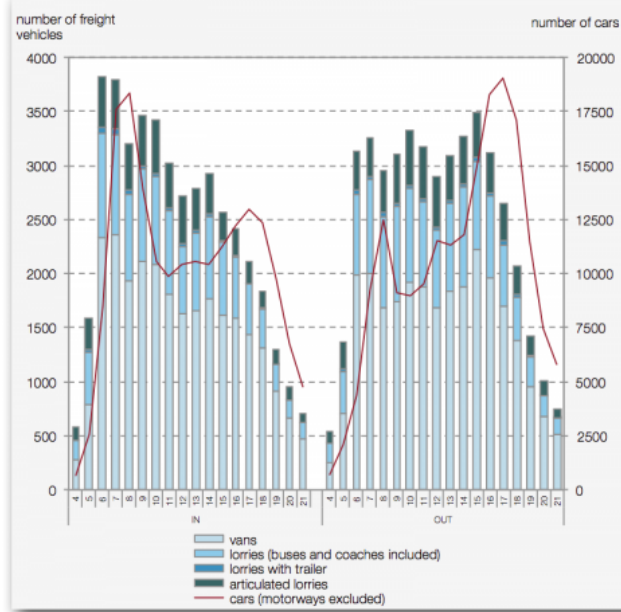
Alle actoren dienen bij deze modale verschuiving betrokken te worden. Verzenders voor het maken van de modale keuze. Logistieke dienstverleners voor het inzetten van cargofietsen. Overheden voor de uitbouw van infrastructuur en regelgeving.

**Samenvatting:**

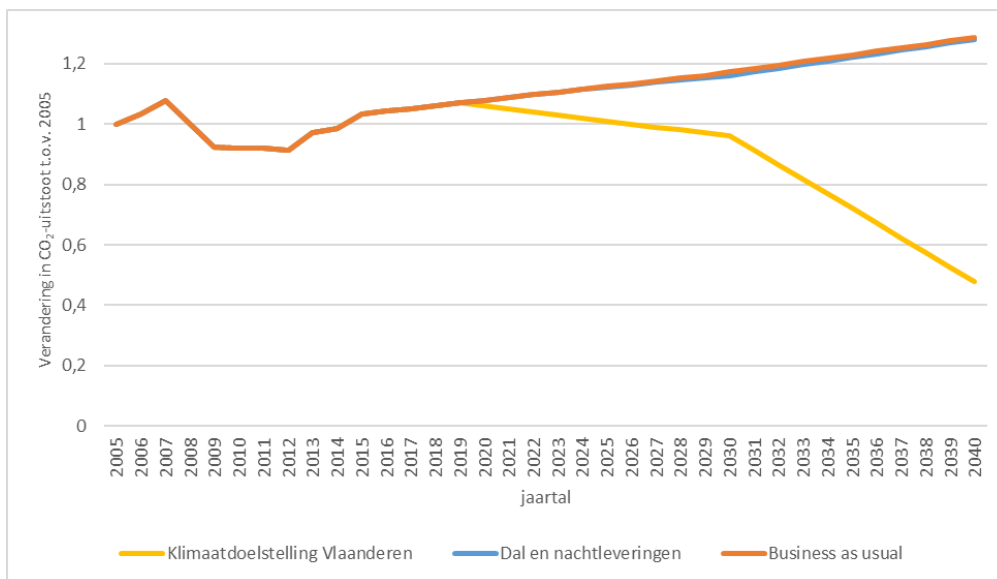
Inhoud
Cargofietsen vervangen 20% van de bestelwagenbewegingen
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
2,2% t.o.v. BAU in 2030 en 2,2% t.o.v. BAU in 2040
Luchtvervuiling reductiepotentieel
2,2% t.o.v. BAU in 2030 en 2,2% t.o.v. BAU in 2040
Beleidsniveau
Regionale overheid kan aankoop en gebruik van cargofietsen stimuleren en fietsinfrastructuur voorzien. Lokale overheden kunnen gebruik faciliteren en fietsinfrastructuur voorzien.

### 3.4 Dal- en nachturen

Er is een sterke overlap tussen de rijmomenten van goederenvervoer en personenmobiliteit. Dit zorgt ervoor dat het goederenvervoer eveneens sterk geconfronteerd wordt met congestie. In congestie omstandigheden ligt de uitstoot van een voertuig beduidend hoger. Hoe zwaarder het voertuig, hoe sterker dit ook speelt. Het verschuiven van transportbewegingen naar dal- en nachturen zorgt ervoor dat vrachtvoertuigen meer in free-flow omstandigheden kunnen bewegen, en zo reducties in luchtvervuilende pollutanten en CO<sub>2</sub> uitstoot kunnen realiseren. Ook de externaliteiten voor well-to-tank en congestie dalen in free-flow omstandigheden. Voor infrastructuur en ongevallen is de verandering in impact afhankelijk van de situatie (type voertuig, type weg, etc.). Enkel de externe kosten voor geluidsoverlast zijn significant hoger tijdens dal- en nachturen. Dit omdat er tijdens deze uren minder verkeer is en de marginale impact van het goederenvervoer voor geluid bijgevolg hoger ligt. In congestie-omstandigheden zal één voertuig erbij nauwelijks een verschil in geluidsoverlast zorgen. In free-flow is de geluidsimpact van dat zelfde voertuig veel hoger. Daarnaast slapen de meeste mensen tijdens dal- en nachturen, waardoor de impact van geluidsoverlast op hun fysieke en mentale gezondheid groter is. Het is een afweging die gemaakt dient te worden, en in Vlaanderen onderzocht werd in de PIEK projecten.



Figuur 17: Aantal voertuigen die Brussel in en uit rijden per type voertuig en uur van de dag (Lebeau en Macharis, 2014).



Figuur 18: Reductiepotentieel dal- en nachturen

Onderzoek naar de duurzaamheidswinst van dal- en nachtleveringen aan Waalse supermarkten toont aan dat een verschuiving gepaard gaat met een reductie in externe congestiekosten van 39%. Dat leidt tot reducties in CO<sub>2</sub> en NO<sub>x</sub> uitstoot van **28%** en 30% in fijn stof uitstoot. De externe kost voor ongevallen en infrastructuur stijgt met 1% en de geluidsoverlastkosten stijgen met 15%. De PIEK studie in Vlaanderen toonde een brandstof – en dus CO<sub>2</sub> besparing – van **6,5%** voor de regio Antwerpen en Brussel bij een verschuiving naar nachturen. Dal- en nachtleveringen zijn niet toepasbaar voor alle goederentransporten – denk aan e-commerce leveringen bijvoorbeeld. Daarom is het reductiepotentieel op systeemniveau beperkter.

**Actoren:**

Alle actoren dienen bij deze maatregel betrokken te worden. Overheden voor regulering en eventuele ondersteuning van investeringen. Logistieke dienstverleners voor de verschuiving en verzenders en ontvangers om de verschuiving bij vertrek en ontvangst mogelijk te maken.

**Samenvatting:**

<b>Inhoud</b>
Verschuiven van vervoer naar de dal- en nachturen
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
0,9% t.o.v. BAU in 2030 en 0,4% t.o.v. BAU in 2040
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
0,9% t.o.v. BAU in 2030 en 0,4% t.o.v. BAU in 2040
<b>Beleidsniveau</b>
Regionale overheid bepaalt regelgeving

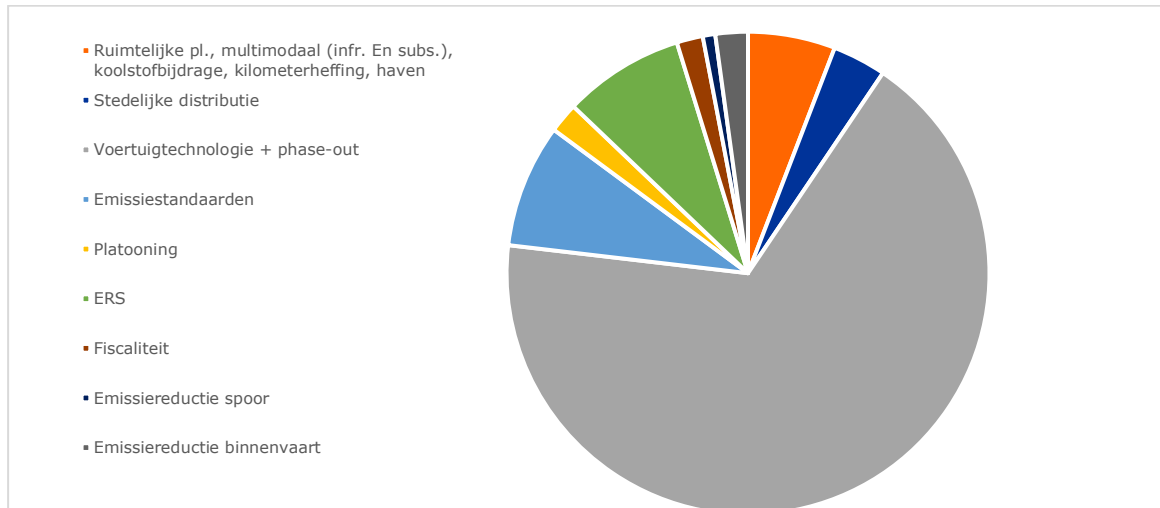
#### 4.4 Vergroenen

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. Projecties (Federaal Planbureau, 2022) geven aan dat de modal split ook niet drastisch zal veranderen in de toekomst. 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.

Vervoerswijze\Scenario	Ref2013	2030 BAU
CO <sub>2</sub> jaarlijks	CO <sub>2</sub> (kton)	CO <sub>2</sub> (kton)
Wegvervoer zware vrachtwagen	2.824	3.445
Wegvervoer lichte vrachtwagen	497	524
Wegvervoer bestelwagen	430	421
<b>Weg totaal</b>	<b>3.750</b>	<b>4.390</b>
<b>Binnenvaart</b>	<b>71</b>	<b>118</b>
<b>Spoor</b>	<b>23</b>	<b>34</b>
<b>Totaal</b>	<b>3.844</b>	<b>4.543</b>
<b>% verschil tov 2030 BAU</b>		
<b>% verschil tov 2013</b>		18,2%
<b>Besparing CO<sub>2</sub> tov 2030 BAU</b>		

*Figuur 19: CO<sub>2</sub> uitstoot Roadmap studie per transport modus voor referentie jaar en business as usual in 2030.*

Vanuit de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) kan vanuit de dissectie van de voorkeursscenario's vastgesteld worden dat inzetten op het vergroenen van de vloot ('voertuigtechnologie en phase-out') de grootste reducties realiseert.



*Figuur 20: Reductie aandeel voor verschillende maatregelen vanuit de voorkeursscenario's uit de Roadmap studie (van Lier et al., 2019).*

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 (bijvoorbeeld in de bouw). Ze kan daar zelf het voorbeeld geven door te investeren in emissievrije voertuigvloeden en het stellen van emissie-arme of -vrije logistiek in aanbestedingen.

Hiervoor kan er:

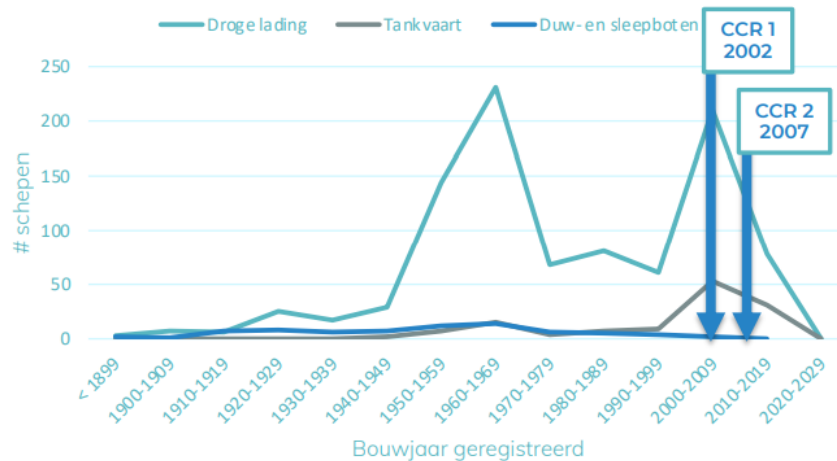
- ingezet worden op de vergroening van de binnenvaart
- ingezet worden op de vergroening van het spoorvervoer
- ingezet worden op elektrificatie van het vrachtvervoer
- ingezet worden op Electric Road Systems (ERS)
- ingezet worden op waterstof
- ingezet worden op alternatieve aandrijvingstechnologieën (CNG/LNG - CBM/LBM)
- ingezet worden op platooning
- ingezet worden op emissievrije stedelijke logistiek
- ingezet worden op emissienormen

Hydrotreated Vegetable Oil of HVO is niet opgenomen in dit rapport. In de eerste plaats omdat er met het TRABAM model in het verleden geen simulaties zijn gebeurd die rekening hielden met het gebruik van HVO. De simulaties vormen de kwantitatieve basis voor dit rapport. Hoewel HVO geassocieerd wordt met CO<sub>2</sub> emissie reducties, zijn er een aantal kanttekeningen te maken met deze aandrijvingsvorm. Enerzijds is er de druk op landgebruik en bijhorende uitstoot, verlies aan biodiversiteit, druk op voedselprijzen en sociale bezorgheden en mensenrechtenschendingen. Anderzijds zijn de reducties in luchtvervuilende pollutanten beperkt voor HVO.

#### 4.1 Vergroenen binnenvaart

De binnenvaartvloot is relatief oud. De gemiddelde leeftijd van een schip is tussen de 40 tot 60 jaar en kent een trage vlootvernieuwing. In België is bijna 50% van de actieve binnenvaartvloot gebouwd tussen 1951 en 1980 en dus ouder dan 40 jaar (MORA, 2021). In tegenstelling tot een

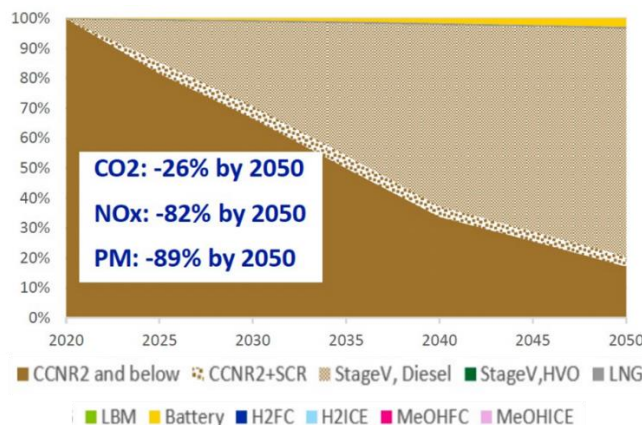
vrachtwagen die elke 6-7 jaar vervangen wordt (ACEA), gaan binnenvaart schepen een aantal decennia mee. Dat maakt dat de motoren in de schepen ook vaak verouderd zijn en dus relatief veel CO<sub>2</sub> en luchtvervuilende pollutanten uitstoten. Dankzij het groter laadvermogen van de schepen zijn ze gemiddeld voor CO<sub>2</sub> uitstoot nog beter dan moderne vrachtwagens. Voor luchtvervuiling is dat al niet meer het geval. Gemakshalve wordt binnenvaart (en spoor) soms buiten beschouwing genomen bij internalisatie zoals een kilometerheffing, daarin schuilt echter ook het gevaar dat de sector niet of onvoldoende ondersteund wordt in de transitie naar emissievrij transport. Want die transitie is ook voor de binnenvaart mogelijk en nodig.



Figuur 21: Samenstelling Belgische binnenvaart vloot per bouwjaar (bron: CITBO, 2022).

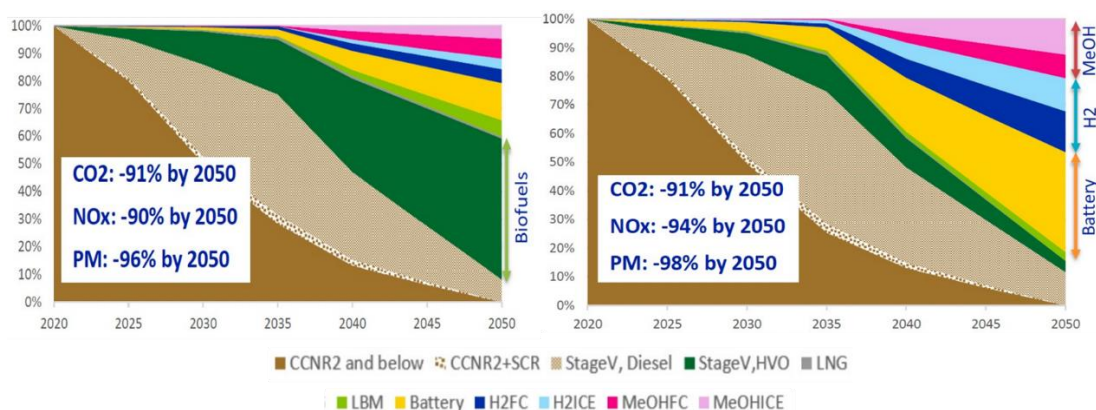
Net als bij het wegvervoer, zijn er voor de binnenvaart sector ook emissie standaarden (NRMM-richtlijnen), die de sector naar minder uitstoot moeten sturen. Deze zijn echter minder streng dan deze van het wegvervoer, en ze gelden bovenal voor nieuwe schepen.

Meer dan bij de andere modi, wordt er momenteel bij binnenvaart ingezet op een shift richting LNG aangedreven schepen (Europese Commissie, 2013). Zo dienen de Europese lidstaten bijvoorbeeld tegen 2026 in al hun binnenvaarthavens behorend tot het TEN-T netwerk (TEN-T) openbaar toegankelijke LNG-tankpunten te voorzien. De keuze voor LNG wordt mee gedreven door de reducties in luchtvervuilende pollutanten die deze technologie met zich mee brengt. Het vertaalt zich ook in een zichtbaar groot aandeel LNG aangedreven binnenvaart schepen tegen 2050 in het business as usual scenario van de CCNR (2021) studie over de energie transitie naar een emissievrije binnenvaart. De CCNR staat voor Centrale Commissie voor de Rijnvaart.



Figuur 22: Business as usual CCNR studie emissievrije binnenvaart.

In diezelfde studie werkt de CCNR ook twee alternatieve scenario's uit waarbij de evoluties in andere aandrijvingstechnologieën en hun gebruik meegenomen worden in een conservatief scenario en een innovatief scenario. Er wordt daarbij ingeschat dat het conservatieve scenario een ondergrens is en het innovatieve de bovengrens. Een heel andere – en zeer diverse – vlootsamenstelling vloeit uit deze scenario's. In termen van luchtvervuiling scoren deze scenario's een beetje beter dan het business as usual scenario. De reducties in CO<sub>2</sub> zijn wel significant hoger.



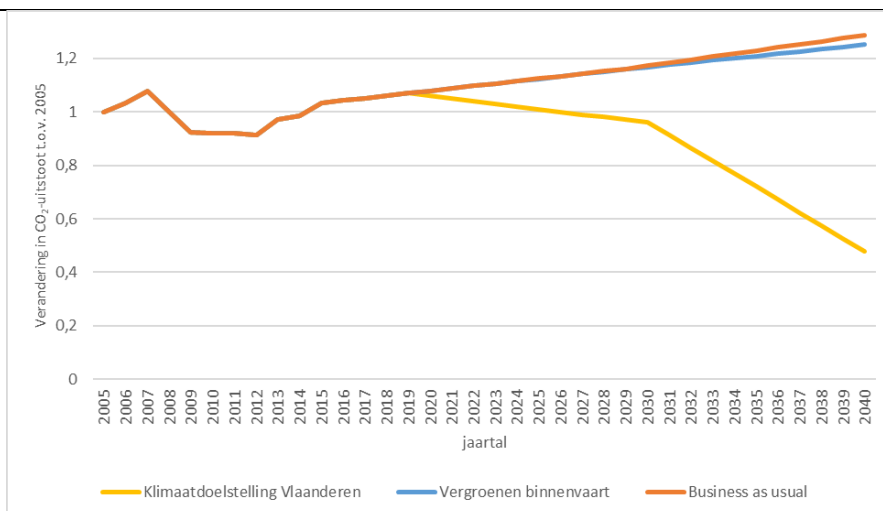
*Figuur 23: Conservatief (links) en innovatief scenario (rechts) uit CCNR studie emissievrije binnenvaart.*

De kostprijs voor de sector van deze scenario's – op basis van een 30 jarige total cost of ownership – bedraagt tussen de 2,65 miljard euro (conservatief) en 7,8 miljard euro voor het innovatieve scenario. Vertaald voor de Belgische binnenvaart sector, schat CITBO (2022) in dat de sector 1 miljard euro nodig heeft voor de transitie tussen nu en 2050. Bovendien kampt de sector met moeilijkheden in het verkrijgen van leningen voor nieuwe schepen of retrofitting van bestaande schepen. Er wordt dus gekeken naar het bredere speelveld. Hiervoor werd recent een Vlaamse Green Deal Binnenvaart opgezet.

Naast bovenstaande langetermijnsvisie en noden zijn er maatregelen die reeds nu al reducties kunnen genereren. Cursussen over zuinig varen kunnen reducties van gemiddeld 7% betekenen. Gebruik van RIS gegevens kan wachttijden aan sluizen en terminals reduceren en bijhorende emissies. Daaraan gekoppeld kan het Adviserende Tempomaat (ATM) systeem – dat de schipper bijstaat in het bepalen van de economisch meest wenselijke route en snelheid – kan reducties genereren van om en bij de 6% (Holtman et al., 2016). Daarnaast zijn er ook momenteel kleine concepten die hun intrede doen:

- Watertruck+: duwboten (25% lagere CO<sub>2</sub> uitstoot) met duwbakken
- Blue Line Logistics: catamarans
- Binnenschepen voor nieuwe laadeenheden, zoals palletvervoer
- Elektrisch aangedreven schepen

In de Roadmap studie wordt een inschatting van de reductie in de sector gemaakt op basis van experten consultatie. Daaruit wordt gesteld dat voor scheepsklassen M1 en M2 tegen 2030 een reductie met 10% verwacht kan worden en 20% voor de grotere scheepsklassen. Naar 2050 toe werd het conservatieve scenario van de CCRN gehanteerd.



Figuur 24: Reductiepotentieel vergroenen binnenvaart

**Actoren:**

De actoren zijn betrokken in de Green Deal Binnenvaart in Vlaanderen.

**Samenvatting:**

Inhoud
Emissiereductie van 10% voor kleine schepen en 20% voor grote schepen tegen 2030 en samenstelling vloot conservatief CCNR studie in 2040
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
0,4% t.o.v. BAU in 2030 en 2,1% t.o.v. BAU in 2040
Luchtvervuiling reductiepotentieel
0,6% t.o.v. BAU in 2030 en 2,7% t.o.v. BAU in 2040
Beleidsniveau
Regionale overheid

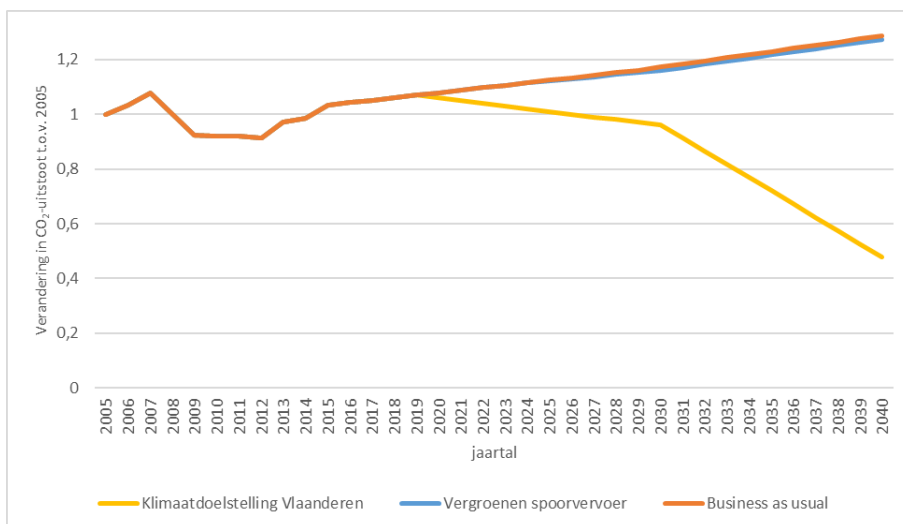
**4.2 Vergroenen spoorvervoer**

Ondanks liberalisering is het aandeel van het goederenvervoer via spoor in Europa het afgelopen decennium gedaald. Het concurrentievermogen van de sector dient te verbeteren, wil het de ambitieuze doelstellingen halen. Goederenvervoer deelt het spoor met personenvervoer. Operationele verbeteringen voor deze laatste zorgen dus ook voor verbeteringen voor het goederenvervoer.

Goederenvervoer via spoor gebeurt vandaag al hoofdzakelijk via elektrische aandrijving en dus emissievrij (tank-to-wheel). Specifiek voor vrachtvervoer per spoor is het optimaliseren van rangeeractiviteiten een belangrijk aandachtspunt. TML (2007) becijferde op basis van gedetailleerd brandstofverbruik van rangeerlocomotieven voor 2005 dat er 8.8% extra energieverbruik nodig is voor rangeeractiviteit bovenop een productieve treinrit. Deze studie is vermoedelijk nog actueel gezien rangeeractiviteiten momenteel nog met diesel locomotieven gebeurt.



Dit optimalisatiepotentieel wordt in Vlaanderen evenwel relatief beperkt ingeschat (Lineas, 2018). Het elektrificeren van deze activiteit betekent wel een significante reductie. Hiervoor dient het volledige spoor netwerk geëlektrificeerd te worden. Ervan vertrekkende dat dit gerealiseerd wordt tegen 2030, leidt dit tot een reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot tegen 2040 met 1% voor het hele goederenvervoer in Vlaanderen. Dit beperkt percentage komt omdat het huidige aandeel in de CO<sub>2</sub> uitstoot door spoorvervoer al zeer beperkt is.



Figuur 25: Reductiepotentieel spoorvervoer

Daarnaast zijn er nog maatregelen die een beperkte impact kunnen hebben:

- Opleidingen voor energie-efficiënte rijtechnieken leiden tot besparingen van 3 tot 6%.
- Reistijdverbeteringen kunnen leiden tot reducties in emissies met 10%.
- Regeneratief remmen kan een maximum reductie in energieverbruik realiseren van 10 tot 15%.

Actoren:

Infrastructuur beheerders, spoorwegmaatschappijen (incl. personenvervoer), regelgevers, verladers.

Samenvatting:

Inhoud
Volledig elektrificeren van spoorvervoer
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
1% t.o.v. BAU in 2030 en 1% t.o.v. BAU in 2040
Luchtvervuiling reductiepotentieel
1% t.o.v. BAU in 2030 en 1% t.o.v. BAU in 2040
Beleidsniveau
Federale overheid

### 4.3 Elektrificatie

De maatregel stelt batterij-elektrische vrachtvoertuigen (BEV) voor, zowel voor bestelwagens als zwaar vrachtvervoer. Voor bestelwagens zijn er reeds veel modellen op de markt en ook voor het segment zware vrachtwagens neemt het aantal modellen toe. Tegen 2030 verwachten de producenten dat 50 tot 70% van de nieuwe vrachtwagens die ze produceren elektrisch zullen zijn.

Het elektrificeren van bestelwagens staat verder dan het zwaar wegvervoer. Voor alle bestelwagen segmenten bestaan elektrische alternatieven en de total-cost-of-ownership voor deze elektrisch aangedreven bestelwagens is positief ten opzichte van conventionele diesel bestelwagens. Wel dient opgemerkt te worden dat vanuit beleid er weinig incentives zijn voor de omschakeling van deze voertuigen te versnellen (Lebeau et al., 2019).

In de meest recente versie van het Vlaams Energie en Klimaatplan (2023) wordt de ambitie uitgesproken dat vanaf 2029 alle nieuw aangekochte lichte vrachtwagens/bestelwagens emissievrij zijn. Tegen 2025 bedraagt het aandeel emissievrije bestelwagens in nieuwe inschrijvingen minstens 25%. Voor zware vrachtwagens dienen tegen 2030 minstens 27% van de nieuwe aankopen emissievrij te zijn. De overige zijn grotendeels emissie- of koolstofarm.

Een recente studie van TNO (2022) waarbij het theoretisch marktpotentieel berekend wordt voor BEV en waterstof vrachtwagens berekend wordt, toont aan dat in theorie de voertuigvloot in het komende 2 jaar een verschuiving kent naar BEV voertuigen. Tegen 2030 gaat de studie uit van een volledig batterij elektrische voertuig vloot voor zwaar wegvervoer, en dit voor zowel stadsdistributie als regionaal en internationaal vervoer (tot 600 kilometer per dag).

PwC (2022) komt met vergelijkbare resultaten die stellen dat de TCO van elektrische vrachtwagens tegen 2025 gelijk zal zijn aan die van een diesel vrachtwagen. Tegen 2030 zou het verschil per voertuigkilometer oplopen tot 30 procent in het voordeel van de BEV variant.

Een dergelijke verschuiving heeft natuurlijk een ingrijpende impact op de energie vraag en vraag naar laadinfrastructuur. De in theorie voorspelde uitrol zal in realiteit uitdagend zijn. Er dient nu rekening te houden met het feit dat de markt voor elektrisch aangedreven vrachtvoertuigen snel evolueert. Veel sneller dan dat de Roadmap studies en vergelijkbare studies uit die periode voorspelden.

Voor het elektrificeren van vrachtwagens zijn er verschillende uitdagingen:

1. Batterij elektrische vrachtwagens zijn zwaarder dan conventionele diesel vrachtwagens. Om voldoende rijbereik te hebben is er nood aan zware batterijen, hetgeen ten koste gaat van netto-laadvermogen. Momenteel wegen vrachtwagenbatterijen nog 4 tot 6 ton. Tegen 2027 wordt er gemikt op vrachtwagenbatterijen van 2 ton en minder. Europa heeft alvast beslist dat elektrisch aangedreven vrachtwagens 2 ton meer mogen wegen dan dieselve vrachtwagens. De uitrol van ERS (Electric Road Systems) kan eveneens tegemoet komen aan deze uitdaging (zie maatregel 4.4).
2. De aanwezigheid van voldoende en performante laadinfrastructuur is een vereiste voor de groei van de markt voor elektrische vrachtwagens. Er is hierbij zowel nood aan laadinfrastructuur aan de distributiecentra en warehouses van de logistieke sector, alsook nood aan (semi-) publieke laadinfrastructuur. Bestelwagens kunnen aanvullend gebruik maken van het netwerk waar ook personenwagens gebruik van maken. Er dient bij de uitbouw van de laadinfrastructuur rekening gehouden te worden met (1) grote vraag naar elektriciteit na de werkuren (opladen van voertuigen), (2) piekladingen op lokaal niveau en (3) snelladers. De uitbouw van de laadinfrastructuur vereist smart grid ontwikkeling en de ontwikkeling van mega chargers, zodoende dat de tijd die nodig is om de batterijen op te laden een commerciële inzet van het voertuig toelaten. Vanaf 10 megawatt aan laadcapaciteit is rechtstreeks contact met netbeheerder nodig en voor laadinfrastructuur voor wagenparken van 20 vrachtwagens of meer zijn aanpassingen aan het netwerk zelf nodig.

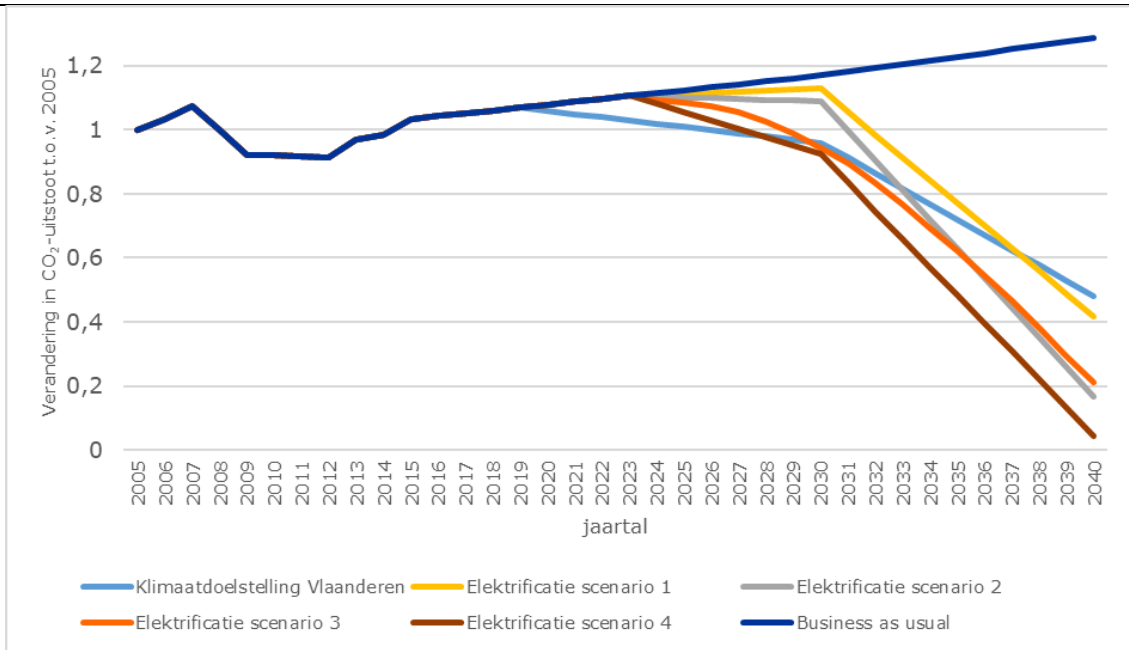
3. Elektrische vrachtwagens hebben momenteel een negatieve total-cost-of-ownership ten opzichte van conventionele diesel vrachtwagens. De TCO verschuift echter met de tijd richting een voorkeur voor elektrische vrachtwagens. Binnen het VIL project Logibat werd een TCO tool ontwikkeld die logistieke dienstverleners, ngo's en overheden toelaat om een TCO vergelijking te maken tussen elektrisch en diesel aangedreven vrachtwagens (vanaf 16 ton). Hoewel de TCO voor BEV vrachtwagens momenteel hoger uitvalt dan de diesel variant, is het verschil reeds klein, waardoor ondersteunend beleid reeds vandaag een verschil kan maken.

Op basis van bovenstaande analyse worden vier scenario's berekend:

1. Een 'conservatieve' inschatting van het marktaandeel van BEV voertuigen, waarbij een halvering van de huidige CPT marktaandelen voor BEV gehanteerd worden. Deze komen overeen met 15% voor bestelwagens, 4,1% voor lichte vrachtwagens en 2,5% voor zware vrachtwagens tegen 2030. De aantallen zijn hoger dan de aandelen die gehanteerd werden in de Roadmap studie (van Lier et al., 2019), met respectievelijk 10%, 4,1% en 0,6%. Er wordt uitgegaan van emissievrije impact vanuit WTW (well-to-wheel) perspectief. Naar 2040 neemt het aandeel toe tot 70% voor alle voertuigtypes.
2. Een CPT inschatting waarbij de huidige CPT waarden gebruikt worden, zijnde 30% voor bestelwagens, 4,1% voor lichte vrachtwagens en 5% voor zware vrachtwagens. Tegen 2040 neemt het aandeel toe tot 90% voor alle voertuigtypes. Ook hier is een emissievrije impact beschouwd vanuit WTW perspectief.
3. Een VKP inschatting die uitgaat van een realisatie van diens ambities inzake nieuw aankopen van bestelwagens en zware vrachtwagens, uitgaande dat alle emissievrije voertuigen elektrisch zullen zijn. Voor bestelwagens vertaalt dit zich in 53% elektrisch in 2030 en vanaf 2035 zal 100% elektrisch zijn. Voor zware vrachtwagens gaat de doelstelling uit van 11% elektrisch aangedreven voertuigen en 82% tegen 2040. Ook hier is een emissievrije impact beschouwd vanuit WTW perspectief.
4. Tot slot een progressieve inschatting die meer in lijn ligt met de prognoses van TNO (2022) en PwC (2022), waarbij de CPT doelstellingen tegen 2030 verdrievoudigd worden, dus naar 90% voor bestelwagens, 12,3% voor lichte vrachtwagens en 15% voor zware vrachtwagens. Tegen 2040 rijdt 100% van de goederenvloot elektrisch. Ook hier beschouwt men BEV als emissievrij vanuit WTW perspectief.

De gebruikte methodologie laat niet toe om scenario's te laten variëren volgens beschikbare laadinfrastructuur.

Om het reductiepotentieel in CO<sub>2</sub> emissies in te schatten wordt er – net als bij de andere aandrijvingstechnologieën – uitgegaan van voldoende laadinfrastructuur zodat er geen omrijkmeters nodig zijn. Daarbij komt dat veel transport bedrijven hun planningssystemen zullen moeten aanpassen aan de mogelijkheden en de noden van hun voertuig en batterij.



Figuur 26: Reductiepotentieel BEV scenario's

Alle vier scenario's vertegenwoordigen grote reducties van respectievelijk 3,7%, 7,0%, 19,1 en 21,2% in 2030 en naar 2040 toe 67,6%, 87,0%, 79,6% en 96,6%.

Het effect op de luchtvervuiling is zeer positief. Batterij-elektrische voertuigen hebben geen tailpipe emissies.

**Actoren:**

Alle actoren zijn nodig voor de opnamen van deze maatregel; het aankopen en gebruiken van de voertuigen; laadinfrastructuur ontwikkeling; overbruggen van TCO nadeel.


**Samenvatting:**

Inhoud
<p>Er worden drie scenario's voor de invoering van batterij elektrische voertuigen geanalyseerd.</p> <p>Scenario 1: 15% bestelwagens, 4,1% lichte vrachtwagens en 2,5% zware vrachtwagens tegen 2030. 70% alle voertuigtypes tegen 2040.</p> <p>Scenario 2: 30% bestelwagens, 4,1% lichte vrachtwagens en 5% zware vrachtwagenstegen tegen 2030. 90% alle voertuigen tegen 2040</p> <p>Scenario 3: 53% bestelwagens en 11% vrachtwagens tegen 2030. Alle bestelwagens zijn elektrisch tegen 2035 en 82% van de vrachtwagens tegen 2040</p> <p>Scenario 4: 90% bestelwagens, 12,3% lichte vrachtwagens en 15% zware vrachtwagens tegen 2030. 100% alle voertuigen tegen 2040.</p>
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
<p>3,7% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 7% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2, 19,1% t.o.v. BAU voor scenario 3 en 21,2% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 4</p> <p>67,6% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 87% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2, 79,6% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3 en 96,6% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 4</p>
Luchtvervuiling reductiepotentieel
<p>3,7% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 7% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2, 19,1% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 3 en 21,2% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 4</p> <p>67,6% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 87% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2, 79,6% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3 en 96,6% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 4</p>
Beleidsniveau
<p>Regionale overheid kan aankoop ondersteunen en laadinfrastructuur voorzien. Alle overheden kunnen eigen vloot elektrificeren en aanbestedingsbeleid aanpassen.</p>

**4.4 ERS**

Een emissievrij wegvervoer alternatief is ERS, ofwel 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 tot een minimum. Tegelijk kan er ook tijd voor het opladen van de batterijen bespaard worden, gezien de aanwezige batterijen kunnen opladen tijdens het rijden aan het ERS. Voor- en natransport kan op de batterij worden afgewerkt. De afstand van het voor- en natransport die emissievrij overbrugd kan worden is in praktijk afhankelijk van onder andere het type voertuig, de grootte van de ingebouwde batterijen, de beladingsgraad, het rijgedrag van chauffeurs en de gereden afstand langs het ERS traject (oplaad tijd).

Verschillende studies (Moultak et al., 2017; Aronietis en Vanelslander, 2021) zien een potentieel voor het systeem naar 2030 toe, en dit voor zwaar vrachvervoer over de weg. In Duitsland en Scandinavië zijn er succesvolle proefprojecten lopende. Momenteel zijn er in principe drie beproefde ERS-methodes:

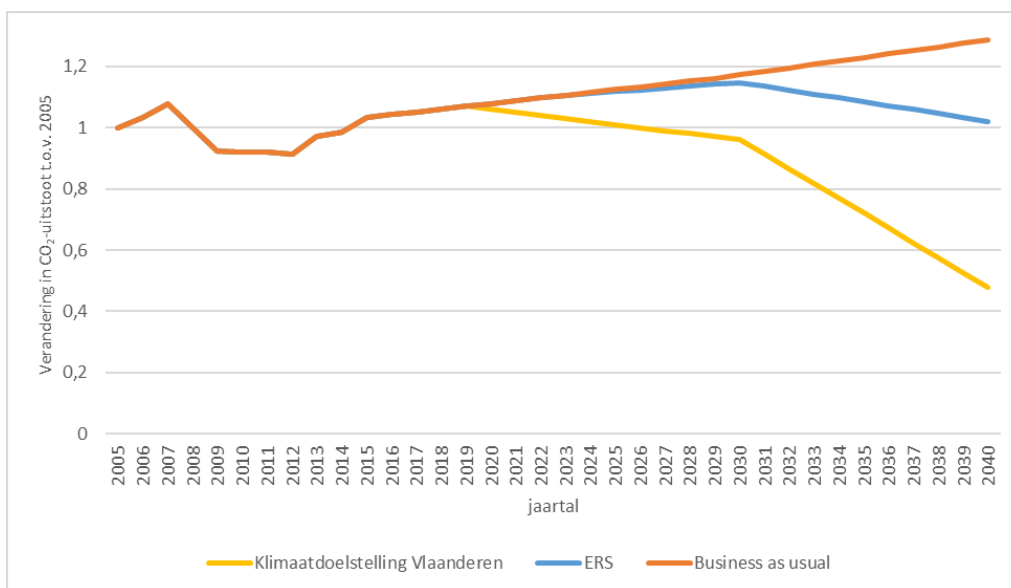
- Conductief via bovenleidingen: geleidende vermogensoverdracht via bovenleidingen, waarbij elektriciteit continu van de bovenleidingen naar het voertuig wordt overgebracht via een zogenaamde stroomafnemer of pantograaf; Deze methode is het kostenefficiëntste.
- Conductief via rail: geleidende krachtoverdracht via rails in de weg, waarbij een stroomafnemer of pick-up arm gebruikt wordt om de voertuigen met de rails in de weg te verbinden.

- Dynamische inductiviteit: inductieve stroomoverdracht via de weg, waarbij het inductieprincipe gebruikt wordt om elektriciteit draadloos over te brengen naar bewegende voertuigen zonder mechanisch contact.

De toepassing heeft een hoog energierendement (80-85%) en is momenteel één van de weinige oplossingen die vandaag (2023) reeds een emissievrije oplossing biedt voor zwaar wegvervoer. Het systeem kan immers ook compatibel zijn met diesel en andere aandrijvingen.

In de roadmap studie (van Lier et al., 2019) werd een invoering van een ERS systeem geanalyseerd voor de assen E313 tussen grens Vlaanderen-Wallonië en Antwerpen (216 kilometer) en E17 tussen Antwerpen en Gent (103 kilometer), telkens in beide richtingen. Deze assen trekken in het bijzonder veel zwaar vrachtvervoer aan (Vlaams Verkeerscentrum, 2017, p 18-20). Het systeem zorgt voor een reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van 2,1%. In totaal worden er 5 492 ritten per dag afgelegd op het systeem door 4 206 voertuigen.

Het potentieel van ERS wordt bevestigd in een studie uitgevoerd door Universiteit Antwerpen (UA) binnen het VIL project Logibat. De UA benadrukt daarin dat een internationaal netwerk het potentieel en gebruik van het systeem sterk vergroot. Ze werken in de studie verschillende scenario's uit; gaande van een piloot opstelling naar een gehele invoering over het merendeel van de snelwegen in Vlaanderen. Naast de kostprijs van het systeem dat varieert van 100 miljoen euro tot 1,9 miljard euro voor eerder vermelde extremen. De aanwezigheid van ERS op ringwegen rond steden komt een emissievrije stedelijke distributie ten goede. Evenwel zal de implementatiekost op deze assen hoger zijn door de vele op- en afritcomplexen. ERS wordt operationeel haalbaar geacht tegen 2030, mits er spoedig gestart wordt met het plannen van de infrastructuraanpassingen. Voor de onderzochte stromen berekent de UA een CO<sub>2</sub> reductie van **69%** (Aronietis en Vanelslander, 2021).



Figuur 27: Reductiepotentieel ERS

Het reductiepotentieel van de maatregel start pas bij implementatie die verondersteld ten vroegste in 2030 te kunnen starten. In de eerste jaren wordt het potentieel van 2,1% ten opzichte van business as usual gehaald. Indien ERS operationeel uitgerold en gelinkt wordt aan een internationaal ERS netwerk, heeft het systeem een reductiepotentieel van 20,6% ten opzichte van de business as usual in 2040. Het systeem maakt zo de verwachte groei in transport goed.

Actoren:

Regionale overheid, federale overheid en buurlanden voor afstemming. Uitbating van het systeem moet behandeld worden.

Samenvatting:

<b>Inhoud</b>
Invoering ERS langs E313 en E17
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
2,1% t.o.v. BAU in 2030 en 20,6% t.o.v. BAU in 2040
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
2,1% t.o.v. BAU in 2030 en 20,6% t.o.v. BAU in 2040
<b>Beleidsniveau</b>
Regionale overheid, afstemming met andere regio's en buurlanden nodig

#### 4.5 Waterstof

Waterstof (H<sub>2</sub>) die in voertuigen wordt gebruikt, is een geurloos gas en wordt meestal geproduceerd door waterstof uit water of aardgas te halen. Waterstof kan rechtstreeks een verbrandingsmotor aandrijven vergelijkbaar met een motor voor CNG. Omdat het rendement van een dieselmotor in zware toepassingen steeds dichter komt bij deze van een brandstofcel, wordt de aantrekkelijkheid om waterstof als directe brandstof te gebruiken groter. Daarnaast kan waterstof gebruikt worden in een brandstofcel waar het elektriciteit opwekt om het goederenvoertuig van stroom te voorzien, en zo aan te drijven. Er wordt in deze context gesproken van een brandstofcelvoertuig of FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle). De voertuigen zijn hybride, aangezien ze kunnen rijden op de batterij, waarbij waterstof gebruikt kan worden om de actieradius van een elektrisch voertuig op batterijen te vergroten. Zo kunnen operationele efficiëntie verbeteringen gerealiseerd worden. De nadruk ligt bijgevolg op deze laatste toepassing.

Waterstof vrachtwagens kunnen een oplossing zijn om langere afstanden elektrisch te laten rijden. Deze laatste vertegenwoordigen het belangrijkste aandeel in de CO<sub>2</sub> emissies van het goederenvervoer. Momenteel zijn er echter nog geen toepassingen in dit gebied (long haul) (Sacchi et al., 2021). Momenteel worden waterstof voertuigen in beperkte mate toegepast in bussen, heftrucks, vuilniswagens, vrachtwagens, vaartuigen en personenwagens.

Waterstof voertuigen hebben een relatief hoog rendement, maar kunnen moeilijk piekvermogen leveren. Dit kan beperkend werken voor transport van zware ladingen in heuvel- of bergachtige omgevingen. Voor dergelijk transport zullen extra accu's nodig zijn.

Ze zijn emissievrije voertuigen vanuit tailpipe perspectief. De voertuigen stoten enkel water uit, geen broeikasgassen of luchtvervuilende pollutanten. Net als batterij elektrische voertuigen, zorgen ook waterstof voertuigen voor minder geluidshinder.

Waterstof is zeer reactief, waardoor het de neiging heeft om andere materialen te eroderen. Bovenal is waterstof licht ontvlambaar en potentieel explosief. Waterstof is geur- en kleurloos en brandt het met een vrijwel onzichtbare vlam hetgeen de bestrijding van een eventuele brand ingewikkelder en gevaarlijker maakt. Het veiligheidsrisico is daarom een aandachtspunt (o.a. bij ongevallen en incidenten zoals brand).

Waterstof is één van de meest voorkomende chemische elementen op aarde. Voor gebruik dient het echter geproduceerd te worden. Momenteel is steam methane reforming (SMR) de goedkoopste en meest gebruikte methode voor grootschalige productie van waterstof. Het is een reactie tussen stoom en methaan in aardgas, waardoor waterstof en CO ontstaat. Deze laatste ondergaat verdere reacties en genereert meer waterstof. SMR waterstof geproduceerd uit aardgas leidt echter niet tot

verminderingen in broeikasgasemissies in vergelijking met moderne verbrandingsmotoren (IEA, 2017). Er wordt hierbij gesproken van 'grijze' waterstof. Bij 'blauwe' waterstof wordt de waterstof eveneens met aardgas geproduceerd maar wordt een deel van de CO<sub>2</sub> uitstoot opgevangen en opgeslagen.

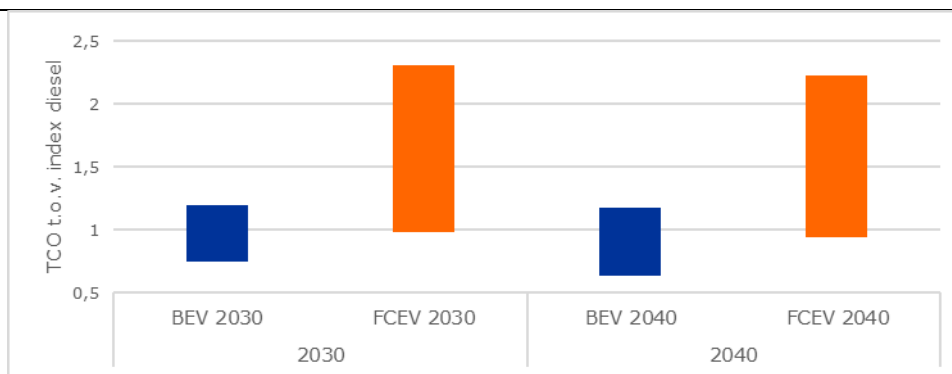
Daarnaast kan waterstof via elektrolyse ook uit water gehaald worden, of door water te splitsen in zonnecellen die ondergedompeld zijn in water. Tot slot zijn er nog andere bronnen van waterstof: vergassen van biomassa en fermentatie. De productie van waterstof vereist elektriciteit. De impact van het gebruik van waterstof als aandrijving vanuit een well-to-wheel perspectief hangt bijgevolg af van de manier waarop de energie geproduceerd wordt (Gustafsson et al., 2021; Lombardi et al., 2020). Emissievrije pathways zijn bijgevolg mogelijk. De belangrijkste is de zogeheten power-to-X waarbij waterstof als grootschalige energieopslag gebruikt wordt om overtollige elektriciteit geproduceerd door windturbines en zonnepanelen in piek momenten op te vangen. De elektrische energie wordt hierbij omgezet in chemische energie – hetgeen gemakkelijker op te slaan en te transporteren is. De transport sector gaat hier in concurrentie met andere – moeilijk te decarboniseren – sectoren. Echter het gebruiken van overtollige elektriciteit uit hernieuwbare energie is momenteel en zal in de toekomst onvoldoende beschikbaar zijn om voldoende bezettingsgraad van de elektrolysetoestellen te garanderen, waardoor een goedkope productie van waterstof (nog) niet mogelijk is. Daardoor is de kost hoger dan de kost op basis van SMR. Een transitie richting power-to-x kan enkel gerealiseerd worden als het gekoppeld wordt aan een beleidsvisie en financiële steun.

De grootste hindernis voor de introductie zijn de kosten gerelateerd aan: (1) de uitbouw van de nodige tankinfrastructuur, (2) de meerkost van de brandstofcelvoertuigen en (3) de productie van duurzame waterstof. Belangrijk voor deze maatregel is eveneens de efficiëntie bij de opwekking van waterstof. Deze ligt lager bij FCEV dan bij BEV, hetgeen resulteert in een hoger energieverbruik per kilometer voor waterstof voertuigen.

Wanneer er gekeken wordt naar de TCO van diesel vrachtwagens, FCEV vrachtwagens en BEV vrachtwagens voor nu (2021-2023), voor 2030 en 2040, dan kunnen er toch een aantal overeenkomsten (en dus consensus) gevonden worden tussen de verschillende studies.

- Momenteel is de TCO voor diesel vrachtwagens lager dan deze voor BEV en FCEV vrachtwagens.
- Afhankelijk van de toepassing zal de TCO voor BEV vrachtwagens in de komende jaren voordeliger zijn dan deze voor diesel vrachtwagens. De tendens is dat FCEV een vijftal jaar na BEV voordeliger zullen zijn dan de diesel variant.
- Er is geen consensus over of en wanneer FCEV vrachtwagens voordeliger zullen zijn dan hun BEV variant, en voor welke toepassingen. Wel is het zo dat voor de long haul met dagafstanden van 600-800 kilometer, FCEV niet tegen dezelfde grenzen stoten als BEV en FCEV voor dit segment mogelijks een ingang vindt indien het voordeliger wordt dan de dieselvariant.
- De TCO uitkomst is gevoelig voor beleidsmaatregelen zoals aankooppremies en kilometerheffingen.





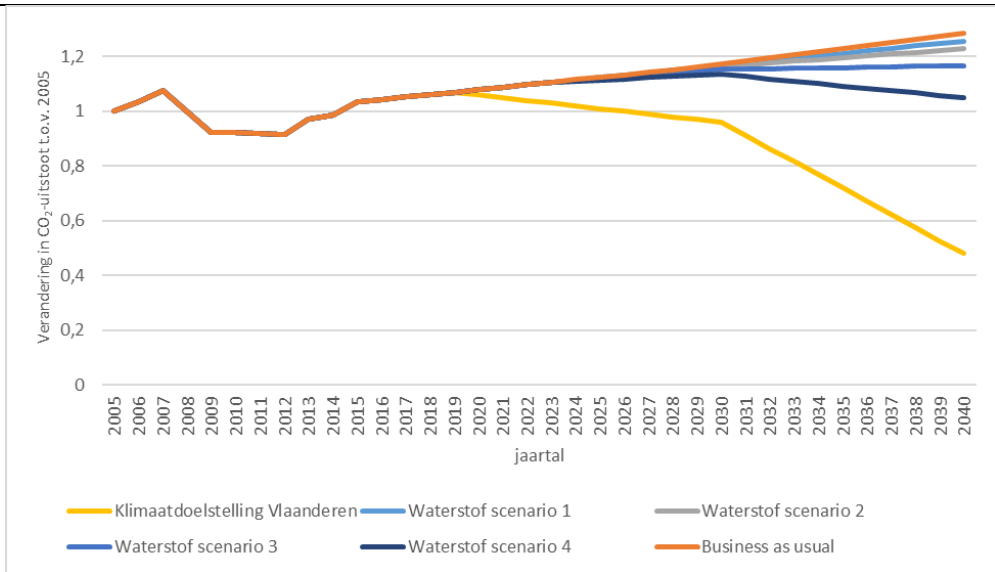
Figuur 28: TCO voor BEV en FCEV vrachtwagens voor 2023, 2030 en 2040 ten opzichte van de diesel variant (index 1) (Roland Berger, 2020; Rout et al., 2022; TNO, 2022; Zemo Partnership, 2021)

Waterstof voertuigen worden momenteel niet opgenomen in de CPT doelstellingen. De Roadmap studie (van Lier et al., 2019) gaat uit van een optimistische prognose voor FCEV. Een aandeel 6% voor lichte vrachtvoertuigen en 2,5% voor zware vrachtvoertuigen wordt er verondersteld tegen 2030 op basis van prognose van de Hydrogen Council (2017). Dit werd verder ondersteund door de TCO analyse van Moultak et al. (2017) die stellen dat FCEV zware vrachtwagens tegen 2030 ongeveer 5 tot 30% minder zullen kosten dan de dieselveertuigen in aanschaf, onderhoud en gebruik. Bovenstaande TCO resultaten nuanceren dit toekomstbeeld. In de studie van TNO (2022) stellen ze dat FCEV duurder zullen blijven dan hun dieselvariant, ongeacht lage waterstofprijzen en hoge dieselprijzen, en dit zeker tot 2030. Hun simulaties tonen geen marktpenetratie voor deze voertuigen aan, noch voor 2030, noch voor 2040. Wel stelt de studie dat eens de technologie aan kosten-efficiëntie wint het in beperkte niches (voornamelijk long haul) zijn ingang kan vinden in bepaalde Europese landen. Het marktaandeel van FCEV wordt daarbij niet hoger ingeschat dan 1 tot 3%.

Een bijstelling van de aandelen die gehanteerd zijn in de Roadmap (van Lier et al., 2019) lijkt nodig. De bijstelling wordt bevestigd door het momenteel lopende Europese project Hytruck waarbij een FCEV vloot van 1 000 voertuigen in België, Nederland en West-Duitsland beoogt tegen 2025. Dit komt neer op een verwaarloosbaar aandeel van de vloot (<0,2%). Het lijkt onrealistisch dat dit zich vijf jaar later – in 2030 – vertaalt in een aandeel van 2,5 tot 6% van de vloot, zoals gesteld in de Roadmap.

Op basis van bovenstaande TCO analyse worden vier scenario's berekend:

1. Een 'conservatieve' inschatting van het marktaandeel van waterstof voertuigen – zijnde 0,5% van de lichte vrachtwagens en 1% van de zware vrachtwagens tegen 2030 en 3% van de lichte vrachtwagens en 5% van de zware vrachtwagens tegen 2040. In dit scenario wordt er uitgegaan van emissiefactoren die verbonden zijn aan de 'blauwe' waterstof (WTW perspectief). Dewelke hier verondersteld worden overeen te komen met een reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van 51% ten opzichte van de diesel variant (Smallbone et al., 2020; Zemo Partnership, 2021).
2. In scenario twee worden dezelfde aandelen gehanteerd dan in scenario 1, maar er wordt hier uitgegaan van een emissievrije productie van waterstof (WTW perspectief).
3. Scenario 3 vertrekt van de progressieve inschatting van de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) met een aandeel 2,5% voor lichte vrachtwagens en 6% voor zware vrachtvoertuigen tegen 2030. Tegen 2040 stijgt dit verder naar 10% van de lichte vrachtwagens en 20% van de zware vrachtwagens. In dit scenario wordt opnieuw uitgegaan van 'blauwe' waterstof en bijhorende emissiefactoren.
4. Scenario 4 gebruikt dezelfde aandelen als scenario 3 met de assumptie dat waterstof voor 100% emissievrij geproduceerd wordt vanuit WTW perspectief.



Figuur 29: Reductiepotentieel waterstof scenario's

Het reductiepotentieel van scenario 1 en 2 is verwaarloosbaar tegen 2030, met respectievelijk 0,4% en 0,8%. Tegen 2040 stijgt het reductiepotentieel voor deze scenario's tot respectievelijk 2,3% en 4,4%.

Scenario 3 en 4 vertegenwoordigen een groter reductiepotentieel dankzij de hogere marktpenetratie van waterstof voertuigen. Tegen 2030 is het reductiepotentieel respectievelijk 1,6% en 3,1%. Tegen 2040 stijgt het reductiepotentieel voor deze scenario's tot respectievelijk 9,3% en 18,4%. Scenario 4 is zo het enige scenario dat erin slaagt om de groei in uitstoot door de stijgende transportvraag op te vangen.

Actoren:

Alle actoren zijn nodig voor de opnamen van deze maatregel; het aankopen en gebruiken van de voertuigen; tank infrastructuur ontwikkeling; overbruggen van TCO nadeel.



Samenvatting:

Inhoud
<p>Er worden vier scenario's voor de invoering van batterij elektrische voertuigen geanalyseerd.</p> <p>Scenario 1: 0,5% lichte vrachtwagens en 1% zware vrachtwagens tegen 2030. 3% lichte vrachtwagens en 5% zware vrachtwagens tegen 2040. Waterstof reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van 51% ten opzichte van de diesel variant.</p> <p>Scenario 2: 0,5% lichte vrachtwagens en 1% zware vrachtwagens tegen 2030. 3% lichte vrachtwagens en 5% zware vrachtwagens tegen 2040. Waterstof wordt emissievrij beschouwd.</p> <p>Scenario 3: 2,5% lichte vrachtwagens en 6% zware vrachtwagens tegen 2030. 10% lichte vrachtwagens en 20% zware vrachtwagens tegen 2040. Waterstof reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot van 51% ten opzichte van de diesel variant.</p> <p>Scenario 4: 2,5% lichte vrachtwagens en 6% zware vrachtwagens tegen 2030. 10% lichte vrachtwagens en 20% zware vrachtwagens tegen 2040. Waterstof wordt emissievrij beschouwd.</p>
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
<p>0,4% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 0,8% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2; 1,6% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 3 en 3,1% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 4                  2,3% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 4,4% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2; 9,3% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3 en 18,4% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 4</p>
Luchtvervuiling reductiepotentieel
<p>0,8% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 0,8% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2; 3,1% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 3 en 3,1% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 4                  4,4% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 4,4% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2; 18,4% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3 en 18,4% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 4</p>
Beleidsniveau
<p>Regionale overheid kan aankoop ondersteunen en tankinfrastructuur voorzien.</p>

#### 4.6 CNG/LNG – CBM/LBM

Er zijn momenteel ook alternatieve aandrijvingstechnologieën die beperktere emissiereducties kunnen realiseren.

##### **CNG en LNG**

Ten eerste zijn er de CNG en LNG aangedreven wegvoertuigen. Dit zijn aardgas toepassingen (compressed en liquified). De keuze voor CNG of LNG is voornamelijk afhankelijk van de toepassing en voertuig grootte. LNG is meer geschikt voor grotere voertuigen met een hoog jaarlijks aantal kilometers (meestal 100 000 km of meer). CNG is meer geschikt voor kleinere vrachtwagens met lagere jaarlijkse kilometers en/of minder reguliere operaties. Onderstaande paragrafen gaan in op mono-brandstof voertuiggebruik, ofwel voertuigen die volledig op CNG of LNG opereren. CNG/LNG (aardgas) heeft een lager koolstofgehalte dan diesel, maar toch resulteert de shift naar deze aandrijving slechts in beperkte CO<sub>2</sub> reducties. Belangrijk in de uitstoot inschatting zijn de methaan lekkages bij productie, verwerking en distributie. Methaan (aardgas) heeft een hoog aardopwarmingsvermogen (global warming potential) op korte termijn. Daarnaast heeft CNG/LNG ook een lagere energie-efficiëntie (IEA, 2017).

Conform de Roadmap studie wordt er een reductiepotentieel van CO<sub>2</sub>-uitstoot aan CNG en LNG toegewezen van 6 à 7% ten opzichte van een EURO 6 vrachtwagen. Kollamdhoti et al. (2016) schatten dat dit tank-to-wheel reductiepotentieel door methaanlekkage gereduceerd wordt tot

4,9%. Op basis van well-to-wheel emissies is zelfs een stijging in CO<sub>2</sub> uitstoot mogelijk. Mede om die reden wordt de technologie ook niet opgenomen in het Vlaams Energie- en Klimaatplan.

In Cleaner Power for Transport (CPT) worden ambitieniveaus van voertuigvloot samenstelling weergegeven, en zijn CNG/LNG voertuigen wel opgenomen. Op basis van de doelstellingen wordt een vork gemaakt. Voor de bestelwagenvloot wordt een aandeel van 8,6% tot 20% aan CNG toegekend gerekend; voor lichte vrachtvoertuigen 3,4% en 1,3% voor zware vrachtvoertuigen. Voor LNG wordt 0,4% gebruikt als aandeel voor de bestelwagens en een vork van 14,4% en 15% voor zware vrachtvoertuigen.

Tabel 4: Vlootsamenstelling CNG/LNG gebaseerd op CPT

Voertuigtype	Aandrijving	CPT studie roadmap	Huidige CPT
Bestelwagen	LNG	0,4%	
	CNG	8,6%	20%
Lichte vrachtwagen (<12 ton)	CNG	3,4%	
Zware vrachtwagen (>12 ton)	CNG	1,3%	15%
	LNG	4,9%	
	Biodiesel en biomethaan	9,5%	

Als randvoorwaarden wordt er verondersteld dat er voldoende CNG/LNG beschikbaar is en dat er voldoende tankinfrastructuur aanwezig is zodoende dat er geen extra kilometers afgelegd worden voor het tanken. Er zijn hiervoor investeringen nodig in tankinfrastructuur, hetgeen een lock-in kan vormen met het oog op daadwerkelijke emissievrije aandrijvingen.

Het effect op luchtvervuiling is eerder beperkt. LNG/CNG wegvoertuigen stoten minder fijn stof (PM) en SO<sub>2</sub> emissies uit dan conventionele dieselveertuigen, maar dat reductiepotentieel is eerder beperkt dankzij de grote inspanningen van de sector (met name EURO 6 emissienorm).

De opname en gebruik van CNG/LNG voertuigen hangt sterk af van de total-cost-of-ownership (TCO). Zolang deze nadelig is aan deze van diesel voertuigen worden er geen significante verschuivingen van diesel naar CNG/LNG aangedreven voertuigen verwacht. De meerkost is hoofdzakelijk te wijten aan de kosten verbonden aan tank(infrastructuur). Zonder overheidsondersteuning wordt er ook niet verwacht dat het kostennadeel overbrugd zal worden. 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. De vooropgestelde CPT doelstellingen vereisen een overheidsondersteuning, waarbij gezien de schaarse middelen de vraag gesteld dient te worden of deze niet naar emissievrije aandrijvingstechnologieën moeten gaan. 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 in de overgang naar emissievrije goederenvervoer ingezet worden. De investeringen die daaraan verbonden zijn – tankinfrastructuur en voertuigen – verantwoordt echter niet de beperkte reducties.

#### CBM en LBM

Naast voertuigen op CNG en LNG is ook respectievelijk gecomprimeerde (compressed biomethane of CBM) of vloeibare (liquified biomethane of LBM) een optie, die volledig compatibel met tot biomethaan opgewekt biogas. Biogas is te vergelijken met aardgas, maar is een hernieuwbaar gas dat ontstaat wanneer organisch materiaal door bacteriën wordt ontbonden in een zuurstofvrije omgeving (bvb. uit huishoudafval en ander organisch afval). Bij biodiesel moet hierbij rekening worden gehouden met broeikasgasemissies die gepaard gaan met de teelt en de verandering van

het landgebruik in het kader van een volledige levenscyclusanalyse van op gewassen gebaseerde biodiesels. Ook methaanlekkages dienen meegenomen te worden in de analyse. De kosten voor de productie van biomethaan vormen momenteel een barrière, omdat biomethaan aanzienlijk duurder is om te produceren dan aardgas.

Biomethaan heeft het potentieel om op langere termijn een klimaatneutrale aandrijvingsbron te zijn. Dit is echter onderhevig aan tal van onzekerheden met betrekking tot economisch rendabele productie en voldoende beschikbaarheid van duurzaam biomethaan voor transport en technologische ontwikkelingen in motorefficiëntie.

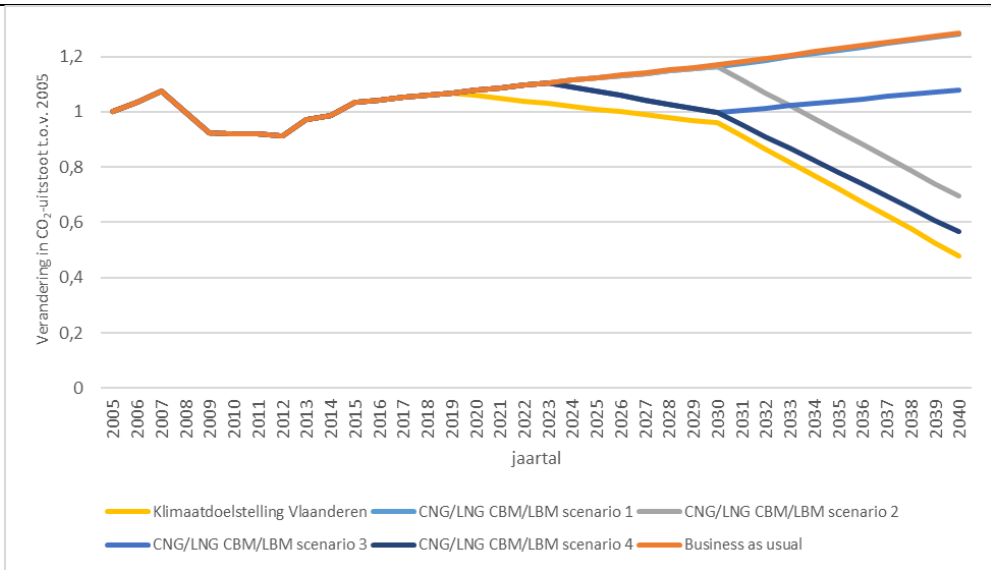
### **Dual fuel voertuigen**

Aardgas (CNG/CBM of LNG/LBM) kan ook in combinatie met conventionele diesel gebruikt worden in vrachtwagens met een gemengd brandstofsysteem (zogenaamde dual fuel vrachtwagens). Een systeem voor bijmenging kan op bestaande vrachtwagens gebouwd worden (retro-fitting) of is beschikbaar op modellen rechtstreeks van de fabrikant. Dual fuel voertuigen zorgen voor een zeer beperkte reductie in CO<sub>2</sub> uitstoot gezien de afstanden afgelegd met conventionele aandrijving niet voor reducties zorgen. De dual fuel vrachtwagens reduceren de CO<sub>2</sub> emissies met respectievelijk 4,2% ten opzichte van conventionele diesel vrachtwagens.

Biomethaan resulteert in verminderde emissies van koolwaterstoffen, koolmonoxide, stikstofoxiden en fijnstof in vergelijking met dieselbrandstoffen. De totale emissiereductie is echter sterk afhankelijk van de pathway van de biobrandstof. Voor een uitgebreide documentering van de pathways verwijzen we door naar gedetailleerde studies hierover. Ook de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) bevat een beschrijving en analyse van de verschillende pathways. Het huidige Europese beleid stimuleert nog steeds het bijmengen van (eerste generatie) LNG/CGN waarvan op basis van well-to-tank analyse niet kan volgehouden worden dat dit duurzaam is.

Er worden vier scenario's berekend:

1. Realisatie van huidige CPT doelstellingen met emissiefactoren voor CNG en LNG die overeenkomen met de huidige waarden (reductie van 4,9% ten opzichte conventioneel diesel alternatief). Tegen 2030 is TCO van elektrisch alternatief voordeliger dan CNG/LNG en diesel alternatief en neemt aandeel CNG/LNG af.
2. Realisatie van huidige CPT doelstellingen met 50-50% verdeling dual en mono fuel voertuigen tot 2030. Tegen 2030 wordt de assumptie genomen dat voldoende emissievrije CBM/LBM aanwezig is en dit voor een positieve TCO ten opzichte van diesel en elektrisch alternatief.
3. Realisatie van huidige CPT doelstellingen met evolutie naar emissievrije CBM en LBM tegen 2030. Tegen 2030 is TCO van elektrisch alternatief voordeliger dan CBM/LBM en diesel alternatief en neemt aandeel CBM/LBM af.
4. Realisatie van huidige CPT doelstellingen met evolutie naar emissievrije CBM en LBM tegen 2030. Tegen 2030 wordt de assumptie genomen dat voldoende emissievrije CBM/LBM aanwezig is en dit voor een positieve TCO ten opzichte van diesel en elektrisch alternatief.



**Figuur 30: Reductiepotentieel LNG/CNG en CBM/LBM**

Het reductiepotentieel van de maatregel verschilt sterk tussen de gehanteerde scenario's. Voor scenario 1 en 2 zijn er nauwelijks reducties (0,7%) merkbaar tegen 2030. In 2040 ziet het plaatje er compleet anders uit met 0,2% reductie ten opzichte van business as usual voor scenario 1 en 46% reductie voor scenario 2.

Scenario 3 en 4 hebben tegen 2030 een reductiepotentieel van 14,9% ten opzichte van de business as usual. Voor scenario 3 groeit dat potentieel naar 56% tegen 2040, terwijl scenario 3 op 16% blijft steken.

**Actoren:**

Alle actoren zijn nodig voor de opnamen van deze maatregel; het aankopen en gebruiken van de voertuigen; tank infrastructuur ontwikkeling; overbruggen van TCO nadeel


**Samenvatting:**

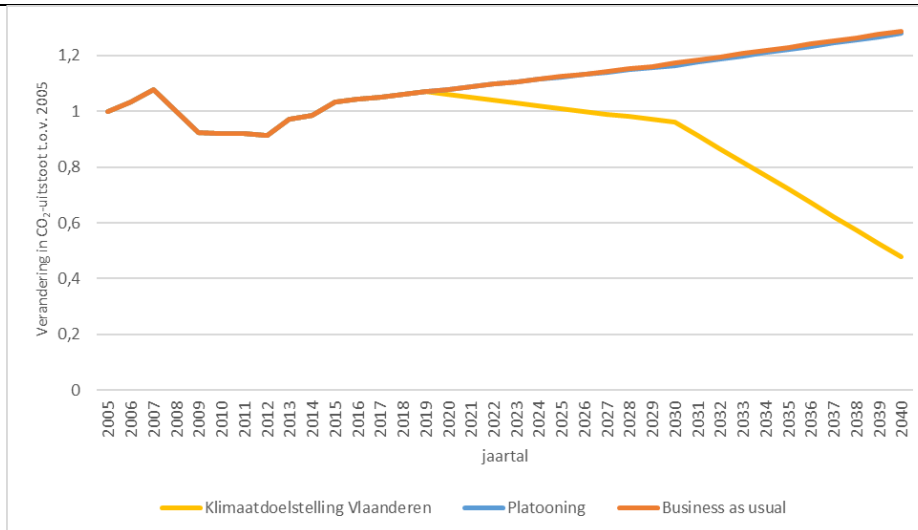
Inhoud
<p>Er worden vier scenario's voor de invoering van batterij elektrische voertuigen geanalyseerd.</p> <p>Scenario 1: CPT samenstelling (zie tabel 4) met toegekende emissiereductie van 4,9% t.o.v. diesel alternatief).</p> <p>Scenario 2: CPT samenstelling (zie tabel 4) met toegekende emissiereductie van 4,9% t.o.v. diesel alternatief tot 2030 en emissievrij vanaf 2030).</p> <p>Scenario 3: CPT samenstelling (zie tabel 4) assumptie emissievrij vanaf 2030.</p> <p>Scenario 4: CPT samenstelling (zie tabel 4) assumptie emissievrij vanaf 2030 maar BEV voertuigen intrede.</p>
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
<p>0,7% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 0,7% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2; 14,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 3 en 14,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 4</p> <p>0,2% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 46% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2; 16% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3 en 56% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 4</p>
Luchtvervuiling reductiepotentieel
<p>0,7% t.o.v. BAU in 2030 voor alle scenario's; 16% t.o.v. BAU in 2040 voor alle scenario's</p>
Beleidsniveau
<p>Regionale overheid kan aankoop ondersteunen en tankinfrastructuur voorzien.</p>

**4.7 Platooning**

Bij platooning rijden vrachtwagens op zeer korte afstand (0,3 seconde) van elkaar door gebruik te maken van technologie voor geautomatiseerd rijden. Elk voertuig communiceert met de andere voertuigen in het peloton. Er is enerzijds een leidend voertuig dat de snelheid en richting bepaalt, en anderzijds de volgende voertuigen die de bewegingen van het eerste voertuig volgen. Zodoende wordt de luchtweerstand verkleind en wordt er minder brandstof verbruikt, hetgeen tot emissie reducties leidt.

Platooning kan enkel op snelwegen. Gezien de relatief hoge frequentie aan op- en afritten in Vlaanderen en de gemiddeld hoge verkeersintensiteiten is Vlaanderen niet uitermate geschikt voor (lange) platoons.

In de Roadmap (van Lier et al., 2019) wordt er uitgegaan van platoons bestaande uit twee vrachtwagens. Er werden twee varianten onderzocht. Een eerste variant waarbij platooning enkel mogelijk is tussen twee vrachtwagens van dezelfde firma (scheduled) en dezelfde vrachtwagenfabrikant (mono-brand). De tweede variant omvat platoons tussen vrachtwagens van verschillende fabrikanten (multi-brand) en verschillende transportoperatoren (on-the-fly). Dit zorgt respectievelijk voor een reductie in CO<sub>2</sub> emissies van 0,5% en 0,6% tegen 2030. Verdere uitbreiding van de reductie naar 2040 worden niet verwacht, gezien er dan emissievrije vrachtwagens steeds meer hun intrede gaan doen en de nood voor platooning als duurzaamheidsoplossing zal afnemen.



Figuur 31: Reductiepotentieel platooning

Platooning heeft momenteel een meerkost van 5 000 euro per vrachtwagen, hetgeen gereduceerd zou kunnen worden tot 1 500 euro eens de vraag en productie loopt. Dankzij efficiëntie winst kan de investering binnen de 3 jaar terugverdiend worden.

**Actoren:**

Logistieke dienstverleners voor de aankoop en gebruik van platoons. Regionale overheden voor regelgeving en wettelijk kader.

**Samenvatting:**

<b>Inhoud</b>
Multi-brand, on-the-fly platooning
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
0,6% t.o.v. BAU in 2030 en 0,6% t.o.v. BAU in 2040
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
0,6% t.o.v. BAU in 2030 en 0,6% t.o.v. BAU in 2040
<b>Beleidsniveau</b>
Regelgeving regionale overheid

**4.8 Invoering zero-emissie zones**

Reeds in 2011 stelde de Europese Commissie in hun Witboek Transport dat stedelijke distributie tegen 2030 emissievrij georganiseerd dient te worden. Ondertussen zijn we twaalf jaar verder, en weten we dat bestelwagens transporten in steden emissievrij kunnen georganiseerd worden, vandaag al getuigen de leveringen van online aankopen. Voor zwaar vrachtvervoer is de ambitie om vandaag of tegen 2025 een emissievrije stedelijke distributie te hebben niet realistisch. Of 2030 gehaald zal worden als doelstelling is veelal een politieke keuze – gezien daarvoor overheidssteun en flankerend beleid nodig zullen zijn. Zonder beleid zal de doelstelling immers volgens prognoses eerder tussen 2035 en 2040 behaald worden.

In het Vlaamse regeerakkoord staat de ambitie vermeldt om stadsdistributie emissievrij te organiseren vanaf 2025. Alle actoren zijn het erover eens dat dit ambitieus is. De Vlaamse Overheid (Dep. MOW in samenwerking met binnenlands beleid en de VMM) heeft een traject uitgerold om

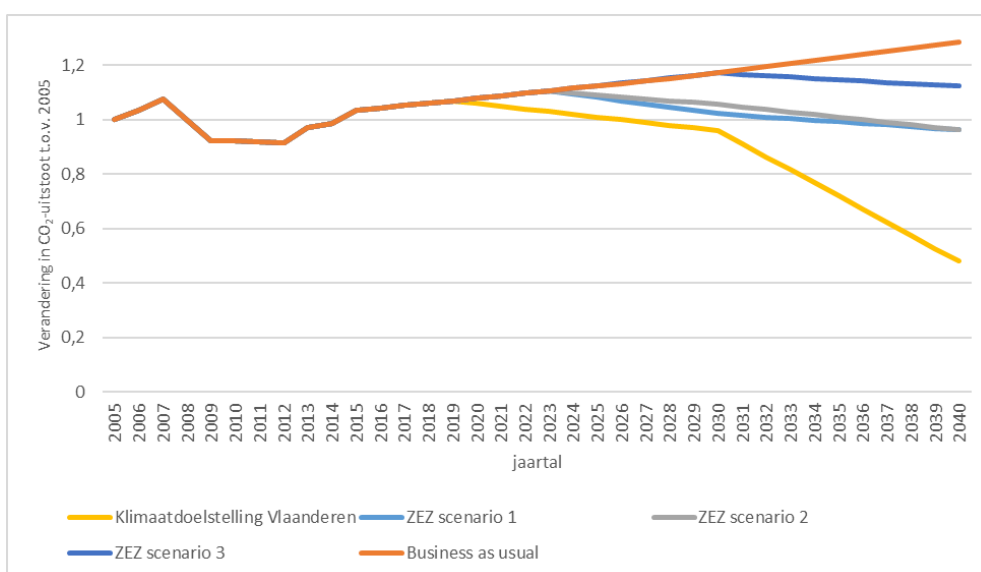


tot een realisatie van emissievrije stadsdistributie te komen. Er komen ambitieniveaus voor de subsectoren van goederenvervoer. Het resultaat wordt verwacht tussen de zomers van 2023 en 2024.

Als maatregel ondersteunt deze het gebruik van emissievrije voertuigen. Dat effect kan via transport modellen ingeschat worden. Modelmatig is dit een duidelijke maatregel, namelijk het instellen van een zero-emissie zone (ZEZ) - een zone waar alleen emissievrije voertuigen in mogen opereren. Toch zijn er een aantal variabelen die een zeer bepalende rol spelen in de uiteindelijke impact van de maatregel:

- De steden waar de zero-emissie zones van toepassing zullen zijn. Voor de Roadmap studie (van Lier et al., 2019) werden de Vlaamse centrumsteden gebruikt. Gezien deze studie hierop verder bouwt, blijft deze samenstelling van de steden behouden. De steden zijn Antwerpen, Aalst, Roeselare, Gent, Kortrijk, Mechelen, Hasselt, Genk, Leuven, Brugge, Oostende, Sint-Niklaas en Turnhout (Luyten en Van Hecke, 2007).
- De omvang van de zone: in de Roadmap studie werd het gehele grondgebied gebruikt. Daardoor werd ook transitverkeer op ringwegen rond de stad beïnvloed door de maatregel. In Nederland loopt een traject van emissievrije stedelijke distributie waar steden de vrijheid krijgen over de omvang van de zone. Daar is te zien dat de meeste zones kleiner zijn in omvang. Er zijn echter geen simulaties gemaakt voor dit scenario, waardoor de emissies reducties die weergegeven worden gelden voor een invoering van een ZEZ voor het hele stedelijke grondgebied.
- Voertuigen en sectoren waarvoor de ZEZ geldt. Hier wordt een scenario meegenomen met een invoering van de ZEZs in 2025 voor bestelwagens + zwaar vrachtvervoer vanaf 2030 en twee scenario's voor de invoering van de ZEZs voor alle voertuigen in 2030 en in 2035.
- Spoorvervoer en binnenvaart krijgen een uitzondering en mogen de ZEZ inkomen. Er bestaan milieuzones voor binnenvaart in Nederland (bijvoorbeeld in de haven van Rotterdam) waar alleen schepen met een CCR 2-motor (of beter) in 2025 nog mogen komen.

De impact van de maatregel werd voor drie scenario's berekend. De grootste reducties worden bekomen in scenario 1 (2025 bestelwagen, 2030 zwaar vrachtvervoer), met een CO<sub>2</sub> reductie van 12,8% in 2030 en 25,1% in 2040. Scenario twee (invoering alle voertuigen in 2030) leidt tot een reductie van 9,9% in 2030 en 25,1% in 2040. Scenario 3 met invoering van ZEZ voor alle voertuigen in 2035, heeft een reductiepotentieel van 12,8% in 2035 en 12,7% in 2040.



Figuur 32: Reductiepotentieel Emissievrije stedelijke distributie

Het effect op luchtvervuiling is sterk positief, aangezien emissievrije voertuigen ook geen tailpipe emissies hebben voor luchtvervuilende polluenten. De reducties komen dus overeen met deze van CO<sub>2</sub>.

In Nederland is de impact beperkter omwille van de kleinere omvang van de ZEZ, waardoor er meer ruimte is voor het inzetten van vervuilende voertuigen buiten het ZEZ gebied (De Bok et al., 2022).

Actoren:

Alle actoren dienen in dit proces betrokken te worden.

Samenvatting:

Inhoud
Er worden drie scenario's voor de invoering van ZEZ geanalyseerd. Scenario 1: ZEZ in Vlaamse centrumsteden: 2025 bestelwagen, 2030 zwaar vrachtvervoer. Scenario 2: ZEZ in Vlaamse centrumsteden: alle voertuigen 2030. Scenario 3: ZEZ in Vlaamse centrumsteden: alle voertuigen 2035.
CO <sub>2</sub> -reductiepotentieel
12,8% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 9,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2 en 0% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 3 25,1% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 25,1% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2 en 12,7% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3
Luchtvervuiling reductiepotentieel
12,8% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 1; 9,9% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 2 en 0% t.o.v. BAU in 2030 voor scenario 3 25,1% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 1; 25,1% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 2 en 12,7% t.o.v. BAU in 2040 voor scenario 3
Beleidsniveau
Regionale overheid geeft kader en stroomlijning, invoering lokaal

### 3.8 Emissiestandaarden

De Europese Commissie legt emissienormen op voor de nieuw verkochte transport voertuigen. Via Verordening (EG) nr. 443/2009 en Verordening (EU) nr. 510/2011 werden in de EU reeds beperkingen aan de CO<sub>2</sub> uitstoot van personenwagens en bestelwagens vastgelegd. Daar werden recent emissienormen voor zwaar wegvervoer aan toegevoegd. Deze werden vastgelegd op:

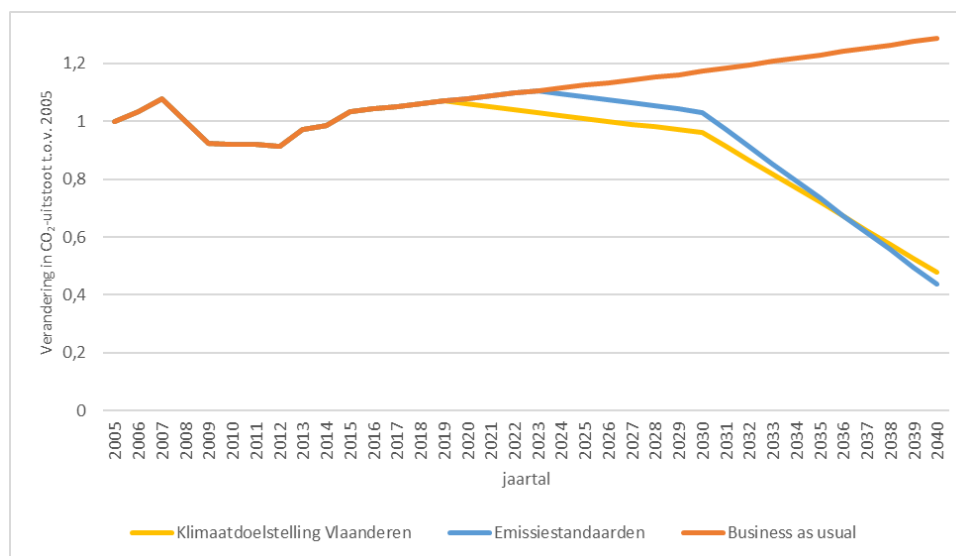
- -15% in CO<sub>2</sub> uitstoot tegen 2025 ten opzichte van 2019
- -30% in CO<sub>2</sub> uitstoot tegen 2030 ten opzichte van 2019
- -90% in CO<sub>2</sub> uitstoot tegen 2040 ten opzichte van 2019

Voor de impact van deze maatregel op de uitstoot is het nodig om een inschatting te hebben van de gemiddelde levensduur van een voertuig. ACEA geeft dergelijke inschattingen voor België.

Tabel 5: Levensduur wegvoertuigen

Voertuigtype / bron	ACEA	Europees gemiddelde	Europese Commissie
Bestelwagen	8,2 jaar	10,9 jaar	15 jaar
Lichte en zware vrachtwagen	9,7 jaar	11,7 jaar	15 jaar

De impact van deze maatregel is relatief groot. Tegelijk dient de maatregel genuanceerd te worden aangezien de realisatie van de maatregel in de praktijk neerkomt op het vergroenen van het wegvervoer hoofdzakelijk door over te schakelen naar emissie-arme en emissievrije aandrijvingstechnologieën. Het reductiepotentieel van deze maatregel volgt logischerwijs grotendeels de gestelde doelstellingen, met een verwachte reductie van 12% tegen 2030 en 66% tegen 2040 (voor de hele goederenvervoer sector, inclusief andere modi).



Figuur 33: Reductiepotentieel Emissiestandaarden

Actoren:

Producenten, transport sector en Europese overheid

Samenvatting:

<b>Inhoud</b>
Realisatie opgelegde Europese emissiestandaarden
<b>CO<sub>2</sub>-reductiepotentieel</b>
12% t.o.v. BAU in 2030 en 66% t.o.v. BAU in 2040
<b>Luchtvervuiling reductiepotentieel</b>
Geen inschatting mogelijk
<b>Beleidsniveau</b>
Europese overheid

## 5 Conclusies en aanbevelingen

Het rapport presenteert de impact op voornamelijk CO<sub>2</sub> uitstoot reducties 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. Dat potentieel is veel uitgesprokener dan in de Roadmap studie van 2019, met name dankzij de ontwikkelingen voor deze technologie. Het reductiepotentieel is echter gebonden aan de uitbouw van voldoende en performante laadinfrastructuur en een doorzetting van de huidige ontwikkelingssnelheid zeker met oog op de haalbaarheid van gebruik van BEV voor long haul vervoer. 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> 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. Dit laatste is vooral van belang om de opname van BEV te versnellen en zodoende sneller reducties te kunnen realiseren. Dit is immers nodig om de klimaatdoelstelling van anderhalve graad te kunnen halen.

Het combineren van maatregelen is in deze studie niet onderzocht geweest. Het belang van combineren werd echter wel aangetoond en gekwantificeerd in de Roadmap studie (van Lier et al., 2019). Gebaseerd op deze studie wensen we het belang ervan ook hier te benadrukken. 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. Voor elk van de maatregelen werd een indicatie gegeven van de actoren die betrokken moeten worden. Niet zelden zijn dat meerdere actoren die enkel samen het succes van een maatregelen kunnen garanderen.
- 'en' het afstemmen met andere sectoren en de energie sector in het bijzonder.
- 'en' het afstemmen van het beleid. Lokale overheden kunnen met de invoering van zero-emissiezones onder andere belangrijke maatregelen nemen. Daarnaast zijn drie gewesten verantwoordelijk voor het wegvervoer en de binnenvaart. Het transport zelf overstijgt die grenzen. Afgestemd beleid is bijgevolg minstens wenselijk. Spoorvervoer is daarenboven een federale bevoegdheid.

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 door middel van premies, kilometerheffing of invoeren van zero-emissie zones. BEV tonen momenteel het grootste potentieel.
- 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.

- Waar de roadmap in 2019 nog aanraadde om eveneens in te zetten op overgangstechnologieën (LNG, CNG), wordt er in dit rapport op basis van de resultaten van afgestapt. De technologie ontwikkeling – zeker voor BEV als de vergelijking gemaakt wordt met de Roadmap studie – is sneller gegaan dan voorspeld, waardoor zich nu een momentum aandient om op deze emissievrije technologieën in te zetten.

## 6 Bibliografie

ACEA. <https://www.acea.be/statistics/tag/category/avera>



Aronietis, R. en Vanelander, 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.

Cok, B. (2022). Hoe duurzaam verloopt het transport binnen korte ketens? Een externe kosten perspectief. Vervoerslogistieke werkdagen 2022.

de Bok, M., Tavasszy, L., & Sebastiaan Thoen. (2022). 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>

Delhaye, Mayeres (2018) Cijfermatige ondersteuning voor de evaluatie van klimaatmitigerende maatregelen actieplan 2021-2030 – Mobiliteit, Rapport voor Vlaamse Overheid Departement omgeving, Afdeling Energie, Klimaat en Groene economie

Edwards-Jones, G. (2010). Does eating local food reduce the environmental impact of food production and enhance consumer health? *Proceedings of the Nutrition Society*, 69(4), 582–591. <https://doi.org/10.1017/S0029665110002004>

Edwards-Jones, G., Milà i Canals, L., Hounsome, N., Truninger, M., Koerber, G., Hounsome, B., ... Jones, D. L. (2008). Testing the assertion that “local food is best”: the challenges of an evidence-based approach. *Trends in Food Science and Technology*, 19(5), 265– 274. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2008.01.008>

Europese Commissie (2011) Witboek Transport - Stappenplan voor een interne Europese vervoersruimte – werken aan een concurrerend en zuinig vervoerssysteem (COM(2011) 144), Brussel

Europese Commissie (2013). Voorstel voor een Richtlijn van het Europese Parlement en de Raad betreffende de uitrol van infrastructuur voor alternatieve brandstoffen, COM(2013) 18 final, Brussel

Europees Parlement en de Raad. (2014). VERORDENING (EU) Nr. 1169/2011.

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>

H2Accelerate (2022) Whitepaper Analysis of cost of ownership and the policy support required to enable industrialisation of fuel cell trucks

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>

Hydrogen Council (2017). Hydrogen scaling up. A sustainable pathway for the global energy transition.

International Energy Agency (2017). The Future of Trucks: Implications for Energy and the Environment

IPCC (2022). Mitigation of Climate Change: Climate Change 2022. WGIII Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

Kollamthodi, Norris, Dun, Brannigan, Twisse, Biedka, Bates (Ricardo-AEA) (2016). The role of natural gas and biomethane in the transport sector

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>

Lebeau, P., Macharis, C. & Van Mierlo, J. (2019). How to Improve the Total Cost of Ownership of Electric Vehicles: An Analysis of the Light Commercial Vehicle Segment. World Electric Vehicle Journal. 10, 4, p. 1-15., 90.

Lemiski, D., van Amstel, W.P. (2023). Challenges in city logistics and circular value chains for e-waste. Vervoerslogistieke Werkdagen, Mechelen.

Lineas (2018) Email Christine Vanoppen 28 september 2018

Litman, T. A., & Doherty, E. (2016). Transportation Cost and Benefit Analysis: Techniques, Estimates and Implications. Victoria

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>

Loo, B. & Banister, D. (2016). Decoupling transport from economic growth: Extending the debate to include environmental and social externalities. Journal of Transport Geography, Vol. 57, pp. 134-144

Luyten S., Van Hecke E. (2007). De Belgische Stadsgewesten 2001' [The Belgian Citydistricts 2001], Statistics Belgium, Working Paper, FOD Economie, Algemene Directie Statistiek en Economische Informatie, Leuven, KULeuven, Instituut voor Sociale en Economische Geografie.

Macharis, C., Melo, S., Woxenius, J., & Van Lier, T. (2014). Sustainable logistics. Bingley: Emerald Group Publishing.

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.

McKinnon, A. (2007). Decoupling of Road Freight Transport and Economic Growth Trends in the UK: An Exploratory Analysis, Transport Reviews, 27:1, 37-64, DOI: 10.1080/01441640600825952

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.

MORA (2021) Mobiliteitsverslag.

Moultak, Lutsey, Hall (ICCT) (2017) Transitioning to zero-emission heavy-duty freight vehicles. White paper

PwC (2022) The dawn of electrified trucking: Routes to decarbonizing commercial vehicles

Roland Berger (2020) Fuel cells hydrogen trucks: heavy-duty high performance green solution

Rout, C., Li, H., Dupont, V., Walud, Z. (2022). A comparative total cost of ownership analysis of heavy duty on-road and off-road vehicles powered by hydrogen, electricity, and diesel. Heliyon, Volume 8, Issue 12

Sacchi, R., Bauer, C., & Cox, B. L. (2021). Does Size Matter? The Influence of Size, Load Factor, Range Autonomy, and Application Type on the Life Cycle Assessment of Current and Future Medium- and Heavy-Duty Vehicles. *Environmental Science & Technology*, 55(8), 5224–5235. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c07773>

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.

Smallbone, A., Jia, B., Atkins, P., & Roskilly, A. P. (2020). The impact of disruptive powertrain technologies on energy consumption and carbon dioxide emissions from heavy-duty vehicles. *Energy Conversion and Management*: X, 6, 100030. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100030>

TML (2007). Emissiemodel voor Spoorverkeer en Scheepvaart in Vlaanderen: EMMOSS

TNO (2022) Techno-economic uptake potential of zero-emission trucks in Europe

van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schroten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., Brambilla, M., Fiorello, D., Fermi, F., Parolin, R., El Beyrouly, 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 luchtemissies van vrachtovervoer. Brussels.

Vlaams verkeerscentrum (2017) Verkeersindicatoren. Snelwegen Vlaanderen 2016

Wakeland, W., Cholette, S., & Venkat, K. (2012). Food transportation issues and reducing carbon footprint. In *Food Engineering Series* (pp. 211–236). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1587-9\\_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1587-9_9)

Watkiss, P., Smith, A., Tweddle, G., McKinnon, A., Browne, M., Hunt, A., ... Cross, S. (2005). The Validity of Food Miles as an Indicator of Sustainable Development. REPORT ED50254

Yuan, W., Frey, C., Wei, T. (2022). Fuel use and emission rates reduction potential for light-duty gasoline vehicle eco-driving. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, Vol. 109, 103394



Zemo Partnership (2021). Hydrogen Vehicle Well-to-Wheel GHG and Energy Study.

Zhao Y., Xue Q., Zhang X. (2018). Stochastic Empty Container Repositioning Problem with CO2 Emission Considerations for an Intermodal Transportation System. Sustainability