



Vlaanderen
is milieu

Milieuverkenning 2018: Achtergronddocument Oplossingsrichtingen voor het mobiliteitssysteem

Milieuverkenning 2018: Achtergronddocument Oplossingsrichtingen voor het mobiliteitssysteem

Inge Mayeres, Bruno Van Zeebroeck, Sebastian Vanderlinden
Transport & Mobility Leuven

Kris Bachus, Luc Van Ootegem
HIVA - KU Leuven

**Studie uitgevoerd in opdracht van MIRA,
Milieurapport Vlaanderen**

April 2018



4.2.11	Conclusies	103
5	Overige effecten.....	108
5.1	Gevolgen voor de congestie en verkeersveiligheid en andere gevolgen voor de transportgebruikers of infrastructuurbeheerders	108
5.1.1	Congestie	108
5.1.2	Verkeersveiligheid	109
5.1.3	Andere gevolgen voor de transportgebruikers en infrastructuurbeheerders	110
5.2	Bredere maatschappelijke effecten.....	111
5.2.1	Inclusie	111
5.2.2	Verloren gaan van privacy – oneigenlijk gebruik van data	111
5.2.3	Marktmacht van aanbieders van mobiliteitsdiensten.....	112
5.2.4	Bredere economische gevolgen	112
5.2.5	Onwenselijke sociale en milieueffecten van de ontginning van de gebruikte grondstoffen	113
5.2.6	Maatschappelijke discussie over de gezondheidsimpact van straling	113
6	Barrières en hefbomen voor oplossingen en innovaties	114
6.1	Inleiding	114
6.2	Methodologie: uitbreiding van het TIS-kader	115
6.2.1	Inleiding	115
6.2.2	Het herformuleren van de zeven ‘sleutelprocessen’ of functies uit het TIS	115
6.2.3	Drie vormen van falen	118
6.3	Hefbomen en barrières voor de drie casestudies	118
6.3.1	Case 1: (Elektrische) fietsen en nieuwe lichte voertuigen (Verschuiven)	119
6.3.2	Case 2: Deelmobiliteit (Voertuigdelen) (Vermijden & Verschuiven & Verbeteren).....	125
6.3.3	Case 3: Elektrische voertuigen met batterij (Verbeteren).....	129
6.4	Hefbomen en barrières voor de resterende innovaties of oplossingen.....	134
6.4.1	E-werken (telewerken) en e-vergaderen.....	135
6.4.2	Ritdelen personen (carpoolen).....	136
6.4.3	Logistieke verbeteringen	137
6.4.4	Performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service (MaaS).....	138
6.4.5	Autonome voertuigen.....	140
6.4.6	Waterstofaandrijving (FCEV)	141
6.4.7	Geavanceerde biobrandstoffen.....	142
6.5	Algemene barrières en hefbomen.....	143
7	Tot slot	146
8	Referenties	147
8.1	Boeken, rapporten, artikels in tijdschriften, beleidsartikels, statistische publicaties	147
8.2	Persartikels	153
8.3	Websites	154



INHOUDSTAFEL FIGUREN

Figuur 1: Het Vlaams mobiliteitssysteem in relatie tot andere systemen	36
Figuur 2: Personen- en goederenvervoer uitgelicht.....	38
Figuur 3: Voorbeelden van lichte elektrische voertuigen	53
Figuur 4: Schematisch overzicht van Mobility as a Service	56
Figuur 5: Evolutie van massa en vermogen van nieuwe voertuigen in Europa.....	73
Figuur 6: Evolutie van verhouding vermogen/massa van de nieuwe voertuigen in Europa over de periode 1980-2015.....	74
Figuur 7: Evolutie wagenpark in Vlaanderen en aandeel milieuvriendelijke wagens	91
Figuur 8: Nieuwe inschrijvingen personenwagens Vlaanderen 2015	91
Figuur 9: Publieke oplaadpunten in Vlaanderen	92
Figuur 10: De koolstofvoetafdruk van bioethanol van de tweede generatie (g CO _{2eq} /MJ)	99
Figuur 11: De koolstofvoetafdruk van biodiesel van de tweede generatie (g CO _{2eq} /MJ)	99
Figuur 12: Broeikasgasemissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik (g CO _{2eq} /MJ)	101



INHOUDSTAFEL TABELLEN

Tabel 1:	Longlist van innovaties en oplossingen (voor meer detail, zie de excel-file in bijlage).....	43
Tabel 2:	Shortlist met tien oplossingsgroepen.....	48
Tabel 3:	Verschillende niveaus van autonomie.....	57
Tabel 4:	Voorbeelden van classificaties voor biobrandstoffen op basis van verschillende definities	61
Tabel 5:	Directe milieubaten van e-werken in functie van het oorspronkelijk vervoersmiddel.....	63
Tabel 6:	Directe impact van e-werken in Vlaanderen indien 9 % van de werknemers zou e-werken (wagenpark 2009).....	64
Tabel 7:	Directe impact van e-werken in Vlaanderen indien 4 % van de werknemers in satellietkantoren zou werken (wagenpark 2009)	64
Tabel 8:	Directe en reboundeffecten van e-werken in Vlaanderen bij 9 % telewerk en 4 % satellietwerk	65
Tabel 9:	Illustratie van het milieupotentieel van rijdelen voor het woon-werkverkeer (2030)	68
Tabel 10:	(Te) eenvoudige berekening van de emissiereducties en milieubaten bij een daling met 15 % van de vrachtkm over de weg (voertuigenpark 2030)	71
Tabel 11:	Energieverbruik van een aantal voertuigen	73
Tabel 12:	Milieubaten van de fiets volgens oorspronkelijk vervoersmiddel op basis van directe emissies 2030 en indirecte emissies 2015	77
Tabel 13:	Sterk vereenvoudigde opschaal oefening omtrent het potentieel van een shift naar (e-)fiets, LEV en fiets-trein-fiets combinatie.....	79
Tabel 14:	Vereenvoudigde berekening van de potentiële emissiereductie door een shift naar (e-)fiets, LEV en fiets-trein-fiets combinatie (2030)	80
Tabel 15:	Aantal leden van deelorganisaties in Vlaanderen (2012-2016)	81
Tabel 16:	Milieubaten van autodelen volgens oorspronkelijk vervoersmiddel.....	83
Tabel 17:	Milieubaten van performante mobiliteitsdiensten in functie van het oorspronkelijk vervoersmiddel.....	87
Tabel 18:	Een vereenvoudigde scenario-oefening met een groter aandeel performant OV – 10 % van de reizigerskm per auto gaan naar OV	89
Tabel 19:	Milieubaten van BEV's ten opzichte van ICEV's	93
Tabel 20:	Vlaamse ambities voor nieuwe laadpunten	94
Tabel 21:	Overzicht milieupotentieel voor de shortlist van innovaties en oplossingen	104
Tabel 22:	Hefbomen en barrières op basis van de zeven 'sleutelprocessen' of functies uit het TEMIS-model	121
Tabel 23:	Hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model	123
Tabel 24:	Hefbomen en barrières op basis van de zeven 'sleutelprocessen' of functies uit het TEMIS-model	126
Tabel 25:	Hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model	128
Tabel 26:	Hefbomen en barrières op basis van de zeven 'sleutelprocessen' of functies uit het TEMIS-model	131
Tabel 27:	Hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model	132

DANKWOORD

De opdrachtgever en de auteurs van deze studie danken de experts op wie ze beroep konden doen.

De volgende personen werden geïnterviewd over de verschillende innovaties en oplossingen voor het mobiliteitssysteem: Patrik Akerman (Siemens), Tobias Denys (EnergyVille/VITO), Mark Dijk (Universiteit Maastricht en Transport Studies Unit, University of Oxford), Laurent Franckx (Federaal Planbureau), Birgitta Gatersleben (University of Surrey - Guildford), Kurt Marquet (ITS Belgium), Alan McKinnon (Kuehne Logistics University), Hans Nijland (PBL), Niccolo Panozzo (European Cyclists' Federation), Marc Pecqueur (Thomas Morus hogeschool), Lori Tavasszy (TU Delft), Berfu Ünal (Rijksuniversiteit Groningen), Nicole Van Doninck (Expertisecentrum Smart Mobility, Universiteit Antwerpen) , Bart Vannieuwenhuyse (Tri-Vizor).

Daarnaast hebben de volgende personen input geleverd in een expertworkshop rond de barrières en hefboomen voor het doorbreken van de innovaties en oplossingen: Raf Canters (Mobiel 21), Jan Cappelle (KU Leuven), Tobias Denys (EnergyVille/VITO), Laurent Franckx (Federaal Planbureau), Jeffrey Matthijs (autodelen.net), Helmut Paris (Departement Mobiliteit en Openbare Werken), Kris Peeters (DAKP), Alex Van den Bossche (UGent) en Pieter Vansteenwegen (KU Leuven).

De externe leden van het begeleidingscomité voor de studie waren Marleen Govaerts (Departement Mobiliteit en Openbare Werken) en Tania Van Mierlo (Departement Omgeving).

De opdrachtgever en de auteurs danken al deze personen voor hun waardevolle input en suggesties.

Eventuele tekortkomingen van de studie vallen onder de verantwoordelijkheid van de auteurs.



LIJST VAN AFKORTINGEN

BEV	Batterij elektrisch voertuig
CNG	Compressed Natural Gas
CO ₂	Koolstofdioxide
DRT	Demand Responsive Transport
EU	Europese Unie
EV	Elektrisch voertuig
FCEV	Elektrisch voertuig met brandstofcel (Fuel Cell Electric Vehicle)
ICEV	Voertuig met interne verbrandingsmotor (Internal Combustion Engine Vehicle)
ICT	Informatie- en communicatietechnologie
kWh	kilowattuur
LaaS	Logistics as a Service
LCA	Levenscyclusanalyse
LEV	Licht elektrisch voertuig
MaaS	Mobility as a Service
MJ	Megajoule
NEDC	New European Driving Cycle
NO _x	Stikstofoxiden
O&O	Onderzoek en ontwikkeling
OV	Openbaar vervoer
OVG	Onderzoek VerplaatsingsGedrag
PHEV	Plug-in hybride elektrisch voertuig
PJ	Peta Joule
PM _{2,5} en PM ₁₀	Deeltjes met een aerodynamische diameter kleiner dan 2,5 µm of 10 µm
REEV	Elektrische voertuigen met radius-extensie (Range Extended Electric Vehicle)
TEMIS	Technologische En Maatschappelijke InnovatieSystemen
TIS	Technologische InnovatieSystemen

MANAGEMENT SAMENVATTING

Inleiding

Mobiliteit van personen en goederen levert belangrijke voordelen aan de inwoners van Vlaanderen en aan de Vlaamse economie. De personenmobiliteit draagt ertoe bij dat de inwoners van Vlaanderen een inkomen kunnen realiseren uit arbeid, dat zij zich persoonlijk kunnen ontplooien en ontspannen, en dat zij een netwerk aan sociale contacten kunnen hebben. De mobiliteit van goederen zorgt ervoor dat de bedrijven hun productieproces efficiënt kunnen organiseren en hun klanten gemakkelijk kunnen bereiken. Mobiliteit leidt echter ook tot een reeks hardnekkige, met elkaar verweven problemen die vallen onder de noemer van externe kosten. Deze omvatten onder meer de schade door de uitstoot van broeikasgassen en luchtpolluenten, verminderde leefkwaliteit, congestie, geluidshinder, verkeersonveiligheid en inefficiënt ruimtegebruik.

Het ambitieniveau voor de verduurzaming van de mobiliteit is hoog en er is een grote nood aan oplossingen voor de transportsector. Kleinere oplossingen zullen niet volstaan, en meer fundamentele veranderingen zullen het bereiken van de doelstellingen moeten schragen. Er is, met andere woorden, nood aan een duurzaamheidstransitie in het mobiliteitssysteem.

Doel en reikwijdte van de studie

Deze studie kadert in de Milieuverkenning 2018 van de dienst MIRA van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het doel is om een overzicht te geven van innovaties/oplossingen die kunnen bijdragen aan de transitie naar ecologische duurzaamheid van het mobiliteitssysteem, van hun potentieel en van hefboomen waarmee dat potentieel kan gerealiseerd worden en de barrières die daarmee kunnen verlaagd worden.

Gelijktijdig met deze studie werden voor de Milieuverkenning 2018 gelijkaardige studies uitgevoerd voor het energiesysteem en het voedingssysteem. De link met de transities in die twee systemen wordt in dit rapport zoveel mogelijk aangegeven. Voor de elementen die specifiek zijn voor die systemen wordt er evenwel naar die twee andere studies verwezen. Er is ook een belangrijke interactie tussen ontwikkelingen in het mobiliteitssysteem en ruimtelijke ontwikkelingen. Die interactie wordt meer belicht in het onderzoek rond de Milieuverkenning Ruimte.

De sterke band tussen het Vlaams mobiliteitssysteem en andere maatschappelijke systemen

Een belangrijk kenmerk van het Vlaams mobiliteitssysteem is dat het niet op zich staat, maar sterk verbonden is met de andere maatschappelijke systemen in binnen- en buitenland. Enerzijds maken de veelheid van verbanden de verduurzaming van het mobiliteitssysteem complex. Anderzijds kunnen zij ook opportuniteiten bieden om via de andere maatschappelijke systemen de uitdagingen voor het mobiliteits-systeem aan te pakken. Bv. door het ruimtegebruik beter te organiseren kan de behoefte aan transport beperkt worden of beter ingevuld worden door openbaar vervoer.



Een bijkomende observatie is dat er vele nieuwe initiatieven, producten en diensten aan het opborrelen zijn, die relevant kunnen zijn voor het mobiliteitssysteem. Sommige vinden reeds een enthousiaste afzetmarkt (bv. elektrische fietsen), andere hebben succes bij een gemotiveerde groep gebruikers (bv. autodelen), terwijl nog andere zich nog in een meer prille fase bevinden (bv. waterstofauto's). In vele gevallen gaat het om 'niches'. Deze zijn nu nog volop in ontwikkeling, maar kunnen potentieel een rol of in sommige gevallen een grote rol spelen in de transitie naar een duurzaam mobiliteitssysteem mits de nodige randvoorwaarden vervuld zijn. De manier waarop dergelijke niches tot een systeemverandering kunnen leiden is een belangrijke topic binnen het transitiedenken dat bekijkt hoe men systeemveranderingen kan versnellen en ondersteunen via transitiegovernance. Het uiteindelijke doel is het mobiliteitssysteem te veranderen door de dominante maar niet-duurzame regimes (geleidelijk) te vervangen door andere, meer duurzame alternatieven. Deze studie wil een aantal van die niches ontdekken/toelichten en hun potentieel voor een duurzamer mobiliteitssysteem analyseren.

Innovaties en oplossingen voor het mobiliteitssysteem: van longlist naar shortlist

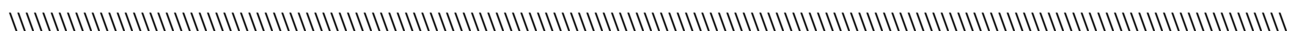
In de maatschappelijke discussie over de verduurzaming van het mobiliteitssysteem in Vlaanderen en in de rest van de wereld komen verschillende oplossingen en innovaties aan bod. Als eerste stap in de studie werd een longlist opgesteld van mogelijke innovaties en oplossingen. Zij werden gesitueerd in het kader van de drie brede oplossingsrichtingen van het Europees Milieuagentschap:

- 'Vermijden' ('Avoid'): dit verwijst naar oplossingen en innovaties die het mobiliteitssysteem duurzamer maken door het aantal verplaatsingen te verminderen of de afgelegde afstand per verplaatsing te verkorten (bv. e-werken).
- 'Verschuiven' ('Shift'): dit verwijst naar oplossingen en innovaties die het gebruik van andere, meer milieuvriendelijke, vervoersmiddelen aanmoedigen (bv. voor een aantal verplaatsingen de auto vervangen door een elektrische fiets).
- 'Verbeteren' ('Improve'): dit verwijst naar oplossingen en innovaties die de milieuprestaties van de vervoersmiddelen verbeteren, bv. door technologie, door een betere benutting van de vervoersmiddelen, enz. (bv. een elektrische auto gebruiken in plaats van een auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstof).

Ook werd de link gelegd met vijf overkoepelende categorieën van oplossingen en innovaties die men in een recente transitienota voor de Vlaamse Regering over 'Werken aan een vlot en veilig mobiliteitssysteem' identificeert als potentiële 'game changers' of doorbraken:

- Geconnecteerde mobiliteit en (deels) autonome vervoersmiddelen
- Combimobiliteit
- Gedeelde mobiliteit
- Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten (of Mobility as a Service)
- Groene mobiliteit

De longlist werd opgesteld aan de hand van een literatuurstudie en op basis van inzichten bekomen door gesprekken met experts in het domein. Uit deze longlist werd vervolgens een shortlist gepuurd die bestaat uit tien oplossingsgroepen. De keuze voor de tien groepen is gebaseerd op een eerste inschatting van het milieupotentieel en van de mate waarin de innovaties een transitie inhouden, zoals aangegeven door de experts en in de literatuurstudie. Bovendien werd er in de keuze naar gestreefd om voorbeelden op te nemen die betrekking hebben op de drie oplossingsrichtingen die naar voren werden geschoven door het Europees Milieuagentschap (Vermijden, Verschuiven, Verbeteren).



De volgende tabel vat de shortlist van de tien groepen samen. Een aantal groepen hebben enkel betrekking op het personenvervoer (Groep 1, 2, 6). Groep 3 focust op het goederenvervoer. De overige oplossingsgroepen kunnen toepassingen hebben in zowel het personen- als het goederenvervoer.

Shortlist met tien oplossingsgroepen

Groep	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Personen-/goederenvervoer	Vermijden/Verschuiven/Verbeteren
1: Werken, leren, vergaderen op afstand	Andere	Personenvervoer	Vermijden
2: Ritdelen personen	Gedeelde mobiliteit	Personenvervoer	Verbeteren
3: Logistieke verbeteringen	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten Combimobiliteit	Goederenvervoer	Vermijden/Verschuiven/Verbeteren
4: (Elektrische) fiets en nieuwe lichte elektrische voertuigen	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verschuiven
5: Voertuigdelen	Gedeelde mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Vermijden/Verschuiven/Verbeteren
6: Performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten Combimobiliteit Gedeelde mobiliteit	Personenvervoer	Verschuiven
7: Autonome voertuigen	Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen	Personen- en goederenvervoer	Verschuiven
8: Elektrische voertuigen met batterij	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verbeteren
9: Elektrische voertuigen met waterstof brandstofcel	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verbeteren
10: Geavanceerde biobrandstoffen	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verbeteren

Het milieupotentieel van de tien oplossingsgroepen uit de shortlist

De volgende tabel vat de algemene bevindingen samen voor het milieupotentieel van de innovaties en oplossingen uit de shortlist. Men kan een onderscheid maken tussen drie categorieën in de shortlist.

Ten eerste zijn er een aantal innovaties en oplossingen die binnen een bepaald segment van het mobiliteitssysteem een gunstig milieueffect kunnen hebben. Dit is het geval voor de eerste zes groepen van de shortlist. De wijze waarop deze gunstige effecten optreden verschilt tussen de zes groepen, en wordt telkens samengevat in de onderstaande tabel. Een belangrijke voorwaarde hierbij is wel dat er extra transportbeleid geïntroduceerd wordt om ongewenste reboundeffecten zoveel mogelijk onder controle te houden. Het extra beleid confronteert idealiter de transportgebruikers zoveel mogelijk met de maatschappelijke kosten van hun transportbeslissingen. Bij afwezigheid hiervan zullen de positieve effecten lager en in bepaalde gevallen substantieel lager of nagenoeg onbestaande zijn (zoals bv. in het geval van e-werken).

De tweede categorie bestaat uit innovaties en oplossingen die een veel groter milieupotentieel kunnen hebben omdat zij op een groter deel van het mobiliteitssysteem kunnen inspelen. Dit is het geval voor de alternatieve aandrijftechnologieën en mogelijk ook voor de geavanceerde biobrandstoffen. Maar ook hier geldt een belangrijke voorwaarde, namelijk dat de opwekking van de energie en de productie van de

////////////////////////////////////

biobrandstoffen op een duurzame wijze gebeurt, wat vandaag (nog) niet of onvoldoende het geval is. De mogelijkheden hiertoe in het Vlaamse energiesysteem komen meer in detail aan bod in de gelijklopende studie over het energiesysteem.

De derde categorie omvat de autonome voertuigen. De ontwikkelingen in dat domein kunnen potentieel een grote impact hebben op het mobiliteitssysteem. Het is echter moeilijk om in dit stadium te beoordelen wat het effect op de mobiliteitsvraag en de eraan gerelateerde milieueffecten zal zijn. Ook hier kan gewezen worden op de nood aan een goed beleidskader om een positief milieueffect te realiseren en eventuele reboundeffecten onder controle te houden, maar het is nog onzekerder of het beleid snel genoeg zal kunnen inspelen op de nieuwe context die door deze ontwikkelingen wordt gecreëerd.



Overzicht milieupotentieel voor de shortlist van oplossingsrichtingen

Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Reboudeffecten zonder extra beleid?
Werken, leren en vergaderen op afstand				
Personenvervoer - Woon-werk - Woon-school - Zakelijk Relatief klein segment van mobiliteitssysteem (ongeveer 16,2 % van reizigerskm)	- Bij vervanging van gemotoriseerd transport - Hoogste potentieel indien dit ritten met auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstoffen of vliegtuig vervangt - Positief effect vermindert met verschoning voertuigenpark		Eerder laag	Waarschijnlijk sterke vermindering van direct effect via: - Energieverbruik thuis (dit vermindert als energie-efficiëntie van huizen verbetert) - Inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteed aan andere consumptie o.a. verplaatsingen - Locatie-effect: verder gaan wonen zodat totale verplaatsingstijd onveranderd blijft - Latente vraag: voorheen onzichtbare vraag wordt zichtbaar indien congestie vermindert - Meer en verdere zakelijke verplaatsingen door gemakkelijker virtuele/digitale contacten
Ritdelen				
Personenvervoer Verplaatsingen met auto voor alle motieven In deze studie potentieel voor woon-werkverkeer via de auto	Hoogste potentieel indien overstap van auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstoffen waarmee men alleen rijdt		Eerder laag	Via - Inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteed aan andere consumptie o.a. verplaatsingen - Latente vraag: voorheen onzichtbare vraag wordt zichtbaar indien congestie vermindert (bij sterke doorbraak op plaatsen en momenten met congestie)

Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Reboundeffecten zonder extra beleid?
Logistieke verbeteringen				
Goederenvervoer	- Via modale verschuiving, maar moeilijk realiseerbaar		Eerder laag voor bestaande oplossingen	Lagere kost van goederenvervoer door betere efficiëntie → hogere vraag naar goederenvervoer
Laatste stadium in beslissingen over transport- en logistieke stromen (vele bepalende factoren zoals bv. locatie liggen hierbij vast)	- Via hogere efficiëntie: lagere groei km op weg, maar geen daling tonkm - Fysiek internet (voor stedelijke distributie) dat beladingsgraad en aantal optimaliseert maar nog in ontwikkeling		Hoog voor oplossingen in pril stadium	
(Elektrische) fietsen en lichte elektrische voertuigen				
Personenvervoer	- Hogere energie-efficiëntie dan auto - Potentieel grootst bij overstap van auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstof	Milieuwinst lager indien elektriciteit niet duurzaam geproduceerd	Eerder laag voor fiets	- Via latente vraag: voorheen onzichtbare vraag wordt zichtbaar indien congestie vermindert (indien sterke doorbraak op plaatsen en momenten met congestie) - Via inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteden aan andere consumptie o.a. verplaatsingen
Relatief korte verplaatsingen (tot 15 km) (79 % van verplaatsingen, maar slechts 24 % van afgelegde km)	- Positieve impact op geluidshinder - Milieuwinst grootst indien elektriciteit duurzaam geproduceerd		Hoog voor LEV want in pril stadium	
Langere verplaatsingen indien in combinatie met openbaar vervoer	** nota: de maatschappelijke gezondheidswinsten zijn zeer groot, groter dan de milieuwinsten			
Voertuigdelen				
Personenvervoer	- Meer directe confrontatie met autokosten + vraagt meer organisatie van gebruiker → minder autokm	- Auto wordt een optie voor mensen die zich anders geen auto kunnen veroorloven	Hoog	- Via latente vraag (indien sterke doorbraak op plaatsen en momenten met congestie) - Via inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteed aan andere consumptie o.a. verplaatsingen (voertuigdelen zorgt voor goedkopere verplaatsingen)
Potentieel alle autoverplaatsingen	- Right-sizing (geen gebruik van 'te grote' voertuigen → lagere milieu-impact/km - Voor- en natransport voor OV (OV aantrekkelijker) en dus lagere milieu-impact/km - Case voor voertuigen met alternatieve brandstof wordt aantrekkelijker - Jonger en dus schoner voertuigenpark - Efficiëntere voertuigen - Minder nood aan parkeerplaatsen	- Auto kan in de plaats komen van fiets of OV - Km om voertuigen terug te brengen naar stelplaats	Gedragwijzigingen van frontrunners zijn mogelijk niet representatief voor gedrag van de doorsnee weggebruiker	



Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Reboundeffecten zonder extra beleid?
Performante mobiliteitsdiensten of MaaS				
Personenvervoer Potentieel grote reikwijdte maar begrensd door beschikbare OV-capaciteit (vandaag minder dan 10 % van reizigerskm via OV) In stedelijke context: Demand Responsive Transport	- Met bundeling van vervoersstromen in OV en lagere milieu-impact per km - Grootst bij overstap van conventionele auto met fossiele brandstof - Groter bij verdere verduurzaming OV - Groot bij Demand Responsive Transport in stedelijke context Zie ook deelmobiliteit	- Indien overstap van OV naar deelmobiliteit - Zie ook deelmobiliteit	Hoog	Meer verplaatsingen door aantrekkelijker mobiliteitsdiensten
Autonome voertuigen				
Personenvervoer Goederenvervoer Potentieel grote reikwijdte (alle voertuigen en verplaatsingen)	- Hogere energie-efficiëntie - Right-sizing – ‘te groot’ voertuig vermijden en lagere milieu-impact/km (indien gedeelde voertuigen) - Case voor voertuigen met alternatieve technologie/brandstof wordt aantrekkelijker - Minder autokm o.w.v. hogere kostprijs - Minder parkeerplaatsen in de stad	- Meer km door rondrijden om andere passagiers op te pikken - Via locatiekeuze impact op ruimtegebruik en daardoor meer km - Meer parkeerplaatsen buiten de stad - Stopplaatsen nemen vrije ruimte in	Zeer hoog Technische mogelijkheden en kostenplaatje onzeker	- Indien autorijden comfortabeler en lagere tijdskosten, parkeerkosten, verzekeringskosten → Meer autokm - Via locatiekeuze (verder wonen van bestemming door lagere tijdskost)
Elektrische voertuigen met batterij en waterstof-brandstofcel				
Personenvervoer Goederenvervoer Dus potentieel grote reikwijdte (nagenoeg alle voertuigen en verplaatsingen)	- Broeikasgassen: Indien elektriciteit/waterstof duurzaam geproduceerd - Geen lokale pollutie (van uitlaatgassen), wel niet-uitlaatmissies - Positieve impact op geluidshinder - Versterkt case voor hernieuwbare elektriciteit - Milieuwinst daalt als conventionele voertuigen schoner worden	- Indien elektriciteit/waterstof niet duurzaam geproduceerd - Meer energie-intensieve productie van voertuigen	Hoog tot zeer hoog Kostenplaatje nog onzeker Technische mogelijkheden onzeker (vooral voor waterstof-brandstofcel)	Indien hogere kost per km → daling km en vice versa Groene paradox bij duurzame elektriciteit: dalende vraag naar fossiele brandstof maakt deze goedkoper



Reikwijdte	Positieve directe milieueffecten	Negatieve directe milieueffecten	Onzekerheid	Reboundeffecten zonder extra beleid?
Geavanceerde biobrandstoffen				
Personenvervoer Goederenvervoer Dus potentieel grote reikwijdte (nagenoeg alle voertuigen en verplaatsingen)	- Afhankelijk van grondstof en productietechnologie - Effect op broeikasgasemissies zonder verandering in landgebruik zou eerder positief zijn voor 2 ^{de} generatie maar negatief voor 3 ^{de} generatie - Effect op broeikasgasemissies rekening houdend met verandering in landgebruik is positief in bepaalde gevallen	- Effect op broeikasgas-emissies zonder verandering in landgebruik zou negatief zijn voor 3 ^{de} generatie (huidige stand van zaken) - Effect op broeikasgas-emissies rekening houdend met verandering in landgebruik is negatief in bepaalde gevallen	Hoog tot zeer hoog	- Via effect op kosten per km Indien lagere vraag naar fossiele brandstoffen → lagere prijs → stijging vraag - Door 'groene paradox'



Overige effecten

Van de meeste groepen uit de shortlist kan verwacht worden dat zij ook effect hebben op de andere externe kosten van transport, en met name op congestie en verkeersongevallen. Ook zijn er een aantal andere gevolgen voor de transportgebruikers waaronder de gezondheidsbaten voor de meer actieve modi. Daarnaast zijn er ook een aantal bredere maatschappelijke effecten die spelen voor meerdere innovaties en oplossingen. Die betreffen ondermeer de impact op inclusie, privacy, de marktmacht van de aanbieders en bredere economische en sociale gevolgen verbonden aan de opkomst van nieuwe technologieën en de ontginning van de gebruikte grondstoffen.

Barrières en hefboomen voor een selectie van drie oplossingsgroepen

Uit de shortlist van tien oplossingsgroepen werden er drie geselecteerd voor een meer diepgaande analyse van hefboomen en barrières:

- (Elektrische) fietsen en nieuwe lichte voertuigen
- Deelmobiliteit
- Elektrische voertuigen met batterij (BEV)

Naast de drie casestudies werden de hefboomen en barrières van de overige zeven oplossingsgroepen uit de shortlist geanalyseerd. Die analyse is enkel gebaseerd op de literatuurstudie en de expertinterviews.

De drie casestudies werden onderworpen aan een analyse op basis van een methodologie die vertrekt van het TIS-model, het Technologische InnovatieSystemen-model, van Suurs & Hekkert (2005). Dit model is sterk technologisch georiënteerd, en focust vooral op de innovatiefunctie van technologieën als beloftevolle strategie voor transitie. Omdat deze studie zowel technologische als niet-technologische vernieuwingen onderzoekt, werd het TIS-model aangepast, zodat het ook kan gebruikt worden voor niet-technologische innovaties. Het bijgewerkte model werd het 'TEMIS'-model gedoopt, het Technologische en Maatschappelijke InnovatieSystemen-model. Het TEMIS-model brengt naast de technologie ook de meer maatschappelijke factoren in de analyse, zoals gedrag, attitudes (inclusief psychologische factoren), cultuur en beleid.

De gebruikte informatiebronnen voor de drie casestudies zijn de literatuurstudie, veertien expertinterviews en een expertworkshop. De belangrijkste resultaten zijn als volgt:

- Case 1: (Elektrische) fietsen en nieuwe lichte voertuigen

De (elektrische) fiets heeft vele troeven en is een zeer duurzame vervoersmodus die ook sterke voordelen heeft op vlak van gezondheid en luchtkwaliteit. Omdat het bewustzijn hiervan toeneemt, zit (elektrisch) fietsen in Vlaanderen in de lift, en heeft het ook nog een sterk groeipotentieel. De barrières liggen o.a. in de ruimtelijke ordening die nog vaak op de auto is gericht, het weer en het culturele belang van de auto. De kwantiteit en de kwaliteit van de fietsinfrastructuur kan nog veel verbeteren, er zijn nog niet veel publieke laadfaciliteiten en weinig of geen parkeerfaciliteiten voor LEV's. De regelgeving is vaak ook in het voordeel van auto's. De grote culturele shift weg van de auto is nog maar door weinig mensen gemaakt.



– Case 2: Deelmobiliteit (voertuigdelen)

Over het maatschappelijk en milieupotentieel van deelmobiliteit bestaat nog veel discussie. Voertuigdelen is vooral een goede oplossing in een stedelijke omgeving voor verplaatsingen die niet met een andere modus dan een auto kunnen gebeuren. Deelmobiliteit zal zeker een meerwaarde kunnen hebben als men het inzet als optie binnen het ‘dienstenpakket’ aan mobiliteit (Mobility as a Service). Hefbomen zijn o.a. het financiële voordeel en de kansen voor ‘right-sizing’. Barrières omvatten de ‘cultuur van het bezit’ en de toegang tot een voertuig wanneer men het nodig heeft.

– Case 3: Elektrische voertuigen met batterij

Elektrische voertuigen bieden – vooral in een stedelijke omgeving – een oplossing voor een aantal maatschappelijke problemen, maar vormen geen universele mobiliteitsoplossing. De hefboomen zijn dat er geen grote culturele omslag voor nodig is, en dat er veel winst mogelijk is op vlak van lokale luchtkwaliteit en CO₂-uitstoot. Een belangrijke barrière is dat de energietransitie naar 100 % hernieuwbare elektriciteit niet snel genoeg gaat. Daarnaast spelen ook de kostprijs, de lange laadtijd en de nog beperkte actieradius een rol. Ook wanneer de technologische barrières opgelost zijn, zal het nodig blijven om te experimenteren, omdat de psychologische barrières (bv. de angst om stil te vallen) vaak langer overleefd blijven dan de technologische.

Zelfs als de ‘total cost of ownership’ voor een BEV lager is dan voor een auto met verbrandingsmotor zal de perceptie waarschijnlijk nog blijven bestaan dat het BEV duurder is, doordat de hogere aankoopprijs heel duidelijk is, en de besparing per km door een lagere energieprijs, minder zichtbaar is.

Algemene barrières en hefboomen

Een aantal ‘algemene’ hefboomen en barrières gelden voor een groot aantal oplossingen en innovaties.

Ten eerste worden veranderingen in het mobiliteitssysteem vertraagd door psychologische en culturele barrières die het gedrag en de attitude van burgers bepalen. Hieronder kan ook de trage uptake van nieuwe technologieën worden begrepen.

Ten tweede waarschuwt de studie voor het optreden van reboundeffecten en indirecte effecten. Die ontstaan wanneer directe winst op één vlak deels wordt gecompenseerd door verlies op een ander (soms indirect) vlak. Bv. de hogere energie-efficiëntie door de optimalisatie van motoren kan gebruikt worden om het vermogen te verhogen en extra luxe te bieden. Of de mogelijkheid om aan e-werken te doen kan mensen ertoe brengen een job te zoeken op een locatie die verder gelegen is van hun woonplaats.

Ten derde concludeert de studie dat de kansen op en de snelheid van een transitie naar een duurzaam mobiliteitssysteem in belangrijke mate zal afhangen van de ingrepen van het beleid. Momenteel reflecteert de prijs van personen- en goederenvervoer doorgaans onvoldoende de externe kosten, waardoor zowel personen- als goederenvervoer te veel vast blijft zitten in het regime van het onduurzame wegtransport. Hierbij is het belangrijk dat de overheid niet alleen ondersteunt, maar ook ontmoedigt. Overheidsbeleid kan onduurzaam transport ontmoedigen via toegangsrestricties tot steden (stedelijke overheid), of onder de vorm van prijszetting (federale of gewestelijke overheid). Het is hierbij niet de taak van een overheid om een bepaalde technologie (elektriciteit of andere) te pushen. De overheid moet vooral gepaste normen opleggen en de juiste prijzen nastreven zodat het goede kader wordt gecreëerd voor de transitie naar een duurzame mobiliteit.



Tot slot

Uit de studie blijkt dat er veel potentiële oplossingen bestaan die de transitie naar een duurzame mobiliteit kunnen onderbouwen. In veel gevallen zijn de evoluties van de oplossingen en/of hun impacts echter nog onzeker. Ook kunnen er reboundeffecten of andere indirecte effecten optreden die hun impact kunnen verminderen of hangt het milieupotentieel af van evoluties in andere maatschappelijke systemen, zoals het energiesysteem. Veel mensen en bedrijven willen ook hun steentje bijdragen tot een duurzamer systeem, maar vaak is het moeilijk om gewoontes te veranderen.

Dé oplossing voor een duurzaam mobiliteitssysteem bestaat niet. Het zal dikwijls gaan over een combinatie van oplossingen. Belangrijk voor de effectieve realisatie van hun potentieel is dat de overheid vanuit een langetermijnvisie op duurzame mobiliteit het gepaste kader creëert. Dit kan met behulp van verschillende beleidsinstrumenten die door verschillende beleidsniveaus kunnen ingevoerd worden:

- De ondersteuning van onderzoek en ontwikkeling – dit kan op Vlaams niveau, maar gebeurt bij voorkeur ook ingeschakeld in een breder Europees kader.
- Het opleggen van normen inzake emissies en energieverbruik – hierbij is een Europese aanpak van groot belang.
- Het opleggen van lokale toegangsrestricties – dergelijke maatregelen kunnen op lokaal niveau genomen worden.
- Het voeren van een gepast prijsbeleid dat bedrijven en personen confronteert met de maatschappelijke gevolgen van hun individuele transportkeuzes – dit is mogelijk op stedelijk, regionaal of federaal niveau, waarbij Europa in bepaalde gevallen een rol kan spelen bij het vastleggen van de algemene klijlijnen.

Een dergelijk beleidskader biedt oplossingen en innovaties kansen en spoort mensen en bedrijven aan om duurzame mobiliteitskeuzes te maken.



EXECUTIVE SUMMARY

Introduction

The mobility of persons and goods leads to important benefits for the Flemish inhabitants and the economy in Flanders. Passenger transport makes it possible for people to go to work to earn an income, to undertake leisure activities and activities for their personal development, and to have a network of social contacts. With efficient goods transport firms can organise their production process efficiently and easily reach their customers. However, transport also leads to a range of persistent, interrelated problems that are classified as external costs. These include among others the damage caused by the emissions of greenhouse gases and air pollutants, the loss in quality of life, congestion, noise pollution, traffic accidents and inefficient land use.

The level of ambition for reaching a more sustainable mobility is high and there is a large need for solutions in the transport sector. Smaller solutions will not suffice, and more fundamental changes will have to underpin the realisation of the sustainability aims. In other words, there is a need for a sustainability transition in the mobility system.

Aim and scope of the study

This study contributes to the Environmental Outlook 2018 of the Environmental Reporting Department (MIRA) of the Flanders Environment Agency (VMM). Its purpose is to give an overview of the innovations / solutions that may contribute to the transition to the environmental sustainability of the mobility system, of their potential and of the levers that may help to realise that potential, and of the barriers that may be lowered by them.

Parallel with this study two other studies have been carried out for the Environmental Outlook 2018, covering the energy and the food system. The link with the transitions in those two systems is highlighted as much as possible in this report. However, for elements that are specific to those systems, reference is made to the two other studies. There is also an important interaction between the evolutions in the mobility system and land use changes. That interaction is covered in more detail in the Environmental Outlook for land use.

The strong link between the Flemish mobility system and other social systems

An important characteristic of the Flemish mobility system is that it is not an isolated system, but strongly connected with other social systems both within Belgium and abroad. On the one hand the many links that exist make it more complex to make the mobility system more sustainable. On the other hand they can also offer opportunities for tackling the challenges for the mobility system through the other social systems. For example, better spatial planning may reduce the need for transport or it may make it more attractive for public transport to meet the transport needs.

An additional observation is that many new initiatives, products and services which may be relevant for the mobility system are popping up. Some have already found enthusiastic users (e.g. electric bicycles), others have success with a small but motivated group of users (e.g. car sharing), while others are still in an early



stage (e.g. hydrogen cars). In many cases they can be considered to still operate in 'niches'. These are still under development but may potentially play a role, and in some cases a large role, in the transition towards sustainable mobility, if the necessary conditions are fulfilled. The way in which such niches may lead to system changes is an important topic within transition thinking. That field of research analyses how to accelerate system changes and to support them through transition governance. The final aim is to change the (mobility) system by (gradually) replacing the dominant but unsustainable regimes by other, more sustainable, alternatives. This study aims to explore/shed light on some of those niches and to analyse their potential for a more sustainable mobility system.

Innovations and solutions for the mobility system: from longlist to shortlist

The public debate on making the mobility system in Flanders and also globally more sustainable puts forward many different solutions and innovations. As a first step the study drafted a longlist of possible innovations and solutions. They were classified according to the three broad solution approaches of the European Environment Agency:

- 'Avoid': this refers to solutions and innovations that make the mobility system more sustainable by reducing the number of trips and by reducing the average trip length (e.g. e-working).
- 'Shift': this refers to solutions and innovations that encourage the use of other, more environmentally friendly, transport modes (e.g. replacing the car for a number of trips by an electric bicycle).
- 'Improve': this refers to solutions and innovations that improve the environmental performance of transport means, e.g. by technology improvements, by increasing the occupancy or loading rate, etc. (e.g. replacing a internal combustion vehicle running on fossil fuels by an electric vehicle).

In addition, the link was made with five overarching categories of innovations and solutions that were identified as potential game changers in a recent transition paper for the Flemish Government entitled 'Towards a smooth and safe mobility system':

- Connected mobility and (partly) autonomous transport means
- Combined mobility
- Shared mobility
- Personalised mobility services (or Mobility as a Service)
- Green mobility

The longlist was drafted on the basis of a literature review and insights obtained from a number of experts in the field. From this longlist was then distilled a shortlist that covers ten groups of solutions. The selection of those ten groups was based on a first estimate of the environmental potential and the extent to which the innovations imply a transition, as indicated by the experts and the literature review. Moreover, the selection aimed to include examples for the three broad solution approaches that are put forward by the European Environment Agency (Avoid, Shift, Improve).

The next table summarises the shortlist with the ten groups. Some groups only apply to passenger transport (Groups 1, 2, 6). Group 3 focuses on freight transport. The other groups of solutions may be relevant for both passenger and freight transport.



Shortlist with ten groups of solutions

Group	Overarching category transition paper Flemish Government	Passenger/freight transport	Avoid/Shift/Improve
1: Working, learning, meeting from a distance	Other	Passenger transport	Avoid
2: Ridesharing passenger transport	Shared mobility	Passenger transport	Improve
3: Logistic improvements	Personalised mobility services Combined mobility	Freight transport	Avoid/Shift/Improve
4: (Electric) bicycle and new light electric vehicles	Green mobility	Passenger and freight transport	Shift
5: Vehicle sharing	Shared mobility	Passenger and freight transport	Avoid/Shift/Improve
6: High-performing mobility services or Mobility as a Service	Personalised mobility services Combined mobility Shared mobility	Passenger transport	Shift
7: Autonomous vehicles	Connected mobility and autonomous vehicles	Passenger and freight transport	Shift
8: Battery electric vehicles	Green mobility	Passenger and freight transport	Improve
9: Electric vehicles with hydrogen fuel cell	Green mobility	Passenger and freight transport	Improve
10: Advanced biofuels	Green mobility	Passenger and freight transport	Improve

The environmental potential of the ten groups of solutions in the shortlist

The next table summarises the general findings about the environmental potential of the solutions and innovations in the shortlist. A distinction can be made between three categories.

First, one distinguishes a number of innovations and solutions that have a beneficial environmental effect within a specific segment of the mobility system. That is the case for the first six groups in the shortlist. The way in which these positive effects arise differs between the six groups, and is summarised in each case in the table. An important condition is that extra transport policy is introduced in order to mitigate as much as possible any unwanted rebound effects. Ideally, the extra policies confront the transport users as much as possible with the social costs of their transport choices. In the absence of this, the positive effects will be smaller and in some cases substantially so or even almost non-existent (as for example in the case of e-working).

The second category consists of innovations and solutions that may have a much larger environmental potential because they apply to a much larger part of the mobility system. That is the case for the alternative propulsion technologies and possibly also for advanced biofuels. However, also in this case there is an important precondition, namely that the generation of energy and the production of biofuels is done in a sustainable way, which is currently not (yet) or insufficiently the case. The possibilities for realising this in the Flemish energy system are discussed in more detail in the parallel report about the energy system.



The third category consists of autonomous vehicles. The developments in that domain may have a potentially very large impact on the mobility system. However, at this stage it is difficult to gauge the effect on mobility demand and its related environmental impacts. Also in this case it can be pointed out that there is a need for a good policy framework in order to realise a positive environmental impact and to keep under control any reboundeffects that may arise, but it is even more uncertain whether policy makers will be able to anticipate quickly enough on the new context that will be created by these developments.



Overview of the environmental potential of the groups of solutions in the shortlist

Scope	Positive environmental effects	Negative environmental effects	Level of uncertainty	Reboundeffects without extra policy?
Working, learning and meeting from a distance				
Passenger transport - Commuting - Home-school - Business Relatively small segment of mobility system (about 16.2 % of passenger km)	- By replacing motorised transport - Highest potential if it replaces trips by cars with an internal combustion engine running on fossil fuels, or air trips - Positive effect decreases as the vehicle stock gets cleaner		Relatively low	Probably strong reduction of direct impact through: - Energy consumption at home (this falls as residential energy efficiency improves) - Income effect: money saved is spent on other consumption, including trips - Location effect: live further from job/school such that total travel time is unchanged - Latent demand: people scared off by high congestion travel again by car if congestion is reduced - More and longer business trips by easier virtual/digital contacts
Ridesharing				
Passenger transport Car trips for all purposes In this report: commuting traffic by car	Highest potential if solo car drivers with internal combustion engine car running on fossil fuel switch to carpooling		Relatively low	Via - Income effect: money saved is spent on other consumption, including trips - Latent demand: people scared off by high congestion travel again by car if congestion is reduced (if strong breakthrough at times and locations with congestion)

Scope	Positive environmental effects	Negative environmental effects	Level of uncertainty	Reboundeffects without extra policy?
Logistic improvements				
Freight transport	- Via modal shift, but difficult to realise		Relatively low for existing solutions	Lower freight transport cost by higher efficiency → higher freight transport demand
Last stage in decisions about transport and logistics choices (many determining factors such as location are fixed at this stage)	- Via higher efficiency: lower growth road transport, but no reduction in tonkm - Physical internet (for urban distribution) that optimises loading rates and number of trips, but still under development		High for solutions in early stage	
(Electric) bicycles and light electric vehicles				
Passenger transport	- Higher energy efficiency than car - Potential highest if switch from car with internal combustion engine running on fossil fuel	Environmental benefit lower with unsustainable production of electricity	Relatively low for bicycle	- Latent demand: people scared off by high congestion travel again by car if congestion is reduced (if strong breakthrough at times and locations with congestion)
Relatively short distance trips (up to 15 km) (79 % of trips, but only 24 % of distance travelled)	- Positive impact on noise - Environmental benefit highest with sustainable production of electricity		High for LEV because still in early stage	- Income effect: money saved is spent on other consumption, including trips
Longer trips if combined with public transport	** note: the social health benefits are very high, higher than the environmental benefits			



Scope	Positive environmental effects	Negative environmental effects	Level of uncertainty	Reboundeffects without extra policy?
Car sharing				
Passenger transport Potentially all car trips	<ul style="list-style-type: none"> - More direct confrontation with car costs + requires more efforts from car user → less car km - Right-sizing (less use of vehicles that are 'too large') → lower environmental impact per km - First and last mile transport for public transport (public transport more attractive) → lower environmental impact per km - Case for alternative fuel vehicles is improved - Younger and therefore cleaner vehicle stock - More efficient vehicles - Less need for parking spots 	<ul style="list-style-type: none"> - Car becomes an option for people who otherwise would not be able to afford one - In some cases switch from cycling or public transport to car - Km driven to bring back vehicles to their depot 	High Behavioural changes of frontrunners are possibly not representative for the average transport user	<ul style="list-style-type: none"> - Latent demand: people scared off by high congestion travel again by car if congestion is reduced (if strong breakthrough at times and locations with congestion) - Income effect: money saved is spent on other consumption, including trips (car sharing leads to lower car costs)
High-performing mobility services or MaaS				
Passenger transport Potentially large scope but limited by available public transport capacity (currently less than 10 % of passenger km by public transport) In urban context: Demand Responsive Transport	<ul style="list-style-type: none"> - With bundling of transport flows in public transport: lower environmental impact per km - Largest with switch from conventional car - Larger with further improvement in environmental performance of public transport - Large in the case of Demand Responsive Transport in urban context See also shared mobility 	<ul style="list-style-type: none"> - If switch from public transport to car sharing - See also shared mobility 	High	More trips because of more attractive mobility services



Scope	Positive environmental effects	Negative environmental effects	Level of uncertainty	Reboundeffects without extra policy?
Autonomous vehicles				
Passenger transport Freight transport	- Higher energy efficiency - Right-sizing – avoid the use of ‘too large’ vehicles → lower environmental impact per km (if shared vehicles) - Case for vehicles with alternative fuels/technologies improves - Less car km because of higher cost - Less parking spots in cities	- Km driven for picking up other passengers - Via location choice impact on land use and because of this more km - More parking spots outside of cities - Space for locations where passengers can be picked up	Very high Technical possibilities and costs uncertain	- If car trips become more comfortable and if lower time costs, parking costs, insurance costs → More car km - Via location choice (further distances because of lower time cost)
Potentially large scope (all vehicles and trips)				
Battery electric vehicles and hydrogen fuel cell vehicles				
Passenger transport Freight transport	- Greenhouse gases: if electricity / hydrogen is produced sustainably - No local pollution (of exhaust emissions), but still exhaust emissions - Positive impact on noise - Stronger case for renewable electricity - Environmental benefit falls when conventional vehicles become cleaner	- If electricity / hydrogen is not produced sustainably - More energy intensive production of vehicles	High to very high Cost uncertainty Uncertainty about technological possibilities (especially for hydrogen fuel cell)	If higher cost per km → less km and vice versa Green paradox in case of sustainable electricity
Potentially large scope (nearly all vehicles and trips)				
Advanced biofuels				
Passenger transport Freight transport	- Depends on feedstock and production pathway - Effect on greenhouse gas emissions without land use changes would be positive for 2 nd generation but negative for 3 rd generation - Effect on greenhouse gas emissions taking into account land use changes is positive in some cases	- Effect on greenhouse gas emissions without land use changes would be negative for 3 rd generation (current situation) - Effect on greenhouse gas emissions taking into account land use changes is negative in some cases	High to very high	- Via effect on cost per km - With lower demand for fossil fuels → lower price → increase in demand - Via ‘green paradox’
Potentially large scope (nearly all vehicles and trips)				



Other effects

Most of the groups of solutions in the shortlist can be expected to also have an impact on the other external costs of transport, more particularly on congestion and traffic accidents. There will also be some other consequence for transport users, including among others the health benefits of the more active transport modes. In addition, a number of wider social impacts can be expected to come into play for several innovations and solutions. These include among others the impact on inclusion, privacy, the market power of suppliers and the broader economic and social consequences related to the upcoming of new technologies and the extraction of the raw materials that are used.

Barriers and levers for a selection of three groups of solutions

Out of the shortlist of ten groups of solutions, three groups of solutions were selected for an in-depth analysis of levers and barriers:

- (Electric) Bicycles and new light electric vehicles
- Shared mobility
- Battery electric vehicles (BEV)

Next to these three cases, the levers and barriers of the remaining seven groups of solutions are analyzed. This analysis is based on literature and interviews with experts.

The three case studies are analysed using a methodology that is inspired by the TIS-model, the Technological Innovation Systems model, of Suurs and Hekkert (2005). This model has a strong focus on the innovative possibilities of technologies as promising strategies for sustainability transitions. As the scope of our research includes both technological and non-technological innovations, the TIS-model is modified such that it can also be used for non-technological innovations. We named the modified model the TEMIS-model, the Technological And Societal Innovation Systems model ('EM' is Dutch for 'And Societal'). Next to technological factors, the TEMIS-model looks at societal factors such as behaviour, attitudes (including psychological factors), culture and policy.

The data collection of the study is based on an overview of the literature, fourteen interviews with experts and a workshop with experts. What follows are the most important results.

- Case 1: (Electric) Bicycles and new light electric vehicles

The (electric) bicycle has many assets and is a very sustainable means of transportation with considerable advantages concerning health and air quality. The awareness concerning these assets is rising such that (electric) cycling is on the rise in Flanders, and it also still has a large growth potential. The barriers include the current spatial planning which is very car-centered, the weather, and the importance of the car in the Flemish culture. The quantity and quality of biking infrastructure could still improve considerably, and there are insufficient public facilities to charge batteries and to safely park light electric vehicles. In many cases, rules and regulations still favour cars. The cultural shift away from the car is not made by many people yet.

– Case 2: Shared mobility (vehicle sharing)

The social and environmental potential of shared mobility is still under discussion. Vehicle sharing's potential primarily lies in urban areas and in transportation that cannot be done without a car. Shared mobility can have an added value as a component of a service offering mobility (Mobility as a Service). Levers include the financial advantages and the opportunities to move towards 'right sizing'. The barriers are 'the culture of owning a car' and the immediate access to a vehicle when it is needed.

– Case 3: Battery electric vehicles

Electric vehicles are, especially in an urban setting, a solution to some social issues, but they are not a universal mobility solution. The levers are that no big cultural changes are needed, and that local air quality and CO₂ emissions are improving considerably. The slow pace at which the energy system is transitioning towards 100 % renewable resources is an important barrier for the role of BEV in the transition to a sustainable mobility system. Other barriers include the high purchasing price, long charging times and the still limited range. Even when the technological barriers are overcome many experiments will remain necessary, because the psychological barriers (e.g. fear of running out of electricity) are harder to remove than the technological ones.

Even when the total cost of the ownership of a BEV would be lower than the price of a car with an internal combustion engine, the perception will probably remain that the BEV is more expensive. This can be explained by the salience of the higher purchase price and the lower visibility of the cheaper energy price per km driven.

General barriers and levers

A number of 'general' levers and barriers are relevant for many solutions and innovations.

First, it is clear that changes in the mobility system are being hindered by psychological and cultural barriers that have an influence on the behaviour and attitudes of citizens. The slow uptake of new technologies can be understood this way.

Second, we found high risks of rebound- and undesired side effects. These effects emerge when the direct gains on the one hand are offset by losses at the other hand. For example, the higher energy efficiency thanks to an optimization of engines can be used to increase the power or to add additional luxury. Or the possibility to work at home (telework) can motivate people to search for a job further away from their home.

Third, we conclude that the transition towards a sustainable mobility system (both the probability and the pace of the transition) will be determined to a great extent by policy interventions. Currently, the price of transportation (of people and goods) mostly does not reflect the external costs. Consequently, transport of people and goods is locked in in an unsustainable regime. It is important for governments to not only motivate, but also discourage certain behaviour. Public policy can discourage unsustainable transport by restricting access to cities, or by introducing a system of road charging. It is not a government's task to push a specific technology (be it electricity or other). The government should think about appropriate norms and strive for correct prices such that a level playing field can be created for the transition towards a sustainable mobility system.



Concluding remarks

The study shows that there are many solutions that can contribute to the transition to a more sustainable mobility. However, in many cases the future development of the solutions and/or their impacts are still uncertain. Moreover, rebound effects or other indirect effects could reduce their impact, or the environmental potential depends on developments in other societal systems, such as the energy system. Many citizens and firms would also like to contribute to a more sustainable system, but often find it hard to change their habits.

The solution for a sustainable mobility system does not exist. Often a combination of solutions will be involved. For the actual realisation of their potential it is crucial that the government creates the appropriate framework, starting from a long term vision on sustainable mobility. It can use a range of policy instruments that can be implemented at various government levels.

- Supporting Research & Development – this can be done at Flemish level, but preferably also within a broader European framework.
- The further introduction of standards related to emissions and energy efficiency – here a European approach is crucial.
- To introduce local access regulations – such measures can be taken at a local level.
- To use an adequate pricing policy that confronts firms and passengers with the social consequences of their individual transport choices – this can be done at urban, regional or federal level, with Europe playing a role in some cases by setting general guidelines.

Such a policy framework creates opportunities for solutions and innovations and encourages citizens and firms to make sustainable mobility choices.



1 INLEIDING

1.1 De nood aan een duurzaamheidstransitie in het Vlaams mobiliteitssysteem

Mobiliteit van personen en goederen levert belangrijke voordelen aan de inwoners van Vlaanderen en aan de Vlaamse economie. De personenmobiliteit draagt ertoe bij dat de inwoners van Vlaanderen een inkomen kunnen realiseren uit arbeid, dat zij zich persoonlijk kunnen ontplooiën en ontspannen, en dat zij een netwerk aan sociale contacten kunnen hebben. De mobiliteit van goederen zorgt ervoor dat de bedrijven hun productieproces efficiënt kunnen organiseren en hun klanten gemakkelijk kunnen bereiken. Mobiliteit leidt echter ook tot een reeks hardnekkige, met elkaar verweven problemen die vallen onder de noemer van externe kosten: uitstoot van broeikasgassen en luchtpolluenten, verminderde leefkwaliteit, congestie, geluidshinder, verkeersonveiligheid, ruimtegebruik ... Deze problemen vinden onder meer hun oorsprong in de manier waarop het huidige mobiliteitssysteem werkt.

Bij de milieueffecten is het verkeer een belangrijke bron van emissies van luchtverontreinigende stoffen en broeikasgassen. In Vlaanderen was de transportsector in 2015 verantwoordelijk voor ongeveer 50 % van de NO_x-emissies, 14,6 % van de emissies van PM_{2.5} en 22 % van de emissies van broeikasgassen¹. Het verkeer is ook een bron van geluidsoverlast. Ongeveer 14,4 % van de Vlaamse bevolking ondervond in 2015 ernstige hinder door geluid van het wegverkeer, 1,2 % door het spoorverkeer en 5,2 % door de luchtvaart (Deconinck & Botteldooren, 2016).

De evolutie van de luchtkwaliteit is positief, maar er blijven pijnpunten. De meest recente langetermijn-vooruitzichten van het Federaal Planbureau (Geurts et al., 2015) voorzien wel een belangrijke daling van de directe emissies van luchtpolluenten. De directe emissies van broeikasgassen zouden in 2030 echter ongeveer even hoog zijn als in 2012, wat een probleem vormt, gegeven de ambitieuze daling die het Europees beleid op lange termijn beoogt, ook voor de transportsector. Het Europees Witboek Transport van 2011 stelt op Europees niveau een daling met 20 % voorop in 2020 ten opzichte van 2008 (of een stijging met 8 % ten opzichte van 1990), terwijl de emissies tegen 2050 met 60 % moeten dalen ten opzichte van 1990.

Dit alles geeft aan dat het ambitieniveau voor de verduurzaming van de mobiliteit hoog is en er een grote nood is aan oplossingen voor de transportsector. Ook kunnen we eruit afleiden dat kleinere oplossingen niet zullen volstaan, en dat meer fundamentele veranderingen het bereiken van de doelstellingen zullen moeten schragen. Er is, met andere woorden, nood aan een duurzaamheidstransitie in het mobiliteits-systeem.

¹ VMM, www.milieurapport.be

1.2 Doel en reikwijdte van de studie

Deze studie kadert in de Milieuverkenning 2018 van de dienst MIRA van de Vlaamse Milieumaatschappij. Het doel is om een overzicht te geven van innovaties/oplossingen die kunnen bijdragen aan de transitie naar duurzaamheid van het mobiliteitssysteem, van hun potentieel, van de barrières die in de weg kunnen staan en van hefboomen waarmee dat potentieel kan gerealiseerd worden.

De studie heeft betrekking op zowel personen- als goederenvervoer en op alle vervoermiddelen. Luchtvaart en zeevaart behoren tot de reikwijdte van de studie voor de milieueffecten die samenhangen met hun gebruik in Vlaanderen zoals bv. geluidshinder van vliegtuigen, maar niet de uitstoot van broeikasgassen tijdens de vlucht in het internationale luchtruim.

Gelijktijdig met deze studie worden er voor de Milieuverkenning 2018 gelijkaardige studies uitgevoerd voor het energiesysteem en het voedingssysteem. De link met de transities in die twee systemen wordt in deze studie zoveel mogelijk aangegeven. Voor de elementen die specifiek zijn voor die systemen wordt er evenwel naar die twee andere studies verwezen.

Ten slotte, zoals verder zal worden aangegeven, is er ook een belangrijke interactie tussen ontwikkelingen in het mobiliteitssysteem en ruimtelijke ontwikkelingen. Die interactie zal hier aangehaald worden, maar wordt meer belicht in het onderzoek rond de Milieuverkenning Ruimte.

1.3 Structuur van het rapport

Bij de start van dit rapport belicht Hoofdstuk 2 eerst dat het Vlaams mobiliteitssysteem diep vervlochten is met de andere maatschappelijke systemen. Dit maakt veranderingen in het mobiliteitssysteem complex, maar kan anderzijds ook opportuniteiten scheppen om de mobiliteit duurzamer te maken.

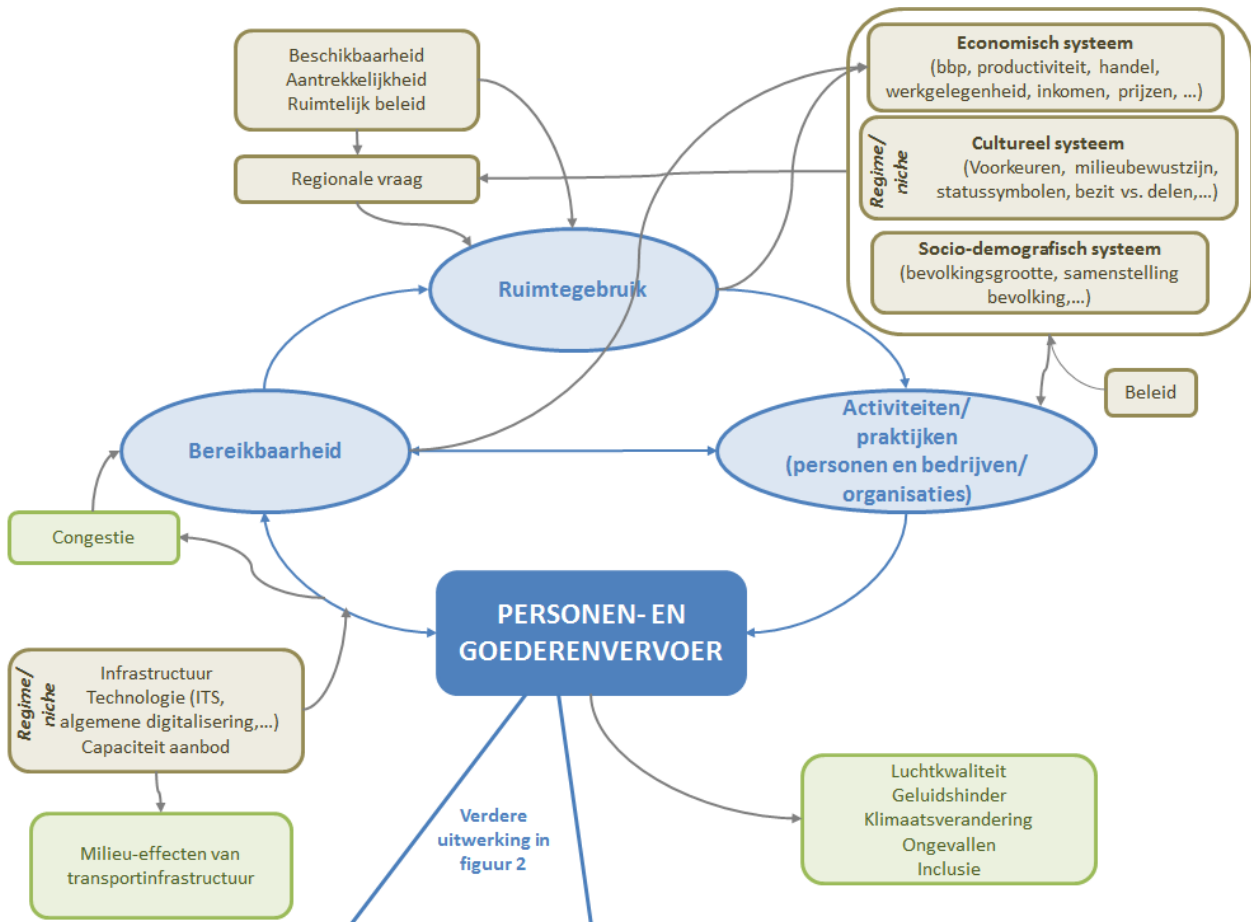
Hoofdstuk 3 stelt op basis van een literatuurstudie en interviews met experts een longlist op van innovaties en oplossingen voor een duurzamer mobiliteitssysteem. Op basis van een eerste inschatting van het milieupotentieel en het transitiegehalte wordt hieruit een shortlist gedistilleerd van tien oplossingsgroepen waarvoor Hoofdstuk 4 het milieupotentieel nader bekijkt. Daarnaast geeft Hoofdstuk 5 aan of er voor die tien groepen effecten kunnen verwacht worden op de andere externe kosten van transport (zoals congestie of ongevallen) of bredere maatschappelijke effecten.

Hoofdstuk 6 brengt voor elk van de oplossingsgroepen de belangrijkste barrières en hefboomen in kaart. Het bouwt hiervoor verder op het literatuuroverzicht en op informatie verkregen via de raadpleging van de experts. Voor drie specifieke oplossingsgroepen wordt daarenboven een meer diepgaande analyse voorgesteld.

Tot slot formuleert Hoofdstuk 7 de belangrijkste besluiten van de studie.



Figuur 1: Het Vlaams mobiliteitssysteem in relatie tot andere systemen



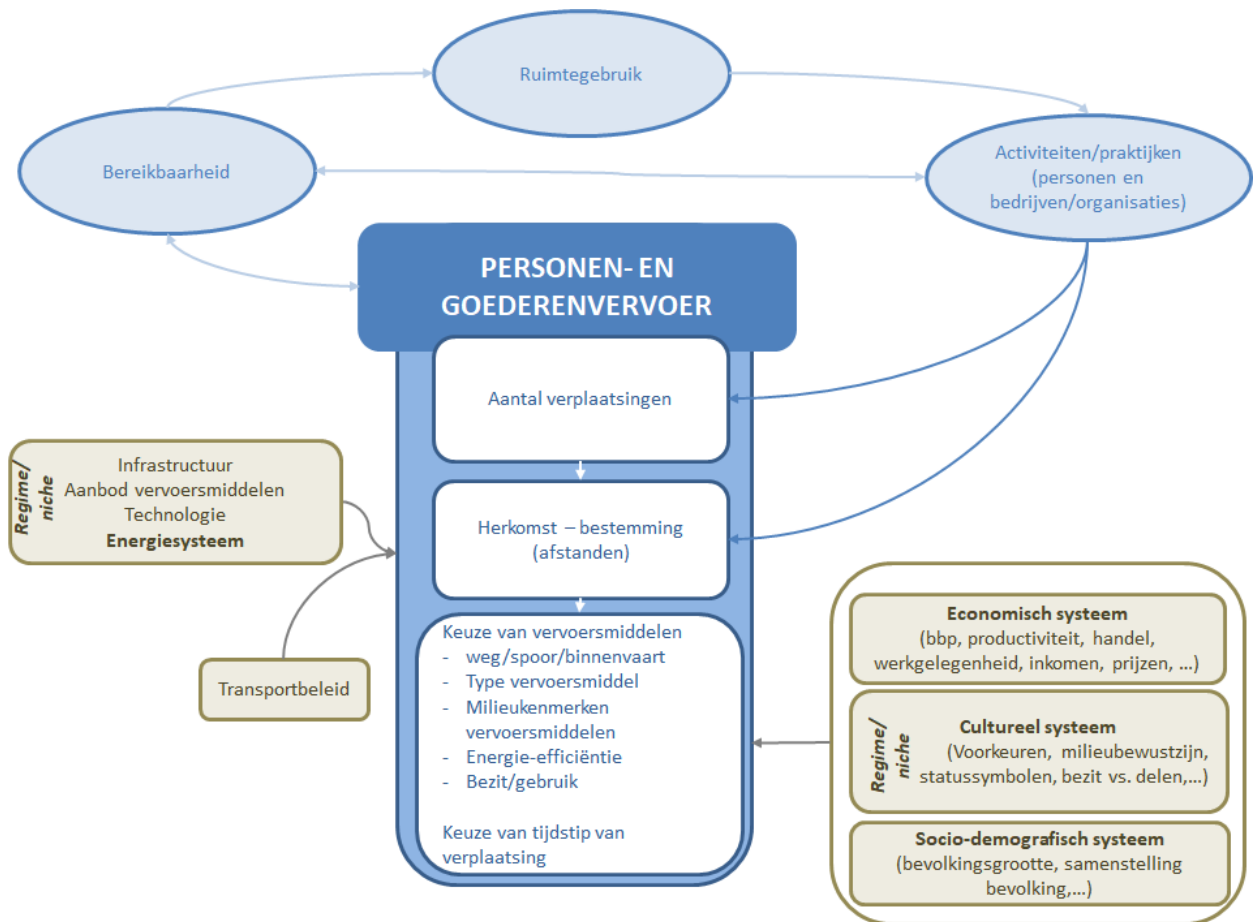
Bron: Eigen bewerking, gebaseerd op Wegener & Fürst (1999)

De ruimtelijke spreiding van de activiteiten en praktijken gaat samen met **verplaatsingen van personen en goederen**. Het effect van een verandering van activiteiten op de verplaatsingen kan in sommige gevallen snel gaan (bv. bij een verhuis), maar kan in andere gevallen ook tijd vragen omdat gewoonten en patronen moeilijk te doorbreken zijn.

Naast de vele voordelen die deze verplaatsingen mee helpen realiseren, zijn er ook nadelen aan verbonden. Deze nemen de vorm aan van **ongevallen, luchtverontreiniging, geluidshinder en klimaatverandering**. De schadelijke effecten hangen sterk af van de wijze waarop de verplaatsingen gebeuren, wat later aan bod komt in Figuur 2. Naast deze effecten is ook de mate van **inclusie** van belang: hoe betaalbaar zijn de transportdiensten en is het systeem begrijpbaar en toepasbaar voor iedereen? Dit laatste kan een toenemend aandachtspunt worden bij een verdere digitalisering.

De **transportinfrastructuur en het aanbod van transportdiensten** door bedrijven en de overheid maken de verplaatsingen mogelijk, met behulp van **technologie** (waaronder intelligente transportsystemen (ITS), en meer in het algemeen de toenemende digitalisering). Door de huidige grote transportvraag in vergelijking

Figuur 2: Personen- en goederenvervoer uitgelicht



Bron: Eigen bewerking op basis van Wegener & Fürst (1999)

Eenzijds maken de veelheid van verbanden in Figuur 1 en Figuur 2 de verduurzaming van het mobiliteits-systeem complex. Anderzijds kunnen zij ook opportuniteiten bieden om via de andere maatschappelijke systemen de uitdagingen voor het mobiliteitssysteem aan te pakken.

Een bijkomende observatie is dat er vele nieuwe initiatieven, producten en diensten aan het opborrelen zijn, die relevant kunnen zijn voor het mobiliteitssysteem. Sommige vinden reeds een enthousiaste afzetmarkt (bv. elektrische fietsen), andere hebben succes bij een gemotiveerde groep gebruikers (bv. autodelen), terwijl nog andere zich nog in een meer prille fase bevinden (bv. waterstofauto's). In vele gevallen gaat het om 'niches'. Deze zijn nu nog volop in ontwikkeling, maar kunnen potentieel een rol en in sommige gevallen een grote rol spelen in de transitie naar een duurzaam mobiliteitssysteem mits de nodige randvoorwaarden vervuld zijn. Zoals Figuur 1 en Figuur 2 aangeven, kunnen dergelijke niches een belangrijke rol spelen bij de culturele factoren, de technologische ontwikkelingen op gebied van transport en energie en het aanbod van transportdiensten- en infrastructuur.



De manier waarop dergelijke niches tot een systeemverandering kunnen leiden is een belangrijke topic binnen het **transitiedenken** dat bekijkt hoe men systeemveranderingen kan versnellen en ondersteunen via transitiegovernance. De overheid is hierin een belangrijke, maar zeker niet de enige actor. Beleid alleen volstaat niet. De transitieaanpak loopt via multistakeholdernetwerken, vaak transitiearena's genoemd, waarin veranderingsgezinde koplopers ('frisdenkens'), zowel uit de overheid als uit de civiele maatschappij en de bedrijfswereld, samen denken. Het uiteindelijke doel is het mobiliteitssysteem te veranderen door de dominante maar niet-duurzame regimes (geleidelijk) te vervangen door andere, meer duurzame alternatieven. Het einddoel is dan een maatschappelijk ('socio-technisch') mobiliteitssysteem dat wel duurzaam is.

De volgende hoofdstukken bespreken eerst de innovaties en oplossingen die kunnen bijdragen tot een duurzamer Vlaams mobiliteitssysteem. Dit zal in bepaalde gevallen fundamentele veranderingen vereisen, bv. in het technologische systeem of de transportkeuzes van personen of bedrijven. De manier waarop die kunnen versneld en ondersteund worden, komt aan bod in Hoofdstuk 6.

3 INNOVATIES EN OPLOSSINGEN VOOR HET MOBILITEITSSYSTEEM: VAN LONGLIST NAAR SHORTLIST

3.1 Inleiding

In de maatschappelijke discussie over de verduurzaming van het mobiliteitssysteem in Vlaanderen en in de rest van de wereld komen verschillende mogelijkheden aan bod. Dit hoofdstuk stelt een longlist op van mogelijke innovaties en oplossingen en situeert ze in het kader van brede oplossingsrichtingen. Uit deze longlist wordt vervolgens een shortlist gepuurd die bestaat uit tien oplossingsgroepen.

De '**oplossingsrichtingen**' beschrijven de algemene manier waarop het systeem duurzamer wordt. Het Europees Milieuagentschap (EEA, 2010) maakt een onderscheid tussen drie mogelijke benaderingen:

- '**Vermijden**' ('Avoid'): dit verwijst naar oplossingen en innovaties die het mobiliteitssysteem duurzamer maken door het aantal verplaatsingen te verminderen of de afgelegde afstand per verplaatsing te verkorten.
- '**Verschuiven**' ('Shift'): dit verwijst naar oplossingen en innovaties die het gebruik van andere, meer milieuvriendelijke, vervoersmiddelen aanmoedigen.
- '**Verbeteren**' ('Improve'): dit verwijst naar oplossingen en innovaties die de milieuprestaties van de vervoersmiddelen verbeteren.

Verschiedende '**oplossingen**' en '**innovaties**' kunnen bijdragen tot deze oplossingsrichtingen. Men kan bv. de milieuprestaties van vervoersmiddelen verbeteren door conventionele voertuigen milieuvriendelijker te maken, met behulp van elektrische voertuigen of waterstofvoertuigen, door de bezettings- of beladingsgraad te verhogen, enz. De oplossingen en innovaties worden mogelijk gemaakt door specifieke technologieën, praktijken of technieken. De milieuprestatie van conventionele voertuigen kan bv. verbeteren door het gebruik van zuiniger banden, start-stop systemen, lichtere materialen, enz.



Daarnaast plaatst de studie de innovaties in vijf **overkoepelende categorieën van oplossingen en innovaties** die men in een recente transitienota voor de Vlaamse Regering over ‘Werken aan een vlot en veilig mobiliteitssysteem’ identificeert als potentiële ‘game changers’ of doorbraken (zie p. 4 van de transitienota):

- **Geconnecteerde mobiliteit en (deels) autonome vervoermiddelen (1):** ‘Vervoermiddelen zelf zullen met elkaar en met de infrastructuur communiceren. Ontwikkelingen op vlak van geconnecteerde en autonome mobiliteit bieden perspectieven om tot vlotte en veilige mobiliteit te komen die ruimte zuinig is.’
- ‘Dit leidt tot een vlotte **combimobiliteit (2)** waarbij het beschikbare vervoersaanbod optimaal wordt benut en reizigers/goederen vlot tussen de verschillende modi kunnen schakelen. Hiervoor zijn naadloze overgangen nodig zowel op netwerkniveau als op systeemniveau.’
- **Gedeelde mobiliteit (3) en gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten (MaaS) (4):** ‘Er worden perspectieven geboden voor een meer rationeel en efficiënt gebruik van vervoermiddelen. Reizigers worden real-time geïnformeerd over het beschikbare vervoersaanbod / vervoermiddelen, de toestand van de netwerken, enz. Gebruikers en voertuigen worden zelf ook een bron van informatie. De groei van gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten komt hieruit voort waarbij reizigers mobiliteit inkopen in plaats van zelf te investeren in vervoermiddelen. Dergelijke ontwikkelingen zetten de stap van het bezit van “eigen” vervoermiddelen naar het gebruik ervan en te komen tot een ruimte zuinige en inclusieve mobiliteit.’
- **Groene mobiliteit (5):** ‘Technologische ontwikkelingen op niveau van zowel de brandstoffen als de aandrijfsystemen zijn nodig om tot zero-emissie en koolstofarme vervoermiddelen te komen. Op die manier kunnen we de negatieve impact van mobiliteit op de leefbaarheid, de gezondheid van de mens en op de klimaatverandering (zie ook energietransitie) substantieel terugdringen.’

3.2 Classificatiesysteem

Om de inventarisatie in goede banen te leiden werd een classificatiesysteem ontwikkeld dat de algemene kenmerken van oplossingen en innovaties beschrijft. Het classificatiesysteem hanteert de volgende criteria:

- 1 De brede **oplossingsrichting** waartoe de innovatie bijdraagt:
 - ▶ Drie oplossingsrichtingen worden beschouwd (zie hierboven): ‘Vermijden’, ‘Verschuiven’ en ‘Verbeteren’.
 - ▶ Een innovatie kan bijdragen tot verschillende oplossingsrichtingen.
- 2 De **overkoepelende categorie van innovaties** waartoe de oplossing behoort, zoals gedefinieerd in de Vlaamse Startnota transitieprioriteit ‘Werken aan een vlot en veilig mobiliteitssysteem’ (zie hierboven), aangevuld met een categorie ‘andere’:
 - ▶ Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen
 - ▶ Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten
 - ▶ Combimobiliteit
 - ▶ Gedeelde mobiliteit
 - ▶ Groene mobiliteit
 - ▶ Andere
- 3 Heeft de innovatie betrekking op het **personen- of het goederenvervoer of beide?**
- 4 Tot welk deel of welke delen van het **socio-technisch systeem** behoort de innovatie?
 - ▶ Technologische innovatie
 - ▶ Nieuw vervoersmiddel of nieuwe vervoersdienst
 - ▶ Logistieke innovatie
 - ▶ Andere werkorganisatie

per oplossingsrichting aan te duiden welke drie oplossingen en innovaties het meeste milieupotentieel hebben volgens hun inschatting en waarom. Ook konden zij zelf nog bijkomende oplossingen en innovaties aangeven, en verwijzen naar relevante studies en rapporten. Van elk interview werd een kort verslag opgesteld en ter goedkeuring voorgelegd aan de gesprekspartners.

3.4 Longlist van de oplossingen en innovaties

Tabel 1 geeft de resulterende longlist van de oplossingen en innovaties. De eerste vijf kolommen geven de volgende informatie weer:

- Hoeveel experts aangegeven hebben dat een bepaalde oplossing of innovatie een groot potentieel heeft om de milieu-impact van transport te verminderen. Zoals eerder vermeld werd aan de experts gevraagd om per oplossingsrichting de drie meest veelbelovende oplossingen en innovaties aan te duiden. Indien deze cel blanco is werd de oplossing/innovatie niet beschouwd als een van de drie belangrijkste per oplossingsrichting.
- Tot welke overkoepelende innovatiecategorie de oplossingen en innovaties behoren.
- Tot welke oplossingsrichting(en) de oplossingen en innovaties bijdragen.

De tabel geeft slechts een deel van het classificatiesysteem weer. De beschrijving van de longlist volgens het volledige classificatiesysteem is opgenomen in een excelfile in de bijlage bij dit rapport. De oplossingen en innovaties zijn geordend volgens de oplossingsrichtingen ‘vermijden’, ‘verschuiven’ en ‘verbeteren’. Indien ze geassocieerd zijn met verschillende oplossingsrichtingen, dan zijn ze geordend volgens de eerste van de drie richtingen die voorkomt. Binnen eenzelfde oplossingsrichting is de volgorde van de oplossingen en innovaties eerder toevallig en volgt dit het zoekproces bij de raadpleging van de bronnen. De laatste kolom in de tabel legt de link met de shortlist van 10 oplossingsgroepen die later meer in detail worden besproken, en zal verder toegelicht worden in Deel 3.5.

Uit Tabel 1 blijkt dat de experts vaak dezelfde oplossingen en innovaties aanhalen. Bovendien geven meerdere experts in de interviews aan dat het beleid cruciaal is om ervoor te zorgen dat oplossingen en innovaties werkelijk doorbreken. Ook wijzen sommigen er op dat in bepaalde gevallen er enkel een potentieel is op voorwaarde dat het beleid ervoor zorgt dat de oplossing of innovatie niet leidt tot extra verplaatsingen met vervuilende modi.

Tijdens de interviews kwam ook het belang van cultuur en bewustwording aan bod. Deze zullen in Hoofdstuk 6 als mogelijke hefboomen of barrières besproken worden voor de verschillende innovaties en oplossingen uit de shortlist.



Tabel 1: Longlist van innovaties en oplossingen (voor meer detail, zie de excelfile in bijlage)

Innovatie/ oplossing	Korte beschrijving	Aantal experten die dit in de top drie per oplossings- richting hebben geplaatst	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Oplossings- richting			Groep in short- list
				Vermijden	Verschuiven	Verbeteren	
Telewerken	Werknemers werken thuis of in dichter bij huis gelegen kantoren.	9	Andere	X			Groep 1
E-leren	Leerlingen en studenten volgen deel van de lessen op afstand.	1	Andere	X			Groep 1
Virtuele meetings, videoconferencing, enz.	Mensen nemen vanop afstand deel aan vergaderingen.		Andere	X			Groep 1
E-commerce	Kopen en verkopen via internet (type e-bay); tussen particulieren of tussen particulieren en bedrijven.	1 (maar milieu-baten niet eenduidig)	Andere	X			
Ritdelen personen	Carpooling, mensen die zelfde rit maken delen een wagen (liften, taxistop, apps, afspraken ...).	5	Gedeelde mobiliteit	X		X	Groep 2
Ritdelen voor goederen van verschillende afzenders Carpooling for cargo	Verschillende afzenders maken gebruik van zelfde transportmiddel (carpoolen voor cargo). Bestaat sinds lang als groepage door 1 transportbedrijf waarbij meerdere zendingen tot een te verzenden laadeenheid worden samengevoegd. In dit geval organiseren afzenders zich zelf.	3	Gedeelde mobiliteit	X		X	Groep 3
Stedelijke distributiecentra	Bundelen van goederen van transporteurs bestemd voor ontvangers in zelfde gebied wat leidt tot efficiëntere en meer duurzame planning.	4	Combimobiliteit	X	X	X	Groep 3
Slimme planning personenvervoer	Slimme planning van activiteiten om het aantal verplaatsingen en de lengte van de verplaatsingen te minimaliseren, bv. goed organiseren van een voetbalkalender, toewijzing van klanten aan werknemers ...	1	Andere	X			
Slimme logistiek	Combineren van alle beschikbare data over beschikbare lading en de beschikbaarheid van vrachtwagens, treinen en schepen om het transport efficiënter in te richten.	3	Combimobiliteit Andere	X	X	X	Groep 3
Beladingsgraad verhogen	Efficiëntieverbeteringen - rittentoptimalisatie - groepage	1	Andere	X	X	X	Groep 3
Bewustwording bereikbaarheid met milieuvriendelijke modi van huur- en koopwoningen	Mensen die eraan denken te verhuizen hebben tools ter beschikking die hen meer inzicht geven in de bereikbaarheid met milieuvriendelijke modi van huur- en koopwoningen.		Andere	X	X		
Bewustwording aanbod diensten in de buurt van huur- en koopwoningen	Mensen die eraan denken te verhuizen hebben tools ter beschikking die hen meer inzicht geven in het aanbod van diensten in de nabijheid.		Andere	X	X		



Innovatie/ oplossing	Korte beschrijving	Aantal experten die dit in de top drie per oplossings- richting hebben geplaatst	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Oplossings- richting			Groep in short- list
				Vermijden	Verschuiven	Verbeteren	
Bewustwording bereikbaarheid met milieuvriendelijke modi van bedrijfslocaties	Bedrijven die eraan denken een nieuwe locatie te kiezen hebben tools ter beschikking die hen meer inzicht geven in de bereikbaarheid met milieuvriendelijke modi van de locaties (zowel voor hun werknemers en dienstverleners als voor hun goederentransporten).		Andere	X	X		
Terug naar de stad	De attitude van mensen over wonen in de stad wordt positiever.	4	Andere	X	X		
Andere/minder statussymbolen	Mensen beginnen minder aandacht te schenken aan voorwerpen als statussymbool, maar meer om de intrinsieke waarde wat leidt tot bv. kleinere en minder wagens.		Andere		X	X	
Maatschappelijk verantwoord wordt de norm	Mensen denken eerder aan de ander en het maatschappelijk belang dan aan zichzelf. Sociale relaties worden belangrijker, materiële consumptie wordt minder belangrijk.	2	Andere	X	X	X	
Mindfulness			Andere	X			
Autorijden wordt zo onaantrekkelijk dat mensen hun gedrag aanpassen		1	Andere	X	X		
Jongeren verplaatsen zich minder fysiek wegens allerlei sociale media		1	Andere	X			
Fiets		1	Groene mobiliteit		X		Groep 4
Elektrische fiets		9	Groene mobiliteit		X		Groep 4
Lichte elektrische voertuigen, voertuigen tussen fiets en auto, energie-efficiënt want licht en niet snel	voertuigen tussen fiets en auto, energie-efficiënt want licht en niet snel	4 + (1) ⁴	Groene mobiliteit		X		Groep 4
Apps voor lichaamsbeweging		1	Andere		X		
Autodelen, delen van bedrijfsvoertuigen	verschillende varianten; met vaste standplaats, met gelijke aankomst en vertrekplaats, onder particulieren ...	2 + (1)	Gedeelde mobiliteit		X	X	Groep 5
Fietsdelen/Scooterdelen, varianten zie boven	verschillende varianten; met vaste standplaats, met gelijke aankomst en vertrekplaats, onder particulieren ...	1	Gedeelde mobiliteit		X		Groep 5
OV-fiets	deelfiets gelinkt aan openbaar vervoer halte die terug moet naar vertrekplaats	3 + (1)	Combimobiliteit		X		Groep 6
Deelsystemen met zelfrijdende voertuigen		1	Gedeelde mobiliteit Geconnecteerde		X	X	Groep 7

⁴ Een cijfer tussen haakjes geeft weer dat experts deze oplossing enkel onder bepaalde expliciet vermelde voorwaarden hebben opgenomen.

Innovatie/ oplossing	Korte beschrijving	Aantal experten die dit in de top drie per oplossings- richting hebben geplaatst	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Oplossings- richting			Groep in short- list
				Vermijden	Verschuiven	Verbeteren	
			Mobiliteit en autonome voertuigen				
Deelsystemen met zelfrijdende elektrische voertuigen			Gedeelde mobiliteit Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen Groene mobiliteit	X	X		Groep 7
Ritten op vraag	bv. Uber, ook voor goederen		Gedeelde mobiliteit	X	X		Groep 6
Mobility as a Service	Mobiliteitsplatform kan dankzij informatietechnologie, informatie (tarief, uurregeling, voorkeuren ...) bundelen en geïntegreerde mobiliteitservice aan klant voorstellen.	5	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten	X	X		Groep 6
Logistics as a Service	idem maar voor goederentransport	1	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten Combimobiliteit	X	X		Groep 3
Synchromodaliteit (logistiek)	Verschillende modi optimaal ingezet op basis van rationeel vergelijken van informatie over hun kenmerken.	1 (met voorzichtigheid) + 3	Combimobiliteit	X	X		Groep 3
Zelfrijdende voertuigen (weg)		4	Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen	X	X		Groep 7
Autonome distributie		2	Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen	X	X		Groep 7
Zelfrijdende voertuigen (spoorweg - goederen)		2	Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen	X	X		Groep 7
Platooning binnenscheepvaart	Volautomatisch varen van schepen achter elkaar.		Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen	X	X		Groep 7
Stedelijke distributie van goederen per tram, fiets, over het water of via ondergrondse logistieke systemen		1	Combimobiliteit	X			Groep 3
Distributie van pakjes met behulp van drones			Andere	X			
Beschikbaarheid van geïntegreerde real-time informatie, reistijden, prijzen ... van vervoersmiddelen		2	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten	X			Groep 6
Openbaar vervoer langs het water			Andere	X			
Bewustwording over de		2 + (1)	Andere	X	X		

Innovatie/ oplossing	Korte beschrijving	Aantal experten die dit in de top drie per oplossings- richting hebben geplaatst	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Oplossings- richting			Groep in short- list
				Vermijden	Verschuiven	Verbeteren	
gevolgen van transportkeuzes voor het milieu							
Bewustwording van persoonlijke gezondheids-effecten van transportkeuzes		(1)	Andere		X		
Auto verliest zijn waarde als statussymbool en norm ten nadele van milieuvriendelijke alternatieven zoals (e-)fiets		2	Andere		X		
Bedrijven promoten bij hun personeel verplaatsingen met milieuvriendelijke modi		1	Andere		X		
Zelfrijdende auto's + deel-mobiliteit + OV van hoge kwaliteit		1	Gedeelde mobiliteit Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen		X		Groep 5
OLS – ondergrondse (of ongehinderd) logistieke systemen of moderne pijpleidingen		1	Andere		X		
De context leidt tot de keuze voor milieuvriendelijke vervoersmiddelen		1	Andere		X		
Park & Ride in stedelijke omgeving		1	Combimobiliteit		X		
Werken op de (kantoor)bus en werken op de trein waardoor reistijd werktijd wordt		1	Andere		X		
One or two wagon train		1	Andere		X		
River Information Systems (in verband met logistics as a service)		1	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten Combimobiliteit Andere		X		
Autonoom vliegende taxi			Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen		X		
Hyperloop	'sealed tube or system of tubes through which a pod may travel free of air resistance or friction conveying people or objects at optimal speed and acceleration.'		Andere		X		
Elektrische aandrijving		10	Groene mobiliteit		X		Groep 8
Elektrische bovenleiding op autosnelwegen voor vrachtwagens		2	Groene mobiliteit		X		Groep 8
Waterstof aandrijving	Aandrijving met waterstof, waarbij	1 (voor	Groene mobiliteit		X		Groep 9

Innovatie/ oplossing	Korte beschrijving	Aantal experten die dit in de top drie per oplossings- richting hebben geplaatst	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Oplossings- richting			Groep in short- list
				Vermijden	Verschuiven	Verbeteren	
	de waterstof op verschillende manieren kan geproduceerd worden.	niches), + 3					
Aardgasaandrijving auto's en vrachtwagens		1 (op korte termijn) + 1	Groene mobiliteit			X	
Aardgasaandrijving voor de binnenvaart			Groene mobiliteit			X	
Gasturbines voor zwaar vervoer		1	Groene mobiliteit			X	
Zuiniger conventionele voertuigen, hybridisering, start/stop, zuinige banden ...	Technologieën en materialen om de energie-efficiëntie van conventionele voertuigen te verbeteren.	6	Groene mobiliteit			X	
Stille en zuiniger banden			Groene mobiliteit			X	
Voorkeur voor kleinere auto's	De gemiddelde auto wordt kleiner.	1 (in combinatie met deelauto) + 2	Andere			X	
Zuiniger en schonere vaartuigen binnenvaart	Technologieën om binnenschepen zuiniger en schoner te maken.		Groene mobiliteit			X	
Voertuigen met lagere uitstoot van luchtverontreinigende stoffen	Technologieën om de uitstoot van conventionele voertuigen te verminderen.	3 + 1 (belang tests)	Groene mobiliteit			X	
Productie van groene energie (elektriciteit – biogas)/vergroening energiesysteem	Nota: link met energiesysteem	7	Groene mobiliteit			X	Groep 8
Stillere vliegtuigen			Groene mobiliteit			X	
Geavanceerde biobrandstoffen	Nota: link met energiesysteem	1 + 1 (voor modi zonder alternatieve oplossingen)	Groene mobiliteit			X	Groep 10
Ecodriving, zuinigere rijstijl bestuurders		2	Andere			X	
Walstroom	Aanliggende schepen kunnen aansluiten op het elektriciteitsnet van de wal.		Groene mobiliteit			X	
Bijkomende verbeteringen in batterijtechnologie	Nota: link met energiesysteem	1	Groene mobiliteit			X	Groep 8
Deceleration of transport - 'slow transport'	Tragere verplaatsingen om energieverbruik te optimaliseren.	1	Andere			X	

////////////////////////////////////

3.5 Shortlist van oplossingen en innovaties

Uit de longlist van innovaties en oplossingen werd vervolgens een **shortlist** gedistilleerd waarvoor het milieupotentieel meer diepgaand wordt besproken in het volgende hoofdstuk. De keuze voor de **tien oplossingsgroepen** is gebaseerd op een eerste inschatting van het milieupotentieel en van de mate waarin de innovaties een transitie of systeemverandering inhouden eerder dan een oplossing binnen het bestaande systeem, zoals aangegeven door **de experts en in de literatuurstudie**. Bovendien werd er in de keuze naar gestreefd om voorbeelden op te nemen die betrekking hebben op de drie oplossingsrichtingen die naar voren werden geschoven door het Europees Milieugentschap (Vermijden, Verschuiven, Verbeteren).

Tabel 2 vat de shortlist van de tien groepen samen. De laatste kolom van Tabel 1 geeft aan welke meer specifieke oplossingen en innovaties onder elke groep vallen. Een aantal groepen hebben enkel betrekking op het personenvervoer (Groep 1, 2, 6). Groep 3 focust op het goederenvervoer. De overige groepen van innovaties en oplossingen kunnen toepassingen hebben in zowel het personen- als het goederenvervoer.

Tabel 2: Shortlist met tien oplossingsgroepen

Groep	Overkoepelende categorie transitienota Vlaamse Regering	Personen-/goederenvervoer	Vermijden/Verschuiven/Verbeteren
1: Werken, leren, vergaderen op afstand	Andere	Personenvervoer	Vermijden
2: Ritdelen personen	Gedeelde mobiliteit	Personenvervoer	Verbeteren
3: Logistieke verbeteringen	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten Combimobiliteit	Goederenvervoer	Vermijden/Verschuiven/Verbeteren
4: (Elektrische) fiets en nieuwe lichte elektrische voertuigen	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verschuiven
5: Voertuigdelen	Gedeelde mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Vermijden/Verschuiven/Verbeteren
6: Performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service	Gepersonaliseerde mobiliteitsdiensten Combimobiliteit Gedeelde mobiliteit	Personenvervoer	Verschuiven
7: Autonome voertuigen	Geconnecteerde mobiliteit en autonome voertuigen	Personen- en goederenvervoer	Verschuiven
8: Elektrische voertuigen met batterij	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verbeteren
9: Elektrische voertuigen met waterstof brandstofcel	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verbeteren
10: Geavanceerde biobrandstoffen	Groene mobiliteit	Personen- en goederenvervoer	Verbeteren

Er werd een keuze gemaakt om innovaties en oplossingen die bijdragen tot de verbetering van de milieuprestaties van conventionele voertuigen niet op te nemen in de shortlist omdat zij minder een transitie naar een nieuw mobiliteitssysteem inhouden en deze misschien ook kunnen vertragen. Ook de alternatieve aandrijvingen die geen elektrische of waterstofaandrijvingen zijn, werden niet opgenomen, omdat er wordt ingeschat dat zij in vergelijking met de elektrische en waterstofaandrijving een kleiner milieupotentieel hebben.



De volgende paragrafen geven meer achtergrondinformatie bij de tien oplossingsgroepen. De lengte van de beschrijving varieert omdat sommige groepen complexer zijn dan andere. In het volgende hoofdstuk zal voor elke groep ook een kort overzicht gegeven worden van de huidige toepassing van de verschillende oplossingsgroepen in Vlaanderen.

3.5.1 Werken, leren en vergaderen vanop afstand

E-werken of telewerken betekent dat werknemers thuis of in dichter bij huis gelegen kantoren werken op regelmatige basis. Het gevolg ervan is dat de mensen geen of een kortere woon-werkverplaatsing hebben. Er is echter geen eenduidige definitie van wat telewerken nu precies is: het gaat van enkele uren per dag thuis of in een satellietkantoor werken om het piekverkeer te vermijden, tot een volledige dag werken van thuis uit dan wel vanuit een satellietkantoor of op verplaatsing. Tenzij anders vermeld, beschouwt deze studie e-werken als thuiswerken of werken in een satellietkantoor. Telewerken gebeurt op vrijwillige basis en de werkgever is niet verplicht telewerken aan te bieden.

In het geval van **e-leren** maken leerlingen of studenten geen verplaatsing naar de school of campus. Ze kunnen de les volgen van thuis uit en/of vanop een andere locatie. Er bestaan vandaag al performante systemen die toelaten van op afstand les te volgen en toch interactie mogelijk maken tussen professor, leraar en student, zoals bijvoorbeeld het Nearpod-platform. In het geval van e-leren wordt er hier van uitgegaan dat dat vooral thuis plaatsvindt en niet vanuit een satellietlokaal.

E-vergaderingen kunnen ook bijdragen aan het vermijden van verplaatsingen. Veel vergaderingen kunnen zonder fysiek contact afgehandeld worden. Bovendien evolueert de technologie steeds verder (zo zijn er reeds voorbeelden van holografische videoconferencing⁵) zodat e-vergaderingen de vergaderingen met fysiek contact steeds beter zullen benaderen.

3.5.2 Ritdelen⁶

Ritdelen, ook gekend als carpooling, is een verschijningsvorm van deelmobiliteit. Mensen rijden in dit geval voor een deel of voor het geheel van een verplaatsing samen met elkaar. Bij ritdelen gebeurt dat zonder commerciële motieven voor de gebruikers (waarbij zij in sommige gevallen beroep doen op de commerciële diensten van een bedrijf dat ritdelen faciliteert). Het delen van taxi's of ritten op vraag via systemen zoals Uber vallen niet onder deze innovatie.

Ritdelen kan op verschillende manieren georganiseerd worden:

- **Onder bekenden:** mensen die elkaar kennen rijden samen.
- **Via een organisatie of een bedrijf:** mensen schrijven zich in bij een organisatie of bedrijf en komen zo in contact met potentiële reisgenoten.
- **Ad hoc ritdelen:** een voorbeeld hiervan is het informeel carpool systeem dat zich ontwikkelde in Washington, D.C. na de invoering van carpoolrijstroken, waarbij lifters meegenomen werden door bestuurders zodat deze gebruik konden maken van de rijstroken.

⁵ https://www.eyeliner3d.com/cisco_telepresence_holographic_video_conferencing.html

⁶ Deze tekst is gebaseerd op Franckx & Mayeres (2015), Furuhata et al. (2013) en raadpleging van de experten.



Het vinden van een geschikte carpoolpartner was in het verleden vaak een barrière. De moderne ICT vergemakkelijkt dit zoekproces. Nieuwe ontwikkelingen zijn zogenaamde dynamische of real-time systemen van ritdelen. Daarbij krijgen bestuurders en passagiers zeer snel of zelfs terwijl ze onderweg zijn voorstellen over personen waarmee ze samen kunnen rijden.

Ritdelen wordt vaak geassocieerd met woon-werkverplaatsingen, maar wordt ook toegepast voor andere verplaatsingen. Volgens de verplaatsingsbehoefte kan men de volgende drie grote categorieën onderscheiden:

- **Op vraag:** voor onregelmatige verplaatsingen, eerder op kortere afstand.
- **Voor woon-werkverplaatsingen:** in dit geval gaat het om regelmatige verplaatsingen, met een gekende oorsprong en bestemming. Langetermijn toepassingen zijn mogelijk.
- **Voor verplaatsingen over een lange afstand:** voor mensen die reizen naar eenzelfde verdere bestemming of naar een gemeenschappelijke activiteit (bv. een concert). In dit geval zou ritdelen ook in de plaats kunnen komen van een reis per vliegtuig. Gezien het kader van deze studie, wordt dit hier niet verder besproken.

3.5.3 Logistieke verbeteringen

Het begrip ‘logistieke verbeteringen’ is breed. Het doel van de verbeteringen is uiteindelijk steeds om de beschikbare capaciteit om goederen te transporteren zo goed mogelijk en/of beter te benutten. Het gaat dus niet om het verminderen van de totale afgelegde tonkilometers – die samenhangen met de organisatie van de consumptie- en productiesystemen – wel om het verminderen van de voertuigkilometers die de tonkilometers mogelijk maken. Er worden voertuigkilometers vermeden (‘Vermijden’), maar geen tonkilometers. Cruciaal bij het beter benutten of logistiek verbeteren is steeds het bundelen van goederenstromen. Het bundelen van stromen is voor goederenvervoer wat ritdelen of performante mobiliteitsdiensten mogelijk maken voor personenvervoer.

Het bundelen van stromen van verschillende afzenders en/of van verschillende bestemmingen zal ervoor zorgen dat grotere volumes per rit mogelijk zijn. Dit betekent dat vrachtwagens een hogere beladingsgraad zullen halen (waardoor deze oplossingen ook onder de noemer ‘Verbeteren’ vallen) en dat het mogelijk wordt ook treinen en schepen in te zetten (‘Verschuiven’). Treinen en schepen zijn traditioneel transportwijzen die grotere volumes vereisen om rendabel ingezet te worden.

Vandaag is de gemiddelde bezettingsgraad van vrachtwagens ongeveer 40 %. 25 % van de vrachtwagens rijdt leeg (tot 35 % in sommige landen), 20 % rijdt vol en 55 % zit er tussenin⁷. Het zal nooit mogelijk zijn lege vrachtwagens te vermijden omdat goederen per definitie niet terugkeren zoals mensen dat wel doen. Productie en consumptie zijn daarnaast ook niet perfect geografisch verdeeld. Toch zijn zeker verbeteringen mogelijk.

Men kan de volgende (deel)begrippen van logistieke verbeteringen of speciale gevallen van bundeling van stromen onderscheiden:

- **Op vrachtwagenniveau:** beter benutten/uitbreiden van het beschikbare volume/tonnage per vrachtwagen.

⁷ De bron voor bovenstaande inschattingen zijn de interviews met L. Tavasszy en A. McKinnon.

- Invoeren van lange en zware vrachtwagens. Dit betekent dat vrachtwagens groter worden en meer lading kunnen meenemen per rit. Het (leeg en vol) gewicht neemt dan wel toe, maar per getransporteerde ton zal de milieu-impact dalen (De Ceuster et al., 2008).
 - Dubbele laadvloer of afgescheiden ruimtes, manieren om paletten te stapelen of hoger te maken.
- **Bij de keuze van de transportwijze: synchronodaliteit**
- Verschillende vervoersmodi worden optimaal ingezet op basis van het rationeel vergelijken van informatie over hun kenmerken en de behoeften waaraan ze kunnen tegemoet komen. Dit vereist een derde speler die een volledig overzicht heeft van de beschikbare transportwijzen en de noden van de klant zoals hieronder onder 'Logistics as a Service' besproken.
 - In dit opzicht kunnen logistieke verbeteringen dus ook leiden tot modale verschuivingen. Een mooi voorbeeld van synchronodaliteit bestaat in Nederland op de transportverbinding Rotterdam-Venlo. Op deze verbinding is er vier maal per dag een spoorverbinding, met daarnaast ook een waterweg en een autosnelweg. Hier is het dus mogelijk in steeds de meest optimale transportwijze te kiezen in functie van omstandigheden, beschikbare capaciteit, wensen van de klant, enz. De meeste verbindingen hebben niet de luxe te kunnen kiezen uit drie transportmodi.
- **Op stadsniveau: stadsdistributie**
- Het optimaliseren van stadsdistributie met stadsdistributiecentra is een bijzondere vorm van logistieke verbetering of bundeling. Stadsdistributiecentra zijn centra aan de rand van de stad waar verschillende logistieke spelers hun goederen voor levering in de stad afleveren. Vervolgens worden deze goederen met kleinere, optimaal geladen, voertuigen in de stad afgeleverd. Op die manier vermijdt men dat eenzelfde dag verschillende leveranciers bij eenzelfde winkel langsgaan. In technisch jargon heet het dat de 'dropdensiteit' per voertuig verhoogt. Het directe gevolg ervan zijn minder leveringsvoertuigen in de straten van de stad.
- **Op netwerkniveau: LaaS**
- LaaS of 'Logistics as a service'* is voor de logistiek wat Mobility as a Service (zie Deel 3.5.6) is voor het personenvervoer. Een logistieke speler of 'broker' zorgt er dan voor dat de goederen op de meest efficiënte wijze bij de bestemming geraken. Hij beschikt daarvoor over een perfecte kennis van het aanbod en van de vraag. Hij kan goederen dus op de beste manier alloceren aan vervoersmiddelen en zo goederenstromen optimaal bundelen. Eens te meer is de rol van moderne communicatietechnologie hierbij belangrijk. In een ultieme fase, als één logistieke speler of 'broker' alle goederen perfect alloceert aan voertuigen kan dit uitmonden in het fysiek internet.
- **Op netwerkniveau: Fysiek internet**
- Het begrip fysiek internet is een vandaag nog theoretisch begrip dat aangeeft hoe een optimaal logistiek systeem eruit zou kunnen zien. Door het toepassen van concepten gebruikt bij datatransfers via het internet in logistieke processen wil men die logistieke processen efficiënter maken. Cargo wordt verdeeld over gestandaardiseerde pakketten die via een netwerk van hubs en transportmodi verstuurd worden naar de eindbestemming. Dit is vergelijkbaar met de manier waarop informatie via het internet wordt verzonden. Twee elementen zijn cruciaal om een fysiek internet te realiseren:
- ▶ 'containerisatie' of gestandaardiseerde pakketten: alle te transporteren goederen worden in dezelfde standaard verpakkingen verpakt. Deze zijn beschikbaar in verschillende maten, maar steeds zodanig dat ze vlot samen kunnen worden gebruikt;
 - ▶ één generiek transportsysteem: een systeem dat de goederen op de beste manier bij de klant brengt. Er zijn geen vrachtwagens, treinen, schepen ... meer van transportbedrijf X en Y die beide op een zelfde traject met een deel onbenutte capaciteit zitten. Er zijn enkel nog generieke transportmiddelen die door logistieke spelers optimaal worden benut.



Het is belangrijk aan te geven dat het fysiek internet vandaag nog een visionaire (en theoretische) creatie is. Het is onmogelijk aan te geven of een volledige fysiek internet zal gerealiseerd worden en wanneer. Relevante barrières en hefboomen worden verder in de tekst aangegeven.

Naast bovenstaande deelbegrippen bestaan voor bundelen en consolideren van stromen nog heel wat andere detailbegrippen zoals bv.:

- Het gebruik van ICT voor matchen van ladingen (retourvrachten) of voor samenwerking en bundeling tussen ondernemingen.
- Horizontale bundeling van producten. Dit gaat om een logistieke speler of vervoerder die gelijkaardige van meerdere producenten of leveranciers bundelt (Michon, 2003). Nestlé en PepsiCo laten hun gekoelde producten bijvoorbeeld gezamenlijk transporteren (flows.be).
- Verticale bundeling van producten. Dit gaat om een producent of leverancier die ook producten van een andere leverancier of producent transporteert (Michon, 2003).
- Rationeel routen van producten.
- Het consolideren van ladingen van kleinere verladers, het combineren van complementaire stromen, het aanpassen van leveringsfrequentie, enz.

We bespreken in dit rapport deze bovenstaande specifieke begrippen niet in detail, en houden het bij het algemene concept van bundelen en logistieke verbeteringen. De reden hiervoor is dat de impact van elke aparte vorm van logistieke optimalisatie vrij beperkt is. Daarnaast is het vanuit beleidsstandpunt ook weinig efficiënt om één of andere micro-vorm van logistieke optimalisatie te bevorderen. Efficiënt beleid zorgt best voor incentives die economische spelers zelf laat uitzoeken hoe ze het meest efficiënt hun proces kunnen optimaliseren.

3.5.4 (Elektrische) fietsen en lichte elektrische voertuigen

Het minimaliseren van het energieverbruik is cruciaal om te evolueren naar een duurzaam energiesysteem. (Elektrische) fietsen en lichte elektrische voertuigen passen in de noodzaak naar energie-efficiënte voertuigen.

De **klassieke fiets** behoeft geen verdere introductie. Aan het einde van de 19^{de} eeuw werden ook **ligfietsen** gebouwd. Deze fietsen hebben een betere aerodynamica omdat ze een lager frontaal oppervlak hebben waardoor bijkomende energiewinsten worden geboekt. Een lager frontaal oppervlak is belangrijk omdat de luchtweerstand van om het even welk voertuig meer dan evenredig toeneemt met de snelheid. Bij een verdubbeling van de snelheid is acht maal meer kracht nodig om de luchtweerstand te overwinnen (Van De Walle, 2004). Ligfietsen werden echter nooit populair in die tijd. De moderne technologie laat toe de aerodynamica van (lig)fietsen verder te verbeteren door deze volledig aan te kleden. Op die manier zit de fietser als het ware in een gesloten cockpit en kan hij sneller rijden.

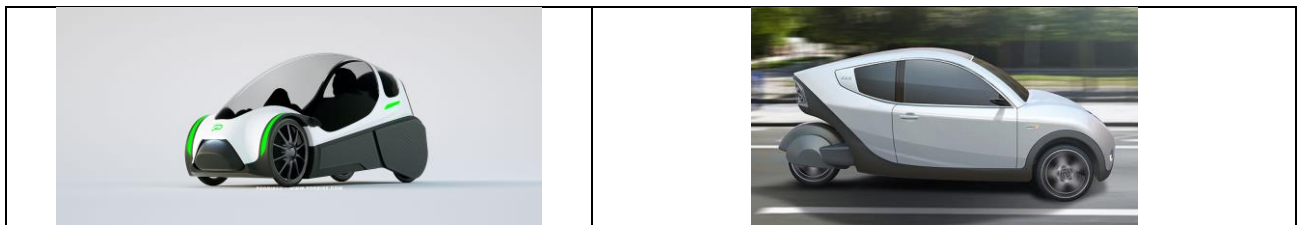
De **elektrische fiets** (e-fiets) met trapondersteuning of pedelec is een fiets waarbij een zeer kleine elektrische motor ondersteuning geeft bij het trappen. Het gaat dus om een hybride voertuig waarbij menselijke kracht en elektrische aandrijving worden gecombineerd. De elektrische fiets of pedelec kan gebruikt worden als verzamelnaam voor zowel 'snelle' als 'trage' elektrische fietsen of pedelecs. Bij de 'trage' fietsen is de trapondersteuning gelimiteerd op 25 km/u. Zij zijn dus licht en traag ten opzichte van de auto en daarom 30 maal energie-efficiënter dan huidige auto's (zie verder). 'Snelle' elektrische fietsen of speed pedelecs hebben een maximumsnelheid van 45 km/u. Het gebruik van deze fietsen vraagt helmdracht, een verzekering burgerlijke aansprakelijkheid en een nummerplaat.



Cargo-fietsen laten toe extra bagage, goederen of personen te vervoeren. Mede dankzij een elektrische aandrijving wordt dit een interessante optie. Op een aantal plaatsen worden cargo-fietsen gebruikt voor stedelijke distributie (<http://cyclelogistics.eu/>).

Lichte elektrische voertuigen (LEV) zijn alle voertuigen die zich bevinden tussen de klassieke fiets en de klassieke kleine auto. De maximumsnelheid ligt meestal minder hoog dan deze van een klassieke auto. De Renault Twizy is het meest bekende voorbeeld, maar er bestaan nog tal van andere voorbeelden zoals de Noorse Podbike (www.podbike.com) of de Belgische E-car 333 (www.Ecar333.be). De Podbike (60 kg leeggewicht) is een comfortabele ligfiets met trapondersteuning. De Ecar 333 is een licht elektrisch voertuig (630 kg leeggewicht waarvan 80 kg batterij) dat plaats kan bieden aan 3 personen. De E-car website kondigt een verbruik aan van 9,6 kWh/100km bij 50 km/u. Vandaag worden deze voertuigen nog slechts zeer beperkt gebruikt in Vlaanderen.

Figuur 3: Voorbeelden van lichte elektrische voertuigen



Links: Podbike; Rechts: E-car 333

Elke fiets kan ook gebruikt worden in **BiTiBi-diensten** (Bike-Train-Bike of Fiets-Trein-Fiets) om een alternatief te bieden voor de auto over langere afstanden. BiTiBi staat voor de intermodaliteit tussen fiets en trein en is genoemd naar een Europees project (BiTiBi, 2016; Krager & Harms, 2017). Door de fiets en de trein (of bus) goed te combineren wordt het bereik van stations van zowel de oorsprong als bestemming van verplaatsingen sterk verbeterd zodat de trein (of bus) in meer gevallen een alternatief vormt voor de auto. Het station of busstop is normaal te bereiken met de eigen fiets. Om ook op de aankomstplaats een fiets te hebben bestaan systemen van deelfietsen zoals de Blue-bike in Vlaanderen.

3.5.5 Autodelen, scooter delen en delen van bedrijfsvoertuigen⁸

Autodelen, scooter delen en delen van bedrijfsvoertuigen zijn naast bv. ritdelen diensten die vallen onder het begrip 'deelmobiliteit'⁹. De belangrijkste innovatie bij deze vormen van deelmobiliteit ligt in een verschuiving van een bezitcultuur naar een deeltcultuur. In vergelijking met de traditionele verhuur van voertuigen worden deze deelsystemen gekenmerkt door een snelle toegang tot het deelvoertuig en de mogelijkheid om gebruik te maken van het deelvoertuig zonder fysieke tussenkomst van de organisatie die het voertuig ter beschikking stelt.

⁸ Dit deel is gebaseerd op Franckx & Mayeres (2015), KiM (2015), EEA (2016a), Martin & Shaheen (2016) en raadpleging van de experts.

⁹ Andere vormen van deelmobiliteit zijn bv. ritdelen (zie Deel 3.5.2), systemen van deelfietsen (zie Deel 3.5.6), ritten op vraag (zoals bij bv. Uber) of vormen van semi-collectief vervoer zoals 'demand responsive transport' (zie Deel 3.5.6).

Autodelen neemt tot nu toe het grootste aandeel voor zijn rekening in de drie categorieën die we hier beschouwen. Daarom is dat de focus in dit rapport. Er bestaan verschillende types van autodelen:

- Bij **klassiek of standplaatsgebonden autodelen** zijn de deelauto's gebonden aan een vaste standplaats. De leden van het deelsysteem kunnen de auto's reserveren via de smartphone of een website. De auto's staan op parkeerplaatsen die specifiek gereserveerd zijn voor de deelauto's. Als de parkeerplaatsen zich op de openbare weg bevinden, is er toestemming van de lokale autoriteiten nodig.
- Bij **'one-way' autodelen** kan men de deelauto aan het einde van de rit op een andere plaats dan de startplaats afleveren. Dat kan een standplaats zijn voor deelauto's of een plaats binnen een afgelijnd gebied, zoals bij 'free-floating' of 'zwevende' systemen. Deze laatste systemen zijn flexibeler, maar ook meer complex om te beheren.
- Bij sommige autodeelsystemen stellen **bedrijven** de vloot ter beschikking. Daarnaast bestaan er ook systemen waarbij men **zonder commerciële doeleinden** kan autodelen tussen bureaus, vrienden of kennissen¹⁰, of men via een on-line community auto's in particulier bezit deelt waarbij een bedrijf instaat voor de praktische en juridische regelingen. Er kan ook **zakelijk** aan voertuigdelen gedaan worden via poolwagens in bedrijven, het delen van bedrijfsvoertuigen tussen bedrijven of het gebruik van autodeelsystemen voor zakelijke verplaatsingen.

Voertuigdelen kan de effecten van andere innovaties zoals elektrische mobiliteit of autonome voertuigen versterken en vice versa, zoals later zal worden besproken.

3.5.6 Performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service

Performante mobiliteitsdiensten of 'Mobility as a Service' (MaaS) streven naar een **gebruikscomfort dat gelijk is aan dat van de individuele auto, het evenaart, of overstijgt**. Comfort staat hier voor de volledige gebruikservaring die een combinatie is van reistijd, comfort in enge zin zoals een goed zitplaats, geen problemen met overstappen, enz. Nu is mobiliteit vooral gebaseerd op het bezit van een eigen wagen. Daarnaast bestaan ook mobiliteitsdiensten die voor het merendeel aangeboden worden door het openbaar vervoer (OV), maar die dikwijls niet het nodige comfort bieden om concurrentieel te zijn met de individuele wagen. Door te spreken van performante mobiliteitsdiensten of MaaS laat men het idee van de individuele auto als bezit los, zonder zich te beperken tot het openbaar vervoer zoals men het vandaag kent. Onder mobiliteitsdiensten vallen ook deel- of leaseauto's of deelfietsen.

In dit concept staat de **gebruiker centraal**. De mobiliteitsdiensten worden geïntegreerd op maat van de gebruiker. Moderne communicatiemiddelen spelen een belangrijke rol om dit mogelijk te maken.

Om performante mobiliteitsdiensten te realiseren is het belangrijk dat:

- De noden van (potentiële) gebruikers goed gekend zijn en het aanbod hierop wordt afgestemd.
- De huidige openbaar vervoersdiensten volledig geïntegreerd worden wat betreft gebruik en tarificatie:
 - Alle informatie is voor de consument via één (virtuele) locatie beschikbaar.
 - De betaling gebeurt via één kaart of transparant tarifieringssysteem.
- De huidige openbaar vervoerdiensten die vooral collectief zijn georganiseerd aangevuld worden met individuele oplossingen. Deelvoertuigen zijn voorbeelden van individuele oplossingen. Merk op dat er ook collectief privé vervoer is.

¹⁰ In dit geval kunnen de auto's in het bezit zijn van enkele personen in de groep of kunnen meerdere personen eigenaar zijn van eenzelfde auto. In het laatste geval spreekt men in de Engelstalige literatuur van 'fractional' autobezit.

Voor dit rapport hanteren we volgende definities voor openbaar en collectief vervoer:

- openbaar vervoer: vervoer dat toegankelijk is voor iedereen. Dit kan zowel georganiseerd zijn door een privé operator als een overheidsoperator.
- collectief vervoer: vervoer voor meerdere personen. Dit kan zowel privé (niet toegankelijk voor iedereen) als openbaar zijn.

Men ziet reeds een aantal veranderingen die embryonaal aanwezig zijn en die in de richting van klant-georiënteerde oplossingen gaan:

- De evolutie in vervoersmiddelen, met name de mogelijkheden voor voor- en natransport bij het openbaar vervoer met bv. deelfietsen of deelauto's.
- Betere communicatiemiddelen zorgen ervoor dat verschillende transportdiensten beter op elkaar afgestemd kunnen worden en dat de potentiële gebruikers hierover geïnformeerd zijn. Intermodale routeplanners zorgen voor informatie voor de gebruikers (bv. google). Platformen die informatie bundelen en deze op maat van de klant doorgeven, bv. het Olympus 2B platform (olympus-mobility.com).
- gezamenlijke dragers voor vervoersbewijzen voor het openbaar vervoer, zoals bv. de Mobibkaart die nu wordt gebruikt door de vier OV-maatschappijen in België en ook door andere aanbieders van mobiliteitsdiensten zoals bv. Cambio. Dergelijke kaarten kunnen de uitbouw van een geïntegreerd ticketingsysteem in de toekomst helpen uitbouwen.

Het is cruciaal om de gebruiker goed te informeren over de beschikbare mobiliteitsdiensten en de beste combinatie ervan. Dit is de rol van nieuwe economische spelers: de **mobiliteitsintegratoren**. Zij integreren afzonderlijke transportdiensten tot een nieuwe dienst die performanter is voor de gebruiker. De mobiliteitsintegrator is een soort 'broker' of makelaar:

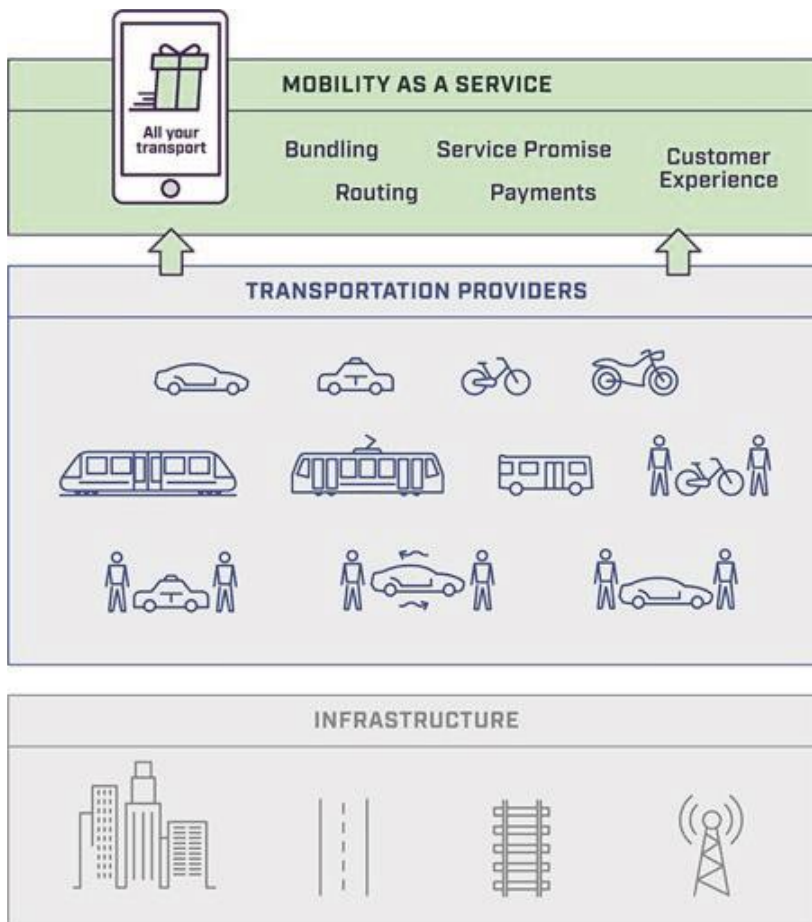
- Hij biedt deur-tot-deur mobiliteitsoplossingen aan: hij integreert verschillende transportdiensten door open interfaces aan te bieden met toegang tot: dienstregelingen, real-time locatiegegevens, betalings-systemen.
- Hij zorgt ervoor dat gebruikers via digitale oplossingen tijd en kost van reisalternatieven kunnen opzoeken en met elkaar vergelijken, een reis reserveren en betalen, support/hulp krijgen voor en tijdens de reis om hun reis eventueel aan te passen.

De mobiliteitsintegrator biedt verschillende oplossingen aan op maat van de gebruiker. Op basis van wat hij weet van de gebruiker over bv. vorige mobiliteitskeuzes, doet hij enkele voorstellen. Dit gaat een stap verder dan enkel de mogelijkheid geven aan de gebruiker om oplossingen te vinden en te vergelijken. De oplossing van de mobiliteitsintegrator zal niet noodzakelijk gebruik maken van collectief vervoer. Een individueel vervoermiddel zal in een aantal gevallen nog steeds de meest comfortabele oplossing zijn, zeker buiten de stad. Het individuele voertuig dat de mobiliteitsintegrator ter beschikking stelt zal dan een soort deelauto of ander type huurauto zijn.

Figuur 4 illustreert Mobility as a Service en geeft duidelijk aan dat de rol van mobiliteitsintegrator of broker, de bovenste laag in de figuur, het verschil maakt. Op basis van alle informatie van de transportaanbieders en de gebruikers genereert hij mobiliteitsdiensten en biedt die aan aan de gebruiker.



Figuur 4: Schematisch overzicht van Mobility as a Service



Bron: CROW (2017)

Onderaan in Figuur 4 staat alle **beschikbare infrastructuur**, wegen, sporen, communicatietechnologie, enz. waarvan alle mobiliteitsaanbieders gebruik maken. Ook de infrastructuur van de communicatietechnologie is daarbij aanwezig.

In het midden van de figuur (providers) staan alle **aanbieders van transport**. Ook de individuele burger met zijn voertuig is één van de aanbieders van transport. Het gaat hier echter vooral om de economische spelers die allerhande transportdiensten aanbieden. De voertuigen in de figuur met twee personen ernaast verwijzen naar deelvoertuigen, al dan niet via peer-to-peer of een derde partij (zie ook Deel 3.5.5).

Enkele van de mogelijke vervoersdiensten zijn als volgt (niet exhaustieve lijst):

- De hoofdlijnen van het huidige **openbaar vervoersysteem** zullen een belangrijk deel van MaaS zijn. Zij vertegenwoordigen voor het merendeel immers de grootste stromen. Om de milieu-impact van mobiliteit te beperken is het belangrijk deze grote mobiliteitsstromen collectief en niet individueel te organiseren.
- **DRT of demand responsive transport** wordt ook dikwijls als een beloftevol concept voor toekomstig transport gezien. DRT bestaat erin dat een soort shuttledienst wordt georganiseerd met kleine bussen of busjes op basis van de beschikbare vraag. De shuttlediensten kunnen dus verschillen van dag tot dag.

De belbussen van De Lijn zijn een voorbeeld hiervan. Het verschil is wel dat het DRT binnen MaaS in een stedelijke context wordt georganiseerd waar het financieel rendabel is voor privé operatoren.

- **Deel(fiets)systemen:** deelfietsystemen zijn systemen waarbij gebruikers voor een beperkt bedrag een fiets voor een korte tijd kunnen gebruiken. Er zijn twee grote families, zoals ook bij deelauto's (zie Deel 3.5.5). In een eerste systeem moet de gebruiker de fiets niet terugbrengen naar de startplaats. De impact hiervan op autogebruik is minimaal volgens de literatuur (Franckx & Mayeres, 2016). Bij het Brusselse Villo-systeem zouden 7 % van de Villo-ritten met de auto zijn gebeurd indien het systeem niet had bestaan (Timenco, 2012). Deelfietsystemen leveren in de eerste plaats een alternatief voor stappen en OV en veel minder voor de individuele auto. In een tweede systeem moet de gebruiker de fiets terugbrengen naar de startplaats. Dit is een systeem zoals Blue-bike. Blue-bike is interessant uit milieu-oogpunt omdat 1 op de 3 Blue-bike ritten (in combinatie met de trein) een volledige autorit vervangt (Van Zeebroeck et al., 2017).
- **Combinatie fiets & openbaar vervoer:** zoals hierboven aangegeven, kan de combinatie fiets en openbaar vervoer een interessant alternatief voor de auto zijn. De fiets kan daarnaast ook een belangrijke factor zijn in het performanter maken van het openbaar vervoer. In Amsterdam veranderde de visie op de organisatie van busvervoer. In plaats van zoveel mogelijk mensen rechtstreeks te bedienen, rijden de bussen nu op centrale assen die met de fiets te bereiken zijn. Dit werd een succes. De dienstverlening van de bussen ging er op vooruit. Er zijn snellere en meer frequente verbindingen. Fiets en bus zijn niet langer concurrenten van elkaar, maar vullen elkaar aan. Ook in CPB & PBL (2016b) benadrukt men het belang van de verbetering van de combinatie fiets - openbaar vervoer.
- **Autodeelsystemen:** deze systemen worden besproken in Deel 3.5.5.

3.5.7 Autonome voertuigen

De Society of Automotive Engineers (SAE) onderscheidt zes niveaus voor de mate van autonomie van voertuigen, gaande van niveau nul (geen autonomie) naar niveau vijf (volledige autonomie). Tabel 3 geeft deze schaal weer.

Tabel 3: Verschillende niveaus van autonomie

Niveau	Omschrijving
0	Geen autonomie De bestuurder onderneemt altijd zelf alle acties.
1	Rijtaakondersteuning Sturen of versnellen/vertragen worden overgenomen op basis van informatie over de rij-omgeving. Er wordt verwacht dat de bestuurder alle andere acties onderneemt.
2	Gedeeltelijke autonomie Zowel sturen als versnellen/vertragen worden overgenomen op basis van informatie over de rij-omgeving. Er wordt verwacht dat de bestuurder alle andere acties onderneemt.
3	Conditionele autonomie Afhankelijk van de rijmodus onderneemt het systeem alle acties, maar interventie van de bestuurder wordt nog verwacht als het systeem daarom vraagt.
4	Hoge autonomie Afhankelijk van de rijmodus onderneemt het systeem alle acties, ook als er geen interventie is van de bestuurder als het systeem daarom vraagt.
5	Volledige autonomie Volledige overname van alle rijtaken in alle omstandigheden die een menselijke bestuurder zou aankunnen.

Bron: SAE (zie <https://www.sae.org/news/3544/> en http://standards.sae.org/j3016_201609/)



Auto's met adaptieve cruise control en rijstrookbewaking die nu reeds te koop zijn, behoren tot niveau twee. De hogere niveaus zijn nog volop in ontwikkeling en stellen nog de nodige uitdagingen, niet alleen op technologisch vlak maar ook op andere vlakken, zoals bv. de juridische aspecten. Niet alleen traditionele spelers in de auto-industrie buigen zich over de verdere ontwikkeling van autonome voertuigen, maar ook nieuwe spelers zoals Tesla en bedrijven zoals Google of Apple.

Zelfrijdende voertuigen kunnen relevant zijn voor zowel het personenvervoer als het goederenvervoer. Het vervoer van goederen tot bij de klant zou geautomatiseerd kunnen worden. Kleine bestellingen zouden als automatische pakketjes naar de klant kunnen rijden. Of goederen zouden via kleine zelfrijdende voertuigen vanuit centrale opslagplaatsen in de stad kunnen geleverd worden (Tillema et al., 2015) (zie ook Deel 3.5.3).

3.5.8 Elektrische voertuigen met batterij

Voertuigen met elektrische aandrijving (*electric vehicles: EV's*) bestaan al sinds de jaren 1830, en daarmee enkele decennia langer dan de voertuigen met interne verbrandingsmotoren (*internal combustion engine vehicles: ICEV's*) die de markt tot op heden domineren. Het feit dat EV's nooit competitief zijn geweest ten opzichte van ICEV's, heeft alles te maken met relatief inefficiënte batterijtechnologieën: zelfs zeer zware exemplaren konden slechts beperkte hoeveelheden energie opslaan.

Recente technologische innovaties helpen dat euvel echter geleidelijk aan van de baan, en een transitie van traditionele naar elektrische voertuigen wordt vandaag dan ook beschouwd als een beloftevolle strategie om de transport-gerelateerde emissies van broeikasgassen en andere pollutanten sterk terug te dringen. Het potentieel lijkt groot aangezien elektrisch aangedreven voertuigen geen uitlaatgassen voortbrengen. Behalve de uitstoot van fijn stof door slijtage van remmen, banden en wegdek, blijven de emissies inderdaad beperkt tot deze verbonden aan het opwekken van de elektriciteit waarmee de EV-batterijen opgeladen worden: een proces dat in de meeste gevallen veel energie-efficiënter en schoner is dan dat van interne verbrandingsmotoren.

Een snelle evolutie van de batterijtechnologie heeft ervoor gezorgd dat autobouwers de laatste jaren verschillende soorten EV's op de markt hebben gebracht. Vaak gaat het om hybridewagens, die naast een elektrische ook nog een interne verbrandingsmotor hebben. In de basisvariant is de capaciteit van de elektrische motor beperkt, en wordt de batterij enkel opgeladen via recuperatie van warmte die ontstaat tijdens het remmen. Als de batterij (ook) kan worden opgeladen door deze aan te sluiten op het lichtnet, dan wordt gesproken van **plug-in hybridewagens** (*plug-in hybrid electric vehicles: PHEV's*). Omwille van het grotere milieupotentieel is het enkel die soort van hybridewagens die hieronder verder besproken wordt. In de zuiverste vorm verdwijnt de interne verbrandingsmotor helemaal uit het elektrisch voertuig. Er wordt dan gesproken van **batterij elektrische voertuigen** (*battery electric vehicles: BEV's*). Deze hebben dus alleen een elektrische motor, wat maakt dat het autonome bereik een belangrijke variabele wordt. Zogenaamde 'radiusangst' is inderdaad nog steeds een van de belangrijkste obstakels voor de doorbraak van BEV's. Sommige autobouwers komen aan dit probleem tegemoet door toch een interne verbrandingsmotor toe te voegen, maar dan enkel om de batterij op te laden in geval van nood. In dat geval wordt gesproken van **radius-extensie elektrische voertuigen** (*range-extended electric vehicles: REEV's*).

Dat de sector wel degelijk optimistisch is over het potentieel van elektrische voertuigen, blijkt bijvoorbeeld ook uit het feit dat zelfs de **elektrificatie van vrachtvervoer** niet langer wordt afgedaan als een utopie. Lichte elektrische bestelwagens zitten inderdaad al enkele jaren in het gamma, en meer en meer



constructeurs – zoals Daimler, Navistar en Tesla (Reuters, 14 sept 2017) – wagen zich ook aan batterij-elektrische vrachtwagens. Dat deze voertuigen lange afstanden moeten kunnen afleggen met een zware lading blijft echter een uitdaging: zware batterijen gaan immers ten koste van extra vracht en ze impliceren ook tijdsverlies door lange laadtijden. Daarom worden er ook nog andere opties overwogen om het vrachtvervoer te elektrificeren. Vooreerst zouden brandstofcellen een interessante toepassing kunnen vinden in het vrachtvervoer (zie Deel 3.5.9). Daarnaast wordt er ook geëxperimenteerd (onder andere in Duitsland en Zweden) met het aanleggen van bovenleidingen langs belangrijke wegen. Vrachtwagens uitgerust met een stroomafnemer (pantograaf) zouden dan tijdens het rijden de nodige elektriciteit kunnen afnemen om hun elektrische motor aan te drijven en eventueel ook om hun batterijen op te laden¹¹.

3.5.9 Elektrische voertuigen met waterstof-brandstofcel

Naast BEV's kunnen ook elektrische voertuigen aangedreven met brandstofcellen die werken op basis van waterstof (*fuel cell electric vehicles*: FCEV's) beschouwd worden. Waterstof als brandstof voor voertuigen met interne verbrandingsmotoren laten we hier buiten beschouwing omdat dergelijke waterstofvoertuigen (nog) veel minder vaak voorkomen dan FCEV's, maar vooral omdat de technologie minder 'groen' is. Bij verbrandingsprocessen kan de schadelijke NO_x-uitstoot immers nooit 100 % vermeden worden (ook al gebeurt de verbranding bij waterstofvoertuigen aan veel lagere temperaturen en bedraagt de hoeveelheid schadelijke uitstoot daardoor slechts een fractie van die van benzine- en diesellootvoertuigen).

Ten opzichte van BEV's verschillen FCEV's vooral wat betreft de bron van de elektriciteit waarmee de motor aangedreven wordt. Terwijl deze elektriciteit bij BEV's voortkomt uit de chemische energie die zit opgeslagen in de herlaadbare batterijen (meestal op basis van lithium), wordt ze in FCEV's opgewekt dankzij de door een katalysator gefaciliteerde splitsing van waterstof (H₂) in twee protonen (H⁺-ionen) en twee elektronen (e⁻). Deze splitsing gebeurt aan de anode van de brandstofcel, waarna de protonen door een elektrolyt naar de kathode stromen en de elektronen via een elektrisch circuit. Dit is de elektrische stroom die vervolgens gebruikt wordt om de elektrische motor aan te drijven. Aan de kathode reageren de protonen en elektronen tot slot met de zuurstof in de aangevoerde lucht en wordt als restproduct water gevormd: $4H^+ + 4e^- + O_2 \rightarrow 2H_2O$.

Een gerelateerd verschil is dat het opladen van BEV's een tijdrovend proces is, terwijl FCEV's simpelweg kunnen worden volgetankt. Vooral voor (vracht)vervoer over lange afstanden zouden FCEV's daarom een belangrijk voordeel kunnen bieden, althans op voorwaarde dat er een voldoende groot netwerk van waterstof-tankstations bestaat. Dat dit laatste echter niet het geval is, vormt dan ook een belangrijke reden voor de zeer beperkte populariteit van FCEV's. Een andere belangrijke reden is de nog zeer hoge kostprijs van deze voertuigen. Zo zijn er in Vlaanderen momenteel slechts twee modellen van FCEV-personenwagens beschikbaar: de Hyundai ix35, met een totale kostprijs van ongeveer 65 000 euro, en de Toyota Mirai, die in totaal bijna 80 000 euro kost.

¹¹ <https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/road-solutions/electromobility/ehighway.html>

3.5.10 Geavanceerde biobrandstoffen

De term 'geavanceerde biobrandstoffen' verwijst naar biobrandstoffen van de tweede of derde generatie. Het onderscheid tussen de conventionele biobrandstoffen (of biobrandstoffen van de eerste generatie) en de geavanceerde biobrandstoffen kan onder meer gemaakt worden op basis van de gebruikte grondstoffen en productietechnologie. Pelkmans et al. (2009, p. 7) hanteren de volgende definities:

Eerste generatie: deze biobrandstoffen zijn 'gebaseerd op gemakkelijk toegankelijke grondstoffen zoals suikers, zetmeel, plantaardige olie of dierlijke vetten, die met conventionele chemische processen of vergisting worden omgezet in brandstoffen.' De gewassen die hiervoor gebruikt worden zijn vaak geschikt voor voedselconsumptie en de productie ervan concurreert of kan concurreren met de productie van voedselgewassen. Zo worden koolzaad-, soja-, zonnebloem- of palmolie ingezet voor de productie van biodiesel. Voor bio-ethanol gebruikt men bv. suikerriet, suikerbiet, tarwe of maïs.

Tweede generatie: hieronder valt de productie van biobrandstoffen 'met nog in ontwikkeling zijnde conversietechnieken, voornamelijk (thermo)-chemische processen en nieuwe fermentatietechnologie. De nadruk ligt hierbij op de volledige benutting van de biomassa. Ze worden gemaakt uit landbouwkundige nevenstromen, de oneetbare gedeelten van voedselgewassen en afvalstoffen, rijk aan lignocellulose (plant- en houtvezels).' Een grote variëteit aan grondstoffen kan aangesproken worden voor deze biobrandstoffen, waaronder:

- restfracties uit de landbouw – in bepaalde gevallen kunnen deze ook als veevoeder gebruikt worden;
- restfracties uit de bosbouw – ook hiervoor bestaan er alternatieve toepassingen, zoals voor verwarming of elektriciteitsopwekking;
- gewassen die speciaal voor de productie van biobrandstoffen geteeld worden: energiegewassen (energiemaïs, sorghum, snelgroeïende grassen als miscanthus, bamboe en riet), of korte-omloop hout (wilg en populier);
- vast stedelijk afval – dit is goedkoop, gemakkelijk beschikbaar en er bestaan weinig alternatieve toepassingen.

Derde generatie: de derde generatie biobrandstoffen wordt gemaakt uit speciaal voor dat doel gekweekte algen.

Tabel 4, overgenomen uit IRENA (2016), geeft aan dat de opdeling in conventionele versus geavanceerde biobrandstoffen niet steeds eenduidig is. Zo onderscheidt dat rapport ook energiegewassen als grondstoffen waarvoor het onduidelijk is of zij behoren tot de conventionele of geavanceerde biobrandstoffen ('ambigu'). De reden is dat zij kunnen leiden tot concurrentie met de productie van voedselgewassen en tot indirecte ongewenste effecten op het landgebruik (zie ook verder). Daarnaast plaatst IRENA (2016) ook gebruikte bak- en braadolie, dierlijke vetten en tallolie¹² in de categorie 'ambigu' omdat zij ingezet worden in reeds goed ontwikkelde productieprocessen.

Er kan ook een onderscheid gemaakt worden tussen conventionele en geavanceerde biobrandstoffen op basis van de gebruikte technologie of het type van eindproduct. Volgens IRENA (2016) worden bij het opstellen van het rapport slechts twee producten gecommercialiseerd: bio-ethanol geproduceerd met vergiste grondstoffen en methanol geproduceerd via vergassing. In de overige gevallen moeten er nog

¹² een harsproduct

stappen ondernomen worden vooraleer er tot commercialisering kan worden overgegaan. De studie stelt geen classificatie op in termen van de broeikasgasemissies omdat die sterk afhankelijk zijn van de specifieke productieketen.

Tabel 4: Voorbeelden van classificaties voor biobrandstoffen op basis van verschillende definities

	Definitie op basis van gebruikte grondstof	Definitie op basis van technologie	Definitie op basis van product
Conventionele biobrandstoffen	Suikerrijke gewassen Zetmeelrijke gewassen Olierijke gewassen	Verestering Vergisting Hydrogenering	FAME biodiesel ('fatty acid methyl ester') Ethanol Methanol
Ambigu	Energiegewassen Gebruikte bak- en braadolie Dierlijke vetten Tallolie		Butanol
Geavanceerde biobrandstoffen	Algen Restfractie uit de bosbouw Restfractie uit de landbouw Vast stedelijk afval	Cellulose vergisting Vergassing Pyrolyse	HEFA ('Hydroprocessed esters and fatty acids') of HVO ('Hydrotreated Vegetable Oil') Fisher-Tropsch diesel en vliegtuigbrandstof

Bron: IRENA (2016), p. 13

Geavanceerde biobrandstoffen kunnen ingezet worden voor verschillende transportmodi mits aan een aantal technische voorwaarden voldaan is. Zij worden onder meer aangehaald als mogelijke strategie om de broeikasgasemissies van de luchtvaart te doen dalen, een sector met voorlopig weinig tot geen opties voor alternatieve aandrijftechnologieën en met een trage verbetering van de energie-efficiëntie door de lange levensduur van de vliegtuigen. Gezien de reikwijdte van deze studie, bespreekt dit rapport echter vooral het mogelijk belang van geavanceerde biobrandstoffen voor de broeikasgasemissies van het transport dat plaatsvindt in Vlaanderen.

4 HET MILIEUPOTENTIEEL VAN TIEN OPLOSSINGSGROEPEN IN KAART GEBRACHT

Dit hoofdstuk bespreekt meer in detail het milieupotentieel van de tien geselecteerde oplossingsgroepen uit Tabel 2, waar mogelijk kwantitatief en op het niveau van Vlaanderen. Na een korte toelichting bij de algemene werkwijze (Deel 4.1), gaat Deel 4.2 in op het milieupotentieel van alle groepen in de shortlist. Daarbij wordt telkens ook een kort beeld geschetst van de huidige toepassingen van de oplossingen en innovaties in Vlaanderen.



4.1 Werkwijze

Het potentieel van de innovaties en oplossingen werd in kaart gebracht aan de hand van een literatuuroverzicht en de expertenbevraging die beschreven werd in Deel 3.3. In wat volgt kan de lezer ervan uitgaan dat de consistentie tussen het literatuuroverzicht en de expertenbevraging telkens nagegaan is, zelfs als er niet expliciet verwezen wordt naar de specifieke inbreng van individuele experten. In een aantal gevallen wordt daarnaast de inbreng uit de interviews expliciet vermeld. In dat geval hebben de experten bepaalde elementen aangehaald die minder naar boven kwamen tijdens het literatuuroverzicht.

In het literatuuroverzicht werd extra aandacht besteed aan studies die de impacts van de innovaties/oplossingen kwantitatief trachten in te schatten, met daarbij een voorkeur voor studies die relevant zijn voor de Vlaamse context. De kwantificatie gebeurde op basis van de beschikbare bronnen. Er werden geen nieuwe scenario's uitgerekend. Wel wordt in een aantal gevallen op basis van bestaande bronnen een ruwe inschatting gegeven van het mogelijk effect van de oplossingen en innovaties op de emissies en milieu-kosten. In dat geval wordt voor een welomschreven maar illustratief scenario het effect weergegeven op de emissies van de drie belangrijkste pollutanten (NO_x, CO₂ en PM) en de monetaire waarde van de daling van de emissies. In Bijlage 3 vindt de lezer meer informatie over de veronderstellingen die gemeenschappelijk zijn voor die berekeningen.

4.2 Het milieupotentieel van de shortlist van innovaties en oplossingen

4.2.1 Werken, leren en vergaderen vanop afstand

De meeste informatie is beschikbaar rond e-werken, terwijl er slechts beperkte informatie is rond e-leren of e-vergaderen. Daarom spitst deze analyse zich toe op e-werken.

Huidige toepassing in Vlaanderen

Ongeveer 18 % van de ondernemingen opgenomen in de federale diagnostiek woon-werkverkeer van de FOD Mobiliteit en Vervoer¹³ laten e-werken toe. Deze vertegenwoordigen 33 % van de werknemers van de bedrijven opgenomen in de diagnostiek.

Statbel geeft aan dat sinds 1995 het aandeel van de loontrekkenden dat regelmatig thuis werkt steeg van 4,6 % naar 12,2 % in 2015. Bij hooggeschoolden loopt dit aandeel op tot 25 %.

Bij de Vlaamse overheid is e-werken voor 80 % van de werknemers mogelijk. Een kleine helft onder hen (45 %) doet nooit aan telewerk; 1 op 4 ambtenaren e-werkt gemiddeld ongeveer 1 keer per maand. 16 % doet minstens wekelijks¹⁴ aan e-werken.

Bij een meer veralgemeende toepassing van e-werken is er een direct positief milieueffect aangezien verplaatsingen niet meer gebeuren of korter worden.

¹³ Deze enquête wordt afgenomen bij werkgevers die in totaal meer dan 100 werknemers in dienst hebben. Die bedrijven zijn meer dan gemiddeld in steden gevestigd en de woon-werkafstanden zijn ook groter dan gemiddeld voor die bedrijven.

¹⁴ Vlaams Parlement, schriftelijke vraag nr 713 – 9-09-2016 (<http://docs.vlaamsparlement.be/pfile?id=1208426>)

Tabel 5 schat de **directe milieubaten** per reizigerskm in van e-werken afhankelijk van het vervoermiddel dat vroeger werd gebruikt. Deze milieubaten houden nog geen rekening met eventuele reboundeffecten die verderop zullen besproken worden. De winst is het grootst indien mensen voorheen met de auto pendelden. Als in 2030 een deel van het wagenpark op hernieuwbare elektrische energie rijdt en die energie milieuvriendelijk wordt gewonnen, wordt de milieuwinst klein. Enkel nog niet-uitlatemissies worden bespaard. De milieuwinst bij mensen die oorspronkelijk de trein of fiets namen is zeer klein of bijna verwaarloosbaar.

Tabel 5: Directe milieubaten van e-werken in functie van het oorspronkelijk vervoersmiddel

oorspronkelijk vervoersmiddel	2030 winst (g/100 reizigerskm; CO ₂ : g/per reizigerskm)				in euro/100 reizigerskm
	CO ₂	NO _x	PM _{2,5} uitlaat + niet-uitlaat	PM ₁₀	
bus	53,19	1,82	0,03	nt berekend	0,55
trein	25,20	1,00	0,01	nt berekend	0,26
fiets	0,00	0,00	0,00	nt berekend	0,00
diesel auto	107,06	16,83	0,10	nt berekend	1,18
elektrische auto	17,17	2,30	0,67	0,35	0,37
elektrische fiets	0,88	0,07		0,01	0,01
waarde per ton (euro/ton)	100	4 960	272 000	30 860	

Nota: Voor de achtergrondinformatie voor deze berekeningen: zie Bijlage 3.

Er zullen echter ook **reboundeffecten** optreden (Delhaye et al., 2013):

- *Rebound 1*: Er vindt een verschuiving plaats van verwarming van kantoren naar het meer verwarmen van huizen en satellietkantoren en dus mogelijk een stijging van het energiegebruik voor verwarming.
- *Rebound 2*: Door het e-werken wordt het woon-werkverkeer goedkoper. Hierdoor komt er meer budget vrij. Dat kan besteed worden aan meer of ander transport, mogelijk voor andere activiteiten (rebound 2a) of aan andere goederen (rebound 2b). Mensen kunnen nu eventueel ook de auto nemen waar ze voorheen het openbaar vervoer gebruikten.
- *Rebound 3*: Doordat het woon-werkverkeer goedkoper wordt, kan men beslissen om verder te wonen van het werk of verder te gaan werken van waar men woont. Op lange termijn kan er dus ook een invloed zijn op de locatiebeslissingen.
- *Rebound 4*: In eerste instantie worden er mensen van de weg gehaald – dit heeft een positief effect op congestie. Op langere termijn is het echter mogelijk dat door het aanzuigefect deze initieel positieve effecten op congestie en energie/milieu weer deels teniet gedaan worden.
- *Rebound 5*: Op zeer lange termijn is het mogelijk dat er minder/kleinere kantoorgebouwen opgetrokken worden. Dit is positief op milieuvlak.

Een bijkomende opmerking geldt voor e-vergaderen. Moderne communicatietechnologie maakt het mogelijk om vlot vergaderingen op afstand te organiseren. Een potentieel reboundeffect van zulke e-vergaderingen en moderne communicatiemiddelen is dat ze mensen die zich fysiek ver van elkaar bevinden bij elkaar brengen. Deze virtuele contacten leiden vaak vroeg of laat ook tot fysieke verplaatsingen. Het kan dan gaan over verre verplaatsingen waarbij de milieu-impact van één fysieke meeting groot is (interview Mark Dijk).



Delhaye et al. (2013) analyseerden e-werken en de reboundeffecten ervan. De studie berekende de effecten indien 9 % van de Vlaamse werknemers één dag zou thuiswerken en 4 % van de Vlaamse werknemers één dag in een satellietkantoor zou werken. Tabel 6 en Tabel 7 geven de berekende directe impact ervan op basis van een aantal hypothesen zoals over de woon-werkafstanden in functie van trein-, bus- en autogebruik, enz. De berekeningen hebben betrekking op het toenmalige wagenpark gebaseerd op het transportverkeeremissiemodel TREMOVE (versie van 2009). Voor toekomstige jaren dient men er rekening mee te houden dat zowel de milieuprestaties van het wagenpark als de energie-efficiëntie van gebouwen zullen verbeteren (zie verder). Wat betreft de pendelmodi gaat de studie ervan uit dat iets meer dan de helft van de verplaatsingen met de auto gebeurt (51 %) en een kleine helft (39 %) met de trein. De overige verplaatsingen gebeuren met fiets en ander openbaar vervoer.

Tabel 6: Directe impact van e-werken in Vlaanderen indien 9 % van de werknemers zou e-werken (wagenpark 2009)

Input: basisgegevens		thuiswerker
aantal werknemers		2170097
% thuiswerkers		9%
vkm/werknemer/jaar		1642
energie wagen (kWh/werknemer/jaar)		1178
tijds winst per jaar (uur/werknemer/jaar)		59
Winst: direct effect		
aantal thuiswerkers		188075
totaal miljoen vkm/jaar		309
energie wagen (miljoen kWh/jaar)		222
tijds winst per jaar (miljoen uur/jaar)		11

Bron: Delhaye et al. (2013)

Tabel 7: Directe impact van e-werken in Vlaanderen indien 4 % van de werknemers in satellietkantoren zou werken (wagenpark 2009)

Input: basisgegevens		satellietwerker
aantal werknemers		2170097
% telewerkers satelliet		4%
vkm/werknemer/jaar		647
energie wagen (kWh/werknemer/jaar)		464
tijds winst per jaar (uur/werknemer/jaar)		45
Winst: direct effect		
aantal satellietwerkers		94038
totaal miljoen vkm/jaar		61
energie wagen (miljoen kWh/jaar)		44
tijds winst per jaar (miljoen uur/jaar)		4

Bron: Delhaye et al. (2013)

Zoals gezegd, houden we hierbij wel geen rekening met de mogelijke energiewinsten die kunnen ontstaan doordat er op lange termijn minder kantoorgebouwen nodig zijn. Fuhr & Pociask (2011) stelden dat dit reboundeffect goed is voor ongeveer 5 % van de totale vermeden externe kosten die gegenereerd worden over 10 jaar. Het gaat hier dus om een bijkomend indirect positief effect. In dit geval zou het gaan om een bijkomende besparing van 3,6 miljoen kWh/jaar – wat het reboundeffect zou doen dalen tot 98,6 %¹⁵.

Daarnaast merken we ook op dat de uitstoot van broeikasgassen en luchtpolluenten verschillend is voor de energie gebruikt voor de aandrijving van motorvoertuigen en voor de productie van warmte. In het laatste geval worden naast stookolie (diesel) ook gas en elektriciteit gebruikt. De milieu-impact van warmteproductie op basis van gas en elektriciteit is gevoelig lager dan die van de energieproductie voor de aandrijving van motorvoertuigen.

In de toekomst kunnen deze cijfers evolueren vermits zowel het voertuigen- als het huizenpark zullen evolueren. Het huizenpark zal steeds beter worden geïsoleerd zodat de milieu-impact van verwarming ook zal verminderen. In de mate dat het voertuigenpark evolueert naar een zuiniger en elektrisch park zal ook hier de milieu-impact sterk verminderen. Het is wel zo dat het voertuigenpark sneller kan evolueren dan het huizenpark. Een auto wordt gemiddeld 15,5 jaar oud in België (Febelauto, 2017), terwijl een huis meerdere tientallen jaren meegaat vooraleer het grondig wordt gerenoveerd of herbouwd. Het autopark wordt dus sneller vernieuwd dan het huizenpark, maar de milieuwinsten van een schonere wagen of huisvernieuwing zijn verschillend (zie vorige paragraaf).

Een heel belangrijke opmerking bij dit alles is dat beleid de reboundeffecten kan verminderen. Zo kan beprijzing van het (individueel) autoverkeer de reboundeffecten op de nieuwe autokilometers aanzienlijk doen afnemen. Als men ervan uitgaat dat op die manier het vierde reboundeffect kan vermeden worden en het tweede en derde reboundeffect gehalveerd, dan bedraagt het reboundeffect wat betreft de voertuigkm nog slechts 22 % en wat betreft energie nog 49 %. Deze aanname loopt een beetje mank omdat in een situatie met ontmoediging van het autogebruik het initieel aantal afgelegde km met de auto vermoedelijk lager zou liggen. Dit kan aanleiding geven tot de stelling dat meer e-werken waarschijnlijk eerder een interessante faciliterende oplossing is bij het ontmoedigen van het individueel autoverkeer dan een oplossing die op zich een belangrijke reductie van de milieu-impact van het mobiliteitssysteem kan bewerkstelligen.

4.2.2 Ritdelen

Huidige toepassing in Vlaanderen

Volgens de diagnostiek woon-werkverkeer van de FOD Mobiliteit en Vervoer bedroeg het aandeel van carpooling¹⁶ in de woon-werkverplaatsingen in 2014 3,3 % voor bedrijfsvestigingen gelegen in Vlaanderen. Op Belgisch niveau bedroeg het aandeel 2,9 %. Dit aandeel is lager dan in 2005, toen het 5,2 % was voor Vlaanderen en 4,7 % voor België. Deze bron geeft enkel gegevens voor het aandeel in de verplaatsingen en niet voor het aandeel in de kilometers.

¹⁵ Dit cijfer staat niet in Tabel 8 maar werd berekend in de studie van Delhaye et al. (2013).

¹⁶ In de enquête is carpooling als volgt gedefinieerd: 'gebruik van de auto met andere werknemers (die in dezelfde vestigingseenheid of elders werken).'

Tabel 9: Illustratie van het milieupotentieel van ritten voor het woon-werkverkeer (2030)

RITDELEN WOON-WERKVERKEER	
Toename in de bezettingsgraad van de auto voor woon-werkverkeer tot 1,25	
Veronderstellingen	2030 Bronnen
Voertuigkm per auto (miljoen)	54192 <i>Eigen berekening op basis van FPB (2015)</i>
Gemiddelde bezettingsgraad auto (alle tripmotieven)	1.8 <i>OVG 5.1(tabel 230)</i>
Aandeel van woon-werkverkeer in reizigerskm per auto	19% <i>OVG 5.1(tabel 122)</i>
Woon-werkverkeer per auto in reizigerskm (miljoen)	18562
Gemiddelde bezettingsgraad auto voor woon-werkverkeer	1.06 <i>OVG 5.1(tabel 174)</i>
Woon-werkverkeer per auto in autokm (miljoen)	17511
Gemiddelde bezettingsgraad auto voor woon-werkverkeer met extra ritten	1.25 <i>Scenario-aanname</i>
Gemiddelde afstand van woon-werkverplaatsing per auto (heen & terug)(km)	40 <i>OVG 5.1(op basis van tabel 160 en 161)</i>
% toename in afstand van autobestuurder ten gevolge van ritten	10% <i>Aanname</i>
Overeenkomstige toename in km per verplaatsing van autobestuurder (km)	4
Toename in km per verplaatsing voor autopassagier bij ritten (km)	5 <i>Aanname</i>
Effecten	
Verandering in autokm (miljoen km)	-2126
Verandering in autokm (% van totaal autokm)	-3.9%
Impact op emissies	
directe en indirecte CO ₂ eq emissies (kton)	-430
directe en indirecte NO _x emissies (ton)	-692
directe en niet-uitlaat PM _{2.5} emissies (ton)	-29
indirecte PM ₁₀ emissies (ton)	-20
Milieubaat van emissiereductie (miljoen euro)	-55.00

Bron: Eigen berekeningen

Tabel 9 gaat ervan uit dat door ritten de gemiddelde bezettingsgraad van het woon-werkverkeer per auto in 2030 1,25 zou bedragen in plaats van 1,06 nu. Er wordt aangenomen dat de gemiddelde afstand van een woon-werkverplaatsing per auto¹⁸ bij ritten toeneemt met 10 % voor de autobestuurder en met 5 km voor de autopassagier. Door de verhoging van de bezettingsgraad zou het totaal aantal autokm in 2030 kunnen dalen met 3,9 % (met 5,2 % indien er geen rekening gehouden wordt met de extra autokm die gepaard gaan met ritten). De emissies door het autoverkeer van de verschillende pollutanten zouden in dezelfde mate verminderen. Met het gemiddelde autopark in 2030, zou de milieubaat hiervan ongeveer 55 miljoen euro zijn. Tabel 9 geeft ook de veranderingen in emissies die daaraan ten grondslag liggen. Het spreekt vanzelf dat indien het wagenpark schoner zou zijn dan wat hier verondersteld wordt, de milieubaat *ceteris paribus* kleiner zou zijn. De milieubaat zou stijgen bij een hogere gemiddelde afstand voor het woon-werkverkeer.

Het geldt dat men uitspaart door ritten indien men overstapt van alleen rijden met de auto zal anders besteed worden. De manier waarop dat gebeurt, kan aanleiding geven tot een reboundeffect, dat verkleind kan worden indien de consumptieprijzen de maatschappelijke kosten weerspiegelen.

¹⁸ Op basis van OVG5.1 bedroeg de gemiddelde woon-werkafstand (enkele rit) per auto in Vlaanderen ongeveer 20 km.

4.2.3 Logistieke verbeteringen

Huidige toepassing in Vlaanderen

Logistieke spelers zijn binnen hun onderneming steeds met logistieke optimalisatie bezig, gegeven de kosten en het beleid waarmee zij geconfronteerd worden. Over de bedrijfsgrenzen is dat dikwijls moeilijker tenzij een derde speler dat doet. 'Broker' in logistiek of logistieke diensten is een beroep dat langzaam opgang maakt (interview Bart Vannieuwenhuysse – TRI-VIZOR).

Het milieupotentieel dankzij betere logistieke processen en vooral bundeling, situeert zich op twee vlakken:

- Een verschuiving van het wegvervoer naar het spoor of de binnenvaart.
- De inzet van minder voertuigen voor het uitvoeren van eenzelfde aantal tonkm (vermijden van voertuigkm en verbeteren van logistieke processen).

De geïnterviewde experts geloven vooral in het potentieel van het tweede element, met name een hogere efficiëntie van de voertuigen die ingezet worden.

4.2.3.1 De moeilijke shift van wegvervoer naar spoor en binnenvaart

Het eerste element, een modale verschuiving organiseren naar spoor of binnenvaart is moeilijk. De belangrijkste reden hiervoor is de combinatie van overslagkosten bij spoor en binnenvaart en de relatief beperkte transportafstanden in Europa. Spoor en binnenvaart worden vooral interessant over langere afstanden omdat op die manier de overslagkost en bijgaand tijdverlies uitgesmeerd worden over meer kilometers en tijd. In Europa zijn de gemiddelde transportafstanden relatief beperkt in tegenstelling tot bv. Rusland of de Verenigde Staten. In het Verenigd Koninkrijk is de gemiddelde transportafstand bijvoorbeeld 90 km (A. McKinnon) terwijl het spoorvervoer slechts concurrentieel is voor afstanden vanaf 200 tot 300 km (Dionori, 2015) omdat nagenoeg steeds een overslag nodig is na de 'first mile' en voor de 'last mile'.

Het beperkte potentieel voor een modale verschuiving wordt ook geïllustreerd door het grotendeels mislukken van het Europees beleid dat dit wil bewerkstelligen. De EU en nationale overheden hebben sinds de jaren 90 massaal middelen vrijgemaakt om het spoor te steunen. Ondanks deze grote inspanningen zijn de huidige modale aandelen van het spoor in Europa lager dan deze van 1995. Het spoorandeel in het totaal aantal tonkm in 1995 bedroeg 13,6 % en in 2015 11,9 % (Eurostat, 2017, cijfers EU-28). Het ziet er ook vandaag al naar uit dat het in 2011 vastgelegde objectief om 30 % van het goederenvervoer boven de 300 km tegen 2030 via het water of het spoor te laten gaan zeer moeilijk haalbaar wordt. Het is wel zo dat zonder deze subsidies het spoorandeel sneller zou gedaald zijn.

Ook in België slagen subsidies er niet in het spoorandeel gevoelig op te drijven (Breemersch et al., 2016).

4.2.3.2 Verhoogde efficiëntie in de logistiek via verschillende paden

- **Globale inschatting, 10 tot 15 % minder vrachtwagenritten die slechts de transportgroei beperken**

Lori Tavasszy (TU Delft) schat in dat 10 tot 1 % van de ritten kan uitgespaard worden dankzij ritdelen en een betere logistieke organisatie. Eenvoudig gesteld kan de milieu-impact ook met 10 tot 1 % dalen. Dit is een belangrijke reductie, maar als we deze in perspectief plaatsen is deze reductie vrij beperkt. Er wordt immers nog steeds een belangrijke groei voorzien in het goederenvervoer. De transportvooruitzichten van



het Federaal Planbureau voorzien een stijging in het goederentransport tussen 2012 en 2030 met 30 % (Geurts et al., 2015). Logistieke verbeteringen zijn dus belangrijk, maar op zich alleen zullen ze enkel de groei van transport beperken.

De geraadpleegde experts vermoeden dat op vlak van stadsdistributie hogere (milieu)winsten te behalen zijn, maar konden hieromtrent geen gedocumenteerde studies voorleggen.

- **Werken op een ander niveau om significante reducties te halen**

Omdat de impact van logistieke verbeteringen belangrijk is, maar ruim onvoldoende en er weinig andere innovaties voorhanden zijn om toekomstige milieudoelstellingen in de logistieke en goederentransport sector te bereiken, loont het om logistieke verbeteringen in een breder kader te plaatsen op basis van elementen uit het interview Allan McKinnon.

Logistieke verbeteringen verminderen enkel de voertuigkilometers, niet de goederenstromen. Het is waarschijnlijk dat goederenstromen verhogen omwille van een reboundeffect. Ook de voertuigtechnologie verandert niet louter door meer te gaan bundelen.

Om structureler iets te doen aan de hoge groei van de milieu-impact van goederentransport moet iets gedaan worden aan de productiepatronen en eventueel aan onze consumptiepatronen. Een verandering van de consumptiepatronen kan ervoor zorgen dat men goederen verbruikt die minder transport vereisen (daarbij moet er wel over gewaakt worden dat de netto-impact op het milieu gunstig blijft, d.i. rekening houdend met de milieu-impact van de productie van de goederen). Maar ook een verandering in productiepatronen kan een grote impact hebben. Indien een productiebedrijf beslist één productie-eenheid voor de wereld of één productie-eenheid per land aan te houden zal dat een grote impact hebben op de transport- en logistieke stromen.

Bedrijfsbeslissingen op verschillende niveaus beïnvloeden de transport- en logistieke stromen:

- Strategisch niveau: hoe wordt geïnvesteerd in productieprocessen, voorraden, distributiecentra, enz.
- Commercieel niveau: hoe worden producten gemaakt, welke componenten zijn ervoor nodig en waar worden die gekocht.
- Operationeel niveau: hoe worden producten aangeboden, bv. just in time, met kleine of grote voorraad, enz.
- Dagelijkse beslissingen: de keuze van de route, de voertuigen, enz.

Logistieke verbeteringen situeren zich slechts op het laagste niveau van dagelijkse beslissingen waar vele andere beïnvloedende factoren reeds vastliggen. In de ideale 'milieuwereld' worden de keuze van locatie van productie- en distributiecentra, beslissingen met betrekking tot levering, voertuigrouting, de scheduling, enz. geoptimaliseerd in functie van het milieu. Dit is momenteel nog niet het geval.

De afstanden waarover vervoerd wordt worden steeds langer. Dit is een gevolg van evoluties in internationale handel, productieprocessen, voorraadbeheer ... en de beslissingen hierover op een hoger niveau. Deze trend omdraaien naar meer gedecentraliseerde voorraad en productie met kortere transportafstanden lijkt binnen het huidige socio-economisch kader met relatief lage transportkosten moeilijk. Bovendien vereisten deze keuzes belangrijke investeringen wat een ommekeer in de trend nog veel moeilijker maakt.



Dit betekent niet dat een maximale lokale productie- en lokaal voorraadbeheer optimaal zijn voor het milieu. Ook een te grote nadruk op lokale productie kan een negatieve milieu-impact hebben omdat dan bijvoorbeeld hogere voorraden nodig zijn. Er bestaat ergens een optimum uit milieu-oogpunt tussen het lokaal en globaal produceren en het stockeren van goederen. Het is wel duidelijk dat de productieprocessen zich vandaag niet in een milieu-optimum bevinden omdat men nog onvoldoende geconfronteerd wordt met de externe kosten van zijn beslissingen.

- **De theoretische piste van fysiek internet kan voor aanzienlijke reducties zorgen**

Crainic et al. (2016) verwijzen in een publicatie over het fysiek internet naar studies en simulaties die stellen dat tot 30 % kostenreductie en 60 % reductie van broeikasgassen mogelijk zijn. Ze hebben het hierbij vermoedelijk vooral over stadsdistributie voor de kleinhandel. Ook A. McKinnon meldde dat stadsdistributie aanzienlijk winsten kon opleveren, vooral in de beleving van de detailhandel.

- **Efficiëntere logistiek betekent meer transport dat minstens een deel van milieuwinsten teniet doet**

Logistieke verbeteringen draaien steeds om efficiëntiewinsten in het logistieke proces, met als resultaat steeds lagere kosten en dus goedkoper transport. Goedkoper transport zal de vraag naar transport extra doen stijgen wat de globale effectieve impact van logistieke verbeteringen sterk kan verminderen. Dit zijn reboundeffecten. Om de reboundeffecten zoveel mogelijk te beperken is beleid dat transport minder aantrekkelijk maakt een absolute noodzaak.

4.2.3.3 Een ruwe inschatting van het milieupotentieel

Deze paragraaf maakt een (te) sterk vereenvoudigde berekening voor het geval het aantal voertuigkm van vrachtwagens en bestelwagens met bijvoorbeeld 15 % afneemt dankzij verbeterde logistieke operaties, een daling die de geïnterviewde experts A. McKinnon en L. Tavasszy als mogelijk zien. Tabel 10 geeft de hieruit resulterende emissiereducties (die bij eenzelfde park ook 15 % bedragen voor het goederenvervoer over de weg) en milieubaten voor 2030.

Tabel 10: (Te) eenvoudige berekening van de emissiereducties en milieubaten bij een daling met 15 % van de vrachtkm over de weg (voertuigenpark 2030)

	emissiereducties (kton en ton)				milieubaten (miljoen euro)			
	CO ₂ (kton)	NO _x (ton)	PM _{2,5} (ton)	PM ₁₀ (ton)	CO ₂	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀
emissies	1 405	5 333	198	56	140	26	54	2
milieuschade (euro/ton)	100	4 960	272 000	30 860			222	

Nota: Voor de achtergrondinformatie voor deze berekeningen, zie Bijlage 3.

Zoals eerder al opgemerkt zijn de emissiereducties onvoldoende om de stijging van de voertuigkm sinds 2012 ongedaan te maken die voorzien wordt in de prognoses van het Federaal Planbureau. Het FPB voorziet tegen 2030 een stijging van 43 % van de voertuigkm met bestelwagens, en met 30 % voor vrachtwagens (Geurts et al., 2015).



4.2.4 (Elektrische) fietsen en lichte elektrische voertuigen

Huidige toepassing in Vlaanderen

Volgens het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (versie 5.1) bezit de Vlaming anno 2015 gemiddeld 2,33 fietsen per gezin. De (elektrische) fiets staat als hoofdvervoermiddel in voor 12,4 % van de ritten en 3,75 % van het aantal km.

In 2015 wordt de (elektrische) fiets als hoofdvervoermiddel gebruikt voor 19,5 % van de verplaatsingen tot 5 km en voor 4,9 % van de verplaatsingen tussen 5 en 15 km.

De elektrische fiets en pedelecs zijn aan een stevige opmars bezig in Vlaanderen¹⁹. LEV's zijn nog zeer schaars.

Van alle elektrische voertuigen in Vlaanderen waren er in 2017 meer dan de helft 2-,3- en 4-wielers. Dit komt overeen met iets meer dan 9 900 voertuigen. Deze categorie telt een sterke stijging in de statistieken t.o.v. 2016 omdat sinds 2016 de registratie van speed pedelecs verplicht is²⁰.

Een studie voor het Duitse ministerie van Leefmilieu (UBA, 2014) berekende dat de milieu-impact van een elektrische fiets 39 maal kleiner is dan die van een benzinewagen. Dit wijst erop dat het milieupotentieel groot is. Twee aspecten van het milieupotentieel worden hier bekeken.

4.2.4.1 Energieverbruik afhankelijk van gewicht en snelheid

Het gewicht en de snelheid van voertuigen spelen een zeer belangrijke rol in hun energieverbruik. Hoe lichter en trager een voertuig, hoe minder energie het verbruikt en hoe lager de milieu-impact. Daarnaast speelt technologie natuurlijk ook een rol bij het verminderen van het energieverbruik en de milieu-impact. De invloed van gewicht en snelheid wordt geïllustreerd in Tabel 11. De link tussen de snelheid en het energieverbruik hangt ook af van de afstelling van de motor. Traditionele brandstofmotoren zijn gebouwd om een minimaal verbruik te hebben tussen 60 en 80 km/h.

Een elektrische fiets verbruikt dertig maal minder energie per km dan een conventionele auto en een licht elektrisch voertuig verbruikt tien maal minder energie per km dan een conventioneel. Het is wel zo dat dit cijfer geen rekening houdt met het extra menselijke energieverbruik bij hybride voertuigen die menselijke kracht en elektriciteit combineren. Het in rekening brengen van de menselijke energie zal echter geen afbreuk doen aan de basisconclusie.

¹⁹ Volgens een enquête bij fietshandelaars naar aanleiding van een fietsevenement was bijna 1 op de 2 verkochte fietsen in 2017 een elektrische fiets (<https://www.vrt.be/vrtnws/nl/2018/01/16/al-bijna-1-op-de-2-verkochte-fietsen-is-elektrisch/>) en lag de gemiddelde aankoopprijs van een elektrische fiets iets boven 2 300 euro.

²⁰ www.milieuvriendelijkevoertuigen.be

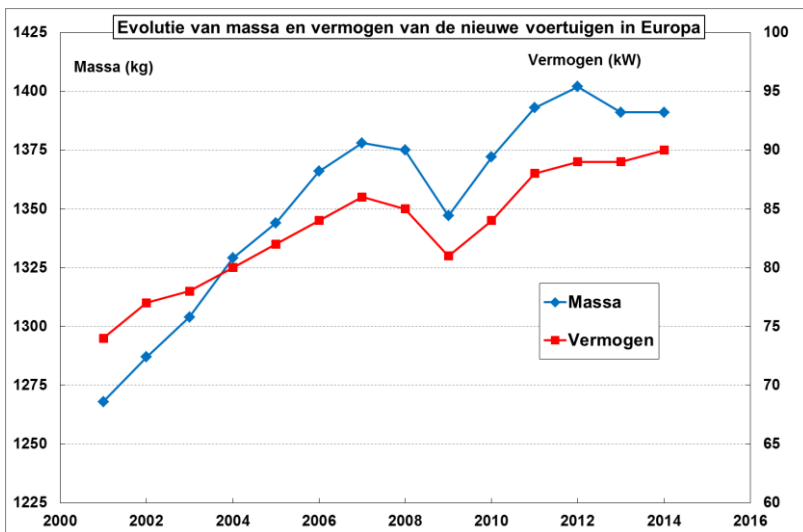
Tabel 11: Energieverbruik van een aantal voertuigen

voertuig	performantie (max snelheid)	leeggewicht voertuig(kg)	energieverbruik		
			tank to wheel	well to wheel	relatief
			kwh/100 km	kwh/100 km	tov klassieke gezinswagen
klassieke gezinswagen	+ 120 km/h	1300	66	82	1
zware elektrische auto	+120km/h	1800	20	54	0.82
normale elektrische auto met hoge efficiëntie	+120 km/h	1300	15	41	0.49
speciaal lichtgewicht 4 persoonsvoertuig	70-90km/h	800	10	27	0.33
ultralicht gesloten éénpersoonsvoertuig	50-90km/h	100	3	8.1	0.1
elektrische fiets (excl spierkracht)	25km/h	20	1	2.7	0.03

Bron: Van den Bossche (2012), Delhaye et al. (2017), EMIS (2014)

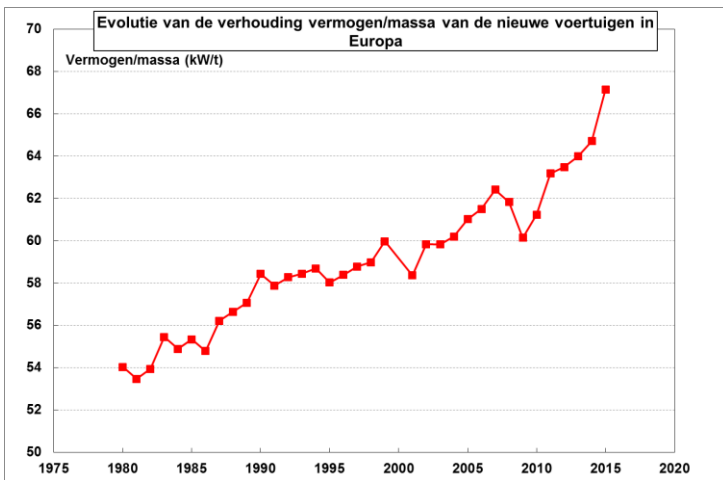
Daarnaast kan in de toekomst de motortechnologie verder geoptimaliseerd worden. Waar de UGent bv. in 2012 over een eenpersoonsvoertuig met een verbruik van 3kWh/100km beschikte, beschikt het vandaag over een prototype met eenzelfde verbruik dat plaats biedt aan 2 personen. Ook de motortechnologie van andere voertuigen kan verder geoptimaliseerd worden. Vandaag wordt de optimalisatie dikwijls hoofdzakelijk gebruikt om het vermogen te verhogen en extra luxe te bieden. Dit gaat nagenoeg steeds gepaard met een verhoging van de massa. Beide zijn parameters die de milieu-impact negatief beïnvloeden. Figuur 5 en Figuur 6 illustreren de stijgende evolutie van massa en vermogen en het toenemende vermogen per ton.

Figuur 5: Evolutie van massa en vermogen van nieuwe voertuigen in Europa



Bron: ICCT (2017) en Courbe (2017)

Figuur 6: Evolutie van verhouding vermogen/massa van de nieuwe voertuigen in Europa over de periode 1980-2015



Bron: CEMT (2001), ICCT (2017), ACEA en Courbe (2017)

Dat toenemende massa een gevolg is van veiligere wagens werd in 2006 tegengesproken door de toenmalige voorzitter van NCAP, het 'European New Car Assessment Programme'. Het beste bewijs hiervoor was dat volgens hem ook lichte en kleine voertuigen goed scoren op de NCAP tests (ETSC, 2006).

4.2.4.2 Milieupotentieel afhankelijk van opwekking elektriciteit en voorheen gebruikte transportwijze

De milieuwinst is ook afhankelijk van de energiedrager op basis waarvan de elektriciteit voor de elektrische aandrijving werd geproduceerd en ook van het voertuig dat de gebruiker van de fiets of LEV voorheen gebruikte. Als de verbruikte elektriciteit op duurzame wijze geproduceerd wordt, zal de milieu-impact groter zijn.

De milieu-impact in functie van het oorspronkelijke voertuig wordt geïllustreerd in



Tabel 12. De tabel geeft de fysieke emissiebesparing weer voor fijn stof, stikstofoxiden en CO₂. Daarnaast geeft ze ook de monetaire schatting van de milieubaat weer.



Tabel 12 heeft ook aandacht voor LEV's die zich situeren tussen het licht eenpersoonsvoertuig en het licht vierpersoonsvoertuig die in Tabel 11 worden genoemd. Dit LEV heeft een milieu-impact die acht maal zo groot is als bij de e-fiets. Er wordt een energieverbruik van 22 kWh/100km well-to-wheel verondersteld.



Tabel 12: Milieubaten van de fiets volgens oorspronkelijk vervoersmiddel op basis van directe emissies 2030 en indirecte emissies 2015

nieuw vervoersmiddel	oorspronkelijk vervoersmiddel	2030 winst (g/100 reizigerskm; CO ₂ : g per reizigerskm)				euro/100 reizigerskm
		CO ₂	NO _x	PM _{2,5} uitlaat + niet-uitlaat	PM ₁₀	
e-Fiets	bus	53,19	1,82	0,03	0,22	0,55
	trein	25,20	1,00	0,01	0,23	0,26
	dieselauto	107,06	16,83	0,10	0,43	1,18
	elektrische auto	17,17	2,30	0,67	0,24	0,36
LEV	bus	47,36	3,81	0,03	0,16	0,50
	trein	19,37	2,14	0,01	0,18	0,21
	dieselauto	101,22	21,01	0,10	0,18	1,14
	elektrische auto	16,24	1,21	0,67	0,18	0,35

Nota: Voor de achtergrondinformatie voor deze berekeningen, zie Bijlage 3.



Tabel 12 leert bijvoorbeeld dat een overstap van een gemiddelde dieselauto naar een elektrische fiets een besparing van 107 g CO₂/reizigerskm zal opleveren en 16,8 g NO_x/100 reizigerskm. De bespaarde schade van deze emissies en de PM-emissies uitgedrukt in euro bedraagt 1,18 euro/100 reizigerskm.

4.2.4.3 Ruwe inschatting van het milieupotentieel

De literatuur leert dat het niet eenvoudig is een modale verschuiving van auto naar de traditionele fiets of deelfiets te realiseren. Nieuwe technologieën (elektrische fiets en LEV) kunnen echter de verschuiving van auto naar fiets faciliteren, zoals onderstaande cijfers illustreren.

- Voor stadsdeelfietsen, type Villo in Brussel, is de verschuiving zeer beperkt. Slechts 7 % van de Villo gebruikers had anders de auto gebruikt (Timenco, 2012).
- Voor klassieke fietsen nam 1 op 5 nieuwe fietsers vermoedelijk tevoren de auto (enquête in Brussel; Van Zeebroeck, 2014). De meerderheid waren stappers en OV-gebruikers. Mogelijk ligt dit cijfer hoger in Vlaanderen waar minder alternatieven voor openbaar vervoer bestaan.
- Voor nieuwe ‘elektrische fietsers’ kan dat oplopen tot 50 % (Mobiel 21, 2014; CPB & PBL, 2016b).
- Bij LEV’s wordt ervan uitgegaan dat dat percentage nog verder kan oplopen omdat het verschil met het comfortniveau van de auto steeds kleiner wordt.

Het opschalingspotentieel is zeker aanwezig. Hieronder wordt een sterk vereenvoudigde berekening gegeven die enig idee geeft van het potentieel. De oefening heeft niet de bedoeling wetenschappelijk volledig correct te zijn, maar heeft als hoofddoel om een grootteorde te geven van het potentieel.

Hierbij volgen een aantal hypothesen om het aantal autokm in te schatten dat kan vervangen worden door de fiets, LEV’s en de fiets-trein-fietscombinatie. Vervolgens wordt op basis van emissiefactoren voor de directe en indirecte emissies voor fijn stof, stikstofoxiden en CO₂ berekend wat de impact kan zijn in 2030 voor deze emissies. Details en bronnen van de emissieberekening worden in Bijlage 3 verduidelijkt. De hypothesen voor de berekening met betrekking tot de modale verschuiving zijn:



- 20 % van alle huidige autoverplaatsingen tot 15 km gebeuren met de (elektrische) fiets.
In dit geval zouden er in totaal ongeveer 25 % van alle verplaatsingen met de (e-)fiets gebeuren (op basis van cijfers van OVG5.1). Daarmee komt Vlaanderen, weliswaar met vertraging, in de buurt van de huidige Nederlandse cijfers. In 2007 maakt de Nederlander 26 % van *alle* verplaatsingen met de fiets, in 2014 maakte hij 34 % van de ritten tot 7,5 km per fiets (Fietsberaad factsheet, 2009 en Compendium Leefomgeving, 2014).
- 30 % van alle huidige autoverplaatsingen tot 15 km gebeuren met een LEV.
- 50 % van alle autoverplaatsingen tussen 15 en 40 km gebeuren met een LEV.
- Een grote rem voor fietsen over langere afstand is de duur van de verplaatsing (te lang), de weersomstandigheden, het meenemen van goederen of personen. Hier biedt een LEV in veel gevallen een oplossing voor, aangezien deze beschutting biedt tegen het weer en ook ruimte biedt om iemand of boodschappen mee te nemen. De gekozen aandelen zijn louter een hypothese en in het licht van de huidige mobiliteit ambitieus.
- 3 % van de autoverplaatsingen boven 40 km gebeuren met de combinatie fiets-trein-fiets.
Dit cijfer is bewust laag gehouden omdat het al een verhoging met 30 % inhoudt van het volume aan treinverplaatsingen. Er wordt gerekend met een gemiddelde lengte van 70 km voor deze verplaatsingen. Een preciezere inschatting van deze afstand kan de berekening zeker beïnvloeden.

Tabel 13: Sterk vereenvoudigde opschaal oefening omtrent het potentieel van een shift naar (e-)fiets, LEV en fiets-trein-fiets combinatie

Basisgegevens 2030				
Auto reizigerskm per afstandsklasse (miljard)				
	<15 km	15-40 km	>40 km	totaal
miljard km	21,29	20,87	34,71	77
relatief t.o.v. totaal	28 %	27 %	45 %	
Hypotheses				
	relatieve verandering per afstandsklasse (hypothese)			
	<15 km	15-40 km	>40 km	
shift naar fiets en e-fiets	20 %			
shift naar LEV	30 %	50 %		
shift naar BiTiBi			3 %	
Resultaten (vervangen auto reizigerskm via shift)				
	absolute verandering per afstandsklasse (miljard reizigerskm)			
	-15 km	15-40 km	+40 km	totaal
shift naar fiets en e-fiets	4,26			4,26
shift naar LEV	6,39	10,44		16,83
shift naar BiTiBi			1,04	1,04
totaal per afstandsklasse	10,64	10,44	1,04	22,12
verandering in auto reizigerskm t.o.v. basisscenario				29 %

Op basis van bovenstaande hypothesen en cijfers van Statbel en het Onderzoek Verplaatsingsgedrag (versie 5.1) zou het aantal auto reizigerskm met 29 % teruggedrongen worden. Het is ook belangrijk om deze aanzienlijke reductie in het perspectief te zien van een verdere stijging van de personenvervoersvraag. Het Federaal Planbureau (Geurts et al., 2015) voorziet tegen 2030 een stijging van de autokm met bijna 20 %. Dit betekent dat bovenstaand scenario een beperktere daling van de autoreizigerskm zal teweegbrengen als men als vergelijkingspunt 2012 neemt. We benadrukken dat de aangenomen hypothesen zich niet zomaar zullen realiseren. Beleid dat het individueel autogebruik ontmoedigt en e-fietsen, LEV en de combinatie trein en fiets aantrekkelijker maakt is een noodzaak.

Uit de cijfers valt ook het belang op van de verplaatsingen over grotere afstanden. Ongeveer 75 % van de autoverplaatsingen gaan over minder dan 15 km, maar deze staan slechts in voor 28 % van de autoreizigerskm. Slechts een kleine 10 % van de autoverplaatsingen (8,6 % als bestuurder, 9,8 % als passagier) gaan over een afstand van meer dan 40 km, maar toch staan ze in voor een groot deel (45 %) van de autoreizigerskm. In een beleid om de milieu-impact van het vervoersysteem te beperken is het daarom belangrijk de lange afstandsverplaatsingen niet uit het oog te verliezen. Dit wijst op het belang van het aantrekkelijk maken van de combinatie fiets-trein-fiets, maar ook op de noodzaak om extra capaciteit op het spoornet te voorzien.

Op basis van de bovenstaande modale verschuivingen en de emissiefactoren in Bijlage 3, kan ook berekend worden wat dit alles zou betekenen voor de emissies door de transportsector.

Voor de LEV gaat de berekening uit van een voertuig met een milieu-impact die acht maal groter is dan dat van elektrische fiets. Dit betekent dat het gaat om een voertuig met een milieu-impact tussen het ultralichte eenpersoonsvoertuig en het lichte vierpersoonsvoertuig uit Tabel 11.

Tabel 14: Vereenvoudigde berekening van de potentiële emissiereductie door een shift naar (e-)fiets, LEV en fiets-trein-fiets combinatie (2030)

	emissiereducties (kton en ton)				milieubaten (miljoen euro)			
	CO ₂ (kton)	NO _x (ton)	PM _{2,5} (ton)	PM ₁₀ (ton)	CO ₂	NO _x	PM _{2,5}	PM ₁₀
emissiereducties	2 990,45	4 947,83	214,00	130,97	299	25	54	4
milieuschade (euro/ton)	100	4 960	272 000	30 860			386	

Nota: Voor de achtergrondinformatie voor deze berekeningen, zie Bijlage 3.

Tabel 14 leert dat dit scenario louter wat betreft het personenvervoer ongeveer 2 990 kton aan CO₂ reducties oplevert, bijna 4 947 ton aan NO_x reducties en 215 ton aan PM_{2,5} reducties. De monetaire waarde van deze emissiereducties bedraagt jaarlijks ongeveer 386 miljoen euro.

Naast deze milieubaten zijn er ook belangrijke gezondheidsbaten gelinkt met toegenomen fysieke activiteit. Er wordt een zeer voorzichtige schatting van de gezondheidsbaten gemaakt door:

- Enkel de *externe* baten in rekening te nemen. Dit betekent dat de interne baten niet meegenomen zijn. Als we ook de interne gezondheidsbaten meenemen, schat Delhaye et al. (2017) de gezondheidsbaat 65 % hoger in, namelijk 0,38 EUR/km in plaats van 0,23 EUR/km. We merken op dat deze cijfers ook overlijdens ten gevolge van fietsongevallen in rekening brengen. De cijfers zijn weliswaar gebaseerd op

Nederlandse en/of Deense basisgegevens. Het aantal overleden fietsers is vermoedelijk hoger in Vlaanderen, zodat de winst per km in Vlaanderen zeer waarschijnlijk lager ligt. We hebben geen zicht op de precieze impact ervan op het cijfer.

- De externe baten per fietskm die berekend werden in Delhaye et al. (2017) te halveren. De fietsbaten per km zijn immers het hoogst voor mensen die weinig fietsen. Voor elke bijkomende km die iemand fietst vallen de baten per km lager uit. Het totaal van de fietsbaten per fietser valt wel hoger uit voor iemand die veel fietst dan voor iemand die weinig fietst. Aangezien de beschouwde fietstrajecten in Delhaye et al. (2017) vermoedelijk gemiddeld korter zijn dan de hier beschouwde trajecten en de gezondheidswinst per km dus lager zal liggen, wordt het cijfer uit die studie gehalveerd.

Op basis van deze berekening bedragen de gezondheidsbaten van fietsen ongeveer 550 miljoen euro. De milieu- en gezondheidsbaten samen leveren meer dan 900 miljoen euro op. Indien we de interne baten meenemen zouden de baten 350 miljoen hoger liggen.

4.2.5 Autodelen

Huidige toepassing in Vlaanderen²¹

De volgende autodeelsystemen worden onder meer aangeboden in Vlaanderen/België²²:

Autodelen aangeboden door bedrijven met een vloot:

- *klassiek of standplaatsgebonden autodelen: Cambio, Zen Car (Brussel), Partago (Gent)*
- *free-floating autodelen: DriveNow (Brussel), Zipcar (Brussel), Bolides (Antwerpen, Gent), Poppy (Antwerpen)*

Autodelen tussen particulieren:

- *autodelen tussen burens, vrienden, kennissen: Cozycar, Dégage*
- *autodelen via een online community: Drivy, Tapazz, Caramigo*

De volgende tabel geeft een overzicht van het aantal leden van autodeelorganisaties in Vlaanderen.

Tabel 15: Aantal leden van deelorganisaties in Vlaanderen (2012-2016)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
TOTAAL	7 451	8 900	11 570	16 019	21 705	37 276

Bron: Cijfers van autodelen.net zoals aan het projectteam gecommuniceerd door Departement MOW

Er zijn geen algemene statistieken over het aandeel van deelauto's in de verplaatsingen of afgelegde kilometers in Vlaanderen. In Nederland blijkt dat het aanbod door peer-to-peer initiatieven via elektronische platformen heel sterk groeit, maar dat de vraag niet volgt (KiM, 2015).

²¹ https://www.autodelen.net/wp-content/uploads/2017/09/brochure_autodelen.net_digitaal_sept2017.pdf

²² Autodelen is volop in ontwikkeling. De lijst is daarom niet noodzakelijk volledig en kan ook snel veranderen.

Het milieupotentieel van autodelen hangt af van hoeveel en op welke wijze de gebruikers ervan zich zonder autodelen zouden hebben verplaatst. Meer bepaald kunnen de volgende overwegingen leiden tot **betere milieuprestaties**:

- Autodelen confronteert de automobilisten meer rechtstreeks met de kosten van hun autogebruik. Ook vraagt het gebruik van de deelauto iets meer inspanning dan voor een eigen auto: de zorg om de auto te reserveren, op tijd terug te brengen, de verplaatsing die men moet ondernemen naar de standplaats van de deelauto, enz. Dit alles kan voor personen die eerder een auto bezaten het aantal autokm verminderen.
- Bij autodelen kan men kiezen voor een auto die het meest gepast is voor de verplaatsing die men wil maken en het aantal personen dat meerijsdt. Door ‘right-sizing’ kan de energie-efficiëntie van de deelauto groter zijn dan van een eigen privé-auto waarvan men de grootte mee in functie van de piekvraag heeft gekozen (bv. capaciteit die men nodig heeft voor de jaarlijkse vakantie).
- Door een oplossing te bieden voor het voor- en natransport voor openbaar vervoer, kan autodelen de barrières voor een verschuiving van de autoverplaatsingen naar het openbaar vervoer verlagen. Door hun grotere flexibiliteit zijn deelsystemen zonder vaste standplaats daarbij beter geschikt om voor- en natransport te verzorgen dan deelsystemen met een retour naar een vaste standplaats.

Aan de andere kant kunnen er ook **negatieve milieueffecten** optreden:

- Autodelen kan mensen die eerder geen auto bezaten de mogelijkheid geven om de auto te gebruiken. Dit zal leiden tot een toename van het aantal autokilometers voor deze groep mensen.
- Hiermee samenhangend, kunnen deelauto’s ook gebruikt worden in de plaats van het openbaar vervoer. In dat geval kunnen ze leiden tot een lager gebruik van openbaar vervoer. Indien dit in een belangrijke mate gebeurt, kan daardoor de financiële leefbaarheid van het openbaar vervoer in gevaar gebracht worden, met een verminderd aanbod tot gevolg en daardoor ook een lagere vraag naar openbaar vervoer. Het is op dit ogenblik onzeker wat het relatieve belang is van deze negatieve impact op het openbaar vervoer, in vergelijking met de positieve impact die hierboven werd aangehaald.

Tabel 16 geeft de impact van autodelen op de milieukosten van verplaatsingen. Om duidelijk aan te geven dat de milieu-impact afhankelijk is van de vervoerswijze die men gebruikte zonder autodelen, geeft de tabel meerdere situaties weer. Ook maakt de tabel een onderscheid tussen deelsystemen met conventionele auto’s, elektrische auto’s en scooters. De gevallen waarin de milieukosten toenemen zijn in het grijs aangeduid en degene waarbij ze afnemen in het blauw. Het gebruik van een conventionele deelauto leidt enkel tot een milieuwinst als men door het deelautosysteem minder km rijdt met de auto of toegang heeft tot een zuiniger auto. Er is geen milieuwinst als men een conventionele deelauto gebruikt in plaats van het openbaar vervoer of de fiets. Bij het gebruik van een elektrische deelauto is er een milieuwinst bij de overstap van een eigen conventionele auto of de bus (bij de veronderstelde gemiddelde bezettingsgraad en de veronderstelde samenstelling van bussempark).

De bestaande systemen van autodelen worden gretig bestudeerd om de effecten ervan in te schatten²³. Over het algemeen kan men stellen dat de resultaten van studies over de impact van autodelen sterk variëren afhankelijk van het bestudeerde gebied en de periode. Het is ook moeilijk om de studies te vergelijken omwille van methodologische verschillen. Hieronder worden een aantal algemene bevindingen samengevat.

²³ Tenzij anders vermeld is de rest van dit deel gebaseerd op Franckx & Mayeres (2015), Nijland et al. (2015) en raadpleging van de experts.

Meerdere studies vinden dat de huidige leden van autodeelorganisaties met een vaste standplaats één of meerdere auto's van de hand doen (de schattingen gaan van 25 % tot 30 %) of de aankoop van een eigen auto uitstellen (met ramingen van 25 % tot 66 %). Daarnaast gaat het lidmaatschap gepaard met een vermindering van het aantal afgelegde kilometers – afhankelijk van de studie wordt een daling van 18 % tot 80 % aangehaald. Hoewel autodelen bij sommige mensen kan leiden tot een stijging van het aantal gereden kilometers (nl. bij personen die anders geen auto zouden bezitten), wordt dit gecompenseerd door het kleiner aantal autokilometers bij andere deelnemers. Die laatste daling in het aantal autokilometers wordt vooral vastgesteld bij personen die anders een auto zouden bezitten en die met het deelsysteem een meer selectief gebruik maken van de auto omdat ze meer rechtstreeks worden geconfronteerd met de kosten van het autogebruik.

Tabel 16: Milieubaten van autodelen volgens oorspronkelijk vervoersmiddel

Nieuw vervoersmiddel	Oorspronkelijk vervoersmiddel	Verandering in NO _x emissies (direct en indirect)	Verandering in PM _{2,5} emissies (direct en niet-uitlaat)	Verandering in PM ₁₀ emissies (indirect)	Verandering in CO ₂ emissies (direct en indirect)	Verandering in milieukosten
		g/100 reizigerskm	g/100 reizigerskm	g/100 reizigerskm	kg/100 reizigerskm	euro/100 reizigerskm
	Trein (elektrisch)	20,68	0,95	0,43	11,92	1,57
	Bus	19,01	0,69	0,20	9,12	1,20
	Fiets	23,25	0,98	0,43	14,44	1,84
Conventionele deelauto	Eigen conventionele auto (geen verschil in # km of energie-efficiëntie)	0	0	0	0	0
	Eigen conventionele auto (daling van autokm met 15 %)	-3,49	-0,15	-0,06	-2,17	-0,28
	Eigen conventionele auto (deelauto is 10 % energie-efficiënter)	-4,65	-0,20	-0,09	-2,89	-0,37
Elektrische deelauto	Trein (elektrisch)	-0,96	0,82	0,12	-0,33	0,19
	Bus	-2,62	0,57	-0,10	-3,13	-0,18
	Fiets	1,62	0,86	0,12	2,19	0,46
	Eigen conventionele auto (geen verschil in # km of energie-efficiëntie)	-21,64	-0,13	-0,31	-12,25	-1,38
	Eigen conventionele auto (daling van autokm met 15 %)	-21,88	-0,26	-0,33	-12,58	-1,45
Elektrische deelscooter	Bus	-3,85	-0,29	-0,20	-4,79	-0,58
	Fiets	0,39	0,00	0,03	0,53	0,06
	Eigen conventionele auto	-22,86	-0,98	-0,40	-13,91	-1,78

Bron: Eigen berekeningen op basis van de emissiefactoren en milieukosten van emissies opgelijst in Bijlage 3

Autodeelsystemen met een vaste retourstandplaats worden ook geassocieerd met een belangrijke stijging van verplaatsingen te voet, met de fiets of via carpooling. De impact op het gebruik van het openbaar vervoer is minder eenduidig en sommige studies vinden zelfs een daling ervan.

De impacts van autodeelsystemen zonder retour zijn nog niet veel bestudeerd en de resultaten zijn nog te weinig robuust en consistent om er duidelijke conclusies uit te trekken. Een studie voor free-floating systemen in vijf Noord-Amerikaanse steden (Calgary, San Diego, Seattle, Vancouver en Washington, D.C.) besluit dat één Car2go voertuig zeven tot elf auto's vervangt, en dat het aantal gereden autokm met 6 % tot 16 % zou dalen (Martin & Shaheen, 2016). De resultaten moeten echter voorzichtig geïnterpreteerd worden omdat het Noord-Amerikaans mobiliteitssysteem sterk verschilt van het Europese of het Vlaamse. Een andere studie voor Ulm (Duitsland) vindt dat Car2go leden die voordien geen auto hadden, minder wandelen, fietsen of het openbaar vervoer gebruiken (Firnorn, 2012). Nog een andere studie stelt vast dat leden van free-floating systemen een meer gevarieerde keuze maken van vervoersmiddelen dan de gemiddelde transportgebruiker (Kopp et al., 2015).

Voor alle studies geldt dat zij het gedrag analyseren van de huidige gebruikers van autodeelsystemen. Deze personen zijn doorgaans jonger, hoger opgeleid, wonen relatief meer in stedelijke gebieden en hebben een relatief minder auto-afhankelijke levensstijl dan de gemiddelde persoon. Men kan daarom niet noodzakelijk de geobserveerde gedragsveranderingen van deze voorlopers extrapoleren naar de gemiddelde transportgebruiker. Een recente studie van GfK (2018) geeft bijvoorbeeld aan dat de doorsnee Vlaming niet los wil komen van individueel autobezit. Aan de andere kant kunnen de positieve ervaringen van deze voorlopers leiden tot een verdere groei dankzij imitatie-effecten. De grotere kritische massa die daaruit kan ontstaan, kan leiden tot belangrijke verbeteringen in de efficiëntie van autodelen waardoor de gunstige effecten ervan vergroten.

Er zijn ook een aantal indirecte milieueffecten verbonden aan autodelen:

- Met autodelen, waarbij de auto's gemiddeld intensiever gebruikt worden dan auto's in eigen bezit, zal het wagenpark sneller verjongen dan met privé-auto's. Indien de jongere auto's minder uitstoten, zal dit een positief effect hebben op het milieu.
- Vaak wordt aangehaald dat autodelen kan leiden tot een lager autobezit en daardoor de milieueffecten verbonden aan de productie en verschroting van auto's doet dalen. Men dient er echter rekening mee te houden dat de deelauto's intensiever gebruikt worden en dus sneller vervangen worden dan privé-auto's. Daardoor zal het patroon in de tijd van aankoop en verschroting en de milieueffecten veranderen, maar het systeem leidt niet noodzakelijk tot een daling van deze milieueffecten indien men dit over een langere periode bekijkt. Afhankelijk van de intensiteit waarmee de voertuigen gebruikt worden, kan het aantal nieuwe aankopen per jaar zelfs toenemen (PwC, 2017).
- Autodelen kan ook leiden tot minder nood aan parkeerplaatsen, wat een impact heeft op het ruimtegebruik, vooral in stedelijke gebieden. Een parkeerplaats neemt ongeveer 8 m² in beslag. Per privé-auto die een deelauto vervangt, komt deze ruimte vrij.
- Er zijn synergieën mogelijk tussen autodelen en elektrische mobiliteit. Elektrische auto's hebben momenteel een hogere aanschafkost, lagere gebruikskosten en een korter rijbereik dan conventionele voertuigen. Zij zijn daarom meer aantrekkelijk in toepassingen waarin auto's op jaarbasis veel rijden, als resultaat van een hoog aantal kortere ritten in gebieden met een dicht netwerk van laadinfrastructuur. Dit is het marktsegment dat goed kan bediend worden door deelauto's. Tabel 16 geeft aan wat de milieueffecten zijn indien de deelauto een elektrische auto is.
- De mogelijke effecten van autonome deelauto's worden besproken in Deel 4.2.7.

- De gebruikerskost van de deelauto's wordt onder andere bepaald door de brandstofkosten. De aanbieders van deelauto's hebben hierdoor een prikkel om meer efficiënte voertuigen aan te bieden waardoor zij ofwel hun prijs kunnen verlagen of hun marges kunnen verhogen, weliswaar rekening houdend met de preferenties van hun klanten over de andere kenmerken van de voertuigen. Indien bedrijven efficiëntie-overwegingen zwaarder laten doorwegen dan particulieren²⁴, kan dit de efficiëntie van de voertuigen verbeteren. Tabel 16 geeft ter illustratie hiervan het geval weer met een efficiëntieverbetering van 10 %.

4.2.6 Performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service

Huidige toepassing in Vlaanderen

Er zijn een aantal ontwikkelingen bezig die naar performanter collectief vervoer leiden zoals:

- *Het opstarten van deelinitiatieven (fiets en auto). We vermelden in het bijzonder Blue-bike omdat Blue-bike leenfietsen ter beschikking stelt specifiek afgestemd op de OV-reiziger.*
- *De eerste transportintegratoren of brokers steken de kop op zoals bijvoorbeeld Olympus (<http://www.olympus-mobility.com/nl/home-1.htm>).*
- *Een geïntegreerde tarificatie met de Mobibkaart.*
- *Reisinformatie mobiel en online beschikbaar.*
- *In oktober 2017 werd het gebruik van de Whim-app van MaaSGlobal in Antwerpen aangekondigd²⁵.*

4.2.6.1 Theoretisch milieupotentieel

Het milieupotentieel van performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service is theoretisch gezien groot als men ervan uitgaat dat elke verplaatsing potentieel met een nieuwe vorm van performant collectief vervoer kan gemaakt worden.

²⁴ Volgens Greene (2010) geven marktstudies (vooral uitgevoerd in de VS) aan dat mensen een korte terugverdientijd verwachten voor de extra kost die samenhangt met zuiniger voertuigen. Voordelen op langere termijn spelen minder mee, waardoor ze minder investeren in energie-efficiëntie dan wat men zou verwachten uit rationele economische overwegingen. Eén van de mogelijke verklaringen is dat investeren in energie-efficiëntie een risicovolle gok is voor autokopers omwille van de onzekerheid over toekomstige brandstofprijzen, over het reële versus het theoretische energieverbruik van de voertuigen, over het toekomstig gebruik van het voertuig, enz. Door onzekerheid en aversie tegen verlies kunnen mensen een korte terugverdientijd vereisen.

²⁵ <https://whimapp.com/be/>

Tabel 17 illustreert de milieubaten per km voor verschillende modale verschuivingen. Voor de milieupact (emissiefactoren) voor MaaS wordt het gemiddelde van bus en trein in 2030 genomen, weliswaar zonder het in beschouwing nemen van elektrische bussen. Een overstap van de fiets levert een milieukost op met de gehanteerde emissiefactoren. Een overstap van een klassieke auto levert winst op. Een overstap van de elektrische auto levert wat betreft CO₂-uitstoot verlies op omdat de emissiefactor van het openbaar vervoer voor de helft busvervoer in rekening neemt. Dit busvervoer gebeurt volledig met fossiele brandstoffen, wat een 'slechte' CO₂-emissiefactor impliceert. Daarnaast is het ook zo dat de bezettingsgraad van het openbaar en collectief vervoer niet altijd optimaal is. In de toekomst zal de emissiefactor van het openbaar en collectief vervoer positief evolueren. Ook de bezettingsgraad kan positief evolueren wat ook een impact heeft op de emissiefactor per reizigerskilometer.



Tabel 17: Milieubaten van performante mobiliteitsdiensten in functie van het oorspronkelijke vervoersmiddel

	oorspronkelijk vervoersmiddel	2030 winst (g/100reizigerskm; CO ₂ : g/reizigerskm)			euro/100 reizigerskm
		CO ₂	NO _x	PM _{2,5} uitlaat + niet-uitlaat	
MaaS gemiddeld bus - trein	bus	13,99	0,41	0,01	0,14
	trein	-13,99	-0,41	-0,01	-0,14
	fiets	-39,19	-1,41	-0,02	-0,40
	diesel auto	67,86	15,43	0,08	0,78
	elektrische auto	-22,03	0,89	0,65	-0,04

Nota: Voor de achtergrondinformatie voor deze berekeningen, zie Bijlage 3.

Om vanuit milieu-oogpunt het maximaal potentieel te realiseren van MaaS is het cruciaal dat de kernlijnen in het OV-systeem de basis blijven van het mobiliteitssysteem (zie verder). Het is immers dankzij het samenbrengen van stromen dat de milieu-impact kan geminimaliseerd/verminderd worden. Voor de nieuwe vormen van gedeelde mobiliteit is het ook moeilijk in te schatten (Franckx & Mayeres, 2016) wat de milieu-impact zal zijn. Cruciaal is dat individuele autogebruikers overstappen naar vormen van gedeelde mobiliteit (zie ook Deel 4.2.5).

Wat betreft het realiseren van het mobiliteitspotentieel zijn er zeker een aantal risico's verbonden aan het uitrollen van MaaS:

- *Een performanter OV- systeem zal zorgen voor extra verplaatsingen*

Er zal zeker een reboundeffect optreden indien het OV-systeem performanter wordt. Dit betekent dat het totaal aantal verplaatsingen zal toenemen. Nieuwe gebruikers zullen het OV nemen, autogebruikers zullen deels overstappen op het OV, nieuwe autogebruikers zullen de plaats van ex-autogebruikers innemen, enz. Dit zal zeker het geval zijn in de spits met een grote latente vraag. Dit is geen barrière voor het realiseren van MaaS, het is wel een barrière voor het realiseren van het milieupotentieel. Dit geeft duidelijk aan dat beleid belangrijk is voor het realiseren van het milieupotentieel.

- *Bepaalde MaaS abonnementsformules kunnen tot extra verplaatsingen leiden*

Bij sommige abonnementsformules van MaaS kan het gebeuren dat niet- gebruikte automobilititeit niet kan overgezet worden naar een volgende maand. Dit zou tot overconsumptie kunnen leiden om toch maar te verbruiken waarvoor men betaald heeft. Met een optie om mobiliteit over te dragen wordt dit risico enigszins beperkt, tenzij men systematisch een overschot aan mobiliteit zou hebben.

- *MaaS kan leiden tot minder duurzaam transport*

Indien MaaS ook gewoon individuele deelwagens of één of andere vorm van Demand Responsive Transport (DRT) in zijn aanbod heeft met een relatief lage bezettingsgraad, dan is het goed mogelijk dat mensen deze vorm van transport verkiezen boven vervoer met hogere bezettingsgraden zoals metro, tram, bus of trein. Ook hier weer zal het overheidskader dat ervoor zorgt dat stromen zoveel mogelijk gebundeld worden en individueel autogebruik wordt ontmoedigd, zeer belangrijk zijn.



Uit dit alles is het duidelijk dat MaaS slechts een lagere milieu-impact zal realiseren indien het beleid het juiste kader organiseert.

Theoretisch gezien hebben performant mobiliteitsdiensten een groot opschalingspotentieel. Als men het opschalingspotentieel met meer realisme bekijkt dan moet men het milieupotentieel met de nodige bescheidenheid benaderen op basis van onderstaande bedenkingen en beïnvloedende factoren. Op basis van deze factoren lijkt het niet realistisch om tegen 2030 een modale verschuiving van meer dan 10 % van het autoverkeer te realiseren door het aanbieden van performante mobiliteitsdiensten.

4.2.6.2 Opschaalpotentieel beperkt door huidige OV-capaciteit

Van het aantal afgelegde reizigerskm in Vlaanderen gebeurt momenteel 82 % met de auto als bestuurder of als passagier, 8,5 % gebeurt met trein, bus of autocar (1 %), 5,5 % met fiets of te voet (Onderzoek Verplaatsingsgedrag 5.1). Dit betekent dat een verdubbeling van het openbaar vervoer (incl. autocar) ervoor zorgt dat het aantal autokm (bestuurder + passagier) daalt met ongeveer 10 %. De emissies zullen met minder dan 10 % dalen omdat een deel van deze mensen als autopassagier reist en omdat ook het openbaar vervoer voor emissies en milieubelasting zorgt.

MaaS vormt wel een alternatief voor meer autoverplaatsingen dan het huidige OV-systeem. Toch zullen de kernlijnen van het huidige OV-systeem de basis moeten vormen indien men een gevoelige milieu-impact wenst van een nieuw MaaS systeem. Die kernlijnen verbinden immers belangrijke attractiepolen en bundelen al belangrijke stromen. Het lijkt echter onwaarschijnlijk dat het huidige OV-systeem zonder zware investeringen een verdubbeling van het aantal reizigers aankan. In de spits naar de grote steden, het moment waarop het OV het aantrekkelijkst kan zijn voor de automobilist, is de overblijvende comfortabele OV-capaciteit beperkt of onbestaande. Een uitbreiding ervan vergt steeds belangrijke investeringen.

In een stedelijke context lijkt DRT ook mooie perspectieven te bieden. Een studie van ITF (2016) voor Lissabon geeft aan dat DRT in combinatie met openbaar vervoer van hoge kwaliteit de verkeersemissies zou kunnen verminderen met één derde en de autovloot met 97 %. De belangrijkste elementen in de simulatie zijn: zespersoonstaxi's en acht- en zestienpersoonsbusjes om het DRT te verzekeren en openbaar vervoer met een hoge capaciteit (trein en metro). Er zijn geen klassieke bussen meer in het ITF scenario. Autonome voertuigen maakten geen deel uit van de simulatie. Het aantal chauffeurs ligt wel vrij hoog.

Vandaag ziet men dat systemen met bemande busjes moeite hebben om te overleven. Helsinki schafte zijn DRT systeem af wegens de te hoge kostprijs (Helsinki Regional Transport Authority, 2016) en ook in de VS zijn experimenten met DRT transport gestopt op een aantal plaatsen (Verkeersnet, 9 mei 2017). Daarnaast is het ook mogelijk dat DRT-systemen reizigers van ander collectief of openbaar vervoer overnemen wat uit milieuoogpunt geen goede zaak is. Ook hier is het beleid cruciaal. Individueel autogebruik moet ontmoedigd worden.

4.2.6.3 Ruwe inschatting van het milieupotentieel

Tabel 18 stelt een vereenvoudigde kwantitatieve oefening voor waarbij 10 % van de reizigerskm van het autoverkeer voor de helft naar de bus gaat en voor de andere helft naar de trein. Deze oefening doet afbreuk aan de complexiteit van MaaS-diensten, maar het geeft wel een zeer ruwe indicatie. Het is ook zo dat geen rekening wordt gehouden met bijvoorbeeld elektrische bussen en/of het ontstaan van kleinere OV-eenheden zoals minibusjes op afroep of deelauto's. De milieu-impact van het eerste zal de milieu-impact van het OV verkleinen, het laatste zal de milieu-impact van het mobiliteitssysteem vergroten. De milieuwinst van dit scenario bedraagt ongeveer 100 miljoen euro/jaar. Het is waarschijnlijk dat hiertegen-



over een aanzienlijk bedrag aan subsidies staat. Vandaag bedraagt de subsidie per reizigerskm van een bus 0,22 euro/km en die van de trein 0,09 euro/km (Delhaye et al., 2017). Moesten alle nieuwe toekomstige OV km aan hetzelfde tarief vergoed worden, zou de totale subsidie ongeveer 2 miljard euro per jaar bedragen. Het is wel zo dat indien de auto voor zijn sociale kosten zou betalen, er minder reden zal zijn om het openbaar vervoer te subsidiëren.

Tabel 18: Een vereenvoudigde scenario-oefening met een groter aandeel performant OV – 10 % van de reizigerskm per auto gaan naar OV

impact op emissies	emissie reducties (kton en ton)					emissiereducties (miljoen EUR)			
	CO2 (kton)	Nox (ton)	PM2.5 (ton)	PM10		CO2	Nox	PM2.5	PM10
emissies	1019	697	74	45		102	3	20	1
unitaire waarde(EUR/ton)	100	4960	272000	30860	totaal	127			

Bron: Eigen berekeningen en Delhaye et al. (2017)

Nota: Voor de achtergrondinformatie voor deze berekeningen, zie Bijlage 3.

4.2.7 Autonome voertuigen

Huidige toepassing in Vlaanderen

Autonome voertuigen met adaptieve cruise control en rijstrookbewaking rijden reeds rond in Vlaanderen.

Verder worden autonome voertuigen van hogere autonomeniveaus bestudeerd in een aantal projecten in Vlaanderen en in internationale onderzoeksprojecten waarin ook Vlaamse partners betrokken zijn.

Enkele voorbeelden van initiatieven zijn de volgende:

- *Er is een proefproject met een zelfrijdende bus op Brussels Airport.*
- *Samen met de stad Mechelen en Genk wil De Lijn ook onderzoeken of zelfrijdende shuttles mogelijk zijn (Datenews, 27 september 2017).*
- *Er wordt een proeftuin voor autonome voertuigen van niveau drie (conditionele autonomie) voorbereid op de Antwerpse ring tussen Bergerhout en Deurne en de verkeersknoop op de E313 ter hoogte van Ranst (De Tijd, 28 juni 2017).*

Op federaal niveau is er een gedragscode ontwikkeld als kader voor de uitvoering van tests met autonome voertuigen op de openbare weg of andere openbare plaatsen (FOD Mobiliteit en Vervoer).

Het milieupotentieel van autonome voertuigen is afhankelijk van hun impact op het aantal gereden kilometer, de emissietechnologie van de voertuigen en de invloed van autonome voertuigen op de verkeersafwikkeling en daardoor op hun emissies.

4.2.7.1 Het effect van autonome voertuigen op het aantal voertuigkilometer kan ongunstig zijn

Een van de belangrijke mogelijke neveneffecten van autonome voertuigen is dat zij kunnen leiden meer voertuigkilometers (Morrow et al., 2014; Childress et al., 2015; Greenblatt & Shaheen, 2015; Anderson et al., 2014). Dit is het gevolg van een aantal factoren:

- Doordat rijden met autonome voertuigen zeer comfortabel wordt en mensen bij hoge niveaus van autonomie tijdens het rijden kunnen lezen, werken, rusten, een film bekijken, enz., zal de kost van

////////////////////////////////////

autorijden verlagen en zullen mensen als gevolg daarvan meer rijden. Zo zouden zij bv. ook kunnen beslissen om verder van het werk te gaan wonen of minder met de fiets of het collectief vervoer te rijden. Men kan ook verwachten dat ritten over langere afstand aantrekkelijker worden (LaMondia et al., 2016).

- Dit kan nog versterkt worden door een hogere gemiddelde snelheid indien autonome voertuigen zouden leiden tot minder congestie en lagere tijdskosten. Ook het energiegebruik en de energiekosten zouden hierdoor dalen, wat autorijden ook goedkoper maakt. Of dit effect zich voordoet zal afhangen van de mate waarin het aantal autokm in eerste instantie stijgt.
- De parkeerkosten kunnen dalen indien de autonome voertuigen na een rit zelf rijden naar een goedkopere parkeerplaats. Dit heeft niet enkel een dalende impact op de kosten voor de AV-gebruiker maar zal ook rechtstreeks leiden tot meer voertuigkm.
- Indien autonome voertuigen leiden tot lagere ongevalsrisico's, kunnen de verzekeringspremies dalen, en daardoor ook de kosten van het autogebruik.
- In het geval van gedeelde autonome voertuigen zal het voertuig km afleggen om andere passagiers op te pikken.

4.2.7.2 De milieuprestaties van autonome voertuigen zijn waarschijnlijk beter dan voor niet-autonome voertuigen

De milieu-impact zal ook afhangen van de energie-efficiëntie en de milieukeurmerken van de autonome voertuigen in vergelijking met de niet-autonome voertuigen.

- Autonome voertuigen kunnen een hogere energie-efficiëntie hebben doordat het rijpatroon kan geoptimaliseerd worden. In het geval van geconnecteerde autonome voertuigen kan de doorstroming en het rijpatroon verbeterd worden wat ook leidt tot een lager energiegebruik en lagere emissiefactoren. Indien de autonome voertuigen veiliger zijn, kunnen zij eventueel ook lichter gemaakt worden wat de energie-efficiëntie ook kan verhogen (Anderson et al., 2014).
- Anderzijds wijzen Le Vine et al. (2015) er op dat indien de gebruikers van autonome voertuigen hetzelfde rijcomfort willen hebben qua acceleratie en deceleratie als bij treinen (en dus vloeiender willen rijden dan bij auto's die zij zelf besturen), de capaciteit van kruispunten met lichten kan afnemen, waardoor de doorstroming en de energie-efficiëntie kunnen afnemen.
- Er kan een positief effect zijn op congestie (en daardoor op energie-efficiëntie) als lange zoektochten naar een parkeerplaats worden vermeden door het gebruik van autonome voertuigen.
- Gedeelde autonome voertuigen laten toe om aan 'right-sizing' te doen, waarbij het voertuig beter afgestemd wordt op de vervoersnoden en de gemiddelde energie-efficiëntie kan verbeteren.
- Autonome voertuigen kunnen voertuigen met alternatieve aandrijftechnologieën aantrekkelijker maken. Tot niveau 3 van autonomie zou het lagere gewicht van de voertuigen, dat mogelijk wordt door de betere verkeersveiligheid, de range van batterij elektrische voertuigen kunnen verhogen of ervoor kunnen zorgen dat men dezelfde range kan realiseren aan een lagere kostprijs. Voor de hogere niveaus van autonomie kan het voertuig zelf naar de laadstations voor EV's of tankstations voor waterstofvoertuigen rijden wanneer het niet gebruikt wordt en daarmee kostbare tijd besparen voor de gebruikers ervan (dit geldt natuurlijk ook voor de conventionele autonome voertuigen, maar de laadtijd is een belangrijke barrière in het geval van EV's). In het geval van waterstofauto's zouden hierdoor minder (dure) tankstations nodig zijn, waardoor de kost van het systeem kan dalen.

De gecombineerde impact op emissies van broeikasgassen en luchtverontreinigende stoffen van de verandering van het aantal km en de energie-efficiëntie en emissiefactoren is niet noodzakelijk positief. De kans dat de impact met conventionele autonome voertuigen op het milieu negatief zou zijn is reëel. Dit zal echter sterk afhankelijk zijn van het algemeen transportbeleid, met inbegrip van de keuze voor beprijzing of

niet. Het milieupotentieel kan verbeteren indien autonome voertuigen in combinatie met alternatieve aandrijftechnologieën een doorgang vinden. In dat geval zou de milieubaat van de alternatieve aandrijftechnologieën echter nog groter zijn zonder de extra autokm die in de afwezigheid van adequate beprijzing gegenereerd worden door autonome voertuigen.

4.2.7.3 Andere milieueffecten van autonome voertuigen

Via de impact op de locatiekeuze van woon- en werkplaats kunnen autonome voertuigen het landgebruik beïnvloeden, met de ermee gepaard gaande milieueffecten. Dit is één voorbeeld van de invloed die ontwikkelingen in transport kunnen uitoefenen op de ruimtelijke ordening.

In het geval van gedeelde autonome voertuigen kan de vraag naar parkeerplaatsen verminderen of kunnen de autonome voertuigen gestuurd worden naar parkeerplaatsen buiten de stad waardoor er plaats vrijkomt in de stad en de leefbaarheid er (*ceteris paribus*) kan verhogen. Anderzijds zal er nood zijn aan plaats om te stoppen om passagiers op te halen of af te zetten (CPB/PBL, 2016a).

4.2.8 Elektrische voertuigen met batterij

Huidige toepassing in Vlaanderen

Figuur 7 en Figuur 8 geven het aandeel van elektrische wagens in het park en het aantal inschrijvingen in Vlaanderen.

Figuur 7: Evolutie wagenpark in Vlaanderen en aandeel milieuvriendelijke wagens

	2011	2012	2013	2014	2015	2016 (30/06)	aandeel
Batterij-elektrische wagens	151	441	671	1.287	2.229	3.012	0,09%
Plug-in hybride wagens	5	29	220	448	2.122	4.597	0,14%
Elektrische wagens met range extender	14	69	191	375	724	1.165	0,03%
Totaal elektrische wagens	170	539	1.082	2.110	5.075	8.774	0,26%
CNG-wagens	123	184	268	998	1.537	2.874	0,08%
Totaal aantal wagens	3.200.500	3.218.892	3.243.513	3.296.689	3.347.610	3.386.991	

Bron: <http://milieuvriendelijkevoertuigen.be/vragen>

Figuur 8: Nieuwe inschrijvingen personenwagens Vlaanderen 2015

	aantal	aandeel
Batterij-elektrische wagens	996	0,35%
Plug-in hybride wagens	1.952	0,66%
Totaal elektrische wagens	2.948	1,01%
CNG-wagens	540	0,19%
Andere voertuigen	278.029	98,80%
Totaal aantal inschrijvingen	281.517	

Bron: <http://milieuvriendelijkevoertuigen.be/vragen>

De volgende kaart geeft een overzicht van de publieke laadpunten in Vlaanderen (8 maart 2018)



Figuur 9: Publieke oplaadpunten in Vlaanderen



Bron: <http://www.milieuvriendelijkevoertuigen.be/laadpalen> (8 maart 2018)

Het milieupotentieel van een transitie van traditionele naar elektrische voertuigen met batterij hangt af van verschillende factoren. Een belangrijke variabele is de manier waarop de elektriciteit voor het opladen van EV-batterijen opgewekt wordt. EV's produceren immers geen uitlaatgassen (of toch niet wanneer ze 'elektrisch rijden', wat bij hybrides echter vaak niet het geval is), maar elektriciteitsproductie meestal wel. Steenkoolcentrales – die op Europees niveau nog steeds ingezet worden – scoren in dit opzicht relatief slecht en centrales op basis van hernieuwbare bronnen relatief goed (met uitzondering van sommige biobrandstoffen).

Toch kan algemeen gesteld worden dat – bij de huidige aandelen van de verschillende energiedragers in de Europese elektriciteitsproductie (de zogenaamde energiemix) – elektrische aandrijving significant schoner is dan die van traditionele voertuigen. Zo schatten Wolfram & Lutsey (2016) dat elektrische voertuigen bij de huidige Europese energiemix ongeveer 37 % minder broeikasgassen genereren dan dieselveertuigen en zelfs 46 % minder dan benzinevoertuigen. EV's bieden bovendien een belangrijk voordeel wat betreft de andere schadelijke emissies gerelateerd aan het opwekken van energie: deze komen immers niet in de lucht terecht daar waar het voertuig rijdt (via de uitlaat), maar wel daar waar de elektriciteit geproduceerd wordt. Er is dus een dubbel voordeel: verminderde emissies én het feit dat deze in veel mindere mate terechtkomen in dichtbevolkte gebieden waar de schade ervan veel groter is.

Bemerk bij bovenstaande analyse dat er bovendien goede redenen zijn om aan te nemen dat de relatieve milieuwinsten de komende jaren nog veel groter kunnen worden. Ten eerste is dat het geval omdat de technologieën voor energieopslag en elektrische aandrijving nog volop evolueren (er worden weliswaar ook nog toekomstige efficiëntie- en milieuwinsten bij interne verbrandingsmotoren verwacht). Ten tweede kan aangenomen worden dat de energiemix nog zal 'vergroenen'. In het referentiescenario van de Europese Commissie wordt verwacht dat de koolstofintensiteit van de Europese elektriciteitsproductie tegen 2030 zal afnemen tot een derde van het niveau in 2015 (Europese Commissie, 2016).

Bij dit alles dient wel opgemerkt te worden dat niet alleen uitlaatgassen, maar zeker ook het fijn stof veroorzaakt door slijtage van remmen, banden en wegdek nefast is voor de lokale luchtkwaliteit. Daarvoor bieden EV's geen voordeel ten opzichte van traditionele voertuigen (hun hogere gewicht betekent zelfs

eerder een nadeel), wat dus maakt dat de luchtkwaliteitswinst beperkter is dan het gebrek aan uitlaatgassen zou laten vermoeden. Dat is zeker het geval wanneer de vergelijking wordt gemaakt met (diesel- en) benzinewagens die voldoen aan de strengste Euronormen. Voor die voertuigen vertegenwoordigt slijtage namelijk veruit het grootste deel van de uitstoot van fijn stof.

Noteer tot slot dat voertuigen niet alleen een milieu-impact hebben bij gebruik, maar eveneens tijdens de productiefase en na afdanking. Zo stelt EEA (2016b) dat de productie van een EV zowat 70 % meer primaire energie vereist dan die van een traditioneel voertuig. Ook wordt vermeld dat het kleine marktaandeel van EV's impliceert dat er nog onvoldoende werd ingezet op efficiënte recyclagecycli. Toch concludeert het rapport dat de milieuwinsten tijdens de gebruiksfase deze beide verliezen compenseren, en zelfs ruimschoots indien de elektriciteit van hernieuwbare bronnen afkomstig is.

Tabel 19 kwantificeert de potentiële milieuwinst van een switch van traditionele naar elektrische aandrijvingstechnologieën in het geval van personenwagens. Zoals hierboven besproken is de elektrificatie van het vrachtvervoer namelijk veel onzekerder, wat zeer onnauwkeurige schattingen met zich zou meebrengen. Voorts gaan we er voor de EV's van uit dat de niet-uitlaatemissies (die dus de enige directe uitstoot vertegenwoordigen) hetzelfde zijn als die van traditionele voertuigen. Gegeven de algemene veronderstellingen over de milieuprestaties van diesel- en benzinewagens in 2030 alsook hun aandelen in de voertuigkilometers²⁶, is de daling van directe emissies per elektrisch gereden kilometer dan gelijk aan 158,5 g CO₂, 230,3 mg NO_x en 1,8 mg PM_{2.5}. Aangezien het opwekken van elektriciteit bovendien schoner is dan de productie van fossiele brandstoffen komen daar qua indirecte emissies nog eens reducties van 12,7 g CO₂, 72,2 mg NO_x en 6,0 mg PM₁₀ bovenop. Alles samen – en gevaloriseerd aan de geldende tarieven – komt dat neer op een milieuwinst van 1,93 euro per 100 kilometer.

Tabel 19: Milieubaten van BEV's ten opzichte van ICEV's

	CO ₂	NO _x	PM _{2.5} uitlaat + niet-uitlaat	PM ₁₀
verminderde uitstoot (in g/100km)	17 120	30,3	0,2	0,6
milieuschade per ton (in euro/ton)	100	4 960	272 000	30 860
milieubaat (in euro/100km)	1,71	0,15	0,05	0,02

Tot slot, zeker in stedelijke gebieden is het een belangrijk voordeel dat elektrische voertuigen bij lage snelheden veel stiller zijn dan voertuigen met interne verbrandingsmotoren.

Hierboven werd de milieuwinst berekend voor elke kilometer die in 2030 met een EV in plaats van met een traditionele wagen zou worden afgelegd. Om het totale Vlaamse milieupotentieel in te schatten rest dus enkel de vraag hoeveel kilometers dat zullen zijn. Die hoeveelheid is echter moeilijk te voorspellen aangezien toekomstige mobiliteitsbeslissingen van huishoudens en bedrijven afhangen van verschillende factoren waar vandaag nog grote onzekerheid over bestaat. In wat volgt vereenvoudigen we de oefening daarom door ervan uit te gaan dat er in 2030 in Vlaanderen in totaal 55 miljard kilometers zullen worden afgelegd

²⁶ Voor achtergrondinformatie bij de berekeningen, zie Bijlage 3.

met personenwagens²⁷. We veronderstellen met andere woorden dat het aantal verplaatsingen alsook de moduskeuze vastligt, en beschouwen enkel de keuze van de consument tussen elektrische en traditionele aandrijvingstechnologie. Hieronder komen de twee variabelen aan bod die deze keuze wellicht het meest beïnvloeden: de actieradius van BEV's, en hun relatieve kostprijs ten opzichte van ICEV's.

Een vaak aangehaald argument om het beperkte succes van BEV's te verklaren, is dat hun autonome bereik onvoldoende groot zou zijn. Consumenten zouden met andere woorden vrezen om niet op hun bestemming (en terug) te geraken, of toch niet zonder hun batterij onderweg te moeten herladen en daardoor veel tijd te verliezen. Gegeven de huidige stand van de technologie is die vrees in sommige gevallen niet onterecht. Gemeten volgens de NEDC-standaard²⁸ hebben de meeste recente BEV-modellen een bereik tussen 150 en 350 km. Onder reële rijomstandigheden is het echter wat minder, en in principe zijn batterijen na verloop van tijd ook onderhevig aan slijtage. Herladen neemt bovendien nog steeds veel meer tijd in beslag dan tanken (zelfs via zogenaamde 'snellaadpalen' duurt het minstens een halfuur wat langer is dan wanneer men brandstof tankt voor een conventionele auto) en ook is publieke laadinfrastructuur nog relatief schaars. Dit alles maakt dat de huidige generatie BEV's inderdaad niet zeer gebruiksvriendelijk is voor wie soms grote afstanden aflegt (en dus zeker niet voor wie dat regelmatig doet). In Vlaanderen mag dan wel maar 8,6 % van de verplaatsingen die voornamelijk met de wagen gebeuren langer zijn dan 40 kilometer (Onderzoek Verplaatsingsgedrag 5.1), dit wil niet zeggen dat consumenten in staat – laat staan bereid – zouden zijn om lange autoverplaatsingen te vermijden of te onderbreken voor een laadbeurt.

Als de innovaties op vlak van batterijtechnologie zich verderzetten, dan zal het beperkte bereik van BEV's tegen 2030 echter een veel minder belangrijk issue zijn²⁹. Bovendien zouden tegen dan ook snellere herlaadbeurten mogelijk kunnen zijn³⁰. Qua gebruiksgemak rest dan enkel de vraag of er voldoende laadinfrastructuur zal zijn. Omdat dit in essentie neerkomt op een kip-en-ei-probleem (zonder laadinfrastructuur geen doorbraak van elektrische voertuigen, maar zonder doorbraak van elektrische voertuigen geen incentives om laadinfrastructuur te voorzien), lijkt er naar de toekomst toe zeker een rol weggelegd voor de overheid (bijvoorbeeld via het opleggen van een minimum aantal laadpalen per benzinstation of nieuwbouwproject). Tabel 20 geeft de ambities van de Vlaamse overheid weer voor de uitbouw van nieuwe laadpunten tegen 2020. Deze zijn geformuleerd in het kader van het Belgisch plan voor de uitrol van laadinfrastructuur in het kader van de Europese richtlijn rond 'Alternative Fuel Infrastructure' (AFI-Directive).

Tabel 20: Vlaamse ambities voor nieuwe laadpunten

	juni 2016	2020
normale herlaadpunten – <i>publiek</i>	251	7 400
'high power' herlaadpunten – <i>publiek</i>	70	36
normale herlaadpunten – <i>privaat</i>	2 348	
'high power' herlaadpunten – <i>privaat</i>	1 013	

Bron: European Commission (2017), indien blanco: niet bepaald

²⁷ Zie Bijlage 3 met algemene veronderstellingen voor meer informatie.

²⁸ NEDC staat voor 'New European Driving Cycle'. Het is de gestandaardiseerde testrit die gebruikt wordt om de omstandigheden op de Europese wegen na te bootsen. Aan de hand van deze test worden het brandstofverbruik en de emissies van lichte auto's gemeten.

²⁹ Een stijging van het bereik met 50 % tegen 2025 lijkt een realistisch scenario (zie Elementenergy, 2016).

³⁰ Een half uur opladen via een Tesla 'supercharger' levert nu al 300 km op (zie <http://uk.businessinsider.com/everything-tesla-promises-to-accomplish-by-2020-2016-6?r=US&IR=T/#double-the-number-of-superchargers-by-2018-7>) en andere bedrijven experimenteren met types batterijen die sneller oplaadbaar zijn (zie: <https://www.engadget.com/2017/05/12/storedot-ev-battery-demo/>).

Dat technologische euvelds waarschijnlijk van de baan zullen zijn tegen 2030 wil natuurlijk niet zeggen dat consumenten sowieso massaal zullen overstappen van traditionele naar elektrische voertuigen. De keuze van aandrijvingstechnologie zal immers ook blijven afhangen van het kostenplaatje. Het huidige beperkte succes van BEV's wordt inderdaad niet alleen verklaard door de huidige beperkingen inzake actieradius en oplaadtijden, maar ook doordat ze in aankoop nog significant duurder zijn dan traditionele voertuigen van vergelijkbare omvang. Een deel van dat kostenverschil wordt dan wel terugverdiend via lagere energie- en onderhoudskosten, maar tot dusver blijkbaar onvoldoende om veel consumenten te overtuigen. Noteer bij dit laatste wel dat er in de praktijk vaak minder rekening wordt gehouden met toekomstige besparingen dan de rationele keuzetheorie zou laten vermoeden. Bewustwording omtrent de lagere energie- en onderhoudskosten zou de populariteit van elektrische voertuigen dan ook ten goede kunnen komen (zeker bij zij die veel kilometers afleggen en er dus het meeste voordeel van hebben).

De echte doorbraak van BEV's (en PHEV's) zal er echter pas komen wanneer de totale kost van bezit ervan daalt tot het niveau van ICEV's. Of dit tegen 2030 zal gebeuren zal uiteraard grotendeels afhangen van de prijsevoluties van batterijen en brandstoffen, maar daarnaast ook van beleidskeuzes, en deze omtrent verkeersfiscaliteit in het bijzonder.

Wat batterijprijzen betreft is er al een hele weg afgelegd. Zo zagen marktleiders de productiekosten per kilowattuur (kWh) de voorbije zes jaar dalen met maar liefst 80 %. Toch blijft de kost van batterijen tot op vandaag de belangrijkste reden waarom BEV's in aankoop zo veel duurder zijn dan ICEV's³¹. Verdere kostenreducties zullen dan ook noodzakelijk zijn om de concurrentiepositie van EV's te versterken. En die zitten er inderdaad aan te komen: algemeen wordt verwacht dat verdere technologische innovaties alsook efficiëntiewinsten en schaalvoordelen in het productieproces ervoor zullen zorgen dat de batterijkosten tegen 2025 zullen dalen tot minder dan 150 euro/kWh³² of lager (Elementenergy, 2016). Hoewel deze kostendaling nog niet voldoende is equivalente aankooprijzen van BEV's en ICEV's te bewerkstelligen, zou ze in combinatie met lagere energie- en onderhoudskosten wel impliceren dat BEV's qua totale eigenaarschapskost zeer concurrentieel worden met ICEV's. Dat is althans het geval indien we veronderstellen dat er veel minder efficiëntiewinsten zullen gerealiseerd worden in het productieproces van ICEV's alsook dat de relatieve prijzen van elektriciteit en fossiele brandstoffen niet zullen evolueren ten voordele van die laatsten.

Noteer tot slot nog dat we bij de afweging tussen BEV's en ICEV's qua aantrekkelijkheid voor de consument tot hiertoe geen rekening hielden met mogelijke verschillen in beleid ten aanzien van beide voertuigtypes. Beleid kan de keuze van aandrijvingstechnologie echter wel degelijk beïnvloeden. In het kader van de Vlaamse en ook Europese ambities om de uitstoot van zowel CO₂ als andere pollutanten aanwezig in de uitlaatgassen van ICEV's drastisch terug te dringen, zien we inderdaad dat bepaalde beleidskeuzes de relatieve aantrekkelijkheid van elektrische voertuigen ten goede komen. Ook in de toekomst zal dit zeer waarschijnlijk het geval blijven, en dit zowel via bestaande als via nieuwe beleidsinitiatieven. Hierbij denken we in de eerste plaats aan een voordelige verkeersfiscaliteit voor elektrische voertuigen (denk aan lagere tarieven voor de eenmalige en de jaarlijkse verkeersbelasting, hogere fiscale aftrekken voor elektrische

³¹ Om een idee van grootteorde te geven: 10 000 euro wordt vaak geciteerd als prijsverschil tussen twee equivalente wagens, de ene met elektrische aandrijving en de andere met een interne verbrandingsmotor.

³² ICCT (2016) geeft een kost van ongeveer 250 euro/kWh in 2015, wat drie keer lager is dan zes jaar eerder. Elementenergy (2016) vertrekt van een kost van 340 euro/kWh in 2015.

bedrijfswagens, de invoering van een op emissiefactoren gebaseerde kilometerheffing ...) maar daarnaast ook aan meer zichtbare maatregelen (denk aan parkeerplaatsen voorbehouden voor EV's, de invoering van lage-emissiezones die bijkomende beperkingen opleggen aan ICEV's ...).

Al deze elementen maken het potentieel van EV's duidelijk. Alleen al gezien de voortdurende technologische vooruitgang is het helemaal niet onwaarschijnlijk dat deze tegen 2030 een zeer competitief alternatief zullen bieden voor ICEV's. Indien beleidsmakers consumenten bovendien zouden aanzetten om bij hun aankopen meer rekening te houden met de betere milieuprestaties van elektrische ten opzichte van traditionele voertuigen, dan zouden EV's de markt mogelijk zelfs kunnen domineren tegen 2030. Op basis van deze conclusies formuleren we nu een 'worst case' alsook een 'best case scenario' aangaande hoeveel van de Vlaamse voertuigkilometers er in 2030 elektrisch gereden zullen worden, namelijk 10 % en 50 %. Gegeven deze twee scenario's alsook de hierboven berekende milieubaten per kilometer, kunnen we dan concluderen dat de verwachte stijging van het marktaandeel van elektrische voertuigen een totale jaarlijkse milieuwinst met zich zal meebrengen van ergens tussen 100 en 530 miljoen euro.

4.2.9 Elektrische voertuigen met waterstof-brandstofcel

Huidige toepassing in Vlaanderen

De huidige toepassing in Vlaanderen is zeer beperkt.

- De Lijn beschikt over een beperkt aantal bussen op waterstof.

- In 2017 werd er 1 auto met brandstofcellen ingeschreven in Vlaanderen.

- Er is een zeer beperkt aantal waterstoftankstations in Vlaanderen: De Lijn beschikt over een waterstoftankstation in de Haven van Antwerpen. Colruyt heeft een tankstation met waterstof geproduceerd met hernieuwbare energie (Hydrogenics) voor 75 heftrucks. Er is momenteel één publiek toegankelijk tankstation met restwaterstof (Air Liquide) bij Toyota Motor Europe in Zaventem.

FCEV's gebaseerd op waterstof zijn zogenaamde zero-emissie voertuigen. Elektromotoren produceren immers geen uitlaatgassen en zoals in Deel 3.5.9 aangegeven hebben de brandstofcellen enkel water als restproduct. Zoals bij BEV's blijven de directe emissies dan ook beperkt tot de uitstoot van fijn stof ten gevolge van slijtage van remmen, banden en wegdek. De winst qua luchtkwaliteit ten opzichte van ICEV's is dan ook significant.

De FCEV's veroorzaken wel indirecte emissies omdat waterstof een gas is dat niet vrij voorradig is in de natuur (in tegenstelling tot bijvoorbeeld aardgas), en dus geproduceerd moet worden. Dat kan onder meer via elektrolyse, een proces waarbij water wordt omgezet in waterstof en zuurstof door toediening van elektrische stroom (de omgekeerde reactie van die in de brandstofcel dus: $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2$). De productie van waterstofgas via elektrolyse is dan ook maar zo 'groen' als de manier waarop de benodigde elektriciteit opgewekt wordt. Indien waterstof geproduceerd wordt met groene elektriciteit, dan kan dit het potentieel van hernieuwbare energie versterken. Waterstof geproduceerd met hernieuwbare energie kan immers lang opgeslagen worden en daardoor de integratie van het fluctuerende aanbod van hernieuwbare energie in het energiesysteem faciliteren.

De momenteel goedkoopste en bijgevolg ook veruit de meest courante manier om waterstof te produceren is echter op basis van fossiele brandstoffen zoals aardgas. Via zogenaamde 'reforming' kan methaangas namelijk in twee stappen worden omgezet in waterstof en koolstofdioxide: eerst $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 3\text{H}_2 + \text{CO}$ en daarna $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + \text{CO}_2$. In het beste geval wordt de vrijgekomen CO_2 vervolgens opgevangen en

opgeslagen (bijvoorbeeld in een leeg ondergronds aardgasveld) om het proces zo klimaatneutraal mogelijk te houden. Merk hierbij tot slot nog op dat ‘reforming’ ook kan op basis van biobrandstoffen. Dat maakt het in principe mogelijk om waterstofgas te produceren en tegelijk de atmosferische CO₂ terug te dringen, op voorwaarde dat de in het proces vrijgekomen CO₂ wordt opgevangen en opgeslagen.

Toch kan gesteld worden dat FCEV’s in gebruik over het algemeen CO₂-intensiever zijn dan BEV’s. Deels heeft dat er mee te maken dat de technologieën voor het capteren en opslaan van CO₂ zeker nog niet op punt staan, laat staan algemeen worden toegepast bij ‘reforming’ processen. De belangrijkste reden is echter dat de ‘omweg’ via waterstofgas energie-inefficiënt is. Met een bepaalde hoeveelheid aardgas kan je met andere woorden verder rijden door er elektriciteit van te maken en daarmee een BEV op te laden dan door er waterstofgas van te maken en daarmee een FCEV vol te tanken.

Merk op dat een levenscyclusbenadering van het milieupotentieel van FCEV’s vereist dat naast de emissies gerelateerd aan gebruik, ook het productieproces, de levensduur en de mogelijkheden tot recyclage van deze voertuigen in rekening wordt gebracht. Momenteel kleurt dat plaatje allerm minst rooskleurig: de productie van EV’s is nog veel energie-intensiever dan die van ICEV’s, de levensduur van brandstofcellen is nog relatief beperkt, en efficiënte recyclageprocessen ontbreken nog. Het is wel duidelijk dat deze problemen deels te verklaren zijn door het feit dat de betreffende technologie nog in volle ontwikkeling is. Zo valt te verwachten dat verdere innovaties geleidelijk aan zullen zorgen voor een langere levensduur van brandstofcellen, en dat een groter park van FCEV’s voor schaalvoordelen in de recyclage zullen zorgen.

Tot slot, omdat de hier beschouwde waterstofvoertuigen aangedreven worden door een elektrische motor, zijn ze net als BEV’s veel stiller dan ICEV’s. Zeker in stedelijke contexten is dat een belangrijk voordeel.

Terwijl beperkte actieradius en lange oplaadtijden gelden als belangrijke hindernissen voor de popularisering van BEV’s, zijn deze beperkingen niet van toepassing op FCEV’s. Met een autonoom bereik van in theorie ongeveer 600 kilometer scoren de twee in ons land beschikbare modellen (Hyundai ix35 en Toyota Mirai) inderdaad zeker niet slecht, en tanken kan net als bij ICEV’s in luttele minuten. Dat laatste wordt in de praktijk echter bemoeilijkt door een groot gebrek aan publieke tankstations waar waterstofgas beschikbaar is. Met maar één exemplaar in Vlaanderen vormt tanken voor FCEV-eigenaars momenteel zelfs een veel groter probleem dan opladen voor BEV-gebruikers. Op korte termijn is beterschap eerder onwaarschijnlijk. Ten eerste is dat het geval omdat de uitbouw van een netwerk van H₂-tankinfrastructuur zeer kostelijk is. De relatief beperkte energiedensiteit van waterstofgas maakt immers dat er omvangrijke tanks nodig zijn om het gas in op te slaan, en ook het garanderen van de veiligheid is duur. Ten tweede moedigt de huidige batterijrevolutie investeringen in laadpalen aan, deels ten koste van een inhaalbeweging op vlak van H₂-tankinfrastructuur die nodig is om FCEV’s aantrekkelijker te maken.

Dat er op korte termijn geen doorbraak in zicht is voor FCEV’s heeft echter zeker niet alleen te maken met een gebrek aan tankstations. De zeer hoge kostprijs van deze voertuigen is wellicht een belangrijkere reden. Zelfs op lange termijn lijkt er inderdaad slechts potentieel voor zover deze kostprijs significant gedrukt wordt, bv. dankzij schaalvoordelen in de productie, besparingen op het gebruik van platina, of innovaties in de brandstofceltechnologie. Maar dan nog zal veel afhangen van evoluties in de BEV-markt. Immers, als ook daar de kostprijs verder daalt terwijl de energiedensiteit van batterijen vergroot en de laadtijden verkorten, dan komen de voordelen van FCEV’s de facto te vervallen. In dat geval zullen deze voertuigen mogelijk enkel interessant blijken voor nichemarkten zoals vrachtvervoer over lange afstand.



4.2.10 Geavanceerde biobrandstoffen

Huidige toepassing in Vlaanderen

Geavanceerde biobrandstoffen voor transport spelen momenteel in Vlaanderen nog geen rol van betekenis in de totale energievraag voor transport.

Vlaamse onderzoeksinstituten hebben projecten lopen rond geavanceerde biobrandstoffen.

Deel 4.10.8 van Bijlage 4 geeft een kort overzicht van het wetgevend kader en van het belang van biobrandstoffen in algemene zin voor de transportsector in Vlaanderen.

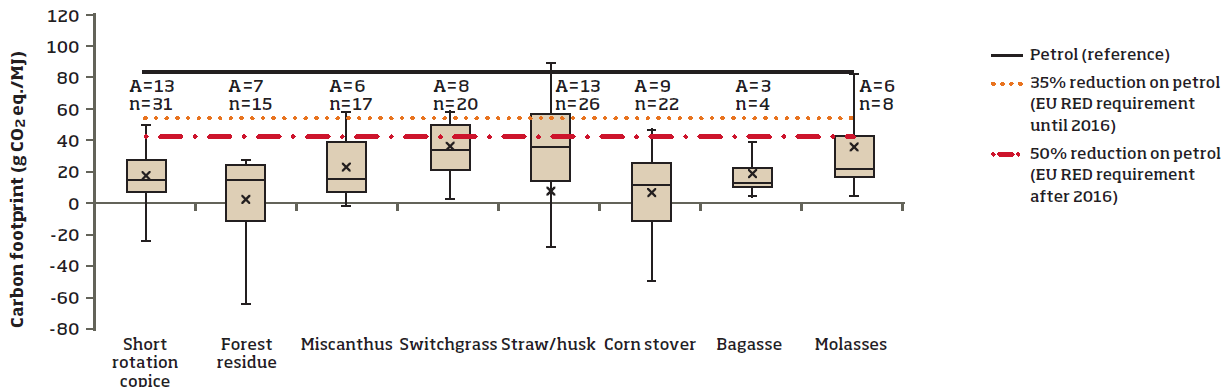
Biobrandstoffen worden gezien als één van de oplossingen voor de vermindering van de broeikasgas-emissies omdat men ervan uitgaat dat de koolstof die wordt uitgestoten bij de verbranding van de biobrandstoffen recent werd opgenomen uit de atmosfeer, en niet afkomstig is van fossiele koolstofvoorraden. Of deze brandstoffen echt een oplossing zijn, hangt echter af van de fossiele koolstofvoorraden die vrijkomen in de hele productieketen van de biobrandstoffen. Tijdens het productieproces worden immers fossiele brandstoffen gebruikt (bij de teelt van de grondstoffen, in het productieproces ...) en is er – afhankelijk van de grondstof – land nodig (Malins et al., 2014).

Uit de bovenstaande opdeling van biobrandstoffen in eerste, tweede en derde generatie (zie Deel 3.5.10) kan men niet rechtstreeks de duurzaamheid van de biobrandstoffen afleiden. Deze zal immers ook bepaald worden door bijkomende factoren die samenhangen met het landgebruik, de mogelijke concurrentie met voedselgewassen (zoals bij energiegewassen), de efficiëntie van het productieproces, enz. Deze factoren kunnen bovendien specifiek zijn voor elke waardeketen.

De Britse Royal Academy of Engineering (RA-Eng, 2017) heeft zeer recent een overzicht opgesteld van de duurzaamheid van biobrandstoffen waarbij zij 250 internationale studies met levenscyclusanalyses (LCA) onder de loep hebben genomen. Figuur 10 en Figuur 11 geven de spreiding van waarden van de **koolstofvoetafdruk voor bio-ethanol en biodiesel van de tweede generatie** die de studie afleidt op basis van het literatuuroverzicht. Hieruit blijkt dat de onzekerheid hierover nog groot is omdat deze brandstoffen zich momenteel in een pril ontwikkelingsstadium bevinden. Gemiddeld is de koolstofvoetafdruk (zonder verandering in landgebruik) lager dan voor benzine en diesel en beter dan voor biobrandstoffen van de eerste generatie. De waarden zijn echter sterk uiteenlopend, afhankelijk van de studie en de grondstoffen, en gaan van – 115 tot 105 g CO_{2eq}/MJ voor bio-ethanol en van – 88 tot 80 g CO_{2eq}/MJ voor biodiesel, in vergelijking met gemiddeld 83,8 g CO_{2eq}/MJ voor benzine en diesel³³. De grote spreiding in de resultaten hangt samen met de grote variatie in de beschouwde grondstoffen en productietechnologieën, verschillende veronderstellingen over de technologieën en over de manier waarop bijproducten worden ingezet en methodologische verschillen tussen de studies. Een aantal LCA-studies houdt ook rekening met ILUC emissies en de opname van organische koolstof in de bodem bij de productie van korte-omloop hout en meerjarige grassen, of de vermindering van organische koolstof in de bodem door de verwijdering van restfracties uit de landbouw.

³³ Zoals in de huidige Europese Richtlijn 'Hernieuwbare Energie'. In het voorstel voor de herziening van die richtlijn wordt een gemiddelde waarde van 94,1 g CO_{2eq}/MJ vooropgesteld voor benzine en diesel.

Figuur 10: De koolstofvoetafdruk van bioethanol van de tweede generatie (g CO₂eq/MJ)



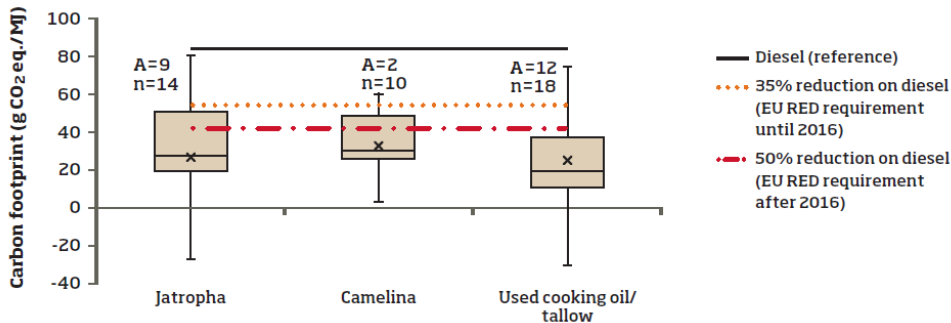
Bron: RA-Eng (2017, figuur 7). Voor de referenties naar de onderliggende studies verwijzen we naar dat rapport.

De boxplot geeft het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan, het derde kwartiel en het maximum van de gevonden waarden in de onderzochte LCA studies. De gemiddelde waarde is aangeduid met een kruisje.

De negatieve waarden zijn gerelateerd aan credits voor bijproducten zoals warmte en chemische producten. 'A' verwijst naar het aantal artikels waaruit de bevindingen afgeleid zijn en 'n' naar het aantal analyses (de meeste artikels hebben meerdere gevallen geanalyseerd).

Nota: Short rotation coppice: korte-omloop hout; Forest residue: restfracties bosbouw; Switchgrass: vingergras; Straw/husk: stro/kaf; Corn stover: maïsstengels; EU RED: Europese Richtlijn 'Hernieuwbare Energie'.

Figuur 11: De koolstofvoetafdruk van biodiesel van de tweede generatie (g CO₂eq/MJ)



Bron: RA-Eng (2017, figuur 8). Voor de referenties naar de onderliggende studies verwijzen we naar dat rapport.

De boxplot geeft het minimum, het eerste kwartiel, de mediaan, het derde kwartiel en het maximum van de gevonden waarden in de onderzochte LCA studies. De gemiddelde waarde is aangeduid met een kruisje.

De negatieve waarden zijn gerelateerd aan credits voor bijproducten. 'A' verwijst naar het aantal artikels waaruit de bevindingen afgeleid zijn en 'n' naar het aantal analyses (de meeste artikels hebben meerdere gevallen geanalyseerd).

Nota: used cooking oil/tallow: gebruikte bak- en braadolie/talg; EU RED: Europese Richtlijn 'Hernieuwbare Energie'.

Voor **biobrandstoffen van de derde generatie**, gebaseerd op algen, vindt de overzichtsstudie van RA-Eng (2017) gemiddeld een koolstofvoetafdruk die 3,5 keer hoger is dan voor diesel. De studie besluit daarom dat deze brandstoffen **nog geen duurzaam alternatief** vormen voor fossiele diesel.

In de meeste gevallen houden de waarden voor de koolstofvoetafdruk nog geen rekening met veranderingen in het landgebruik. Men kan een onderscheid maken tussen directe en indirecte veranderingen in het landgebruik³⁴. In het eerste geval gaat het om nieuwe gronden die aangesproken worden om de grondstoffen voor de biobrandstoffen te telen. Indirecte veranderingen treden op wanneer bestaande landbouwgebieden worden ingezet voor de productie van de grondstoffen, waarbij de bestaande productie op die gronden geheel of gedeeltelijk verschuift naar andere gronden. Deze indirecte veranderingen kunnen niet geobserveerd of gemeten worden, omdat zij samenhangen met veel andere veranderingen in de landbouwmarkten op lokaal, regionaal en globaal niveau. Ze kunnen enkel ingeschat worden met behulp van modellen.

De mate waarin indirecte veranderingen in het landgebruik een probleem vormen hangt af van het antwoord op de volgende vragen: (i) is er meer land nodig?, (ii) zo ja, hoeveel meer? en (iii) wat zijn de gevolgen van dat extra landgebruik voor de uitstoot van koolstof?

Figuur 12 geeft een inschatting van de **CO_{2eq}-emissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik** op basis van berekeningen van Ecofys, IIASA en E4Tech met het GLOBIOM model (Ecofys et al., 2015). De berekeningen omvatten zowel de directe als indirecte veranderingen in landgebruik. De figuur geeft resultaten weer voor verschillende gevallen:

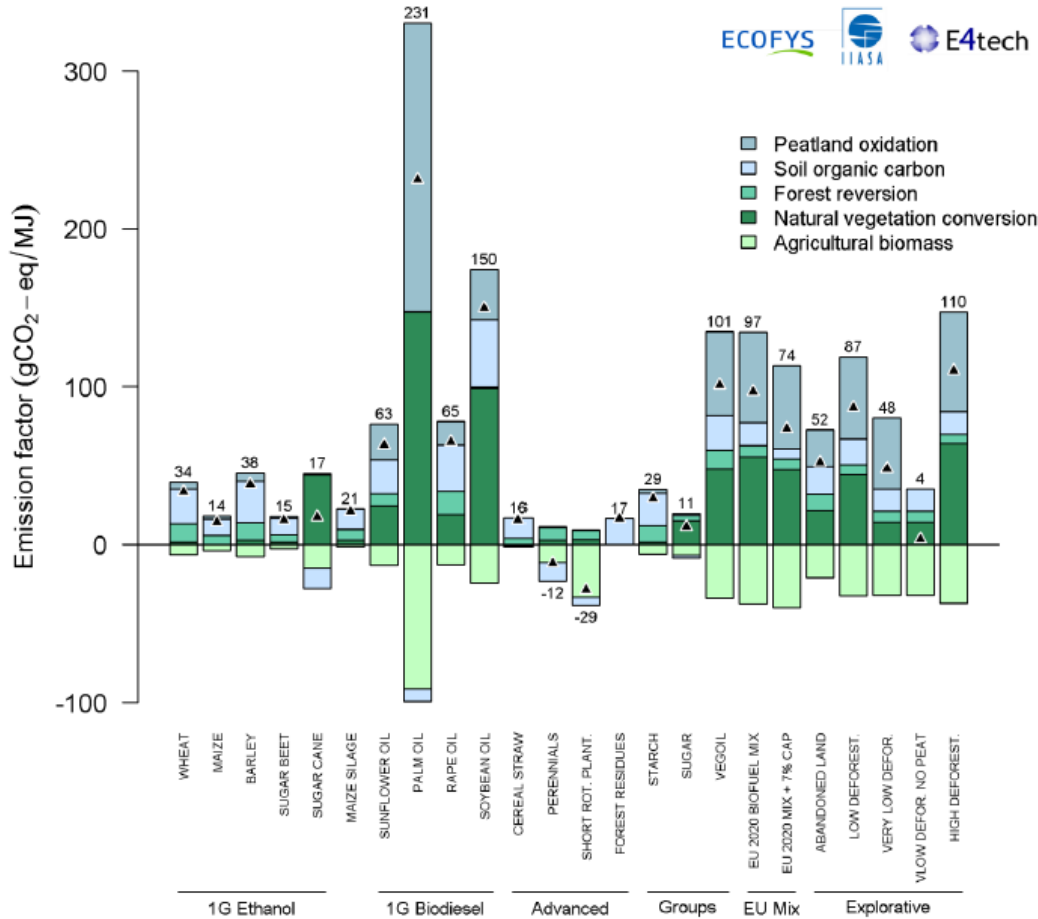
- voor conventionele (1^{ste} generatie of '1G' in de figuur) en geavanceerde biobrandstoffen, met verschillende grondstoffen;
- voor drie groepen van gewassen, namelijk granen, zetmeelrijke en olierijke gewassen;
- voor een geaggregeerd Europees scenario voor 2020 met 8,6 % conventionele biobrandstoffen en 0,8 % geavanceerde brandstoffen;
- voor een bijkomend Europees scenario voor 2020 met 6,7 % conventionele biobrandstoffen en 1,7 % geavanceerde biobrandstoffen, en dus een grotere rol voor deze laatste categorie;
- voor een aantal verkennende scenario's waarmee men het belang van de context op de bevindingen wil inschatten: Wat als er meer verlaten grond wordt ingezet in de EU? Wat gebeurt er bij een lagere of hogere ontbossing op wereldniveau en wanneer een beperking wordt opgelegd op het gebruik van veengebieden?

Positieve CO_{2eq}-emissies zijn gerelateerd aan de oxidatie van veengebieden, het vrijkomen van organische koolstof uit de bodem, het verminderen van de reconversie van landbouwgrond in bosgebied) en de conversie van natuurlijke vegetatie door de verwijdering van biomassa boven of in de bodem van land dat wordt ingezet voor de productie van de grondstoffen. Negatieve emissiebronnen zijn biomassa uit de landbouw, d.i. de koolstof die rechtstreeks wordt opgeslagen in de geteelde grondstoffen en de organische koolstof in de bodem die opgeslagen wordt tijdens het telen van de grondstoffen.

De zwarte driehoekjes in Figuur 12 geven voor elk geval de netto-waarden van de CO_{2eq}-emissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik. Deze waarden worden ook nog weergegeven boven de balkjes (in het geval van positieve netto emissies) of onderaan de balkjes (in het geval van negatieve netto emissies).

³⁴ In het Engels wordt hiernaar gerefereerd als 'direct land use change' (DLUC) en 'indirect land use change' (ILUC).

Figuur 12: Broeikasgasemissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik (g CO_{2eq}/MJ)



Bron: Ecofys, IIASA en E4Tech (2015), figuur 2

Vertaling legende:

Peatland oxidation: oxidatie van veengebieden; Soil organic carbon: organische koolstof uit de bodem; Forest reversion: het verminderen van de reconversie van landbouwgrond in bosgebied; Natural vegetation conversion: de conversie van natuurlijke vegetatie; Agricultural biomass: biomassa uit de landbouw.

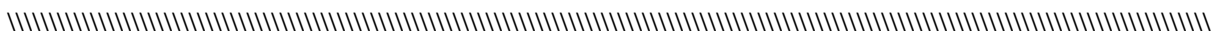
Vertaling horizontale as, hoogste niveau:

Wheat: tarwe; Maize: maïs; Barley: gerst; Sugar beet: suikerbiet; Sugar cane: suikerriet; Maize silage: kuilmaïs; Sunflower oil: zonnebloemolie; Palm oil: palmolie; Rape oil: koolzaadolie; Soybean oil: soja olie; Cereal straw: graanstro; Perennials: meerjarige grassen; Short rotation plant.: korte-omloop hout; Forest residues: restfracties bosbouw; Starch: zetmeel; Sugar: suiker; Vegoil: olierijke gewassen; Abandoned land: verlaten land; (Very) Low/high deforestation: (zeer) lage/hoge ontbossing; non peat: niet-veengebieden.

Vertaling horizontale as, laagste niveau:

1 G ethanol en 1 G biodiesel: bioethanol en biodiesel van de eerste generatie; Advanced: geavanceerde biobrandstoffen; Groups: groepen; Explorative: verkennend.

Volgens de studie hebben de conventionele biobrandstoffen hoge CO_{2eq}-emissies verbonden aan veranderingen in landgebruik, in vergelijking met de directe emissies die veroorzaakt worden door het productieproces. Deze zijn zeer hoog in het geval van palmolie en hoog voor soja-olie, zonnebloemolie en koolzaadolie.



Bij de geavanceerde biobrandstoffen zijn de emissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik negatief in het geval van korte-omloop hout en meerjarige grassen, en dat vooral dankzij de opslag van koolstof in de bodem bij het telen van deze gewassen. Fischer-Tropsch diesel op basis van restfracties uit de bosbouw zou leiden tot positieve emissies. Bij deze grondstof wordt er geen extra land ingenomen, maar is er een lagere opbouw van organische koolstof in de bodem. Bij ethanol geproduceerd met graanstro is er ook een positieve emissie door een kleine verlaging van de graanopbrengst. Deze waarde zou tot nul kunnen herleid worden als er slechts een op twee of drie jaar stro zou worden geoogst.

Een vergelijking van de twee Europese scenario's voor 2020 geeft aan dat in het scenario waarin geavanceerde biobrandstoffen een grotere rol spelen, de emissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik lager zijn.

Ten slotte geven de laatste verkennende scenario's aan dat de emissies verbonden aan veranderingen in het landgebruik kunnen verschillen naargelang er meer of minder gebruik gemaakt wordt van verlaten land in de EU, of er meer of minder ontbossing is op wereldniveau en de gemaakte veronderstellingen voor het gebruik van veengebieden.

Naast de impact op de uitstoot van broeikasgassen, kunnen biobrandstoffen ook een impact hebben op het **waterverbruik, de biodiversiteit, verzuring en eutrofiëring**. Hierover zijn echter minder studies beschikbaar. De overzichtsstudie van RA-Eng (2017) haalt aan dat er voor de productie van biobrandstoffen aanzienlijk meer water nodig is dan bij fossiele brandstoffen en dat de watervoetafdruk nog groter wordt als men rekening houdt met regionale waterschaarste, omdat de productie vaak plaatsvindt in landen met grotere waterschaarste. Ook zouden biobrandstoffen volgens een aantal studies leiden tot meer verzuring en eutrofiëring. De wijze waarop biobrandstoffen de biodiversiteit beïnvloeden is sterk afhankelijk van het type van grondstof, de productieschaal, de managementpraktijken en de veranderingen in het landgebruik. Deze biodiversiteitseffecten zijn echter moeilijk te meten en worden ook niet vaak meegenomen in LCA-studies. Ook leiden de productie en het gebruik van biobrandstoffen tot emissies van luchtpolluenten, zoals fijn stof, koolstofmonoxide, stikstofoxiden, en vluchtige organische samenstellingen.

Tot slot dient men rekening te houden met **bijkomende effecten op wereldniveau**. Indien geavanceerde biobrandstoffen en hernieuwbare elektriciteit doorgang vinden op Europees niveau, kan de daling van het gebruik van fossiele brandstoffen op Europees niveau leiden tot een minder grote daling op wereldniveau omwille van twee redenen. Ten eerste leidt een lagere Europese olieconsumptie tot **lagere olieprijsen** en daardoor een hogere consumptie in de rest van de wereld. Ten tweede bestaat er een gegeven voorraad van goedkope olie. Wanneer de eigenaars van die voorraad zich realiseren dat de toekomstige vraag en prijs lager zullen zijn, kunnen zij beslissen om een deel van hun voorraad vroeger op de markt te brengen. Daardoor zou de olieprijs verder dalen. Het verbruik en de koolstofemissies in de rest van de wereld zullen als gevolg daarvan stijgen en dit compenserende mechanisme kan een deel van de Europese inspanningen om het verbruik en de emissies te verminderen teniet doen. Dit mechanisme is gekend als de '**groene paradox**' (van der Ploeg & Withagen, 2012; Fischer & Salant, 2012; Aune et al., 2017; Gronwald et al., 2017).



4.2.11 Conclusies

Tabel 21 vat de algemene bevindingen samen voor het milieupotentieel van de innovaties en oplossingen uit de shortlist. Men kan een onderscheid maken tussen drie categorieën in de shortlist.

Ten eerste zijn er een aantal innovaties en oplossingen die **binnen een bepaald segment** van het mobiliteitssysteem een **gunstig milieueffect** kunnen hebben. Dit is het geval voor de eerste zes groepen van de shortlist. De wijze waarop deze gunstige effecten optreden verschilt tussen de zes groepen, en wordt telkens samengevat in de onderstaande tabel. Een belangrijke voorwaarde hierbij is wel dat er **extra transportbeleid** geïntroduceerd wordt om ongewenste reboundeffecten zoveel mogelijk onder controle te houden. Het extra beleid zou hierbij idealiter de transportgebruikers zoveel mogelijk confronteren met de maatschappelijke kosten van hun transportbeslissingen. Bij afwezigheid hiervan zullen de positieve effecten lager zijn en in bepaalde gevallen substantieel lager zijn (zoals bv. in het geval van e-werken).

De tweede categorie bestaat uit innovaties en oplossingen die een veel **groter milieupotentieel** kunnen hebben omdat zij op een groter deel van het mobiliteitssysteem kunnen inspelen. Dit is het geval voor de alternatieve aandrijftechnologieën en mogelijk ook voor de geavanceerde biobrandstoffen. Maar ook hier geldt een belangrijke voorwaarde, namelijk dat de **opwekking van de energie en de productie van de biobrandstoffen op een duurzame wijze** gebeurt. De mogelijkheden hiertoe in het Vlaamse energiesysteem komen meer in detail aan bod in de gelijklopende studie over het energiesysteem.

De derde categorie omvat de **autonome voertuigen**. De ontwikkelingen in dit domein kunnen potentieel een grote impact hebben op het mobiliteitssysteem. Het is echter **moeilijk om in dit stadium te beoordelen** wat het effect op de mobiliteitsvraag en de eraan gerelateerde milieueffecten zal zijn. Ook hier kan gewezen worden op de nood aan een goed beleidskader om een positief milieueffect te realiseren en eventuele reboundeffecten onder controle te houden, maar het is onzekerder of het beleid snel genoeg kan kunnen inspelen op de nieuwe context die door deze ontwikkelingen wordt gecreëerd.



Tabel 21: Overzicht milieupotentieel voor de shortlist van innovaties en oplossingen

Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Reboundeffecten zonder extra beleid?
Werken, leren en vergaderen op afstand				
Personenvervoer - Woon-werk - Woon-school - Zakelijk Dus relatief klein segment van mobiliteitssysteem (ongeveer 16,2 % van reizigerskm)	- Bij vervanging van gemotoriseerd transport - Hoogste potentieel indien dit ritten met auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstoffen of vliegtuig vervangt - Positief effect vermindert met verschoning voertuigenpark		Eerder laag	Waarschijnlijk sterke vermindering van direct effect via: - Energieverbruik thuis (dit vermindert als energie-efficiëntie van huizen verbetert) - Inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteed aan andere consumptie o.a. verplaatsingen - Locatie-effect: verder gaan wonen zodat totale verplaatsingstijd onveranderd blijft - Latente vraag: voorheen onzichtbare vraag wordt zichtbaar indien congestie vermindert - Meer en verdere zakelijke verplaatsingen door gemakkelijker virtuele/digitale contacten
Ritdelen				
Personenvervoer Verplaatsingen met auto voor alle motieven In deze studie potentieel voor woon-werkverkeer via de auto	Hoogste potentieel indien overstap van auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstoffen waarmee men alleen rijdt		Eerder laag	Via - Inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteed aan andere consumptie o.a. verplaatsingen - Latente vraag (bij sterke doorbraak op plaatsen en momenten met congestie)
Logistieke verbeteringen				
Goederenvervoer Laatste stadium in beslissingen over transport- en logistieke stromen (vele bepalende factoren zoals bv. locatie liggen hierbij vast)	- Via modale verschuiving, maar moeilijk realiseerbaar - Via hogere efficiëntie: vermindert groei km op weg, maar zorgt niet voor daling tonkm - Fysiek internet (voor stedelijke distributie) dat beladingsgraad en aantal optimaliseert maar nog in		Eerder laag voor bestaande oplossingen Hoog voor oplossingen in pril stadium	Lagere kost van goederenvervoer door betere efficiëntie → hogere vraag naar goederenvervoer

Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Reboundeffecten zonder extra beleid?
ontwikkeling				
(Elektrische) fietsen en lichte elektrische voertuigen (LEV)				
Personenvervoer	- Hogere energie-efficiëntie dan auto - Potentieel grootst bij overstap van auto met verbrandingsmotor op fossiele brandstoffen - Positieve impact op geluidshinder - Milieuwinst grootst indien elektriciteit duurzaam geproduceerd	Milieuwinst lager indien elektriciteit niet duurzaam geproduceerd	Eerder laag voor fiets Hoog voor LEV want in pril stadium	- Via latente vraag: voorheen onzichtbare vraag wordt zichtbaar indien congestie vermindert (indien sterke doorbraak op plaatsen en momenten met congestie) - Via inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteden aan andere consumptie o.a. verplaatsingen
Relatief korte verplaatsingen (tot 15 km) (79 % van verplaatsingen, maar slechts 24 % van afgelegde km)	- Positieve impact op geluidshinder - Milieuwinst grootst indien elektriciteit duurzaam geproduceerd			
Langere verplaatsingen indien in combinatie met openbaar vervoer	**nota: de maatschappelijke gezondheidswinsten zijn zeer groot, groter dan de milieuwinsten			
Voertuigdelen				
Personenvervoer	- Meer directe confrontatie met autokosten + vraagt meer organisatie van gebruiker → minder autokm - Right-sizing (geen gebruik van "te grote" voertuigen) → lagere milieu-impact/km - Voor- en natransport voor OV (OV aantrekkelijker) en dus lagere milieu-impact/km - Case voor voertuigen met alternatieve brandstof wordt aantrekkelijker - Jonger en dus schoner voertuigenpark - Efficiëntere voertuigen - Minder nood aan parkeerplaatsen	- Auto wordt een optie voor mensen die zich anders geen auto kunnen veroorloven - Auto kan in de plaats komen van fiets of OV - Km om voertuigen terug te brengen naar stelplaats	Hoog Gedragswijzigingen van frontrunners zijn mogelijk niet representatief voor gedrag van de doorsnee weggebruiker	- Via latente vraag (indien sterke doorbraak op plaatsen en momenten met congestie) - Via inkomenseffect: vrijgekomen inkomen besteed aan andere consumptie o.a. verplaatsingen (voertuigdelen zorgt voor goedkopere verplaatsingen)
Potentieel alle autoverplaatsingen				



Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Rebouneffecten zonder extra beleid?
Performante mobiliteitsdiensten of MaaS				
Personenvervoer Potentieel grote reikwijdte maar begrensd door beschikbare OV-capaciteit (vandaag minder dan 10 % reizigerskm via OV) In stedelijke context: Demand Responsive Transport	- Met bundeling van vervoersstromen in OV en lagere milieu-impact per km - Grootst bij overstap van conventionele auto op fossiele brandstof - Groter bij verdere verduurzaming OV - Groot bij Demand Responsive Transport in stedelijke context Zie ook deelmobiliteit	Indien overstap van OV naar deelmobiliteit Zie ook deelmobiliteit	Hoog	Meer verplaatsingen door aantrekkelijker mobiliteitsdiensten
Autonome voertuigen				
Personenvervoer Goederenvervoer Potentieel grote reikwijdte (alle voertuigen en verplaatsingen)	- Hogere energie-efficiëntie - Right-sizing -"te groot" voertuig vermijden en lagere milieu-impact/km (indien gedeelde voertuigen) - Case voor voertuigen met alternatieve technologie/brandstof wordt aantrekkelijker - Minder autokm o.w.v. hogere kostprijs - Minder parkeerplaatsen in de stad	- Meer km door rondrijden om andere passagiers op te pikken - Via locatiekeuze impact op ruimtegebruik en daardoor meer km - Meer parkeerplaatsen buiten de stad - Stopplaatsen nemen vrije ruimte in	Zeer hoog Technische mogelijkheden en kostenplaatje onzeker	- Indien autorijden comfortabeler en lagere tijdskosten, parkeerkosten, verzekeringskosten → Meer autokm - Via locatiekeuze (verder wonen van bestemmingen wegens lagere tijdskost)
Elektrische voertuigen met batterij en waterstof-brandstofcel				
Personenvervoer Goederenvervoer Dus potentieel grote reikwijdte (nagenoeg alle voertuigen en verplaatsingen)	- Broeikasgassen: Indien elektriciteit/waterstof duurzaam geproduceerd - Geen lokale pollutie (van uitlaatgassen) wel niet-uitlaatmissies - Positieve impact op geluidshinder - Versterkt case voor hernieuwbare elektriciteit - Milieuwinst daalt als conventionele voertuigen schoner worden	- Indien elektriciteit/waterstof niet duurzaam geproduceerd - Meer energie-intensieve productie van voertuigen	Hoog tot zeer hoog Kostenplaatje nog onzeker Technische mogelijkheden onzeker (vooral voor waterstof-brandstofcel)	Indien hogere kost per km → daling km en vice versa Groene paradox bij duurzame elektriciteit: dalende vraag naar fossiele brandstof maakt deze goedkoper



Reikwijdte	Positieve milieueffecten	Negatieve milieueffecten	Onzekerheid	Reboundeffecten zonder extra beleid?
Geavanceerde biobrandstoffen				
Personenvervoer Goederenvervoer Dus potentieel grote reikwijdte (nagenoeg alle voertuigen en verplaatsingen)	- Afhankelijk van grondstof en productietechnologie - Effect op broeikasgasemissies zonder verandering in landgebruik zou eerder positief zijn voor 2 ^{de} generatie maar negatief voor 3 ^{de} generatie - Effect op broeikasgasemissies rekening houdend met verandering in landgebruik is positief in bepaalde gevallen	- Effect op broeikasgas-emissies zonder verandering in landgebruik is negatief voor 3 ^{de} generatie (huidige stand van zaken) - Effect op broeikasgas-emissies rekening houdend met verandering in landgebruik is negatief in bepaalde gevallen	Hoog tot zeer hoog	- Via effect op kosten per km Indien lagere vraag naar fossiele brandstoffen → lagere prijs → stijging vraag - Door 'groene paradox'



5 OVERIGE EFFECTEN

Dit hoofdstuk gaat in op andere mogelijke effecten van de tien oplossingsgroepen. Deel 5.1 behandelt de gevolgen op congestie en verkeersveiligheid en andere gevolgen voor de transportgebruikers of infrastructuurbeheerders, terwijl Deel 5.2 de bredere maatschappelijke effecten bespreekt.

5.1 Gevolgen voor de congestie en verkeersveiligheid en andere gevolgen voor de transportgebruikers of infrastructuurbeheerders

De tien oplossingsgroepen die opgelijst staan in Tabel 2 werden in eerste instantie gekozen en geanalyseerd in functie van hun milieupotentieel. Dit deel van het rapport gaat na of zij ook gevolgen kunnen hebben voor de congestie en verkeersveiligheid of andere gevolgen voor de transportgebruikers of infrastructuurbeheerders. Eerst wordt er ingegaan op de kosten die verbonden zijn aan congestie en verkeersongevallen. Vervolgens worden enkele andere mogelijke gevolgen uitgelicht die naar boven zijn gekomen in het literatuuroverzicht en de raadpleging van de experts.

5.1.1 Congestie

Een aantal oplossingen en innovaties die opgelijst zijn in Tabel 2 kunnen **in eerste instantie leiden tot lagere congestiekosten:**

- Een verdere toename van **e-werken** door werknemers die oorspronkelijk met de auto naar het werk reed kan de congestie verminderen omdat de grootste werkgelegenheid zich concentreert in en rond steden waar ook congestie het hoogst is.
- Een positief effect op congestie en ongevallen kan ook optreden indien **ritdelen** op voldoende grote schaal wordt toegepast tijdens de spitsuren en vooral wordt gebruikt door mensen die anders alleen in hun auto zouden rijden.
- Indien een efficiëntere **logistieke organisatie** effectief tot minder ritten leidt, zal dit in eerste orde ook tot een vermindering van de congestie leiden.
- **Deelauto's** kunnen in bepaalde gevallen ervoor zorgen dat er minder met de auto gereden wordt. De factoren die daarbij een rol spelen, worden hierboven besproken.
- Er kan een positief effect optreden indien voldoende automobilisten overstappen naar de (elektrische) **fiets of LEV's**, of gebruik maken van performant collectief vervoer.

Wel moet men er in al deze gevallen rekening mee houden dat er bij gebrek aan adequate beprijzing van het wegverkeer een **niet onbelangrijk reboundeffect** zal optreden. Dit komt doordat lagere congestie nieuwe automobilisten aantrekt die eerder waren afgeschrikt door de files. Daardoor kan men verwachten dat een deel van het initiële effect op de congestie in het autoverkeer zal verdwijnen. Hier kan het beleidskader een belangrijke rol spelen om het belang van de reboundeffecten te verminderen.

In het geval van **autonome voertuigen** is de impact op doorstroming en filevorming onzeker. Afhankelijk van het aandeel van volledig automatische versus niet- of semi-automatische voertuigen kan er een positief effect zijn op de doorstroming (bij een gegeven aantal voertuigen). In dat geval kan de hogere snelheid, samen met het hogere rijcomfort van de autonome voertuigen leiden tot een stijging van het aantal voertuigen omdat rijden goedkoper en aangenamer wordt. Het netto-effect op de files en doorstroming is daardoor onzeker (Anderson et al., 2014; Maerivoet, 2015).

Doordat het rijcomfort van de automobilist toeneemt en men zich bij een hoge mate van autonomie met andere zaken kan bezig houden dan de auto besturen, kunnen mensen het minder erg vinden om in de file te staan. Dit vermindert de negatieve gevolgen van de eventuele langere files die door autonome voertuigen zouden ontstaan.

De drie laatste oplossingsgroepen uit Tabel 2 (BEV's, FCEV's en geavanceerde biobrandstoffen) zullen de congestiekosten eerder **indirect beïnvloeden** doordat zij een effect hebben op de gegeneraliseerde kosten van verplaatsingen en afgelegde km. Indien deze dalen, zal de vraag naar verplaatsingen en km toenemen en zal de congestie *ceteris paribus* toenemen, en omgekeerd bij een stijging van de gegeneraliseerde kost.

5.1.2 Verkeersveiligheid

In het algemeen kan men stellen dat voor zover de oplossingsgroepen een impact hebben op **de totale transportvraag en de modale verdeling** (rekening houdend met reboundeffecten), zij ook een effect zullen hebben op de verkeersveiligheid. Het effect zal afhangen van de relatieve ongevalsrisico's van de verschillende modi. Zo zal in het geval van performante mobiliteitsdiensten bv. de grootste winst in verkeersveiligheid worden bekomen bij een overstap van actieve modi en motorrijders naar openbaar vervoer of andere gedeelde mobiliteitsdiensten.

Een specifieke opmerking dient gemaakt te worden in het geval van **(elektrische) fietsen**. Het idee bestaat dat meer (elektrische) fietsers voor extra verkeersslachtoffers zullen zorgen. De realiteit is echter genuanceerder. In een stedelijke context lijkt het aantal dodelijke slachtoffers te verminderen indien het aantal fietsers stijgt. Het aantal gewonden lijkt te stijgen. Dit bevestigde een studie voor Brussel (Van Zebroek, 2014). Ook Schepers & Heinen (2013) vonden gelijkaardige resultaten in een studie in Nederland. De reden is dat een deel van de nieuwe fietsers voorheen voetgangers en gebruikers van gemotoriseerde tweewielers waren. De ongevalsstatistiek van deze categorieën weggebruikers zijn nog slechter dan deze van fietsers. Dit betekent dat een overstap van deze categorieën naar de fiets leidt tot een vermindering van het totaal aantal verkeersdoden. Het aantal verkeersgewonden zal wel toenemen. Om het aantal verkeersongevallen onder fietsers te laten dalen is het absoluut belangrijk de fietsinfrastructuur te verbeteren, maar ook de snelheid van het gemotoriseerd verkeer te doen dalen.

Elektrische voertuigen kunnen een effect hebben op de verkeersveiligheid omdat zij bij lage snelheid quasi geruisloos rijden, waardoor hun aanwezigheid niet wordt opgemerkt door voetgangers en fietsers.

Wat betreft de **autonome voertuigen** wordt er verwacht dat een hoge mate van autonomie de verkeersveiligheid kan verbeteren. Hierdoor zouden ook de niet-structurele files die veroorzaakt worden door ongevallen kunnen afnemen. De gunstige effecten zullen echter afhangen van de mix tussen autonome en niet of semi-autonome voertuigen en ook van het niveau van autonomie. Zo kan niveau drie, waarbij de voertuigen in bepaalde omstandigheden nog de tussenkomst van de bestuurder invoeren, specifieke risico's stellen indien de bestuurders niet aandachtig genoeg blijven tijdens het rijden.



5.1.3 Andere gevolgen voor de transportgebruikers en infrastructuurbeheerders

Naast de effecten op congestie en verkeersveiligheid, werden ook de volgende effecten voor het mobiliteitssysteem naar voren gebracht in de literatuurstudie:

- Bij ritten onder automobilisten kunnen de **financiële voordelen** groot zijn omdat de ritkosten gedeeld worden onder elkaar. Daarnaast kunnen er ook fiscale voordelen zijn. Mensen geven ook aan dat de mogelijkheid om een ‘dutje’ te doen in de auto een pluspunt kan zijn (Robbins et al., 2015).
- Comfortabel openbaar vervoer dat deel uitmaakt van de performante mobiliteitsdiensten kan ervoor zorgen dat de **reistijd minder noodzakelijk als verliestijd** wordt gezien. Het laat immers toe om ook andere zaken te doen zoals lezen, werken, breien, sociale media te volgen, gamen ... Dit is een bijkomende baat voor de OV-gebruikers.
- Autonome voertuigen kunnen de **mobilititeit verbeteren van personen die beperkt zijn in hun (auto)mobilititeit**, zoals ouderen, mensen met een beperking of mensen zonder rijbewijs.
- Dankzij het promoten van fietsen en e-fietsen in combinatie met het openbaar vervoer wordt het **openbaar vervoer aantrekkelijker** en zal het een groter marktaandeel kunnen halen. Een studie van CPB & PBL geeft aan dat het financieel meestal efficiënter is om in te zetten op verbeterde fiets-OV-combinaties dan in het verbeteren van het openbaar vervoer zelf (CPB & PBL, 2016b). Hiermee bedoelt men dat een uitgegeven euro in het aantrekkelijk maken van de fiets-OV combinatie meer extra reizigers kan aantrekken dan een uitgegeven euro in extra OV-infrastructuur.
- Bij een grote overstap naar lichte elektrische voertuigen kunnen de **dimensies van weginfrastructuur gevoelig naar beneden worden herzien**. LEV's nemen slechts 25 % tot 50 % van de plaats van een conventioneel voertuig in. Ze zijn bovendien lichter, van enkele tientallen kilo's tot enkele honderden kilo's terwijl een conventioneel voertuig tussen 1 en 2 ton weegt. Het is wel zo dat een groot deel van de weginfrastructuur zal gedimensioneerd moeten blijven op het zwaar vervoer dat voor het overgrote deel van de slijtage van de wegen verantwoordelijk is. De winst op wegonderhoud zal dus beperkt blijven.
- Een belangrijk maatschappelijk voordeel van fietsen is het **gezondheidsvoordeel** dankzij de beweging die het oplevert. Mensen bewegen vandaag de dag steeds minder terwijl fysieke activiteit het beste preventief geneesmiddel is dat er bestaat. Mensen met regelmatige fysieke activiteit leven beduidend langer dan mensen die geen regelmatige fysieke activiteit beoefenen. De Wereldgezondheidsorganisatie (WHO) raadt aan om dagelijks een half uurtje matig intensief te sporten. Het effect op de gezondheid is het grootst voor beginnende fietsers. Dit zijn mensen die van geen fysieke activiteit naar een beetje fysieke activiteit gaan. Het marginaal nut van extra activiteit daalt naarmate men meer beweegt en fitter is (Mac Donald, 2007). Het effect op gezondheid van fietsen kan opgesplitst worden in volgende elementen:
 - een betere gezondheid voor de fietser onder de vorm van vermeden vervroegde sterfte en/of verhoging van de levenskwaliteit;
 - besparingen in de gezondheidszorg;
 - een stijging van de productiviteit door minder afwezigheid door ziekte.

Schepers & Wijnen (2015) uiten op basis van literatuur een sterk vermoeden dat elektrisch fietsen zeer waarschijnlijk vergelijkbare positieve gezondheidsbaten heeft als gewoon fietsen. Ze berekenden de waarde van een gefietste kilometer op verschillende manieren en komen tot een waarde tussen 1,29 euro/km en 0,28 euro/km. De lage schatting is vermoedelijk een onderschatting omdat deze enkel rekening houdt met vermeden sterfte en niet met vermeden ziektes en verbeterde levenskwaliteit. Het hoogste cijfer is vermoedelijk een overschatting omdat de waarde van een mensenleven hoog wordt

Centralisatie van data levert grote schaalvoordelen op voor het verzamelen en verwerken ervan. Door meta-analyses uit te voeren op deze data, kunnen persoonlijkheidsprofielen en andere kenmerken van personen met vrij grote nauwkeurigheid worden bepaald. Zo commercialiseert het Brits bedrijf Cambridge Analytica software om persoonlijkheidskenmerken van mensen af te leiden uit metadata beschikbaar via hun 'digitaal' gedrag. Dit soort data werd gebruikt om de verkiezingsboodschappen zeer specifiek aan te passen aan het kiespubliek tijdens de campagne van Trump tijdens de Amerikaanse verkiezingen (De Morgen 10-05-2017).

De toevoeging en betere organisatie van de overvloed aan mobiliteitsdata aan alle reeds bestaande data maakt het **bepalen van individuele profielen en kenmerken nog makkelijker**. Via mobiliteitsdata is het bijvoorbeeld mogelijk eet- en uitgaansvoorkeuren, een favoriet café, de frequentie van je cafébezoek, een favoriete voetbalclub, het vriendennetwerk, de favoriete vrijetijdsbesteding, enz. te kennen, maar ook bijvoorbeeld dokters- en ziekenhuisbezoeken, bezoeken aan psycholoog, enz. Dit alles kan belangrijke **privacy problemen** veroorzaken.

Daarnaast is het ook zo dat normen en waarden evolueren. Het is niet omdat bepaald gedrag of meningen vandaag aanvaardbaar zijn dat het dat morgen ook nog zal zijn. Het begrip 'afwijkende mening' evolueert en ook overheden evolueren in hun aanpak van 'afwijkende meningen'. Het is dus mogelijk dat het vandaag lijkt alsof bepaalde informatie niet gevoelig ligt en algemeen aanvaard wordt maar dat dat niet meer het geval is binnen tien jaar.

5.2.3 Marktmacht van aanbieders van mobiliteitsdiensten

In de logistieke sector is er een tendens van een evolutie naar monopolies en oligopolies. Hoe groter het bedrijf, hoe efficiënter vraag en aanbod met elkaar in overeenstemming kan worden gebracht, of met andere woorden, hoe efficiënter het stromen kan bundelen. Monopolies en oligopolies vormen steeds een bedreiging voor het goed functioneren van de economie. Op langere termijn houden monopolies het gevaar in dat er inefficiënties optreden.

Deze problematiek kan ook optreden indien een privé-speler een monopoliepositie kan verwerven als mobiliteitsintegrator voor het personenvervoer. Hij kan vervoersaanbieders onder druk zetten om bepaalde diensten beter of slechter te verzorgen afhankelijk van de marges die de integrator kan realiseren. Het zal belangrijk zijn een gepast kader te voorzien om negatieve gevolgen van monopolies te voorkomen of beperken.

5.2.4 Bredere economische gevolgen

Een **doorbraak van nieuwe technologieën kan belangrijke gevolgen hebben voor de economie**. Deze zijn echter moeilijk in te schatten en zeer onzeker. Bijvoorbeeld indien zelfrijdende voertuigen voor het goederenvervoer een realiteit worden, dan zal dit een impact hebben op de werkgelegenheid in die sectoren. Maar anderzijds kan het systeem ook nieuwe werkgelegenheid creëren doordat het vervoer efficiënter wordt. Er kunnen ook jobs ontstaan bij de productie en ontwikkeling van de voertuigen en systeemelementen zoals sensoren, de ontwikkeling en verfijning van de software, bij bedrijven die geoptimaliseerde reisdiensten aanbieden, enz. (Tillema et al., 2015). De omschakeling naar deze nieuwe activiteiten kan voor bepaalde groepen mensen gepaard gaan met problemen omdat hun kwalificaties niet meer overeenkomen met de gevraagde kwalificaties. Voor andere groepen kan het extra opportuniteiten



scheppen. Dergelijke overwegingen zullen ook spelen bij andere technologieën die nog volop in ontwikkeling zijn zoals BEV's, FCEV's of geavanceerde biobrandstoffen.

Er zullen **nieuwe spelers** intreden in de mobiliteitsmarkt. In het geval van autonome voertuigen is een mogelijke ontwikkeling dat sterke merken (Porsche, BMW, Mercedes ...) er minder toe doen. In dat geval zouden de voertuigen geen sterk merk meer hoeven, net zoals bij de trein of het vliegtuig vandaag, maar kunnen de merken eerder geassocieerd worden met de dienstverlening die geboden wordt.

Men kan daarnaast verwachten dat verbeteringen in de logistieke processen een impact hebben op de locatiekeuze van bedrijven omdat zij de relatieve transportkosten beïnvloeden.

Verbeteringen in de toepassingen voor e-werken kunnen een **positieve invloed hebben op de arbeidsmarkt** omdat het de matching van aanbod en vraag op de arbeidsmarkt kan verbeteren. Als de afstand er minder toe doet omdat men een aantal dagen vanop afstand kan werken, kunnen mensen op verdere locaties zoeken naar een meer aantrekkelijke job en is het gemakkelijker voor werkgevers om goede mensen aan te werven.

De productie van BEV's vereist belangrijke hoeveelheden relatief **zeldzame materialen** (zo bevatten de batterijen onder meer lithium, kobalt, nikkel en grafiet). Op dit vlak bieden FCEV's mogelijk een voordeel omdat er voor de productie van een brandstofcel minder zeldzame materialen nodig zijn dan voor het maken van een typische EV-batterij. Helemaal vrij zijn ze er echter niet van, en zeker qua kostprijs vormt het benodigde platina een struikelblok.

5.2.5 Onwenselijke sociale en milieueffecten van de ontginning van de gebruikte grondstoffen

Zoals eerder aangegeven, vereisen BEV's en in mindere mate FCEV's het gebruik van relatief zeldzame materialen. De **ontginning van die materialen** kan soms **onwenselijke sociale of milieueffecten** hebben (denk aan lekken van het afvalwater van mijnbouwoperaties die het grondwater in de buurt contamineren). Ook in het geval van de grondstoffen voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen zijn er naast milieurisico's ook sociale risico's aan verbonden. De sociale duurzaamheid bestrijkt aspecten zoals voedselzekerheid, energiezekerheid, plattelandsontwikkeling, werkgelegenheid, werkomstandigheden, grondrechten, luchtkwaliteit en effecten op de menselijke gezondheid, enz. (RA-Eng, 2017). IRENA (2016) wijst hiervoor op de nood aan robuuste standaarden en certificeringssystemen voor sociale duurzaamheid³⁵, én een duidelijke en transparante communicatie over de manier waarop de grondstoffen worden ontgonnen.

5.2.6 Maatschappelijke discussie over de gezondheidsimpact van straling

Er bestaat onduidelijkheid over de mogelijke gezondheidsschade van steeds sterkere communicatienetwerken. De discussie flakkert regelmatig op, zeker nu 5G netwerken worden ingevoerd. Indien er reële negatieve gezondheidseffecten zijn zoals door sommige wetenschappers wordt gesteld is dat een belangrijk maatschappelijk nadeel van communicatietechnologie. Dit nadeel is zeker niet uitsluitend gelinkt aan mobiliteitstoepassingen. (De Morgen, 13 september 2017; VRT, 14-9-2017).

³⁵ Voorbeelden van vrijwillige standaarden die met sociale aspecten rekening houden, zijn: Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB) (<http://rsb.org/the-rsb-standard/about-the-rsb-standard/>) of International Sustainability and Carbon Certification System (ISCC) (<https://www.iscc-system.org/about/objectives/>).

6 BARRIÈRES EN HEFBOMEN VOOR OPLOSSINGEN EN INNOVATIES

6.1 Inleiding

Dit hoofdstuk brengt voor de tien oplossingsgroepen uit de shortlist (Tabel 2) de belangrijkste barrières en mogelijkheden of hefboomen in kaart. We bouwen voort op het literatuuroverzicht (zie ook Bijlage 4) en op informatie verkregen via de raadpleging van de experts, zowel via de interviews als de expertworkshop.

Drie van de tien oplossingsgroepen zijn geselecteerd voor een diepte-analyse, namelijk:

- (Elektrische) fietsen en nieuwe lichte voertuigen
- Deelmobiliteit (voertuigdelen)
- Elektrische voertuigen met batterij (BEV)

De selectie van de drie cases uit de tien oplossingsgroepen van Deel 3.5 gebeurde in een interne brainstormsessie van het team van onderzoekers, op basis van de volgende criteria:

- Elk van de drie oplossingsrichtingen moest vertegenwoordigd zijn (Verbeteren, Verschuiven, Vermijden);
- Milieupotentieel in theorie;
- Milieupotentieel, rekening houdend met de kans dat de oplossingsgroep in kwestie op grote schaal zal doorbreken;
- Haalbaarheid van toepassing van het TEMIS-kader (zie Deel 6.2);
- Systeemveranderend potentieel op lange termijn;
- De mate waarin de oplossingsgroep in kwestie werd aanbevolen in de expertinterviews.

De selectie van drie oplossingsgroepen die gevalideerd werd door de begeleidingsgroep van de studie, werd vervolgens voorgelegd aan een groep experts die ons via een workshop meer diepgaande inzichten hebben verschaft. De diepte-analyse gebeurt op basis van de methodologie van het 'TEMIS-kader', dat wordt uitgelegd in Deel 6.2. De resultaten van de diepteanalyse zijn opgenomen in Deel 6.3.

Deel 6.4 bevat de analyse van de hefboomen en barrières voor de zeven overige oplossingsgroepen uit de shortlist. Dit deel is gebaseerd op de literatuur en de veertien expertinterviews, maar niet op de expertworkshop, omdat die zeven oplossingen daar niet afzonderlijk aan bod gekomen zijn. In de subtitels geven we telkens weer onder welk type(s) van oplossingsrichting(en) de oplossingsgroep valt: Vermijden, Verschuiven of Verbeteren. Voorts geven we voor elke hefboom of barrière ook weer of die van technologische dan wel van maatschappelijke aard is. Dit onderscheid komt voort uit de TEMIS-methodologie (zie Deel 6.2).

Tijdens de verschillende stappen van het onderzoek is duidelijk geworden dat veel hefboomen en barrières terugkomen in meerdere cases. Daarom geven we in Deel 6.5 een overzicht van de algemene barrières en hefboomen voor een transitie naar een duurzaam mobiliteitssysteem.



een vernieuwende praktijk, institutie, beleidsactie of cultuur zijn. Een ‘entrepreneur’ kan dan een persoon of een organisatie zijn die een trend zet met een dergelijke nieuwe activiteit. Sommige van die vernieuwingen zullen ‘doorbreken’ en opschalen, terwijl andere een stille dood zullen sterven.

Kennisontwikkeling

Originele invulling:

Bij de cyclus van een innovatie speelt nieuwe kennis, en dus ook leren, een belangrijke rol. De termen ‘learning by searching’ en ‘learning by doing’ worden door Suurs & Hekkert (2005) vooral gebruikt in termen van onderzoek en ontwikkeling (O&O) in bedrijven.

Uitbreiding:

In ons onderzoek zullen de termen ‘learning by searching’ en ‘learning by doing’ breder worden gezien. Niet alleen technologisch onderzoek, maar ook kennis opgedaan door burgers, bedrijven en civiele maatschappij kunnen worden omgezet in maatschappelijke innovaties.

Kennisdiffusie in netwerken

Originele invulling:

Een flexibele uitwisseling van informatie staat centraal in het TIS. Kennisnetwerken worden vooral gezien als onderzoekers uit bedrijven die in contact komen met overheden en marktpartijen. Van de overheid wordt verwacht dat ze innovatie mee faciliteert en helpt om barrières te overwinnen.

Uitbreiding:

Kennisnetwerken zijn even relevant voor maatschappelijk innovaties als voor technologische innovaties. Ook initiatieven van burgers of organisaties m.b.t. nieuwe praktijken kunnen hebben een sterke nood aan een netwerkaanpak. De initiatiefnemers dienen in dialoog te gaan met overheden en andere actoren om kennisuitwisseling in verschillende richtingen te realiseren.

Richting geven aan het zoekproces

Originele invulling:

Bij onderzoek naar technologische vernieuwing wordt veel geëxperimenteerd en worden vele opties onderzocht. Op een bepaald moment zal de strategie moeten verschuiven van een groot aantal ‘potentiële innovaties’ naar een klein aantal ‘beloftevolle innovaties’. Er moet een selectie worden gemaakt, waarbij veel perspectieven en criteria relevant zijn; de maatschappelijke meerwaarde is hierbij het belangrijkste.

Uitbreiding:

Op dit punt loopt het ‘klassieke TIS’ grotendeels gelijk met het ‘uitgebreide TIS’. Ook bij maatschappelijke innovaties moet op een bepaald moment een keuze worden gemaakt voor de belangrijkste innovaties en die met de grootste kans op opschaling. Dit betekent ook een stopzetten van een aantal andere, niet geselecteerde, experimenten.



Creëren van markten

Originele invulling:

Het is erg moeilijk voor nieuwe technologieën om een plaats te veroveren op een markt die gedomineerd is door bestaande technologieën die sterk zijn ingebed in het technologisch, institutioneel en juridisch weefsel, in het 'regime' dus. Daarom moeten er 'beschermde markten' worden gecreëerd.

Uitbreiding:

Ook nieuwe praktijken en culturen moeten opboksen tegen vooroordelen, praktijken die door de wet bevoordeeld worden en tegen het feit dat 'onbekend ook onbemind' is. Regelluwe zones en proeftuinen kunnen daarbij een belangrijke rol spelen.

Mobiliseren van middelen

Originele invulling:

Het inzetten van mensen en middelen is belangrijk voor de volledige ontwikkeling en doorbraak van nieuwe technologieën. Hiervoor dienen middelen te worden gemobiliseerd, die afkomstig kunnen zijn van verschillende bronnen, zoals bedrijven, overheden en investeerders.

Uitbreiding:

Sommige nieuwe praktijken en culturen kunnen ook nood hebben aan veel middelen, maar wellicht is dit een minder cruciaal element in veel niet-technologische innovatiesystemen. En uiteraard zijn voor sommige nieuwe praktijken ook eerst investeringen nodig om ze te kunnen realiseren. Bijvoorbeeld: vooraleer mensen massaal kunnen overschakelen van privé-vervoermiddelen naar gedeelde fietsen en auto's, dient eerst voldoende te worden geïnvesteerd in materiaal (auto's en fietsen) en apps en software.

Creëren van legitimiteit / creatieve destructie

Originele invulling:

De opkomst van nieuwe technologie leidt vaak tot weerstand in het regime. Daarom moeten er tegenkrachten gemobiliseerd en gebundeld worden die sterker zijn dan de regimeweerstand. Coalities van actoren met gedeelde belangen zijn hierbij belangrijk. Tegelijk moeten vaak bestaande technologieën worden afgebouwd, wat soms 'creatieve destructie' wordt genoemd; ook dat wekt meestal weerstand op uit het regime.

Uitbreiding:

Verandering van praktijken en culturen wekt meestal nog meer weerstand op dan verandering van technologie. Attitudes en praktische keuzes van burgers en consumenten veranderen meestal maar heel traag, wat een probleem is voor duurzaamheidstransities. Daarom zijn er vaak externe impulsen nodig om het gedrag van mensen te veranderen, meestal in de vorm van beleid. Positief of aanmoedigend beleid, zoals subsidies en sensibilisatie, genieten meestal veel publieke steun, maar negatief beleid in de vorm van belastingen of verboden wekken haast altijd weerstand op. Enkele voorbeelden: de lage-emissiezone in Antwerpen (2017), het rekeningrijden voor personenwagens (nog niet ingevoerd, maar in de experimentele fase al een Facebook-enquête tegen deze maatregel met 170.000 handtekeningen) en het nieuwe circulatieplan van de stad Gent (2017). Helaas worden positieve beleidsinstrumenten gekenmerkt door een lagere



effectiviteit dan negatieve (Bachus, 2017). Hierdoor is het onvermijdelijk om ook aan ‘creatieve destructie’ te doen, en de niet-duurzame praktijken te ontmoedigen. Daarvoor is het dan wel belangrijk dat er alternatieven bestaan, zodat de consument de switch kan maken naar een andere, meer duurzame praktijk.

6.2.3 Drie vormen van falen

Het originele TIS-kader uit 2005 stelt dat technologische innovatiesystemen niet optimaal functioneren omwille van het bestaan van twee vormen van falen. Ten eerste onderinvesteren bedrijven in onderzoek en ontwikkeling, omwille van het bestaan van ‘positieve externaliteiten’ of spill-overs. Dit betekent dat investeringen in onderzoek door een bedrijf niet alleen ten goede komen aan dat bedrijf, maar ook aan andere bedrijven, waardoor bedrijven terughoudend zijn. Dit noemen we *marktfalen*, omdat de markt niet in staat is om een correcte vergoeding te verzekeren voor wie investeert in O&O. Ten tweede meldt het TIS-kader het bestaan van *systeemfalen*, wat inhoudt dat sommige belangrijke actoren in een innovatiesysteem soms afwezig blijven, of dat er onvoldoende interactie is tussen die actoren, zoals bedrijven, nationale, regionale en lokale overheden, universiteiten en civiele maatschappijactoren.

In hun recente uitbreiding van het TIS-kader, voegen Frenken & Hekkert (2017) een derde vorm van falen toe, namelijk *transformatiefalen*. Ze argumenteren dat beleid dat enkel gericht is op het aanpakken van markt- en systeemfalen, niet zal leiden tot het oplossen van grote maatschappelijk uitdagingen. Ze vertrekken van de vaststelling dat de mens in staat is om een man naar de maan te sturen, maar blijkbaar niet om maatschappelijke problemen op te lossen. Een ruimtevaarder op de maan laten landen is een probleem dat weliswaar technologisch complex is, maar waarvoor het volstaat om een technologisch traject uit te tekenen om het probleem op te lossen. Dit soort problemen noemen Frenken & Hekkert *maanproblemen*. Anders is het gesteld met de zogenaamde *getto-problemen*: die zijn maatschappelijk gezien veel complexer, omdat ze veel verschillende dimensies hebben (bv. armoede, criminaliteit, gezondheid, discriminatie, enz.), maar ook omdat ze normatief complex zijn. Daarom is het niet mogelijk om voor deze problemen een technologische oplossing te vinden. Deze grote maatschappelijke uitdagingen, zoals armoede, klimaatverandering, obesitas, terrorisme, enz., kunnen alleen worden aangepakt door middel van een heel pakket aan strategieën en maatregelen, waarbij het vaak niet duidelijk is welke oplossingenmix tot een goed resultaat zal leiden en welke niet.

Transformatiefalen kan verder worden geoperationaliseerd aan de hand van vijf concepten, namelijk gebrek aan richtinggevende visie, gebrekkige vraagarticulatie, gebrekkige beleidscoördinatie, gebrek aan reflexiviteit en leervermogen en gebrek aan urgentie. Dit conceptueel kader zal worden toegepast op de drie cases van oplossingsrichtingen in Deel 6.3.

6.3 Hefbomen en barrières voor de drie casestudies

In dit deel stellen we de analyse voor van de hefbomen en barrières van de drie case-oplossingsgroepen. Voor elke case behandelen we telkens drie onderdelen:

1. Overzicht van de belangrijkste barrières en hefbomen: op basis van de informatie uit de literatuur, de expertinterviews en de expertworkshop.
2. Analyse van de hefbomen en barrières op basis van de zeven ‘sleutelprocessen’ of functies uit het TEMIS-model.
3. Analyse van de hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model.

6.3.1 Case 1: (Elektrische) fietsen en nieuwe lichte voertuigen (Verschuiven)

Fietsen, elektrische fietsen en lichte elektrische voertuigen (LEV's) zijn vooral van belang voor korte trips. Voor de fiets is dat vooral minder dan vijf kilometer, of ook 'de eerste of laatste kilometers' in combinatie met openbaar vervoer. Deze korte reikwijdte kan beschouwd worden als een limiet van de fiets, maar precies de alternatieven van de elektrische fiets en de elektrische lichte voertuigen kunnen deze actieradius gevoelig vergroten.

Barrières

Infrastructuur

De infrastructuur om (e-)fietsen en het gebruik van LEV's veilig en gebruiksvriendelijk te maken is nog onvoldoende aanwezig. Dit betekent dat de nodige investeringen in infrastructuur moeten gebeuren en dat daar een aanzienlijk budget tegenover zal staan. De verdere uitbouw van de fietssnelwegen is goedkoper dan nieuwe autowegen, want deze snelwegen hoeven niet zo breed te zijn en geen zware lasten te kunnen dragen. Naast rij-infrastructuur is ook laad- en parkinginfrastructuur belangrijk.

De auto als statussymbool

Gedrag van mensen is moeilijk aan te passen. Een wagen van een bepaalde grootte en stijl is voor sommige mensen ook een uitdrukking van status. Als een voertuig meer is dan alleen maar een hulpmiddel om zich vlot te verplaatsen, dan is het waarschijnlijk dat lichtere en kleinere voertuigen niet zomaar door iedereen aanvaard zullen worden.

Ruimtelijke planning

Een andere ruimtelijke ordening, die meer prioriteit geeft aan deze mobiliteitsoplossingen zou het mogelijk maken om de woon-werkafstanden kleiner te maken, waardoor de fiets, de elektrische fiets en het LEV meer haalbare alternatieven zouden worden. Hiervoor is een regulerende overheid nodig die een multi-modale integratie en samenwerking bevordert via het opzetten van een goede keuze-infrastructuur zodat de auto minder evident wordt t.o.v. de fiets. Ook moet de overheid innovatie stimuleren zodat op termijn ook de private sector (meer) initiatief neemt.

Prijs van een elektrische fiets

De prijs van een elektrische fiets kan gezien worden als een barrière als hij vergeleken wordt met een gewone fiets. Als men de elektrische fiets of het LEV echter zo vaak gebruikt dat ze de eigen auto vervangen, dan kan de prijs van de elektrische fiets of het LEV in een ander daglicht gezien worden.

Fietscultuur

In streken waar fietsen minder deel uitmaakt van de cultuur is het moeilijker mensen op de fiets te krijgen. Zowel topografie (plat of heuvelachtig) als klimaat- en weersomstandigheden (veel sneeuw of regen) kunnen hierbij extra barrières zijn.

Energietransitie

Voor al het vervoer met elektrische aandrijving maken we de opmerking dat het belangrijk is dat de elektriciteit zoveel mogelijk op hernieuwbare wijze wordt opgewekt. Voor deze case is de impact van de parameter wel veel kleiner dan voor de derde case over elektrische wagens. Tot slot houdt men ook best rekening met de (globale) milieu-impact van de productie van de batterijen.



Hefbomen

Gezondheid en milieukwaliteit

Het gebruik van fietsen, elektrische fietsen en nieuwe lichte voertuigen verbetert de lokale milieukwaliteit en de gezondheid van de burgers, en dit zeker in de stad. In combinatie met het stijgende bewustzijn rond het belang van bewegen voor de gezondheid en de gezondheidsimpact van luchtvervuiling, zit (elektrisch) fietsen in Vlaanderen in de lift. Het gezondheidsvoordeel geldt niet voor de LEV's, tenzij er naast de elektrische ook trapaandrijving voorzien is.

Imago van fietsen

Fietsen had in Vlaanderen al een positief imago voor recreatie, en krijgt dat nu ook meer en meer als vervoersmodus. De doorbraak van de elektrische fiets heeft nog voor een bijkomende impuls gezorgd. Voor de LEV kunnen we tot op heden niet van een doorbraak spreken, hun gebruik is nog zeer beperkt.

Flexibiliteit

Een andere troef voor deze vervoersmiddelen is dat hun flexibiliteit minstens even groot is als deze van de auto, wat vaak niet het geval is bij het openbaar vervoer. Een (elektrische) fiets of LEV gebruikt men van de vertrekplaats tot de aankomstplaats.

De prijs van LEV t.o.v. auto's

LEV bevatten veel minder materiaal en kunnen daardoor goedkoper worden geproduceerd. In een eerste fase zal het prijsvoordeel beperkt zijn aangezien het produceren van voertuigen in kleine hoeveelheden voor een hoge productiekost zorgt. Vooraleer het prijsvoordeel kan uitgespeeld worden moet dus een belangrijke hoeveelheidsbarrière overwonnen worden.

Promotie van Park & Ride

Minder auto's in de stad is een groot voordeel voor de kwaliteit van de leefomgeving. Promotie van (goedkope) Park & Ride-faciliteiten in combinatie met aanbod van (deel)fietsen kan bijdragen aan deze doelstelling. Ook private (vouw)fietsen (eventueel elektrisch) kunnen hierbij een rol spelen. Frequent openbaar vervoer van en naar deze locaties is nodig om de integratie van de verschillende modi te bevorderen.

Klimaatdoelstellingen

Vlaanderen zal de CO₂-uitstoot van zijn mobiliteit tegen 2030 drastisch moeten verminderen om tegemoet te komen aan internationale klimaatafspraken. Een gedeeltelijke verschuiving van de auto naar de fiets, de elektrische fiets en de LEV kan hieraan bijdragen.

Beter gebruik van data voor het comfort van gebruikers

Het gebruik van data voor communicatie tussen verkeerslicht en fietser kan ervoor zorgen zodat deze meer groen heeft op zijn route. Ook bij diefstal kan goed databeheer een belangrijk hulp zijn om het gestolen voertuig terug te vinden.

Tabel 22: Hefbomen en barrières op basis van de zeven 'sleutelprocessen' of functies uit het TEMIS-model

De 7 sleutelprocessen	Toepassing case fietsen, elektrische fietsen en lichte (elektrische) voertuigen	
	Technologisch	Maatschappelijk
Experimenteren door entrepreneurs	Elektrische mobiliteit is de fase van de entrepreneurs en experimenten al grotendeels voorbij; de opschaling is volop bezig; is daarom geen belangrijke randvoorwaarde meer. Voor LEV's wellicht nog meer technologische vooruitgang mogelijk.	De maatschappelijke barrières zijn belangrijker dan de technologische, en daarom zijn nog veel experimenten nodig en is entrepreneurship belangrijk, bv. nieuwe vormen van deelmobiliteit met elektrische fietsen en LEV, experimentele stadsinrichting die de fiets centraal stelt i.p.v. de auto, experimenten met LEV ...
Kennisontwikkeling	Hoewel de technologie steeds verder evolueert, is er zowel voor de fiets, als voor de elektrische fiets en het LEV, voldoende kennis beschikbaar.	Leren uit experimenten en 'learning by doing' zal belangrijk zijn om de nog bestaande belemmeringen bij gebruikers weg te werken. Anderzijds is kennis niet zo'n belangrijke barrière voor deze case.
Kennisdiffusie in netwerken	Aangezien deze technologie al vermarkt en rendabel is voor (elektrische) fietsen, draaien deze netwerken al op volle toeren. De netwerken voor LEV's bevinden zich in een priller stadium.	Dialoog tussen verschillende types van actoren is belangrijk, bv. tussen gebruikers en aanbieders, die zowel verkopers als aanbieders van diensten kunnen zijn.
Richting geven aan het zoekproces	Deze fase ligt grotendeels achter de rug, hoewel concurrentiële batterijtechnieken ook in opkomst zijn. We verwachten niet dat deze concurrentie (eventueel vervanging van Li-ion door alternatief?) de transitie naar elektrische fietsmobiliteit zal vertragen. Voor LEV's is het nog onduidelijker of ze zullen doorbreken en met welke technologie precies.	In Vlaanderen lijkt de keuze van de consument gemaakt in de richting van de elektrische fiets met trapkrachtondersteuning. De varianten met ondersteuning zonder trappen of met rotatieondersteuning zijn veel minder succesvol. Op het vlak van businessmodellen om de diffusie te versnellen, zijn er nog wel keuzemogelijkheden. Maar opnieuw, zelfs met het klassieke model van eigenaarschap lijkt de transitie zich wel te voltrekken.
Creëren van markten	Fiets: marktdoorbraak is al decennia geleden gebeurd. Elektrische fiets: het bestaan van de fiets betekent een belangrijke hefboom voor de vermarkting van de elektrische fiets. Prijs blijft wel een barrière. LEV's: hier stellen zich meer uitdagingen en kunnen proeftuinen helpen.	De belangrijkste belemmering voor (elektrische) fiets en LEV zijn niet juridisch, maar eerder cultureel en economisch. Fiscale voordelen voor de auto, bv. voor bedrijfs-wagens, vormen een belemmering. Daarnaast heeft ook de verkeersonveiligheid een negatief effect op de marktdoorbraak van elektrische fietsen en LEV.
Mobiliseren van middelen	(Elektrische) Fiets: vermarkting al gerealiseerd waardoor dit geen knelpunt is. Voor LEV's nog onduidelijk of er een vermarkting op grote schaal zal komen.	De consument/gebruiker moet zelf wel een belangrijke investering doen, maar verder is dit geen belangrijke belemmering. Anders ligt het voor het LEV: de prijs komt vaak in de buurt van een klassieke auto.



**Creëren van
legitimiteit /
creatieve
destructie**

Momenteel is er geen consistentie in het beleid. Zowel fietsen (bv. fiscaal vrijgestelde fietsvergoeding) als autorijden (bv. bedrijfswagen, gratis (tweede) bewonerskaart en parkeerplaatsen ...) worden financieel ondersteund door de overheid. Dit is een belangrijke belemmering die ervoor zorgt dat de elektrische fiets wel doorbreekt, maar niet vaak als vervanging van een eigen auto. Er is weinig sprake van afbraak van regimetechnologieën, hoewel er wel een verschuiving is van veel steun naar ontmoediging van dieselwagens, zowel fiscaal (BIV, verkeersbelasting, accijnzen) als met bepaalde verboden (bv. lage-emissiezones Antwerpen en Brussel). Het gebrek aan een consistent beleid dat eenduidig de kaart kiest van deze nichetechnologieën is een belangrijke belemmering voor hun (verdere) doorbraak.

Idem, ook naar de consument zendt de overheid een onvoldoende consistent signaal uit om de auto (vaker) te vervangen door een (elektrische) fiets of een LEV. Er bestaan in Vlaanderen wel subsidies voor elektrische bromfietsen en auto's, maar de LEV's zijn hiervan uitgesloten. Die LEV komt dan weer wel in aanmerking voor een federale belastinghervorming. Elektrische fietsen krijgen geen fiscale voordelen. Ook de niet-volledige internalisatie van de externe kosten van wegverkeer (vooral tijdens de spitsuren) speelt hierbij een negatieve rol.

Uit de TEMIS-analyse van de zeven sleutelprocessen voor deze case blijkt dat technologische en de markttuitdagingen voor de (elektrische) fiets beperkt zijn. Hoewel de technologie nog elk jaar evolueert, zijn er geen grote knelpunten meer die op dat vlak moeten opgelost worden. De maatschappelijke barrières voor een definitieve doorbraak zijn daarentegen veel groter. De belangrijkste zijn terug te brengen tot de dominantie van de privé-auto met verbrandingsmotor, die infrastructureel en fiscaal wordt bevoordeeld (bv. bedrijfswagens), wat de overstap naar de fiets afremt. Bovendien zorgen de motorvoertuigen voor verkeersonveilige situaties voor fietsers.

Voor de LEV's ligt de situatie anders, aangezien zij nog niet op grote schaal worden gebruikt. Daar zouden technologische en economische experimenten nog een toegevoegde waarde kunnen betekenen.

Tabel 23: Hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model³⁶

Mogelijke vormen van falen	Concretisering	Toepassing case fietsen, elektrische fietsen en lichte voertuigen
Marktfalen	Informatie-asymmetrie	
	Kennis-spillovers	
	Externe effecten	<ul style="list-style-type: none"> - Externe effecten van auto's worden te weinig geïnternaliseerd. - Zonder energietransitie zullen ook elektrische voertuigen milieubelastend blijven.
	Overmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen	<ul style="list-style-type: none"> - Batterijen bevatten veel kritieke materialen. - LEV's en fietsen bevatten veel minder materiaal dan auto's.
Systeemfalen	Gebrekkige fysieke en kennisinfrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> - Kwantiteit en kwaliteit van de fietspaden; fietssnelwegen nodig. - Voldoende laadfaciliteiten nodig. - Meer en veiligere fietsenstallingen nodig. - Parkings voor LEV nodig. - Fietswegen veel goedkoper dan autowegen, en minder ruimte voor parkeren nodig, dus minder systeemfalen.
	Verouderde regelgeving en maatschappelijke normen	<ul style="list-style-type: none"> - Ruimte wegnemen van de auto wordt maatschappelijk moeilijk aanvaard. - De modale verschuiving van auto naar fiets vergt een grote shift in maatschappelijke normen en gedrag bij de burger. - Sommige regio's hebben beperkte fietscultuur. - Belang van de auto als statussymbool. - Fietsen heeft een positief imago (levensstijl – klimaatwinst - luchtkwaliteitswinst).
	Gefragmenteerde netwerken	<ul style="list-style-type: none"> - De integratie met andere modi kan nog veel vooruitgang boeken.
	Gebrek aan de juiste kennis en competenties	
Transformatiefalen	Gebrek aan richtinggevende visie	<ul style="list-style-type: none"> - Overheid blijft vooralsnog inzetten op alle modi, dus ook op eigen wagen (bv. infrastructuur, bedrijfswagens), wat de transitie vertraagt.

³⁶ Lege cellen betekent dat er uit het onderzoek geen significante elementen voor deze case zijn gebleken.

Mogelijke vormen van falen	Concretisering	Toepassing case fietsen, elektrische fietsen en lichte voertuigen
	Gebrekkige vraagarticulatie	<ul style="list-style-type: none"> - Hoge prijs van elektrische fiets en van LEV. - Op termijn kan een LEV goedkoper zijn dan een auto.
	Gebrekkige beleidscoördinatie	<ul style="list-style-type: none"> - Beleid stimuleert nog steeds bedrijfswagens en geeft qua infrastructuur voorrang aan de auto. - Fiscale maatregelen kunnen de uptake van de (elektrische) fiets vergroten.
	Gebrek aan reflexiviteit en leervermogen	
	Gebrek aan urgentie	

Uit de TEMIS-analyse van de drie vormen van falen voor deze case blijkt dat de internalisatie van externe kosten een relevant element blijft voor deze case. Aan de positieve kant zien we dat de milieukosten van (elektrische) fietsen en LEV's veel kleiner zijn dan voor auto's. Toch blijven er aan de negatieve kant externe milieukosten zoals de grondstoffen van de batterijen en de 'grijze stroom'.

Het systeemfalen is voor deze case belangrijker. De kwantiteit en de kwaliteit van de fietsinfrastructuur kan nog veel verbeteren, er zijn nog niet veel publieke laadfaciliteiten en weinig of geen parkeerfaciliteiten voor LEV's. De regelgeving is vaak ook in het voordeel van auto's de grote culturele shift weg van de auto is nog maar voor weinig mensen gemaakt.

Aan de kant van het transformatiefalen zien we opnieuw nog te weinig ontmoediging van het gemotoriseerde wegverkeer.



6.3.2 Case 2: Deelmobiliteit (Voertuigdelen) (Vermijden & Verschuiven & Verbeteren)

Over het maatschappelijk en milieupotentieel van deelmobiliteit bestaat nog veel discussie. In onze expert-workshop was het geloof in het milieupotentieel van deelmobiliteit eerder beperkt. Deelmobiliteit kan betekenen dat er minder voertuigen (nodig) zijn, maar deelmobiliteit kan ook betekenen dat het openbaar vervoer wordt vervangen door een autorit of dat er budget vrijkomt voor andere verplaatsingen.

Belangrijk is dat er een goede integratie is met Mobility as a Service (MaaS, zie Deel 4.2.6). Daarnaast zullen ook *autonome* voertuigen moeten worden gedeeld, zo niet zullen autonome voertuigen negatief zijn voor mobiliteit en milieu want er zullen meer ritten zijn (ook meer lege ritten) naar meer klanten (bijvoorbeeld ook kinderen en ouderen zullen zich dan meer (alleen) verplaatsen). Voertuigdelen is vooral een goede oplossing in een stedelijke omgeving voor verplaatsingen die niet met een andere modus dan een auto kunnen gebeuren. KiM (2015) identificeert een aantal kritische succesfactoren voor een verdere groei van autodelen (in Nederland). Naast beleidsmatige factoren, wijst deze studie op het belang van de omvang en de variëteit van het aanbod, het gebruiksgemak en de aansluiting en integratie met het openbaar vervoer.

Barrières

Cultureel (attitude)

De cultuur van het plezier van bezit moet nog overwonnen worden. Ook is het lastig om met een deelauto de eigen status of identiteit uit te drukken, en kan hygiëne een drempel zijn voor mensen. Mensen zullen moeten overtuigd worden dat het niet noodzakelijk is om afgesloten in de eigen beperkte ruimte te zitten. Ook weersomstandigheden en wegomstandigheden spelen een rol.

Beschikbaarheid

Als nadelen geeft de literatuur volgens KiM (2015) vooral het niet beschikbaar hebben van een wagen voor de deur en de afstand tot de deelauto.

Vraag naar autodelen

Peer-to-peer initiatieven via elektronisch platform: het aanbod groeit snel maar de vraag volgt niet altijd even snel. M.a.w. mensen bieden een auto aan, maar het is niet duidelijk of die gebruikt wordt.

Hefbomen

Financieel

Volgens KiM (2015) blijken in Amsterdam autodelers en potentiële autodelers vooral de financiële voordelen van autodelen als een belangrijke motivatie te zien om ervoor te kiezen. Daarnaast wordt ook het gebruiksgemak aangehaald als troef.

Fietsdelen

Fietsdelen is zeer flexibel, gebruiksvriendelijk en efficiënt. Deze hefboom hangt natuurlijk samen met algemeen beleid t.a.v. het gebruik van een fiets (zie deel (elektrische) fiets, Deel 6.3.1).

Rightsizen

Voertuigdelen biedt meer mogelijkheden dan een eigen auto om te “rightsizen”, zeker met de technologische evolutie naar verschillende types van voertuigen.



Facilitatie door lokale besturen

Steden en gemeenten zijn doorgaans bereid om aan deelauto's bepaalde voordelen toe te kennen, zoals specifieke parkeerplaatsen. Dergelijke maatregelen dragen versterken de positie van voertuigdelen t.o.v. die van de eigen wagen.

Grote marktspelers

Autoconstructeurs, bv. BMW, participeren in toenemende mate in initiatieven rond deelmobiliteit.

Tabel 24: Hefbomen en barrières op basis van de zeven 'sleutelprocessen' of functies uit het TEMIS-model

7 sleutelprocessen	Toepassing voertuigdelen	
	Technologisch	Maatschappelijk
Experimenteren door entrepreneurs	Het delen van voertuigen is op zich niet technologieafhankelijk, maar voor het op elkaar afstemmen van vraag en antwoord speelt technologie wel een belangrijke rol. De technologieën zijn dus vooral communicatietechnologieën (software, apps) die al ver gevorderd zijn. Eerder dan bijkomende nieuwe technologie is er vooral nood aan het aanpassen van bestaande technologieën om ze gebruiksvriendelijker te maken.	Hoewel deelmobiliteit de laatste jaren een belangrijke groei heeft gekend, zit het toch nog steeds in de nichefase. Om een opschaling te realiseren tot op het niveau van het 'bedreigen' van het dominante regime van een auto die men bezit, zijn nog veel experimenten nodig. Belangrijk wordt de plaats van deelmobiliteit in het brede multimodale keuzepakket dat gebruikers zullen hebben in de toekomst. Mobiliteit wordt een dienst (MaaS) en daar kunnen zowel deelauto's als deelfietsen een belangrijke rol in spelen, zeker als de overheid ook nog een mobiliteitsbudget zou invoeren of ondersteunen.
Kennisontwikkeling	Hoewel de maatschappelijke uitdagingen groter zijn dan de technologische, blijft verbetering van de bestaande systemen en apps belangrijk.	Het leren uit de experimenten is erg belangrijk om te weten hoe belangrijk de bestaande barrières zijn, en wat effectieve manieren zijn om ze aan te pakken.
Kennisdiffusie in netwerken	De meeste technologieën bestaan al, maar het gebruiksvriendelijker maken is een gezamenlijk werk van technologische experts en mobiliteitsexperts, van aanbod en vraag dus; kennisdiffusie blijft daarbij belangrijk.	Aangezien deelmobiliteit in de toekomst waarschijnlijk gekaderd zal zijn in MaaS, is integratie van vervoersmodi via apps en andere samenwerkingsverbanden erg belangrijk. Bestaande en nieuwe netwerken met spelers uit de kant van mobiliteit, ICT, start-ups en gebruikers zullen verregaand moeten samenwerken om tot een verregaande integratie te komen.
Richting geven aan het zoekproces	Aangezien de meeste gebruikte technologieën niet exclusief gelinkt zijn aan mobiliteit, maar eerder communicatietechnologieën en apps zijn, werkt het technologisch zoekproces eerder vraaggestuurd, en is het minder afhankelijk van aangeboden nichetechnologieën.	Nadat experimenten aantonen welke deelsystemen, apps en platformen goed aanslaan en welke niet, zullen automatisch veel van deze apps en bedrijven verdwijnen. Toch zullen ook keuzes gemaakt moeten worden, want hoe meer aanbieders van deelmobiliteit naast elkaar blijven bestaan, hoe kleiner de schaalvoordelen worden.

Creëren van markten	<p>De technologieën zijn vooral op maat en hangen vooral af van de markten die zullen gecreëerd worden op het niveau van aanbod, platformen en integratie van modi.</p>	<p>De regimespelers zoals De Lijn en de NMBS hebben een sterke positie in het bepalen aan welke MaaS-systemen ze wel deelnemen en welke niet, wat voor een groot deel het succes van die systemen zal bepalen. Naast de voorkeur van die grote spelers zal ook het comfort en de voorkeur van de gebruikers een bepalende rol spelen. Tot slot zullen al die factoren samen ook beslissen of deelmobiliteit tout court een belangrijke plaats zal innemen in het mobiliteitslandschap – naast de eigen auto – of niet.</p>
Mobiliseren van middelen	<p>Middelen zullen moeten gemobiliseerd worden door de platformen en hun gebruikers.</p>	<p>Momenteel overleven nog veel (vooral fiets-) deelsystemen dankzij subsidies. Het is niet zeker of die behoefte helemaal zal verdwijnen. Voor deelauto's kan wel verwacht worden dat privé-markten en de gebruikers zelf de vereiste middelen investeren.</p>
Creëren van legitimiteit / creatieve destructie	<p>Aangezien er geen grote 'dominante technologieën' zijn, wordt ook geen echte weerstand verwacht, behalve dan de algemene dominantie van de (eigen) auto in het mobiliteitssysteem.</p>	<p>Meer ontmoedigend beleid tegen de (eigen) auto zou deelmobiliteit ten goede komen, bv. afbouw van de voordelen voor bedrijfs-wagens, rekeningrijden, niet-volledige internalisatie van externe kosten ...</p>

Momenteel is het nog onduidelijk wat het precieze maatschappelijk belang van deelmobiliteit in de toekomst zal zijn. Het zal belangrijk zijn om deelmobiliteit in de eerste plaats te zien als een optie binnen het 'dienstenpakket' aan mobiliteit (MaaS). Op vlak van communicatietechnologie, businessmodellen en culturele barrières blijven er nog heel wat uitdagingen over waarvoor het nuttig is om bijkomende experimenten te organiseren. Keuzes zullen nodig zijn op vlak van vrije concurrentie enerzijds en anderzijds het kunnen aanbieden van een integraal pakket aan vervoersmodi, waarin deelmobiliteit dan een plaats kan krijgen.



Tabel 25: Hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model

Mogelijke vormen van falen	Concretisering	Toepassing deelmobiliteit
Marktfalen	Informatie-asymmetrie	
	Kennis-spillovers	
	Externe effecten	<ul style="list-style-type: none"> - Auto: Externaliteiten door wegverkeer worden door deelmobiliteit verminderd, op voorwaarde dat er een substitutie plaatsvindt van auto naar deelauto. Er bestaat echter ook een risico dat deelmobiliteit een opstap is naar een eigen auto. - Fiets: <ul style="list-style-type: none"> o gunstig, de externaliteiten zijn zeer beperkt. o Dockless bikes kunnen parkeeroverlast veroorzaken.
	Overmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen	<ul style="list-style-type: none"> - Auto: Milieudruk door de productie van voertuigen wordt in de tijd verschoven. - Fiets: beperkt
Systeemfalen	Gebrekkige fysieke en kennisinfrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> - Auto: <ul style="list-style-type: none"> o Sluit sterk aan bij bestaande modi, dus beperkt tot parkeren. o Eventueel laadinfrastructuur voor EV. o Minder parkeerplaatsen nodig dan bij autobezit. - Fiets: kwantiteit en kwaliteit van fietspaden; in mindere mate ook parkeren.
	Verouderde regelgeving en maatschappelijke normen	<ul style="list-style-type: none"> - Auto: <ul style="list-style-type: none"> o Toelating voor gereserveerde parkeerplaatsen voor deelauto's kan hefboom zijn. o Auto als statussymbool, bezit (en aankoop) als plezier, gevoel van vrijheid, het zien van de auto als deel van de persoonlijke identiteit worden voor een groot deel opgegeven, wat voor veel mensen een ernstige drempel is. o Nood aan privacy blijft behouden, i.t.t. bij openbaar vervoer of carpoolen. - Fiets: <ul style="list-style-type: none"> o Sommige regio's hebben beperkte fietscultuur. o Fietsen heeft een positief imago (levensstijl – klimaatwinst - luchtkwaliteitswinst). o Niet zeker of er voldoende openheid zal bestaan bij alle lokale overheden om problemen i.v.m. dockless bikes ('strooifietsen') op te lossen i.p.v. de fietsen meteen te bannen.
	Gefragmenteerde netwerken	<ul style="list-style-type: none"> - Voor peer-to-peer-delen is een sociaal netwerk nodig van mensen die men vertrouwt, wat voor veel mensen een belangrijke drempel zal zijn.

Mogelijke vormen van falen	Concretisering	Toepassing deelmobiliteit
Transformatiefalen	Gebrek aan de juiste kennis en competenties	<ul style="list-style-type: none"> - Deelnemen vergt enige ICT-geletterdheid. - Auto: minder kennis nodig dan bij eigen wagen, bv. defecten, technische keuring, onderhoud, tanken ...
	Gebrek aan richtinggevende visie	<ul style="list-style-type: none"> - Overheid blijft vooralsnog inzetten op alle modi, dus ook op eigen wagen (bv. infrastructuur, bedrijfswagens), wat de transitie vertraagt.
	Gebrekkige vraagarticulatie	<ul style="list-style-type: none"> - Groeit de vraag naar voertuigdelen wel snel genoeg om het aanbod te volgen? - Vervangen van eigen wagen door deelmobiliteit kan financiële winst opleveren. - Anderzijds is de kostprijs voor deelmobiliteit wel explicieter ('salient'), waardoor het soms duur kan lijken. Vergelijkende tools kunnen hier een antwoord bieden. - Meer mogelijkheden voor 'rightsizen'.
	Gebrekkige beleidscoördinatie	<ul style="list-style-type: none"> - Overheid blijft vooralsnog inzetten op alle modi, dus ook op eigen wagen (bv. infrastructuur, bedrijfswagens), wat de transitie vertraagt. - Integratie met het openbaar vervoer is belangrijk.
	Gebrek aan reflexiviteit en leervermogen	
Gebrek aan urgentie	<ul style="list-style-type: none"> - Deelmobiliteit wordt vooralsnog slechts gezien als een niche, niet als een belangrijke oplossing. 	

Uit de TEMIS-analyse van de drie vormen van falen voor deze case blijkt dat externe kosten van het wegverkeer door deelmobiliteit worden verminderd, op voorwaarde dat er een substitutie plaatsvindt van auto naar deelauto. Er bestaat echter ook een risico dat deelmobiliteit een opstap is naar een eigen auto. De infrastructurale uitdagingen zijn beperkt tot parkeren, omdat de bestaande auto-infrastructuur (bv. wegen) al aanwezig is. Een systeembarrrière is dat de rol van de auto als statussymbool, bezit (en aankoop) als plezier en het zien van de auto als deel van de persoonlijke identiteit voor een groot deel worden opgegeven.

6.3.3 Case 3: Elektrische voertuigen met batterij (Verbeteren)

Elektrische wagens bieden een oplossing voor een aantal maatschappelijke problemen, maar hun oplossingspotentieel moet wel realistisch ingeschat worden, het is geen universele mobiliteitsoplossing. De elektrische auto is vooral geschikt voor de stedelijke omgeving. Naast klimaatwinst is er ook luchtkwaliteits- en geluidswinst. Het is dus een 'eenvoudige' manier om de milieu-impact van voertuigen te verminderen, zonder dat de gebruiker veel aan zijn verplaatsingsgedrag moet veranderen (op korte afstanden). Alleen al gezien de voortdurende technologische vooruitgang is het niet onwaarschijnlijk dat de elektrische auto tegen 2030 een competitief alternatief zal bieden voor het ICEV. Indien beleidsmakers consumenten bovendien zouden aanzetten om bij hun aankopen meer rekening te houden met de betere milieuprestaties van elektrische ten opzichte van traditionele voertuigen, dan zouden EV's de markt mogelijk zelfs kunnen domineren tegen 2030.



Barrières

Groene elektriciteit

De milieuwinst van meer elektrische voertuigen wordt momenteel sterk beperkt door het lage aandeel aan hernieuwbare energie in de elektriciteitsmix. Zelfs als de technologie snel definitief doorbreekt, zal het volle milieupotentieel pas benut zijn wanneer alle stroom met hernieuwbare energie wordt opgewekt. Ook de impact van de transitie naar 100 % elektrische auto's op de totale energievraag is niet te onderschatten, momenteel zijn we niet klaar voor de grote omslag naar elektrische mobiliteit.

Oplaaftijd en range

De te lange oplaadtijd voor batterijen en het te kleine rijbereik voor elektrische wagens zijn barrières die wellicht in de vrij nabije toekomst zullen worden opgelost, maar momenteel houden ze nog veel mensen tegen. Bovendien kan dit effect nog psychologisch in de geesten van de consumenten blijven hangen wanneer het in realiteit al opgelost zal zijn. Voor de fiets speelt het rijbereik veel minder omdat men daar toch niet verwacht meer dan 100 km te kunnen fietsen. Het herhaaldelijk moeten opladen is op zich gebruiksonvriendelijk (en mag zeker niet vergeten worden).

Prijs

Het huidige beperkte succes van BEV's wordt verklaard doordat ze in aankoop nog significant duurder zijn dan traditionele voertuigen van vergelijkbare omvang. Een deel van dat kostenverschil wordt dan wel terugverdiend via lagere energie- en onderhoudskosten en subsidies, maar tot dusver onvoldoende om veel consumenten te overtuigen. Noteer bij dit laatste wel dat er in de praktijk vaak minder rekening wordt gehouden met toekomstige besparingen dan de rationele keuzetheorie zou laten vermoeden. Bewustwording omtrent de lagere energie- en onderhoudskosten zou de populariteit van elektrische voertuigen dan ook ten goede kunnen komen (zeker zij die veel kilometers afleggen in de vorm van veel verplaatsingen binnen het rijbereik van de EV's en er dus het meeste voordeel van hebben). De echte doorbraak van BEV's zal er komen wanneer de totale kost van bezit ervan daalt tot het niveau van ICEV's. Of dit tegen 2030 zal gebeuren zal uiteraard grotendeels afhangen van de prijsevoluties van batterijen en brandstoffen, maar daarnaast ook van beleidskeuzes, en deze omtrent verkeersfiscaliteit in het bijzonder.

Infrastructuur

Er is nood aan voldoende oplaad- en snellaadpunten. België is op dat vlak vooralsnog geen voorloper.

Materiaalimpact

De batterijproductie vergt kritieke metalen, zoals kobalt. Bovendien gebeurt de ontginning van die metalen vaak in gebieden en mijnen met grote problemen op vlak van arbeidsomstandigheden en lokale milieuverontreiniging.

Hefbomen

Luchtkwaliteit

Het belang van luchtkwaliteit als maatschappelijk thema is de laatste paar jaar sterk toegenomen. Gezien het potentieel van EV's op vlak van lokale luchtverontreiniging (naast ook de kleinere lawaaihinder) kan dit de doorbraak versnellen.



Geen grote cultuuromslag nodig

Hoewel verandering altijd moeilijk is en de burger aan de elektrische wagens zal moeten wennen, kunnen we toch niet zeggen dat voor een transitie naar 100 % elektrisch vervoer een grote culturele omslag vereist is. Dat maakt deze oplossing maatschappelijk gezien gemakkelijker dan bv. een massale verschuiving van de auto naar andere vervoersmodi.

Klimaatdoelstellingen

Vlaanderen zal de CO₂-uitstoot van zijn mobiliteit tegen 2030 drastisch moeten verminderen om tegemoet te komen aan internationale klimaatafspraken. Een versnelde overgang van ICEV's naar elektrische auto's kan hieraan bijdragen (mits de onderstaande barrière van de opwekking van elektriciteit wordt overwonnen).

Tabel 26: Hefbomen en barrières op basis van de zeven 'sleutelprocessen' of functies uit het TEMIS-model

7 sleutelprocessen	Toepassing elektrische voertuigen	
	Technologisch	Maatschappelijk
Experimenteren door entrepreneurs	De technologie evolueert zeer snel, en zal dat naar verwachting nog een tijd blijven doen. Belangrijke nieuwe doorbraken zouden kunnen zijn: grotere actieradius zonder bijkomend gewicht en levensduur van de batterijen.	Ook maatschappelijk zijn experimenten belangrijk, zodat de consumenten naast de nadelen ook de voordelen van EV's kunnen ondervinden.
Kennisontwikkeling	Er zijn nog mogelijkheden waar kennisontwikkeling kan bijdragen tot belangrijke verbeteringen in de technologie, bv. grotere actieradius zonder bijkomend gewicht en levensduur van de batterijen.	Bijkomende kennis kan bv. liggen in een correcte berekeningsmethode van de 'total cost of ownership'. Een tool of app zou hierbij handig zijn. Daarnaast ook meer kennis over het combineren van elektrische mobiliteit met deelmobiliteit, MaaS en autonome voertuigen.
Kennisdiffusie in netwerken	Facilitatie van verdere batterijtechniek-ontwikkeling is altijd welkom, maar het toekomstige marktpotentieel van verbeteringen aan de technologie is zo groot dat de privé-sector autonoom al voldoende incentives heeft.	Samenwerking tussen de overheid en privéspelers moet ervoor zorgen dat de kip-en-ei-impasse van het onvoldoende aantal laadpunten opgelost wordt.
Richting geven aan het zoekproces	De batterijtechnologie zit nu volledig op het spoor van lithium als hoofdcomponent voor batterijen. Tegelijkertijd wordt nog een veelheid aan alternatieven onderzocht, maar die zitten nog in de nichefase. Momenteel biedt lithium de beste resultaten, maar het is goed dat het onderzoek naar alternatieven verdergaat, omdat verdere verbetering altijd mogelijk is en (vooral) omdat lithium op de lange termijn zelf ook een kritiek metaal zou kunnen worden.	De overgang naar een elektrisch wagenpark vergt voor de consument eigenlijk niet veel mobiliteitskeuzes (indien de barrière van de prijs en actieradius zijn overwonnen). Vanuit milieustandpunt zijn BEV's te verkiezen boven plug-in hybrides. De toekomst van FCEV's is nog zeer onzeker. Het enige wat de consument zal moeten doen is zijn koudwatervrees overwinnen en de sprong maken.



Creëren van markten	De markt voor EV en de bijhorende batterijen is wereldwijd een enorme groeipool, waardoor de aanbodzijde weinig belemmeringen kent. Een groter knelpunt zit aan de vraagzijde.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Potentieel is het grootst in stedelijk gebied. ▶ Er is onzekerheid over de restwaarde van elektrische voertuigen. ▶ In Vlaanderen breekt de elektrische wagen trager door dan in veel andere landen. De barrières voor de gebruikers dienen verder te verlagen, zowel de werkelijke fysieke barrières als de gepercipieerde.
Mobiliseren van middelen	De markt is matuur genoeg om zelf voldoende middelen te verzamelen voor investeringen.	<ul style="list-style-type: none"> ▶ EV is duurder in aankoop van klassieke auto's, dus de consument moet een grotere inspanning doen. ▶ Overheid kent wel subsidies en belastingvrijstellingen toe, ook in Vlaanderen.
Creëren van legitimiteit / creatieve destructie	De autoconstructeurs zijn belangrijke regimespelers; aangezien de klassieke autoconstructeurs voor een groot deel dezelfde zijn als die van EV's, wordt hier geen weerstand verwacht.	Meer ontmoedigend beleid tegen de (eigen) auto zou deelmobiliteit ten goede komen, bv. afbouw van de voordelen voor bedrijfswagens, rekeningrijden, niet-volledige internalisatie van externe kosten ...

Uit de TEMIS-analyse van de zeven sleutelprocessen voor deze case blijkt dat de belangrijke technologische barrières van het rijbereik en de laadtijd op het punt van een doorbraak staan. Toch blijft experimenteren belangrijk al was het maar om de psychologische barrières (de angst om stil te vallen) te overwinnen, die vaak langer overeind blijven dan de technologische. Het grote voordeel van de BEV is dat de overgang naar een elektrisch wagenpark voor de consument eigenlijk niet veel mobiliteitskeuzes vergt. Tot slot is ook de prijs van de BEV nog een barrière, maar het verschil met de klassieke auto wordt in de nabije toekomst allicht steeds kleiner.

Tabel 27: Hefbomen en barrières op basis van de drie vormen van falen uit het TEMIS-model

Mogelijke vormen van falen	Concretisering	Toepassing elektrische voertuigen
Marktfalen	Informatie-asymmetrie	
	Kennis-spillovers	
	Externe effecten	<ul style="list-style-type: none"> - Indien de transitie beperkt is tot het vervangen van de eigen auto met verbrandingsmotor door één op elektriciteit, treedt er wel een verbetering op vlak van CO₂-uitstoot, geluidsoverlast, NO_x en (gedeeltelijk) fijn stof op, maar een verslechtering op vlak van materiaalgebruik (totaal gewicht en batterijen). Voor ongevallen is een achteruitgang mogelijk (geruisloze voertuigen bij lage snelheden), voor ruimtebeslag en congestie is er geen impact. - Indien de elektrische auto zich inpast in andere verschuivingen, zoals MaaS, deelmobiliteit of LEV, zijn wel bijkomende verbeteringen mogelijk.

		<ul style="list-style-type: none"> - De transitie naar een 100 % groen elektriciteitssysteem is een cruciale voorwaarde voor een milieuvriendelijke elektrische mobiliteit.
	Overmatig gebruik van natuurlijke hulpbronnen	De transitie naar elektrische voertuigen kent een positief effect op duurzaam materialengebruik, namelijk het niet meer verbruiken van olie als brandstof; maar ook een negatief effect, omdat batterijen enkele kritieke metalen bevat.
Systeemfalen	Gebrekkige fysieke en kennisinfrastructuur	<ul style="list-style-type: none"> - Er is nood aan voldoende oplaad- en snellaadpunten. - Elektrische bovenleidingen zijn een mogelijkheid, maar hebben een (te?) hoge kapitaalkost.
	Verouderde regelgeving en maatschappelijke normen	<ul style="list-style-type: none"> - EV's vormen een 'makkelijke' oplossing, omdat gebruikers hun voorkeur voor een individueel (eigen) voertuig niet hoeven te veranderen. - Toch zijn er nog belangrijke psychologische drempels: <ul style="list-style-type: none"> o Rijbereik 150-350 km o Relatief lange oplaadtijd o Kostprijs - Zelfs als bovenstaande knelpunten allemaal worden weg-gewerkt, is het niet zeker dat de psychologische drempels ook weg zullen zijn. Vaak blijven er vooroordelen en wantrouwen hangen. - Zelfs als de 'total cost of ownership' voor een EV lager is dan voor een auto met verbrandingsmotor (cf. supra) zal de perceptie waarschijnlijk blijven bestaan dat het EV duurder is, doordat de hogere aankoopprijs heel duidelijk is, en de besparing per km door een lagere energieprijs, minder zichtbaar is. In de gedragseconomie wordt dit verschijnsel in het Engels <i>saliency</i> genoemd.
	Gefragmenteerde netwerken	
	Gebrek aan de juiste kennis en competenties	
Transformatiefalen	Gebrek aan richtinggevende visie	<ul style="list-style-type: none"> - De Europese en Vlaamse klimaatambities zullen de doorbraak van de elektrische voertuigen naar verwachting ten goede komen.
	Gebrekkige vraagarticulatie	<ul style="list-style-type: none"> - Voorlopig zijn EV's duurder in aankoop dan klassieke voertuigen. De overheid speelt in op deze barrière door het aanbieden van subsidies, maar voorlopig met weinig effect. - Volgens The Economist (2017) is de elektrische wagen in 2018 voor het eerst goedkoper geworden dan een auto met verbrandingsmotor, gemeten in termen van 'total cost of ownership'.
	Gebrekkige beleidscoördinatie	<ul style="list-style-type: none"> - Momenteel is er nog onvoldoende consistentie in het beleid. Er zijn nog te veel maatregelen die alle auto's ten goede komen (bv. fiscale behandeling bedrijfswagens, gratis of goedkope parkeerplaatsen) en te weinig ontmoedigende maatregelen voor auto's met verbrandingsmotor, zoals bv. <ul style="list-style-type: none"> o CO₂-heffing



- Rekeningrijden met korting voor EV
- Bijkomende verhogingen van accijnzen, BIV, verkeersbelastingen voor diesel- en benzine-wagens
- De transitie naar een uitstootvrije elektriciteitsopwekking gaat voorlopig te traag, waardoor ook BEV uitstoot blijven veroorzaken.
- Bedrijfswagens zouden in principe sneller kunnen elektrificeren dan private wagens, maar hiervoor is bijkomend beleid nodig.

Gebrek aan reflexiviteit en leervermogen

Gebrek aan urgentie

De projectie dat Vlaanderen zijn klimaatdoelstelling voor 2030 ruimschoots zal missen leidt voorlopig niet tot bijkomend beleid, net zomin als de vaststelling dat het segment van de elektrische voertuigen in het wagenpark veel trager toeneemt dan verwacht, afgaande op het budget dat was gereserveerd op Vlaams niveau voor subsidies voor elektrische voertuigen.

Uit de TEMIS-analyse van de drie vormen van falen voor deze case blijkt dat er op vlak van externe milieu-kosten zowel positieve als negatieve impacts zijn van de overgang naar BEV's. Indien de elektrische auto zich inpast in andere verschuivingen, zoals MaaS, deelmobiliteit of LEV's, zijn wel bijkomende verbeteringen mogelijk. De transitie naar een 100 % groen elektriciteitssysteem is een cruciale voorwaarde voor een milieuvriendelijke elektrische mobiliteit.

Zelfs als de 'total cost of ownership' voor een EV lager is dan voor een auto met verbrandingsmotor zal de perceptie waarschijnlijk blijven bestaan dat het EV duurder is, doordat de hogere aankoopprijs heel duidelijk is, en de besparing per km door een lagere energieprij, minder zichtbaar is.

Tot slot zien we nog transformatiefalen in de vorm van onvoldoende consistentie in het beleid. De gunstige fiscale behandeling van bedrijfswagens, het voorzien van gratis of goedkope parkeerplaatsen zijn enkele voorbeelden van barrières die door de overheid zelf worden gecreëerd.

6.4 Hefbomen en barrières voor de resterende innovaties of oplossingen

Hier brengen we, voor de zeven oplossingsgroepen uit de shortlist die niet diepgaand behandeld zijn in de expertworkshop, de belangrijkste barrières en hefbomen in kaart op basis van informatie uit het literatuur-overzicht en op basis van informatie verkregen via de interviews met de (veertien) experts (zie ook Bijlage 4).

In lijn met de voorgaande TEMIS-analyse maken we vooral een onderscheid tussen technologische en cultureel/maatschappelijke invloeden. In onderstaand overzicht zullen we alle hefbomen en barrières volgens deze tweedeling weergeven. Het maatschappelijk aspect interpreteren we ruim zodat het ook financieel-economische en beleidsinvloeden omvat. Deze tweedeling is niet altijd perfect bruikbaar. Ook is de lijst met barrières en hefbomen niet exhaustief, zoals gezegd speelt de mening van de geraadpleegde experts een voorname rol bij de selectie.

6.4.1 E-werken (telewerken) en e-vergaderen

Barrières

Maatschappelijk aspect: Werkgevers en de organisatiecultuur

Om e-werken succesvol in te voeren is het belangrijk dat er een vertrouwensband bestaat tussen werknemer en werkgever. Dit is sterk verbonden met de organisatiecultuur die op zich onderdeel is van een maatschappelijke evolutie en mentaliteitswijziging. E-werken is al veel meer aanvaard dan vroeger, maar sommige werkgevers zijn nog niet overtuigd en die moeten natuurlijk altijd instemmen.

Maatschappelijk aspect: Aard van het beroep

E-werken is ook afhankelijk van de aard van het werk. Voor veel mensen is het niet mogelijk om vrij hun dag in te delen. Voor een aantal werkzaamheden is fysieke aanwezigheid een must. Vele kenniswerkers en mensen in de dienstensector kunnen hun werk wel (deels) van thuis uit uitvoeren. Aangezien een minimum aan face-to-face interactie nodig is, is er ook een bovengrens aan wat er mogelijk is voor wie het wel kan toepassen.

Technologisch aspect: Informatie- en communicatietechnologie

Dankzij de evolutie in de informatie- en communicatietechnologie, kan de pendeltijd aangener doorgebracht worden, wat de nood aan het vermijden van pendelen kan verminderen.

Hefbomen

Maatschappelijk aspect: Onaangenaam pendelverkeer vermijden, aandacht voor de werk-privébalans

Pendelverplaatsingen zijn veelal onaangenaam. E-werken kan het aantal kilometer (met de auto) woon-werkverkeer reduceren. Woon-werkverkeer wordt algemeen als belastend ervaren en gezien als tijdsverlies en een bedreiging voor een goede werk-privébalans.

Maatschappelijk aspect: Kostenreductie voor de werkgever

Voor werkgevers kan e-werken een opportuniteit zijn om kosten te besparen. E-werken laat immers toe om op bedrijfsruimte te besparen.

Maatschappelijk aspect: Evolutie naar dienstenmaatschappij

Onze maatschappij evolueert steeds meer naar een dienstenmaatschappij. Dit betekent dat het potentieel van e-werken toeneemt.

Technologisch aspect: Mogelijkheid tot E-leren

Het potentieel van E-leren is groot: als aula's vol zitten met honderden studenten, waarvan een aantal met de auto komt, kan het vlog gaan om veel autokm. Moderne communicatietechnologie maakt het mogelijk dat e-leren interactie niet in de weg staat. Jongeren zijn tegenwoordig zo geconnecteerd dat digitale interactie geen probleem is.

Technologisch aspect: Informatie- en communicatietechnologie (ICT)

ICT biedt steeds meer mogelijkheden om de eventuele nadelen of problemen bij e-werken op te vangen – zelfs taken die manuele arbeid vereisen (zoals bv. het besturen van machines of bepaalde handelingen met robots) kunnen tegenwoordig op afstand worden uitgevoerd. Technologie zorgt er ook voor dat contacten



over verdere afstand mogelijk zijn zonder frequente en verre verplaatsingen. Apparaten zullen in de toekomst slimmer worden zodat vanop afstand ook pannes kunnen geanalyseerd worden.

6.4.2 Ritdelen personen (carpoolen)

Barrières

Maatschappelijk aspect: Potentiële winst te beperkt

De kosten van het autogebruik in België zijn nog laag in vergelijking met de maatschappelijke kosten ervan (Delhaye et al., 2017). Dit maakt dat de potentiële besparing die men kan realiseren via ritdelen nog eerder beperkt is. Deze situatie stelt zich voor het autoverkeer in het algemeen, maar in nog grotere mate voor bedrijfswagens. Hierin spelen beleidskeuzes een belangrijke rol. De bedrijfswagen is zeker ook een rem op een verdere evolutie in carpoolen.

Maatschappelijk aspect: Werkorganisatie en flexibiliteit

Een nadeel voor carpooling is het toenemen van flexibele of glijdende werkuren. Uit de federale diagnostiek woon-werkverkeer blijkt dan ook dat ritdelen voor het woon-werkverkeer aantrekkelijker is met vaste werkuren en minder bij werknemers met glijdende of onregelmatige werkuren. Sowieso is verlies aan flexibiliteit een nadeel voor het ritdelen. Men verliest ook tijd door naar de plaats van afspraak te rijden.

Maatschappelijk aspect: 'Culturele' en sociale barrières

Sommige mensen zijn echt gehecht aan hun auto en aan het bezitten van een 'mooie' auto. Chauffeur zijn geeft ook een gevoel van controle en veiligheid. Er is ook een sociaal aspect verbonden aan het ritdelen. Kennis maken met anderen kan positief zijn. Anderzijds is niet iedereen in staat of bereid om met het even wie te spreken of samen te zijn.

Technologisch aspect: Betalingen, reservaties ...

Mensen zijn onzeker over hoe men de betaling kan regelen. De intrede van bedrijven die het ritdelen faciliteren kan hiervoor een oplossing zijn. Betalen met de smartphone is nog niet voldoende ingeburgerd. Voor de jongere generatie is de drempel waarschijnlijk veel lager, ook voor betalingen, reservaties ...

Technologisch aspect: Schaalgrootte

In het geval van real-time systemen kan er onzekerheid zijn over de beschikbaarheid van een terugrit. Indien de markt of organisatie voldoende groot is, wordt dit probleem kleiner. Real-time systemen vereisen ook een voldoende schaalgrootte zodat ritdeelvragen kunnen beantwoord worden.

Hefbomen

Maatschappelijk aspect: Nieuwe aanbieders en acties

Een belangrijke hefboom is alvast dat er veel nieuwe dienstverleners opkomen in de markt van het ritdelen die vernieuwende diensten aanleveren die het ritdelen aantrekkelijker kunnen maken. Er moeten/kunnen ook concrete acties gebeuren in bedrijven om mensen met elkaar in contact te brengen. Bijvoorbeeld bij Nike werkt carpoolen goed, de randvoorwaarden zijn daar gunstig: mensen werken in shiften en wonen vrij dichtbij.



Maatschappelijk aspect: Specifiek beleid

Er is een mogelijkheid om voordelen te geven exclusief aan carpoolers, zoals goede parkeergelegenheden waar carpoolers kunnen afspreken, fiscale inbreng van kosten voor woon-werkverkeer.

Technologisch aspect: Evolutie ICT

Door data op een goede manier te delen kan blijken dat verschillende mensen dezelfde rit maken en dat ritdelen dus een goede optie is. Er kan nog meer gedaan worden door gebruik te maken van de smart-phone. De evolutie in de ICT maakt het steeds gemakkelijker om mensen met elkaar te matchen.

6.4.3 Logistieke verbeteringen

Barrières

Maatschappelijk aspect: De economische en productieomgeving wensen klantentevredenheid, efficiëntie en winst

Omdat de transportprijzen relatief laag zijn, zijn productie- en logistieke processen met veel transport het momenteel vaak efficiënt vanuit kosten oogpunt. De huidige organisatie van de economie is helemaal geënt op relatief goedkoop transport. De rol van de overheid is cruciaal om de relatieve prijs van transport te verhogen.

Maatschappelijk aspect: Concurrentieverhoudingen

Als concurrenten samen hun logistiek organiseren, bestaat het risico dat er informatie van klanten bij de concurrent terecht komt. Bovendien zijn ook de transactiekosten vrij hoog om de bundeling te organiseren. Deze barrières worden kleiner indien een derde logistiek speler voor de bundeling en organisatie van de logistiek zorgt (zie hefbomen, derde partijen).

Maatschappelijk aspect: Beperkte flexibiliteit

Dikwijls heeft de bestemming bijzondere eisen omtrent de tijd voor levering of afhaling. Indien deze tijden sterk verschillen voor verschillende bestemmingen dan kan bundeling moeilijk worden.

Maatschappelijk aspect: Eerdere Vlaamse ruimtelijke planning verankerde nog geen regionale logistieke knooppunten

Regionale logistieke knooppunten zijn punten waar omslag en bundeling van stromen worden georganiseerd. Indien deze verankerd zijn in de ruimtelijke organisatie dan wordt bundelen van stromen makkelijker.

Hefbomen

Maatschappelijk aspect: Natuurlijke marktwerking zorgt voor logistieke verbeteringen en consolidatie

Omdat er duidelijk efficiëntievoordelen te halen zijn dankzij bundeling zal de markt verder evolueren naar een vorm van verder samenwerken van logistieke spelers. Aanbieders kunnen distributieplatformen opzetten zodat ze samen met een volledig lading kunnen rijden en zo weinig mogelijk lege retourvrachtwagens hebben. Deze platformen maken ook "synchromodaliteit" mogelijk: verschillende vervoersmodi worden dan optimaal ingezet op basis van het rationeel vergelijken van informatie over hun kenmerken en de behoeften waaraan ze kunnen tegemoet komen.



Maatschappelijk aspect: Derde partijen die bundelen

Een derde partij is een partij die geen producent/verdelers/leverancier (of gebruiker) is van de goederen. De vrees voor het verlies van gevoelige informatie wordt hierdoor beperkt. Daarnaast heeft een derde partij een overzicht over een grotere hoeveelheid aan goederenstromen.

Maatschappelijk aspect: Overheidsbeleid dat transport ontmoedigt

Overheidsbeleid dat transport ontmoedigt bestaat onder de vorm van toegangsrestricties tot steden, vormen van beprijzing, enz. Elk beleid dat transport ontmoedigt zal leiden tot wijzigingen in de logistieke processen.

Maatschappelijk aspect: Goede voorbeelden

Goede voorbeelden kunnen aanstekelijk werken en verlagen de drempel om een bepaald gedrag te stellen. Op verschillende plaatsen in Europa wordt geëxperimenteerd met stadsdistributie. Bristol, maar ook City depot in Hasselt zijn hiervan voorbeelden.

6.4.4 Performante mobiliteitsdiensten of Mobility as a Service (MaaS)

Barrières

Maatschappelijk aspect: Aanbieders van mobiliteitsdiensten wisselen onvoldoende data uit

MaaS moet een filosofie hebben die uitgaat van het vertrek en bestemming van de klant. Een optimale verbinding tussen beide zal in veel gevallen over verschillende openbare vervoersnetwerken lopen. Uitwisseling van informatie is daarom in het belang van de verschillende aanbieders. Dit gebeurt momenteel om allerlei redenen (vb. privacy) nog onvoldoende.

Maatschappelijk aspect: Samenwerking is nodig

Een belangrijk obstakel is het bekomen van de deelname van en samenwerking tussen alle relevante spelers, vervoersmaatschappijen (TEC/ MIVB/ De Lijn/ ...) zowel als steden en regio's. Realisatie is alleen mogelijk als de betrokkenen ervan overtuigd zijn dat de verdeling van de baten hen niet zal benadelen ten opzichte van een "stand alone" situatie. Er blijken veel voorbeelden waar profileringsdrang en eigenbelang nog steeds de bovenhand halen. Er bestaat zeker nog een spanningsveld. Sommige reisaanbieders vrezen klanten te verliezen.

Maatschappelijk aspect: attitudeverandering nodig

Veel mensen denken niet bij elke verplaatsing na wat de beste manier is om ze te doen, en nemen gewoon standaard de auto. Een meerderheid vindt ook dat verplaatsingen met het openbaar vervoer te veel tijd kost en dat het bezit van een eigen wagen absoluut noodzakelijk is (GfK, 2018).

Maatschappelijk aspect: Een derde partij nodig

Aansluitend bij vorig punten: er is grote nood aan samenwerking en informatie-uitwisseling. Waarschijnlijk is een 'trusted' derde partij nodig (of meerdere derde partijen, die dan wel moeten kunnen samenwerken) of een evolutie naar een situatie met monopolie wat natuurlijk andere nadelen heeft. MaaS moet een goede balans tussen monopolie en concurrentie vinden (één platform is het meest efficiënt, maar het moet geen monopoliesituatie worden). Er is dus een potentiële rol voor overheden om (meer dan momenteel het geval is) die trusted partij te worden of te reguleren, maar die rol kan ook door andere actoren worden opgenomen mits er adequate regulering is voorzien.



Maatschappelijk aspect: Grote uitdaging om de reistijd via openbaar vervoer substantieel te reduceren

Een Nederlandse literatuurstudie ziet dat de effecten van openbaarvervoersverbeteringen (OV) op het autogebruik beperkt zijn. Auto en OV blijven grotendeels gescheiden markten. Enkel als de reistijd van OV in de buurt komt van de auto is er mogelijkheid tot een modale verschuiving (KiM, 2009). Een concurrentiële reistijd realiseren voor het OV zal steeds een uitdaging blijven als men in rekening neemt dat een OV-opstapplaats nagenoeg nooit zo dichtbij zal zijn als een eigen auto en de OV-afstapplaats meestal ook verderaf ligt van de bestemming dan een autoparkeerplaats. Voor- en natransport blijven dus nodig. MaaS zal dit beter organiseren en aantrekkelijker maken.

Om OV aantrekkelijker te maken is het verbeteren van voor- en natransport waarschijnlijk efficiënter/ effectiever dan het verbeteren van het OV zelf. Dit wil echter niet zeggen dat een beter OV op zich niet ook nodig is. Via MaaS-diensten moet de globale reistijd korter kunnen gemaakt worden. Voorwaarde opdat het systeem positief zou zijn voor het milieu is wel dat het OV de backbone van het systeem is – hoogfrequent en direct. Dus basisinfrastructuur blijft nodig.

Maatschappelijk aspect: Nood aan een verdienmodel

Er is nog geen gepast verdienmodel voor MaaS. Hoe is de vergoeding van de aanbieder van mobiliteitsdienst geregeld? De app-bouwer krijgt geen commissie op de verkoop terwijl hij toch kosten heeft. In Finland staat in de wet dat sowieso een bepaald percentage van de omzet naar de service provider moet gaan. Dat zal/kan extra gebruik van data aanmoedigen.

Maatschappelijk aspect: Overheid durft individueel autogebruik niet onaantrekkelijker maken

Het verleden heeft aangetoond dat in veel gevallen performant OV weinig aantrekkingskracht heeft indien de auto niet onaantrekkelijker wordt gemaakt door bv. beprijzing. De vraag is hoe men performant collectief vervoer concurrentieel kan maken met de auto buiten de stad en/of buiten de spits als het autogebruik niet onaantrekkelijk wordt gemaakt. Tijdens de spits en in de stad maakt de drukte het autoverkeer minder aantrekkelijk en zijn alternatieven aantrekkelijker.

Maatschappelijk aspect: Verdere innovaties kunnen op de langere termijn beknop worden indien bepaalde monopolies ontstaan

Indien er slechts één MaaS operator is, dan kan die er belang bij hebben dat bepaalde zaken blijven zoals ze zijn of waren eenmaal zijn model voor hem op een ideale manier is uitgebouwd. Dit kan het geval zijn voor een bepaalde MaaS integrator of broker, maar het kan ook indien een bestaande transportoperator een dominante positie verkrijgt in het MaaS speelveld. Het milieu of de maatschappij kan eventueel gebaat zijn bij verdere ontwikkelingen die de monopolist tegenhoudt. Ook hier zal het beleidskader voor de operaties van MaaS cruciaal zijn.

Hefbomen

Maatschappelijk aspect: Congestie en onaangename individuele mobiliteit

Het onaantrekkelijker worden van individuele automobilititeit is belangrijk. Vooral het gebruik van de auto in woon-werkverkeer en voor zakelijke verplaatsingen wordt als onaangenaam ervaren (Birgitta Gatersleben, interview). Indien een aangenaam alternatief in de plaats van de individuele auto beschikbaar komt, maakt dat dan een kans. Vooral voor lokaal gebruik aantrekkelijk, waarschijnlijk in de stad. Er is minder kans buiten de stad. Er is een gebrek aan alternatieven voor de wagen voor buitengebieden.



Maatschappelijk aspect: Stedelijke overheden wensen minder of geen auto's meer in de stad

Indien het moeilijker of onmogelijk wordt om met de auto de stad in te gaan, dan zal dit ook leiden tot keuzes voor andere vormen van transport.

Technologisch aspect: Enorme ontwikkelingen van communicatietechnologie

De belangrijkste hefboom voor een performant collectief vervoerssysteem ingebed in MaaS is ongetwijfeld de evolutie in communicatietechnologie. Deze evolutie zorgt ervoor dat informatie heel vlot kan gedeeld en gekoppeld worden en bovendien ook begrijpelijk en aantrekkelijk kan worden voorgesteld.

6.4.5 Autonome voertuigen

Barrières

Maatschappelijk aspect: Acceptatie door automobilisten

In hoeverre aanvaarden automobilisten dat het rijden wordt overgenomen door een systeem? Hebben mensen voldoende vertrouwen in het systeem? Wat met personen die plezier beleven aan het rijden met de auto? (Maerivoet, 2015) Volgens een aantal van de bevroegde experts zal een deel van de bestuurders altijd willen blijven “het stuur in handen houden”. Dit maakt dat een volledig autonoom vervoerspark onmogelijk is. Of komt er toch een cultuuromslag bij jongere generaties als die opgroeien met de autonome voertuigen?

Maatschappelijk aspect: Kostprijs

Greenblatt en Shaheen (2015) schatten de kostprijs van een volledig geautomatiseerd voertuig in op 150 000 US dollar, wat hoger is dan de huidige prijs van zeer luxueuze auto's en vijfmaal de prijs van een gemiddelde auto (Franckx, 2016). Een substantiële daling van deze kostprijs is nodig voor een algemene toepassing van de autonome voertuigen. Anderzijds, individueel bezit is niet noodzakelijk. Constructeurs kijken ernaar om deze voertuigen in eigendom te houden en in MaaS in te brengen als vervoersaanbod.

Maatschappelijk aspect: Ethische aspecten

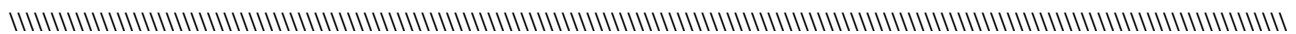
Er rijzen belangrijke ethische vragen over de regels die worden ingebouwd in de algoritmes van de autonome voertuigen, over hoe de auto moet reageren in het geval van een conflict tussen de veiligheid van de inzittenden van de auto en de veiligheid van andere weggebruikers (bv. de keuze tussen het aanrijden van een kind dat de straat oprent en het ontwijken van het kind waarbij de auto tegen een gevel rijdt) (Tillema et al., 2015). Het kader hiervoor zal moeten bepaald worden door de overheid.

Maatschappelijk aspect: Aansprakelijkheidsregels onvoldoende duidelijk

De invoering van autonome voertuigen zal ook afhangen van de duidelijkheid van het juridisch kader. Zowel voor de aanbieders van autonome voertuigen en de onderliggende technologie als voor de gebruikers ervan moet het juridisch systeem duidelijk aangeven wie er verantwoordelijk is in het geval van ongevallen of haperingen in het systeem (Anderson et al., 2014). Er is een verschuiving van de bestuurdersaansprakelijkheid naar de producentaansprakelijkheid. Dit kader moet nog worden uitgewerkt.

Maatschappelijk aspect: Nieuwe spelers en gevaar overconsumptie

Autonome voertuigen zorgen voor veel potentieel voor allerlei businessmodellen. Daarom (co)investeren niet-autobedrijven in autonome voertuigen. Winkels en restaurants kunnen bijvoorbeeld ritten met autonome voertuigen aanbieden in ruil voor een bezoek (Donath, 2017). Indien met een verdienmodel van reclame en sponsoring transport gratis of zeer goedkoop wordt en de gebruikers ervan niet geconfronteerd



worden met de maatschappelijke kosten die zij veroorzaken, zal het over-geconsumeerd worden met opnieuw nadelige milieueffecten als gevolg (tenzij het gaat om zero-emissievoertuigen).

Technologisch aspect: Veiligheidsrisico's

Kan het systeem voldoende afgeschermd worden van hackers en personen of staten met kwade bedoelingen? (Tillema et al., 2015). Privacy is een cruciaal element. In de geleidelijke opschaling kunnen er ook specifieke uitdagingen inzake verkeersveiligheid ontstaan door het naast elkaar bestaan van niet-autonome, semi-autonome en autonome voertuigen.

Hefbomen

Maatschappelijk aspect: Openbaar vervoer

Autonoom vervoer is vooral interessant als een deel van het openbaar vervoer/MaaS. Het is uiteraard niet de bedoeling dat zelfrijdende privé-voertuigen het openbaar vervoer vervangen. Wel kan een groter deel van het openbaar vervoer gebeuren door autonome voertuigen.

Technologisch aspect: Verdere technologische ontwikkelingen

Op dit ogenblik is de technologie volop in ontwikkeling, maar nog onvoldoende om hoge niveaus van automatisatie te kunnen realiseren. Eén van de belangrijke uitdagingen is dat men moet kunnen gebruik maken van drie-dimensionele, accurate en actuele informatie over de rijomgeving van de voertuigen (Franckx, 2016). Verdere investeringen in onderzoek en ontwikkeling zijn dus nog nodig.

6.4.6 Waterstofaandrijving (FCEV)

Barrières

Maatschappelijk aspect: Kostprijs

Waterstof is zeer duur qua productie, en niet energie-efficiënt. Zelfs op langere termijn lijkt er inderdaad slechts potentieel voor zover deze kostprijs significant gedrukt kan worden, bijvoorbeeld dankzij schaalvoordelen in de productie, besparingen op het gebruik van platina, of innovaties in de brandstofceltechnologie. Maar dan nog zal veel afhangen van evoluties in de BEV-markt. Immers, als ook daar de kostprijzen verder dalen terwijl de energiedensiteit van batterijen blijft vergroten en de laadtijden blijven verkorten, dan komen de voordelen van FCEV's de facto te vervallen. In dat geval zullen deze voertuigen mogelijk enkel nog interessant blijken voor nichemarkten zoals vrachtvervoer over zeer lange afstanden.

Technologisch aspect: Infrastructuur

Waterstofinfrastructuur is zo goed als onbestaande in Vlaanderen. Op korte termijn is beterschap eerder onwaarschijnlijk. Ten eerste is dat het geval omdat de uitbouw van een netwerk van H₂-tankinfrastructuur zeer kostelijk is. De relatief beperkte energiedensiteit van waterstofgas maakt immers dat er omvangrijke tanks nodig zijn om het gas in op te slaan, en ook het garanderen van de veiligheid is duur. Ten tweede moedigt de huidige batterijrevolutie investeringen in laadpalen aan, deels ten koste van een inhaalbeweging op vlak van H₂-tankinfrastructuur die nochtans nodig is om FCEV's aantrekkelijker te maken.



Hefbomen

Technologisch aspect: Geen zeldzame materialen nodig

Elektrisch heeft een probleem van zeldzame materialen die nodig zijn voor de batterijen (o.a. kobalt). Waterstof kan je maken zonder zeldzame materialen. Waterstof kan je vlot omzetten naar andere energiedragers zoals bijvoorbeeld methanol. Met waterstof als energiedrager moeten autonome voertuigen niet meer stilstaan om lang elektrisch te laden.

Technologisch aspect: Actieradius

Voor langere afstanden (buiten de stad) zijn de FCEV's geschikter dan de BEV's. In bepaalde omstandigheden kan deze technologie ook interessant zijn voor de opslag van hernieuwbare energie. Terwijl beperkte actieradiusen en lange oplaadtijden gelden als belangrijke hindernissen voor de popularisering van BEV's, zijn deze beperkingen niet van toepassing op FCEV's. Met een autonoom bereik van in theorie ongeveer 600 kilometer scoren de twee in ons land beschikbare modellen (Hyundai ix35 en Toyota Mirai) inderdaad zeker niet slecht, en tanken kan net als bij ICEV's in luttele minuten. Dat laatste wordt in de praktijk echter bemoeilijkt door een groot gebrek aan publieke tankstations waar waterstofgas beschikbaar is.

6.4.7 Geavanceerde biobrandstoffen

Barrières

Maatschappelijk aspect of Technologisch aspect: Technische uitdagingen

De beschikbaarheid van geschikte grondstoffen die het hele jaar voldoen aan de vereiste specificaties, waarvoor technologische vernieuwingen een van de mogelijke oplossingen zijn, en anderzijds de performantie en kosteneffectiviteit van de verschillende conversieprocessen (IRENA, 2016).

Maatschappelijk aspect: Zeer hoge kapitaalkost

Hindernissen voor de industrie bij de uitdaging om de resultaten uit laboratoria en demonstratieprojecten te vertalen naar commercieel leefbare producten. In vergelijking met biobrandstoffen van de eerste generatie moeten er voor de productie van geavanceerde biobrandstoffen complexere technologieën worden ingezet, waardoor de kapitaalkosten van de productiefaciliteiten veel groter zijn (Bitnere & Searle, 2017). Door de hogere kapitaalkosten zal het langer duren vooraleer de operaties winstgevend worden. Dit in combinatie met andere risico's vermindert de aantrekkelijkheid voor investeerders.

Maatschappelijk aspect: Prijs

IRENA (2016) geeft een overzicht van de evolutie van de geschatte productiekosten tot 2045 van geavanceerde biobrandstoffen in vergelijking met twee prijsscenario's voor benzine en diesel. Er wordt hierbij rekening gehouden met technologische verbeteringen en daling van de kapitaalkosten van de productieprocessen. Met olieprijsen hoger dan 100 dollar/vat kunnen de geavanceerde biobrandstoffen op termijn concurreren met fossiele brandstoffen. Bij prijzen van 80 dollar/vat is dat minder waarschijnlijk tenzij de kosten van grondstoffen zeer laag of negatief zouden zijn of er extra beleidsondersteuning gegeven wordt. Het valt niet te voorspellen wanneer deze gunstige omstandigheden zich zullen realiseren, maar de kans dat dit vlug zal gebeuren is laag.

Maatschappelijk aspect: Nood aan een specifiek beleidskader voor de geavanceerde biobrandstoffen

Bitnere & Searle (2017) en IRENA (2016) wijzen er op dat, aangezien biobrandstoffen van de eerste generatie gemakkelijker en goedkoper zijn om te produceren, zal men bij een algemene doelstelling voor

biobrandstoffen immers verkiezen om de doelstelling te halen via de biobrandstoffen van de eerste generatie, tenzij er specifiek doelstellingen en maatregelen worden ingevoerd voor de geavanceerde biobrandstoffen.

Maatschappelijk aspect: Duurzaamheid

In de voorbije jaren werd de doorbraak van biobrandstoffen in Europa gehinderd door de onzekerheid over de duurzaamheid van deze brandstoffen. Ook in het geval van geavanceerde biobrandstoffen zijn er milieuroisico's.

Hefbomen

Technologisch aspect: Lucht- en scheepvaart

Geavanceerde biobrandstoffen zijn geschikt voor vervoersmodi waar elektriciteit minder evident is, zoals vliegtuigen en schepen. Deze modi vormen een grote uitdaging. De luchtvaart groeit enorm.

6.5 Algemene barrières en hefbomen

Zowel tijdens de expertworkshop als bij de veertien expertinterviews alsook bij het literatuuroverzicht zijn barrières en hefbomen naar voor gebracht die gelden voor meerdere oplossingen of innovaties. Het zijn barrières of hefbomen die specifieke oplossingen of innovaties overstijgen omdat ze gelden voor grote delen van of voor het gehele mobiliteitssysteem. We noemen dit hier algemene barrières en hefbomen.

Onder 'barrières' ('hefbomen') verstaan we ook hier (zie ook vorige paragraaf) technologische of maatschappelijke feiten of evoluties die de ontwikkeling van de oplossingen of innovaties voor een beter mobiliteitssysteem afremmen (versnellen). Bovenop deze tweedeling (technologische en maatschappelijke barrières en hefbomen) die voortvloeit uit het TEMIS, zijn er een aantal geregeld terugkerende bevindingen die we moeten vermelden maar die zich moeilijk onder deze eenvoudige tweedeling laten plaatsen. We behandelen daarom afzonderlijk de veel terugkerende waarschuwing voor reboundeffecten verbonden aan de meeste oplossingen of innovaties. Vervolgens sluiten we af met beschouwingen over het maken van beleidskeuzes.

Maatschappelijke aspecten van algemene 'barrières' of 'hefbomen'

Meerdere oplossingen en innovaties zijn sterk verbonden met een bepaalde (organisatie)cultuur die op zich onderdeel is van een maatschappelijke situatie of evolutie. Een bepaalde cultuur, met bijhorende waarden en normen, is essentieel om het mobiliteitsgedrag mee te bepalen. Soms zijn mentaliteitswijzigingen nodig. Bijvoorbeeld, om e-werken succesvol in te voeren is het belangrijk dat er een vertrouwensband bestaat tussen werknemer en werkgever.

Binnen een bepaalde cultuur of waardenpatroon zal elke persoon of elk gezin mobiliteitsbeslissingen nemen die leiden tot een bepaald mobiliteitsgedrag en mobiliteitspatroon. Soms worden deze beslissingen rationeel gemotiveerd, maar evengoed is er een rol voor emoties, gewoontes, enz. Het is een uitdaging om een keuze-architectuur te installeren die ook irrationele motivaties kan integreren want menselijk gedrag is niet altijd rationeel. Het is ook daardoor dat de cultuur van het 'plezier van bezit' zo hardnekkig is. Goede voorbeelden kunnen aanstekelijk werken en verlagen de drempel om een bepaald gedrag te stellen. Uit goede voorbeelden kan ook geleerd worden. Louter informeren of opvoeden is onvoldoende. Er moet ook



een aspect zijn van overtuigen of verleiden, alsook van verplichten en handhaven. Mensen moeten overtuigd worden van de voordelen van een gedragswijziging, en dat is zeker ook nodig op het gebied van mobiliteit en milieu. Het beleid van de stad Stockholm is hier (volgens een geïnterviewde expert) een goed voorbeeld: “People were rather against it when introducing, but once they saw it was less negative than expected, they accepted it quite easily. To get acceptance you can also couple top-down with bottom-up, let’s say stakeholder/citizen consultation/participation.”

Men stelt vast dat de effecten van openbaarvervoersverbeteringen op het autogebruik vaak beperkt zijn. Auto en openbaar vervoer blijven grotendeels gescheiden markten. Enkel als de reistijd van openbaar vervoer in de buurt komt van de auto is er mogelijkheid tot een modale verschuiving (KiM, 2009). Een concurrentiële reistijd realiseren voor het openbaar vervoer zal steeds een uitdaging blijven. Het verleden heeft aangetoond dat in veel gevallen openbaar vervoer weinig aantrekkingskracht heeft indien de auto niet onaantrekkelijker wordt gemaakt door (vb. door prijszetting). Beide opties zijn momenteel simultaan nodig: het openbaar vervoer meer aantrekkelijk maken en autogebruik minder aantrekkelijk.

Technologische aspecten van algemene ‘barrières’ of ‘hefbomen’

De ontwikkelingen en mogelijkheden (ook naar de toekomst) van een goed gebruik van informatie- en communicatietechnologie zijn relevant bij zowat alle oplossingen en innovaties. Voorbeeld: bij mogelijkheden tot thuiswerk, bij organisatie van MaaS, bij logistieke verbeteringen, enz. ICT wordt ook vermeld als de belangrijkste hefboom voor een performant collectief vervoerssysteem. Maar de mens volgt de technologie niet spontaan, men heeft angst, algemeen en voor jobverlies soms specifiek ... Dus is een zekere stimulans zeker nodig en noodzakelijk. Mensen zullen alleen deelnemen als ze er het voordeel van inzien.

Er is in de literatuur en de geraadpleegde experten een grote overeenstemming dat “elektrisch vervoer” in de toekomst een belangrijke bijdrage kan leveren. Maar deze overeenstemming gaat samen met ernstige waarschuwingen. Elektriciteit is (lokaal) schoon maar het globaal effect is per saldo afhankelijk van de energiemix. De aanwezigheid van groene elektriciteit is een heel belangrijke voorwaarde. De uitdaging zit dan vooral in de energietransitie. Elektrisch vervoer is een aantrekkelijke optie om naar een schoon mobiliteitssysteem te gaan, maar zeker geen voldoende voorwaarde. De hernieuwbare energie moet volgen. Elektrische voertuigen hebben een groot potentieel voor de urbane omgeving. Maar grondstoffen-nood en groene energieproductie zijn ernstige uitdagingen. Vergeten we ook niet de niet-uitlaatmissies (bv. fijn stof van banden- en remmenslijtage) en de vervuiling die ontstaat bij het delven van de grondstoffen nodig voor de batterijen. Hier blijkt dus een noodzaak om aandacht te hebben voor alle effecten, ook de indirecte en de ongewenste effecten. Volgend punt gaat daarop dieper in.

Rebound- en indirecte effecten

Bij veel oplossingsrichtingen is er een waarschuwing voor een reboundgevaar. Bijvoorbeeld: als e-werken er toe leidt dat men verder van het werk kan wonen, dan kan dit leiden tot minder, maar langere verplaatsingen. Het is ook gevaarlijk als de bijkomende vrije tijd wordt gebruikt voor extra recreatieve verplaatsingen. Ook kan het energieverbruik in de eigen woning een deel van de milieubaten tenietdoen.

Een ander voorbeeld. Bij alle vormen van gedeelde mobiliteit moet men zich de vraag stellen: welke vorm van mobiliteit wordt hierdoor vervangen? Als deelmodi een individuele personenwagen vervangen, dan is er een milieubaat. Maar als ze dienen om verplaatsingen met het openbaar vervoer te vervangen, dan is dat niet noodzakelijk zo.



Er is dus een noodzaak om aandacht te hebben voor alle effecten, ook de indirecte en de ongewenste effecten, bij een wijziging in beleid of gedrag. Bijvoorbeeld ook bij autonome voertuigen moet het globale effect worden bekeken. Autonome voertuigen kunnen leiden tot nieuw geïnduceerd verkeer en langere pendelafstanden. Simulaties van de universiteit van Austin gaven duidelijk aan dat zonder beleid er een toename is in het aantal verplaatsingen en in het aantal kilometers. Er zal zeker meer transport zijn maar er zullen minder parkeerplaatsen nodig zijn, wat tot een ruimtewinst leidt. Indien ze gedeeld worden, zullen de voertuigen bijkomende kilometers afleggen op zoek naar nieuwe klanten of parkeerplaatsen. Misschien zijn er ook veel extra lege ritten, op zoek naar klanten. Bijvoorbeeld ook kinderen kunnen met een zelfrijdende auto op pad gestuurd worden.

Rol beleid en overheid

De geraadpleegde experts benadrukten zeer sterk de nood aan geïntegreerd beleid tussen de vele relevante domeinen: ruimte, wonen en werken – industrieel beleid – transport – mobiliteit ... Het voorbeeld van telewerken maakt duidelijk dat er een verband is met andere beleidsdomeinen, zoals woonbeleid en ruimtelijk beleid. Dit komt bij vele innovaties en oplossingen terug. Dit is logisch, aangezien mobiliteit rechtstreeks verbonden is met beweging en verplaatsing tussen locaties. Het Ruimtelijk Structuurplan Vlaanderen verankerde geen regionale logistieke knooppunten. In het Beleidsplan Ruimte Vlaanderen is er wel een sturing naar betere locaties en naar regionale logistieke knooppunten. Als we spreken over beleid spreken we veelal over een bepaalde rol die een overheid kan of moet spelen.

Er is een duidelijk, consistent, stabiel en geloofwaardig beleidskader nodig met ondersteuning over een lange periode, zodat er duidelijkheid is. Het gedrag kan zich dan aanpassen en de risico's voor potentiële investeerders verminderen. Herhaaldelijk (experts zowel als workshop als literatuur) ziet men het als de voornaamste taak van een overheid om de relatieve prijzen van transportkeuzes juister te zetten. Bij het maken van verplaatsingsbeslissingen, is er meestal keuze tussen twee of meer mobiliteitsopties. Alleen als de prijzen goed worden gezet, zal de consument rekening houden met de duurzaamheid van de opties. Momenteel reflecteert de prijs van personen- en goederenvervoer doorgaans niet de externe kosten, waardoor bijvoorbeeld de organisatie van de logistieke economie te veel is geënt op dit relatief goedkoop transport. Overheidsbeleid dat transport ontmoedigt bestaat onder de vorm van toegangsrestricties tot steden (stedelijke overheid), of onder de vorm van prijszetting (federale of gewestelijke overheid). Prijsprikkels kunnen ook een zeer belangrijke rol spelen als men bedrijven wil overtuigen om ook milieuoverwegingen mee te nemen in beslissingen over de bedrijfsvoering en niet enkel te kijken naar financiële kortetermijnwinsten en -belangen. Het is niet de taak van een overheid om een bepaalde technologie (elektriciteit of andere) te pushen. De overheid moet vooral strenge normen opleggen en de juiste prijzen nastreven zodat technologieën automatisch hun weg vinden.

Men moet er zich ook van bewust zijn dat beleidsmakers niet enkel milieudoelstellingen hebben. Naast de milieudoelstellingen zijn er natuurlijk ook financieel-economische en andere belangen. En ook electorale belangen mogen niet uit het oog worden verloren. Het is daarom uiterst moeilijk voor beleidsmakers om een strikt kader op te leggen. Zo krijgt de logistieke sector in zijn organisatie bijvoorbeeld weinig stimulanzen om meer met het milieu rekening te houden. De beleidsmakers volgen voor een groot deel de publieke opinie, of anders gesteld, elke beleidsmaker volgt zijn potentieel kiespubliek. Indien een bepaald deel van de publieke opinie niet van een bepaalde keuze wil weten, zal ook de corresponderende beleidsmaker de nodige keuzes niet maken.



7 TOT SLOT

Uit de studie blijkt dat er veel potentiële oplossingen bestaan die de transitie naar een duurzame mobiliteit kunnen onderbouwen. In veel gevallen zijn de evoluties van de oplossingen en/of hun impacts echter nog onzeker. Ook kunnen er reboundeffecten of andere indirecte effecten optreden die hun impact kunnen ondermijnen of hangt het milieupotentieel af van evoluties in andere maatschappelijke systemen, zoals het energiesysteem. Veel mensen en bedrijven willen ook hun steentje bijdragen tot een duurzamer systeem, maar vaak is het moeilijk om gewoontes te veranderen.

Dé oplossing voor een duurzaam mobiliteitssysteem bestaat niet. Het zal dikwijls gaan over een combinatie van oplossingen. Belangrijk voor de effectieve realisatie van hun potentieel is dat de overheid vanuit een langetermijnvisie op duurzame mobiliteit het gepaste kader creëert. Dit kan met behulp van verschillende beleidsinstrumenten die door verschillende beleidsniveaus kunnen ingevoerd worden:

- de ondersteuning van onderzoek en ontwikkeling – dit kan op Vlaams niveau, maar gebeurt bij voorkeur ook ingeschakeld in een breder Europees kader;
- het opleggen van normen inzake emissies en energieverbruik - hierbij is een Europese aanpak van groot belang;
- het opleggen van lokale toegangsrestricties – dergelijke maatregelen kunnen op lokaal niveau genomen worden;
- het voeren van een gepast prijsbeleid dat bedrijven en personen confronteert met de maatschappelijke gevolgen van hun individuele transportkeuzes – dit is mogelijk op stedelijk, regionaal of federaal niveau, waarbij Europa in bepaalde gevallen een rol dient te spelen bij het vastleggen van de algemene krijtlijnen.

Een dergelijk beleidskader biedt oplossingen en innovaties kansen en spoort mensen en bedrijven aan om duurzame mobiliteitskeuzes te maken.



8 REFERENTIES

8.1 Boeken, rapporten, artikels in tijdschriften, beleidsartikels, statistische publicaties

Anderson, J.M., N. Kalra, K.D. Stanley, P. Sorensen, C. Samaras, O. A. Oluwatola, (2014), Autonomous Vehicle Technology, A Guide for Policy Makers. Santa Monica, CA, USA: the Rand Corporation.

Aune F.R., A.C. Bøeng, S. Kverndokk, L. Lindholt & K.E. Rosendahl (2017), Fuel Efficiency Improvements: Feedback Mechanisms and Distributional Effects in the Oil Market, Environmental and Resource Economics 68, 47-64.

Bachus, K. (2017), [The use of environmental taxation as a regulatory policy instrument](#), PhD dissertation, KU Leuven.

BiTiBi (2016), Global evaluation of BiTiBi implementation, Deliverable 4.4 of the BiTiBi project, project funded by the EU Intelligent Energy Europe programme.

Bitnere, K. and S. Searle (2017), Effective Policy Design for Promoting Investment in Advanced Alternative Fuels, White Paper, The International Council for Clean Transportation (ICCT).

Breemersch, T. et al. (2016), Level Playing field for freight transport in Belgium, studie uitgevoerd voor FOD Mobiliteit en vervoer door Transport & Mobility Leuven.

CEMT (2001), Réduire les émissions des véhicules. Paris, France: OECD/CEMT.

Childress, S., Nichols, B., Charlton, B. and Coe, S. (2015), Using An Activity-Based Model To Explore Possible Impacts Of Automated Vehicles, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, (2493), 99-106.

Coenen, L. and Díaz López, F.J. (2010), Comparing systems approaches to innovation and technological change for sustainable and competitive economies: an explorative study into conceptual commonalities, differences and complementarities, Journal of Cleaner Production, 18: 1149-60.

Compendium voor de leefomgeving, fietsgebruik, 2000-2014. <http://www.clo.nl/indicatoren/nl2144-fietsgebruik>

Courbe, P. (2017), Light and SAfe Car, Lisa Car, La voiture de demain, paper voorgesteld op de Lisa Car Conferentie, December 2017.

CPB & PBL (2016a), Binnenlandse personenmobiliteit, Achtergronddocument WLO – Welvaart en Leefomgeving, Toekomstverkenning 2030 en 2050. Den Haag, Nederland: PBL.



CPB & PBL (2016b), Kansrijk mobiliteitsbeleid. Den Haag: Centraal Planbureau en Planbureau voor de Leefomgeving.

Crainic, T.G. and B. Montreuil (2016), Physical internet enabled hyperconnected city logistics, Transportation research procedia 12, 383-398.

CROW (2017), Mobility as a Service, V&V bericht n° 179.

Deconinck, L. & D. Botteldooren (2016), Actualisatie van de geluidsindicatoren 2016, rapport MIRA/2016/04, VMM.

De Ceuster, G. et al. (2008), Effects of adapting the rules on weights and dimensions of heavy commercial vehicles as established within Directive 96/53/EC, study TREN/G3/318/2007 for European Commission by Transport & Mobility Leuven.

Delhay, E., C. Heyndrickx, R. Frederix, B. Van Zeebroeck, S. Rousseau & S. Proost (2013), Reboundeffect met impact op het milieu, Eindrapport, studie voor Vlaamse Overheid - Departement LNE, Afdeling Milieu, Natuur en Energiebeleid.

Delhay, E., G. De Ceuster, F. Vanhove en S. Maerivoet (2017), Internalisering van externe kosten van transport in Vlaanderen: actualisering 2016, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, door Transport & Mobility Leuven.

De Paep, M., Vandenbroeck, P., & Van Reeth, J. (2014), Transitie naar duurzame mobiliteit in steden: een analysekader, studie uitgevoerd in opdracht van de Vlaamse Milieumaatschappij, MIRA, MIRA/2014/07, BUUR bureau voor urbanisme & shiftN.

Dionori, F. et al. (2015), Freight on road: Why EU shippers prefer truck to train?, study for European Parliament by Steer Davies Gleave.

Ecofys, IIASA and E4Tech (2015), The land use change impact of biofuels consumed in the EU, Quantification of area and greenhouse gas impacts, study commissioned and funded by the European Commission, Project number: BIENL13120. Utrecht, NL: Ecofys Netherlands B.V.

EEA (2010), Towards a resource-efficient transport system, TERM 2009: indicators tracking transport and environment in the European Union, EEA report 2/2010. Copenhagen, Denmark: EEA.

EEA (2016a), Transitions towards a more sustainable mobility system, TERM 2016: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe, EEA report 34/2016, Copenhagen, EEA.

EEA (2016b), Electric vehicles in Europe. Auteurs: Hacker, F., Hülsmann, F., Kühnel, S., Minnich, L. (Öko-Institut), Purwanto, J. (TML) & Bolech, M. (TNO). <https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-in-europe>

Elementenergy (2016), Low carbon cars in the 2020's: Consumer impacts and EU policy implications, Final Report for BEUC. http://www.beuc.eu/publications/beuc-x-2016-121_low_carbon_cars_in_the_2020s-report.pdf



Fuhr, J.P & S. Pociask (2011), Broadband and Telecommuting: Helping the US Environment and the Economy, *Low Carbon Economy* 2(1), 41-47.

Furuhata et al. (2013), Ride-sharing: State of the art and future directions, *Transportation Research B*, 28-46.

Geurts, K. et al. (2015), Vooruitzichten van de transportvraag in België tegen 2030. Brussel: Federaal Planbureau.

GfK (2018), Milieuverantwoorde consumptie: monitoring kennis, attitude en gedrag, onderzoeksrapport in opdracht van het departement Omgeving.

Govaerts, M. (2017), MOW longlist voor emissiereducties in goederentransport, communicatie met Inge Mayeres.

Greenblatt, J. B. and Shaheen, S. (2015), Automated Vehicles, On-Demand Mobility, and Environmental Impacts, *Current Sustainable/Renewable Energy Reports* 2(3), 74-81.

Greene, D. (2010), Why the market for new passenger cars generally undervalues fuel economy, *OECD/ITF Discussion paper 2010-6*. Paris: OECD/ITF.

Gronwald, M., N.V. Long and L. Roepke (2017), Simultaneous Supplies of Dirty Energy and Capacity Constrained Clean Energy: Is There a Green Paradox?, *Environmental and Resource Economics* 68, 47-64.

Helsinki Regional Transport Authority (HSL) (2016), Kutsuplus Final Report.

HowStuffWorks, Are electric cars safe in accidents? <https://auto.howstuffworks.com/are-electric-cars-safe-in-accidents.htm>

ICCT (2016), Electric vehicles: Literature review of technology costs and carbon emissions, Working Paper 2016-14.

ICCT (2017), European vehicle market statistics – pocket book 2016/17, p. 43-57.

ITF (2016), Shared Mobility: Innovation for Liveable Cities. Corporate Partnership Board, Policy Insights. Paris: The International Transport Forum. <https://www.itf-oecd.org/shared-mobility-innovation-liveable-cities>

IRENA (2016), Innovation Outlook Advance Liquid Biofuels. Abu Dhabi, UAE: The International Renewable Energy Agency.

KiM (2009), Het scheiden van de markt, vraagontwikkelingen in het personen-en goederen vervoer. Den Haag: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.

KiM (2015), Mijn auto, jouw auto, onze auto, Deelautogebruik in Nederland: omvang, motieven en effecten. Den Haag, Nederland: Kennisinstituut voor Mobiliteitsbeleid.



Kopp, J., R. Gerike and K.W. Axhausen (2015), Do sharing people behave differently? An empirical evaluation of the distinctive mobility patterns of free-floating car-sharing members, *Transportation* 42(3), 449-469.

Krager, R. & L. Harms (2017), Synergies from improved bicycle-transit integration, towards an integrated urban mobility system, draft discussion paper prepared for the International Road Forum (ITF) roundtable on Integrated and Sustainable Urban Transport, 24-25 April 2017, Tokyo.

LaMondia, J.J., D.L. Fagnant, H. Qu, J. Barrett & K. Kockelman (2016), Long-Distance Mode Shifts Due to Automated Vehicles: A Statewide Mode-Shift Simulation Experiment and Travel Survey Analysis, *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, (2566), 1-11.

Le Vine, S., A. Zolfaghari & J. Polak (2015), Autonomous cars: The tension between occupant experience and intersection capacity, *Transportation Research Part C* 52, 1-14.

Mac Donald, B. (2007) 'Valuing the benefits of cycling' a report to 'Cycling England Londen', SQW/Cycling England.

Maerivoet, S. (2015), Hoorzitting 'Driverless Vehicles', presentatie voor het Vlaams Parlement, 28 mei 2015.

Maes, J. (2017), Fietskoeriers blijven nichemarkt zonder sturend beleid, persbericht m.b.t. doctoraatsthesis Jochen Maes, Universiteit Antwerpen.

Malins, C., S. Searle and A. Baral (2014), A Guide for the Perplexed to the Indirect Effects of Biofuels Production, The International Council for Clean Transportation (ICCT).

Markard, J. and Truffer, B. (2008), Technological innovation systems and the multi-level perspective: Towards an integrated framework, *Research Policy*, 37: 596-615.

Martin, E. and S. Shaheen (2016), Impacts of car2go on Vehicle Ownership, Modal Shift, Vehicle Miles Traveled, and Greenhouse Gas Emissions: An Analysis of Five North American Cities, Working Paper, Transportation Sustainability Research Center, University of California, Berkeley.

Michon, M. (2003), Bundelen doe je zo, een concreet stappenplan voor ondernemingen die lading willen bundelen in de Agrosector, studie uitgevoerd door Buck Consultants.

Mobiel 21 (2014), Het e-fietspotententiaal, resultaten online bevraging e-fietspendelaar studie in opdracht van de Vlaamse Overheid.

Morrow, W. R., J.B. Greenblatt, A. Sturges, S. Saxena, A.R. Gopal, D. Milstrein, N. Shah and E.A. Gilmore (2014), Key factors influencing autonomous vehicles' energy and environmental outcome, in: G. Meyer and S. Beiker (eds), *Road Vehicle Automation*, Springer International Publishing, Cham, Switzerland.

Nijland, H., J. van Meerkerk en A. Hoen (2015), Effecten van autodelen op mobiliteit en CO₂-uitstoot, Planbureau voor de Leefomgeving.



Cambio: www.cambio.be

Caramigo: www.caramigo.be

Cozycar: www.cozycar.be

Cyclelogistics: <http://cyclelogistics.eu/>

Dégage: www.degage.be/autodelen

Dimensional Studios, Cisco Telepresence ‘On-Stage’ Holographic Video Conferencing.
https://www.eyeliner3d.com/cisco_telepresence_holographic_video_conferencing.html

Ecar 333: www.ecar333.be

Flows.be (27-04-2015), horizontale bundeling goederenstromen PepsiCo en Nestlé bekroond,
<http://www.flows.be/nl/logistics/horizontale-bundeling-goederenstromen-pepsico-en-nestle-bekroond>

International Sustainability and Carbon Certification System (ISCC): <https://www.iscc-system.org/about/objectives/>

Kowo carpoolapp: <https://www.kowo.io/nl/start/>

Olympus: <http://www.olympus-mobility.com/nl/home-1.htm>

Podbike: www.podbike.com

Roundtable on Sustainable Biomaterials (RSB): <http://rsb.org/the-rsb-standard/about-the-rsb-standard/>

SAE International (30 September 2016), Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles. (http://standards.sae.org/j3016_201609/)

Siemens, eHighway – Electrification of road freight transport.
<https://www.siemens.com/global/en/home/products/mobility/road-solutions/electromobility/ehighway.html>

Stapp.in: www.stappin.be

Tapazz: www.tapazz.com

Vlaamse overheid, milieuvriendelijke voertuigen, data <http://www.milieuvriendelijkevoertuigen.be/>

VMM, Milieurapport, Hernieuwbare energie voor transport:
<https://www.milieurapport.be/sectoren/transport/brongebruik/hernieuwbare-energie>

Whim: <https://whimapp.com/be/>



