



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Dynamic ridesharing

Mattias de Bock

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

Prof. dr. Kris BRAEKERS



UHASSELT

KNOWLEDGE IN ACTION

www.uhasselt.be

Universiteit Hasselt
Campus Hasselt:
Martelarenlaan 42 | 3500 Hasselt
Campus Diepenbeek:
Agoralaan Gebouw D | 3590 Diepenbeek

2021
2022



Faculteit Bedrijfseconomische Wetenschappen

master in de handelswetenschappen

Masterthesis

Dynamic ridesharing

Mattias de Bock

Scriptie ingediend tot het behalen van de graad van master in de handelswetenschappen, afstudeerrichting supply chain management

PROMOTOR :

Prof. dr. Kris BRAEKERS

Woord Vooraf

Ik wil iedereen bedanken die mij het afgelopen jaar heeft bijgestaan en/of heeft deelgenomen in het proces om deze masterproef tot een goed einde te brengen. Mijn promotor, prof. dr. Kris Braekers, wil ik in het bijzonder bedanken voor de begeleiding. Na een moeizame start waarbij lang geen promotor aan mij werd toegewezen, nam prof. dr. Braekers mij op als extra student en ik ben hem zeer dankbaar voor de moeite die hij bereid was te steken in mij. Daarnaast wil ik mijn vrienden en familie bedanken voor alle steun en voor het luisteren naar al mijn vragen en frustraties. Het eindresultaat van deze masterproef is dankzij hen ongetwijfeld positief beïnvloed.

Samenvatting

In deze masterproef is het concept *dynamic ridesharing* onderzocht als mogelijke remedie tegen de hedendaagse verkeersproblematiek. Het gemiddelde aantal inzittenden bij transport met een personenwagen is veel te laag. Gemiddeld gezien wordt minder dan een passagier per rit vervoerd en in ongeveer 70 procent van de gevallen, zijn deze passagiers familieleden of kennissen. Door de stijgende voertuigvloot en het lage bezettingscijfer van personenwagens, is het wegennetwerk in verstedelijkte gebieden verzadigd. Dit brengt enorme verkeersproblemen met zich mee, waarbij congestie en vervuiling de twee grootste problemen vormen. De wegtransportsector stond garant voor 18,8 procent van de globale CO₂-emissies in 2016 en het totale aantal CO₂-emissies stijgt nog steeds jaar na jaar. Bijgevolg neemt de vervuiling alsmaar toe en staat de gezondheid van de bevolking op het spel. De congestie zorgt op zijn beurt voor enorme kosten. Het verzadigde wegennetwerk zorgt ervoor dat gigantische hoeveelheden brandstof en tijd verspild worden. Deze verspillingen kunnen uitgedrukt worden in geldwaarde, zoals gedaan werd in het *Urban Mobility Report* van de Verenigde Staten uit 2018. Daarin is te zien dat in 2018 de congestiekost 166 miljard dollar bedroeg. Tijdens het onderzoek van deze masterproef wordt eerst een onderscheid gemaakt tussen verschillende vormen van deelvervoer, namelijk *carsharing* en *ridesharing*. Vervolgens zal uitgelegd worden wat het dynamische aspect precies inhoudt en wat *dynamic ridesharing* precies is. Eenmaal alle termen en deelvormen duidelijk zijn, wordt in het empirische deel van deze masterproef aan de hand van een dataset onderzocht wat het potentieel van *dynamic ridesharing* systemen is. Tenslotte wordt samen met Raf Degens, CEO van Corda Campus, een blik geworpen op de toekomst en hoe deelvervoer daarin kan passen.

Uit het onderzoek is gebleken dat het concept *dynamic ridesharing* de laatste jaren aan populariteit heeft gewonnen door bedrijven als Uber en Lyft. De bedrijven nemen chauffeurs op in hun netwerk en verbinden deze *drivers* in *real-time* met *riders* via een applicatie. Het doel van Uber en Lyft is echter puur commercieel en beide bedrijven streven – net zoals andere privébedrijven in dezelfde sector – een zo groot mogelijk marktaandeel na, waardoor de maatschappelijke doeleinden van het *dynamic ridesharing* concept uit het oog verloren worden. De privébedrijven in de sector trachten zo veel mogelijk klanten voor zichzelf te winnen door een overaanbod aan *drivers* te voorzien. Hierdoor stijgt het aantal wagens op het wegennetwerk en worden de congestie- en vervuilingproblemen groter. Het concept werkt met andere woorden de problemen in de hand die het probeert op te lossen. Daarnaast kan niet meer gesproken worden van *dynamic ridesharing*, aangezien de *drivers* vaak een taxidienst aanbieden in plaats van een rit te delen die sowieso gemaakt moest worden. Dit zorgt voor grote hoeveelheden protest vanuit de taxidienstensector. Taxichauffeurs beweren dat de aanbieders van *dynamic ridesharing* systemen zorgen voor oneerlijke concurrentie en ingaan tegen de wetgeving die van toepassing is voor de taxidienstensector. Deze protestacties krijgen in sommige landen gehoor, waardoor er geen *dynamic ridesharing* diensten aangeboden mogen worden.

Vervolgens botst *dynamic ridesharing* op nog meer hindernissen, waaronder sociale hindernissen. Mensen staan weigerachtig tegenover het delen van personenvervoer met vreemden, aangezien het gebruik van de eigen auto zeer toegankelijk is en het afleggen van een reis zonder passagiers in de auto een comfortabele situatie creëert. Dit fenomeen staat bekend als *stranger danger*. Wanneer een rit toch wordt gedeeld, is dit vaak mensen waarmee een vertrouwensband is opgebouwd, zoals

vrienden, familie of collega's. De grootste uitdaging, is de concurrentiestrijd tegen transport met de eigen wagen, wat veruit de gemakkelijkste vorm van transport is en direct toegang verleent tot deur-tot-deur transport. De mens is het inmiddels gewoon op ieder moment van de dag zich te kunnen verplaatsen naar eender welke bestemming. Om een antwoord te kunnen bieden aan dit gemak, moeten de alternatieven voor de eigen wagen aantrekkelijker worden gemaakt en moet het vervoer met de eigen wagen ontmoedigd of bemoeilijkt worden.

Het grootste probleem vormt zich echter wanneer gekeken wordt naar de implementatie van dergelijke systemen. Wanneer privébedrijven de implementatie zullen verwezenlijken, zal een competitieve markt ontstaan die gedreven wordt door commerciële doeleinden. Het winstbejag en het trachten te behalen van een zo groot mogelijk marktaandeel, zal ten koste gaan van maatschappelijke doeleinden. Anderzijds zullen de privébedrijven zorgen voor een snelle implementatie en zal er voortdurend aandacht besteed worden aan technologische vooruitgang. De andere partij die de implementatie van *dynamic ridesharing* systemen in handen kan nemen, is de overheid. De overheid zal – in tegenstelling tot de privébedrijven – de maatschappelijke doelstellingen vooropstellen en trachten de verkeersproblematiek de kop in te drukken met behulp van *dynamic ridesharing*. Daarnaast kan de overheid zichzelf een monopolie verschaffen, waardoor een overaanbod niet nodig zal zijn. De overheid zal echter minder aandacht besteden aan technologische vooruitgang en de implementatie zal langer duren dan bij de privébedrijven. De optimale aanpak zal ergens in het midden liggen, waarbij de overheid de privébedrijven laat begaan in een competitieve, gereguleerde markt. Op die manier kunnen de voordelen die beide partijen kunnen bieden, benut worden en zal het maatschappelijke doel van het systeem centraal blijven staan.

De toepassing van *dynamic ridesharing* systemen op een dataset over vraag naar personentransport, toont aan dat het concept een enorm potentieel met zich meedraagt dat zich de dag van vandaag reeds kan uiten. Uit het onderzoek, waarbij 127 afzonderlijke ritten via matching methodes gereduceerd konden worden tot 91 ritten, bleek dat de totale afgelegde afstand verminderd kon worden met 13,48 procent. Daarnaast nam het aantal inzittenden per wagen gemiddeld toe met 39,56 procent en werd het aantal CO₂-emissies dat werd uitgestoten door de deelnemers gereduceerd met 41.074 gram (op een totaal van 304.697 gram). Wanneer een blik geworpen wordt op de toekomst, zou *dynamic ridesharing* kunnen uitgroeien tot een netwerk gebaseerd op zelfrijdende auto's. Deze auto's zouden via knooppunten een route creëren tot aan de eindbestemming. Een idee dat futuristisch klinkt, maar veel voordelen met zich mee kan dragen. Een groot struikelblok is echter het wettelijk kader, dat geen ruimte biedt voor zelfrijdende auto's in een verzekerde context. Verzekeringsmaatschappijen staan niet in voor de kosten wanneer een computer de controle over het stuur had. Wanneer *dynamic ridesharing* systemen werken met computergestuurde auto's, kunnen bedrijven inspelen op de routes en gebruikers met elkaar matchen op basis van gemeenschappelijke voorkeuren en kenmerken. Op die manier is het mogelijk om de volledige belevenis te personaliseren. Tenslotte zouden files vrijwel onbestaand zijn en zou iedereen op voorhand het exacte aankomstuur kennen.

Aanvullend onderzoek op deze masterproef zou kunnen bestaan uit onderzoek naar een wettelijk kader waarbij *dynamic ridesharing* geïmplementeerd kan worden in de samenleving, zonder de

aandacht te verliezen rond het oorspronkelijke doel ervan: een oplossing bieden voor een maatschappelijk probleem, namelijk de hedendaagse verkeersproblematiek. Daarnaast heeft COVID-19 mogelijks een impact op lange termijn wat de sociale bereidheid betreft om vervoermogelijkheden te delen. De relatie tussen *stranger danger* en COVID-19 is bijgevolg een andere interessante materie om te onderzoeken. Ook zouden de wiskundige modellen achter matching systemen verder onderzocht kunnen worden, waarbij vooral aandacht besteed wordt aan het matchen van *drivers* en *riders* op unieke locaties. Ten slotte zou onderzoek verricht kunnen worden naar een wettelijk kader voor geautomatiseerde wagens en naar een wettelijk kader dat betrekking heeft op verdoken taxidiensten (zoals Uber en Lyft) en de taxidienstensector zelf.

Inhoudsopgave

Inhoud

1.	Onderzoeksplan.....	7
1.1.	Probleemstelling.....	7
1.1.1.	Vervuiling.....	7
1.1.2.	Congestie.....	9
1.1.3.	Bezettingsgraad personenvervoer.....	10
1.2.	Onderzoeksvraag.....	12
1.3.	Onderzoeksmethodologie.....	13
1.3.1.	Literatuurstudie.....	13
1.3.2.	Empirisch onderzoek.....	13
2.	Literatuurstudie.....	15
2.1.	Deelvervoer.....	15
2.1.1.	Carsharing.....	15
2.1.2.	Ridesharing.....	16
2.1.3.	Struikelblokken.....	18
2.2.	<i>Dynamic ridesharing</i>	18
2.2.1.	Wat is <i>Dynamic ridesharing</i> ?.....	19
2.2.2.	<i>Dynamic ridesharing</i> , taxi's en openbaar vervoer: substituten of complementen?.....	20
2.2.2.1.	De pijnpunten van de taxidienst markt.....	20
2.2.2.2.	Integratie van het openbaar vervoer in <i>dynamic ridesharing</i>	21
2.2.3.	Struikelblokken voor <i>dynamic ridesharing</i>	23
2.2.3.1.	Conventioneel privétransport.....	23
2.2.3.2.	<i>Stranger danger</i>	23
2.2.3.3.	De impact van een pandemie: COVID-19.....	23
2.2.3.4.	Sectorgebonden weerstand.....	24
2.3.	Matching modellen voor <i>dynamic ridesharing</i>	25
2.3.1.	Wat zijn matching modellen?.....	25

2.3.2.	<i>Rolling Horizon</i> strategie	26
2.3.3.	Werking van het model	27
2.3.4.	<i>Agent Based Carpooling</i>	28
3.	Het potentieel van <i>ridesharing</i>	31
3.1.	Methode.....	31
3.2.	Resultaten.....	33
3.2.1.	Congestie en bezettingsgraad	34
3.2.2.	Vervuiling.....	34
4.	De toekomst van deelvervoer	37
4.1.	Wie is Raf Degens en waarom is zijn mening relevant?	37
4.2.	Hoe werkt deelvervoer op Corda Campus?	37
4.3.	Hoe kan het deelvervoer concept werken volgens Raf Degens?	38
4.3.1.	Mentaliteit.....	38
4.3.2.	Keuze	39
4.3.3.	Belevenis.....	40
4.4.	Hoe ziet Raf Degens de toekomst van deelvervoer?	40
4.4.1.	Zelfrijdende wagens	40
4.4.2.	Een mentale shift door burger en staat	40
4.4.3.	Belevenis.....	41
4.5.	Verbanden met de literatuurstudie	42
5.	Conclusie	45
6.	Referentielijst	49
7.	Bijlagen	53

1. Onderzoeksplan

1.1. Probleemstelling

Wereldwijd wordt er getracht de economie te verbeteren en daarmee wordt dagelijks beroep gedaan op mogelijks het belangrijkste logistieke proces, namelijk het gigantische transportnetwerk dat zich strekt over land, over zee en door de lucht. De groei van de economie in de laatste tien jaren is mede te danken aan dit transportnetwerk, maar deze groei heeft ook twee problemen in de hand gewerkt: vervuiling en congestie (TTI, 2019). Deze problemen worden naast de economische groei ook in de hand gewerkt door de toenemende bevolkingsdichtheid en de verstedelijking, waardoor het probleem groter is dan ooit tevoren (Li et al., 2016). In volgende secties zullen beide problemen kort besproken worden.

1.1.1. Vervuiling

Broeikasgassen, en vooral CO₂-emissies, genereren het laatste decennium veel aandacht en zijn uitgegroeid tot een van de meest prominente internationale onderzoeksproblemen. Studies geven aan dat CO₂-emissies gerelateerd aan fossiele brandstoffen instaan voor meer dan twee derde van de totale broeikasgassen in de wereld (Matthews, 2010). Voornamelijk de Aziatische landen kennen een enorme toename in emissies. Deze opmars zorgt ervoor dat Aziatische landen bijna hetzelfde niveau 'bereiken' als Amerika, wat de regio is met het hoogste aantal geproduceerde emissies (IEA, 2018). China is de hoofdverantwoordelijke voor de opmars van Azië op zowel economisch gebied als op gebied van CO₂-emissies. De laatste jaren is de groei van de hoeveelheid CO₂-emissies in China meer toegenomen dan de groei van het BBP in China en de studie van Ding in 2017 voorspelde dat deze toename zich minstens zou verderzetten tot en met 2020. Daardoor worden de CO₂-emissies een van de grootste bedreigingen voor duurzame economische groei en sociale ontwikkeling in China (Ding et al., 2017). De data verzameld van het *International Energy Agency (IEA)* onthult dat China een van de hoogste niveaus van CO₂-emissies heeft ter wereld (Birol, 2013).

De wegtransportsector stond garant voor 18,8 procent van de globale CO₂-emissies in 2016. De CO₂-emissies van de transportsector – goederentransport, gecombineerd met personenvervoer – namen toe tot ongeveer acht Gt (gigaton) CO₂, een stijging van 71 procent tegenover de niveaus van 1990 en gelijk aan een vierde van de totale globale emissies. Regionale inspanningen zijn essentieel om de emissies die voortkomen uit de automobiel sector te verminderen, zeker wanneer de diversiteit van regionale transportsystemen in acht genomen wordt (Shiraki et al., 2020). Terwijl de directe CO₂-emissies van elke transportmethode verschillen per regio en brandstoftype, stoten lichte voertuigen gemiddeld veel meer uit in verhouding met andere transportmethodes (bijvoorbeeld bus en trein) die zich via land verplaatsen. De reden dat bussen en treinen in verhouding minder CO₂ uitstoten, is de bezettingsgraad van het type vervoer. Doorgaans worden er veel meer passagiers vervoerd per bus- of treinrit in vergelijking met het aantal passagiers dat vervoerd wordt bij een autorit (Sims & Schaeffer, 2016).

Het belang om te verschuiven naar transportmethodes met lagere emissies is algemeen geweten. Desondanks is het aandeel van wegtransportemissies in verhouding met de totale hoeveelheid transportemissies gestegen met twee procent tussen 1990 en 2016, respectievelijk van 72 procent naar 74 procent (IEA, 2018). Het is belangrijk om de factoren te identificeren met betrekking tot veranderingen in CO₂-emissies binnen de automobiel sector. Om de CO₂-emissies afkomstig uit de

automobiel sector te verlagen, zal het essentieel zijn om de brandstofefficiëntie te verbeteren en de bezettingsgraad van voertuigen te verhogen door mechanismen toe te passen zoals *ridesharing*, waar in hoofdstuk 2.1 dieper op wordt ingegaan (Shiraki et al., 2020).

De luchtvervuiling heeft een negatieve impact op de levenskwaliteit van de mensen die ermee in contact komen. Grote hoeveelheden CO₂-emissies kunnen bijdragen aan klimaatsverandering en kunnen schade toebrengen aan de gezondheid van mensen (Ding et al., 2017). De giftige luchtvervuilende stoffen die te wijten zijn aan onder andere transport, hebben een impact op vroeggeboortes, baby's die met ondergewicht worden geboren, kinderen met cognitieve en gedragsstoornissen, mentale gezondheidsproblemen, astma en andere ademhalingsaandoeningen, cardiovasculaire ziektes en kanker. Daarnaast gaat de klimaatverandering gepaard met nog meer gezondheidsrisico's en -problemen (Perera, 2017). Naast luchtvervuiling brengt ook geluidvervuiling gezondheidsproblemen met zich mee. Luchtvervuiling is jaarlijks de oorzaak van meer dan 430.000 premature sterfgevallen en heeft daarmee een veel groter aandeel in premature sterfgevallen dan geluidvervuiling (Jensen, 2018). Geluidvervuiling is jaarlijks de oorzaak voor meer dan 10.000 premature sterfgevallen (EEA, 2016).

Kinderen, en vooral arme kinderen, lijden onder de toenemende vervuiling en dragen een disproportionele last van ziekte en een verhinderde ontwikkeling door de verbranding van fossiele brandstoffen (Perera, 2017). Zo bewijzen verschillende studies dat kinderen die leven in meer vervuilde gebieden een verlaagde longgroei hebben in vergelijking met kinderen die leven in meer zuivere gebieden (Eisner et al., 2010). Zo toont een studie in de Verenigde Staten van Gauderman (2007) aan dat er een avers effect is tussen luchtvervuiling en de ontwikkeling van longfuncties bij kinderen en jongvolwassenen (studenten). De opvolgperiode duurt tot acht jaar, tot op het punt dat de testpersoon een achttienjarige leeftijd bereikt heeft. Op het einde van de opvolgperiode is het percentage studenten met een lage longfunctie (i.e. minder dan 80 procent van de normale longfunctie) bijna vijf keer zo groot bij de testgroep die opgroeide in de meest vervuilde gemeenschap tegenover de testgroep die opgroeide in de meest zuivere gemeenschap. Gedurende de opvolging van het onderzoek verhuisden veel studenten naar andere locaties doorheen de Verenigde Staten, waardoor zij werden blootgesteld aan andere niveaus van luchtvervuiling. Deze verandering van blootstelling aan luchtvervuiling bleek een belangrijke determinant van de longgroei: testpersonen die zich naar zuiverdere omgevingen begaven, ervoeren een stijging van de longgroei. Testpersonen die verhuisden naar meer vervuilde gebieden, ervoeren analoog een daling van de longgroei. Vergelijkbare – minder extreme – resultaten werden gevonden voor volwassenen (Gauderman et al., 2007).

Het beleid van de overheid en andere strategieën om de afhankelijkheid van fossiele brandstoffen te verminderen en te bouwen aan duurzame gemeenschappen, bieden de grootste kansen van deze generatie om de volksgezondheid te verbeteren, de veerkracht van gemeenschappen te vergroten en ongelijkheid recht te trekken (Perera, 2017).

1.1.2. Congestie

De verkeersproblemen brengen naast gezondheidsproblemen ook kosten met zich mee. In de laatste decennia zorgden een snelle economische groei en verstedelijking voor kritieke problemen, vooral voor onderontwikkelde landen. Een van de voornaamste problemen die een impact heeft op alle klassen van de bevolking is de hinder die veroorzaakt wordt door het oververzadigde wegennetwerk. De incompetent en inefficiënte transportinfrastructuur was de grootste beperking voor de ontwikkeling van steden, een gegeven dat duidelijk de grote impact van de verkeersproblemen schetst (Goulias, 2003). Het probleem van verkeerscongestie in grote steden in de wereld is een frequent fenomeen. De verkeerscongestie heeft de neiging om de economische activiteiten in een stad te vertragen, te hinderen en zelfs tegen te werken.

De problemen die volgen uit de congestie die zich voordoet op het wegennetwerk brengen grote gevolgen met zich mee, wat kan worden afgeleid uit volgend voorbeeld: uit een onderzoek van Schrank en Lomax (2007) blijkt dat de jaarlijkse congestiekost in termen van verloren uren door het verkeer en verspilde brandstoffen in Amerika in 2007 geschat werd op 78 miljard dollar (Schrank & Lomax, 2007). Wanneer we deze cijfers vergelijken met het *Urban Mobility Report* van de Verenigde Staten uit 2018 zien we dat in 2018 de congestiekost 166 miljard dollar bedroeg (*Urban Mobility Report*, 2018). Dit betekent dat op 11 jaar tijd de congestiekost in de Verenigde Staten toegenomen is met 112,82 procent, meer dan een verdubbeling.

Een studie, uitgevoerd door de Australische overheid, departement van transport en regionale diensten (Cosgrove et al., 2007), schatte de Australische opstopingskost voor een jaar op 10 miljard dollar, waarbij de totale kost bestond uit de uitvoeringskost, verloren vrije tijds kost en de verloren tijds kost voor bedrijven. De uitvoeringskosten bevatten de kosten die bedrijven moeten betalen aan middelen die stilstaan, dit bevat zowel het menselijke kapitaal van de bedrijven als de werkmiddelen. De verloren tijds kost van de bedrijven bevat de tijd waarin bedrijven niet operationeel kunnen zijn door een gebrek aan middelen (Ali et al., 2014). Een ander onderzoek werd uitgevoerd voor Dhaka City, Bangladesh. De geschatte congestiekost voor Dhaka City bedroeg 3,868 miljard dollar. Deze kost bevatte de omgevingskost, de uitvoeringskosten voor bedrijven, de sociale kosten en de reistijdkosten (Khan & Islam, 2013). In 2017 zorgden opstoppingen in het verkeer ervoor dat Amerikanen uit stedelijke gebieden 8,8 biljoen uur extra gereisd hebben en 12,49 miljard extra liters brandstof gekocht hebben in vergelijking met 2016, samen goed voor een totale opstopingskost van 166 miljard dollar in de Verenigde Staten alleen (*Urban Mobility Report*, 2018).

Ook in België vormen de stijgende congestie en de kosten die dit met zich meebrengt een groot probleem. Passagiersreizen in België worden in 82 procent van de gevallen gemaakt met een auto, wat een van de hoogste percentages ter wereld voorstelt, terwijl het openbaar vervoer slechts 14 procent van de passagiersreizen vertegenwoordigt. De verdeling is gelijkaardig voor het vrachttransport binnen België, waar 70 procent via de weg gebeurt, 14 procent via de waterwegen, 13 procent via het spoor en 3 procent via pijpleidingen (Vandenbulcke et al., 2009). Een studie door Frank Witlox in 2006 toonde aan dat er in 2003 ongeveer 13 miljoen uur verspild werd door chauffeurs die moesten wachten door congestie in België, wat samen een congestiekost van 150 miljoen euro voorstelt (Witlox, 2006).

In Tabel 1 wordt het aantal motorvoertuigen in België van 1930 tot 2020 in cijfers weergegeven. Motorrijwielen worden in onderstaande, samenvattende tabel niet bij het algemeen totaal gerekend en enkel types motorvoertuigen die significante verschillen veroorzaken bij het totaal aantal motorvoertuigen en zo relevant zijn voor dit onderzoek worden weergegeven in deze tabel. De complete tabel is terug te vinden in de bijlagen. De tabel geeft duidelijk een trend weer waarbij het aantal voertuigen jaarlijks stijgt (STATBEL, 2020).

Door de aanhoudende groei van het verkeer, raakt het Belgische wegennetwerk steeds meer verzadigd, waardoor de congestie stijgt. Op een groot deel van de wegen in België is zelfs geen restcapaciteit meer. In 2019 waren de zone van UZ Jette-Zellik op de R0, de Kennedytunnel en de zone tussen Berchem en Antwerpen-Oost Op de R1 het meest verzadigd. Deze laatste zone was met 139.000 voertuigen per werkdag het drukste gedeelte snelweg van Vlaanderen. De filezwaarte in Vlaanderen steeg in 2019 met twee procent ten opzichte van 2018. Deze stijging kwam grotendeels door een stijging met acht procent van de ochtendfiles in Antwerpen en Brussel. Daarnaast zorgden talrijke files ook voor congestieproblemen. Op een normale werkdag die buiten de schoolvakanties valt, verliest een reiziger op het Vlaamse wegennetwerk gemiddeld 16 procent van de totale reistijd door congestie. Deze verloren reistijd is voornamelijk afkomstig uit Antwerpen en Brussel, waar een reiziger respectievelijk gemiddeld 22 en 25 procent van de totale reistijd verliest door congestie. In de regio Gent verliest een reiziger gemiddeld 5,7 procent van de totale reistijd door congestie en in de rest van Vlaanderen ligt het gemiddelde percentage op 3,2 procent. Deze laatste twee percentages zijn echter zeer gevoelig aan tijdelijke effecten ingevolge grote wegenwerken (Verkeercentrum, 2020).

JAREN (1)	Personenwagens	BEDRIJFSVOERTUIGEN (2)		Algemeen totaal
		Vrachtwagens bestelwagens terreinwagens tankwagens	Trekkers (3)	
1930	99 303		57 191	158 038
1940	109 896		58 056	168 716
1950	273 599		142 241	418 165
1960	753 136		171 093	929 797
1970	2 059 616	212 156	39 249	2 435 368
1980	3 158 737	267 669	31 415	3 640 688
1990	3 864 159	343 241	37 138	4 454 884
2000	4 678 376	502 979	45 452	5 457 196
2008	5 130 578	662 780	49 109	6 093 753
2009	5 192 566	676 644	47 418	6 170 849
2010	5 276 283	690 837	46 673	6 270 150
2020	5 888 589	910 356	52 802	7 143 142

Tabel 1 - Motorvoertuigen in België (1930-2020) (STATBEL, 2020)

1.1.3. Bezettingsgraad personenvervoer

De problemen die wegtransport met zich meebrengt zijn gekend en sinds de afgelopen decennia is er veel aandacht voor alternatieven en oplossingen. Doch hebben verscheidene onderzoeken en nieuwe theorieën nog niet kunnen leiden tot een structurele oplossing die zich vertaalt naar grootschalige, succesvolle resultaten in de praktijk. Over de hele wereld gebruiken mensen

privéauto's om tot op hun bestemming te geraken, maar ondanks deze gemeenschappelijke vervoersmethode, blijft een oplossing uit. Het gemeenschappelijke kenmerk, de vervoersmethode, vergemakkelijkt in dit geval de situatie niet. Mensen verplaatsen zich graag met een personenauto, maar staan weigerachtig tegenover het delen van hun rit (Amey, 2010). Een autorit die uitgevoerd wordt zonder passagiers is de meest voorkomende vorm van personentransport en deze standaard zorgt voor grote overlast. In de Verenigde Staten wordt 77 procent van de ritten vertegenwoordigd door ritten met slechts één inzittende (Pisarski, 2013). In Europa werden vergelijkbare percentages teruggevonden (Agency, 2010). De bezettingsgraad van privéwagens (het aantal inzittenden per rit) is bijgevolg zeer laag. In 2009 bedroeg de bezetting per voertuig in Europa 1,8 inzittenden voor ritten met vrijetijdsbesteding als doel en 1,1 inzittenden voor ritten die betrekking hebben op het uitvoeren van het werk. In de Verenigde Staten werden vergelijkbare resultaten gemeten (Santos et al., 2011) en hebben ze getracht om het gemiddelde aantal inzittenden per auto te verhogen door het traditionele carpoolsysteem te promoten, maar deze campagne eindigde zonder veel succes. Onderzoek wijst uit dat potentiële carpoolers afgeschrikt worden door twee negatieve aspecten van carpooling: de extra tijd die geïnvesteerd moet worden in de extra inzittende(n) veroorzaakt door wachttijden en omwegen, en het verliezen van de privacy tijdens de rit (Santi et al., 2014).

Steden en voorsteden met een lage bevolkingsdichtheid worden nog steeds gekenmerkt door de grote hoeveelheid auto's die er voortdurend rondrijden. Dit is niet verrassend aangezien slechts 11 procent van de Verenigde Staten haar voorstedelijke bevolking binnen de 400 meter woont van een halte voor het openbare vervoer waar, ook buiten de piekuren, elke 15 minuten een dienstverlening is (Levofsky & Greenberg, 2001). Het individuele gebruik van een privéauto heeft een gigantisch voordeel tegenover andere vervoersmethoden: directe toegang tot deur-tot-deur-transport. Bij deze transportmethode moeten er geen omwegen gemaakt worden, zijn er geen wachttijden die veroorzaakt zouden kunnen worden door andere inzittenden en moet er geen afstand afgelegd worden tot aan een bus- of treinhalte (Agatz et al., 2012). Daarnaast biedt het een gevoel van comfort en privacy. Waar sommige mensen openstaan voor conversaties met onbekende personen, opteren andere mensen ervoor om geen sociale interacties te hebben met onbekende mensen in hun vertrouwelijke omgeving (Sarriera et al., 2017).

Doorheen de probleemstelling werden algemene cijfers met betrekking tot transport vermeld die rekening hielden met het transport van zowel vracht als personen. Op die manier kan de totale omvang van het probleem duidelijk weergegeven worden, wat de nood aan een oplossing voor de problemen benadrukt. Tijdens het onderzoek in hoofdstuk twee zal voornamelijk gefocust worden op passagierstransport, daar de hoofdvraag die in het volgende hoofdstuk besproken wordt zich ook toelegt op passagierstransport.

1.2. Onderzoeksvraag

De probleemstelling vertrekt vanuit een hoofdvraag, die het algemeen concept kadert en schetst waarop deze masterproef de focus zal leggen. Om een antwoord te bieden op de hoofdvraag gaan we dieper in op twee deelvragen die beantwoord zullen worden aan de hand van een literatuurstudie. Naast de literatuurstudie wordt ook een empirisch onderzoek gevoerd om de praktische kant van het probleem te onderzoeken. Dit empirisch onderzoek zal tevens een antwoord bieden op de laatste deelvraag.

De hoofdvraag die in deze masterproef onderzocht zal worden, luidt als volgt: **op welke manier kan *dynamic ridesharing* een antwoord bieden op hedendaagse problemen in het verkeer?**

Aan het einde van deze studie zal duidelijk moeten worden hoe *dynamic ridesharing* bepaalde maatschappelijke problemen in het verkeer kan aanpakken en in welke mate de huidige, achteruitgaande situatie verbeterd kan worden. Hierbij wordt zowel gekeken naar de voordelen als naar de nadelen en struikelblokken van *dynamic ridesharing*.

Om deze hoofdvraag te beantwoorden, zal er eerst gekeken worden naar deelvervoer zonder het dynamische aspect. *Dynamic ridesharing* wordt dynamisch deelvervoer wanneer het vertaald wordt naar het Nederlands. Om een inzicht te krijgen in de dynamische mogelijkheden van deelvervoer, zal eerst onderzocht worden **welke mogelijkheden reeds bestaan binnen deelvervoer en wat deelvervoer precies inhoudt**. Hieruit zal moeten blijken welke oplossingen reeds bestaan om de problemen in het verkeer aan te pakken. Anderzijds zullen de pijnpunten en beperkingen van deze deelvervoer opties worden verklaard.

Zodra duidelijk is wat deelvervoer precies inhoudt en op welke manieren dit concept een antwoord tracht te bieden op de problematiek in het verkeer, zal dieper worden ingegaan op *dynamic ridesharing*. Door de toevoeging van het dynamische aspect, ontstaat er een nieuw concept dat doorgaans minder bekend is. Daarom zal er verduidelijkt worden **wat *dynamic ridesharing* is en waarom het beter kan voldoen aan de noden binnen de verkeersproblematiek dan bekende vormen van deelvervoer**. Om te kaderen in welke mate *dynamic ridesharing* een uitvoerbaar concept is, zal worden nagegaan welke onderzoeken reeds uitgevoerd zijn en zullen de resultaten van deze onderzoeken onder de loep genomen worden. Vervolgens zullen de problemen die voortvloeiden uit eerder onderzoek worden blootgelegd en zal onderzocht worden hoe deze problemen kunnen worden aangepakt.

Ten slotte worden binnen het empirisch gedeelte van deze masterproef nog twee vragen beantwoord. Aan de hand van data-analyse op een dataset over vraag naar personenvervoer wordt onderzocht **wat het potentieel van *dynamic ridesharing* is in het heden**. Daarnaast zal aan de hand van info die geput werd uit een gesprek met een bedrijfsleider die dagelijks met deelvervoer bezig is een schets gemaakt worden van **hoe de toekomst van deelvervoer er kan uitzien**.

1.3. Onderzoeksmethodologie

1.3.1. Literatuurstudie

De literatuurstudie zal voortvloeien uit reeds bestaande literatuur. Deze literatuur wordt verworven door gebruik te maken van onder andere Google Scholar, de universiteitsbibliotheek van de Universiteit Hasselt, Econlit en Ebscohost. Het overgrote merendeel van deze bronnen zullen online terug te vinden zijn, maar de universiteitsbibliotheek stelt ook materiële bronnen ter beschikking, die ook gebruikt zullen worden indien ze actuele informatie kunnen opleveren voor het onderzoek. De hoofdtterm waarnaar gezocht wordt, is '(dynamic) ridesharing'.

Doorheen de literatuurstudie zal er opgebouwd worden richting het *dynamic ridesharing* concept. Allereerst zal in hoofdstuk 2.1 uitgelegd worden wat ridesharing, het delen van vervoer, precies inhoudt en welke struikelblokken deze vervoersmethode met zich meebrengt. Vervolgens zal er dieper worden ingegaan op de dynamische vorm van *ridesharing*. Dit concept, *dynamic ridesharing*, zal grondig doorgenomen worden. Er zal gekeken worden naar de verschillende manieren om het systeem te implementeren en ook de struikelblokken zullen worden besproken. Dit zal tevens dienen als aanloop naar het empirisch onderzoek, waar een specialist zijn mening en toekomstvisie geeft.

Er zal tevens getracht worden om zo actueel mogelijk te blijven. Hiermee wordt bedoeld dat altijd op zoek gegaan wordt naar bronnen die informatie geven die tegenwoordig nog steeds realistisch is. Wanneer gegevens terugkomen over jaarlijkse rapporten, zullen deze gegevens aangepast worden aan het laatste gepubliceerde rapport indien dit geen relevante informatie vervormt.

Kernwoorden: (Dynamic) ridesharing, carpooling, vehicle pooling, taxi-sharing, shareability, Vehicle Routing problem, Routing, Real-time ridesharing

1.3.2. Empirisch onderzoek

Het empirische gedeelte van deze masterproef is tweeledig. Enerzijds wordt een dataset geanalyseerd waarbij getracht wordt aanvragen van personentransport te matchen met elkaar om zo een *dynamic ridesharing* situatie te creëren. Door het bundelen van aanvragen/ritten ontstaat een nieuwe situatie, waarbij het totale aantal ritten, afgelegde kilometers etc. veranderd is. Door de oorspronkelijke situatie, zonder *ridesharing*, te vergelijken met de nieuwe situatie, met *ridesharing*, kan het effect van de toepassing van *dynamic ridesharing* in kaart gebracht worden. Samen deze informatie wordt teruggeblikt op de probleemstelling en wordt afgewogen in welke mate *dynamic ridesharing* kan helpen met de problematiek beschreven in de probleemstelling.

Daarnaast werd een gesprek gevoerd met specialist binnen het kader van deelvervoer, Raf Degens. Meneer Degens is de CEO van *Corda Campus NV*, een toonaangevende tech-campus in het centrum van de Euregio. Een deel van het aanbod van *Corda Campus NV* is een deelvervoersysteem. *Corda Mobility* is een bedrijf dat onder *Corda Campus NV* valt en biedt deelvervoermogelijkheden aan op de campus. Zo kunnen werknemers binnen de campus, maar ook buitenstaanders gebruik maken van verschillende vervoersmogelijkheden om zich op en rond de campus te bewegen. *Corda Campus NV* is momenteel volop bezig met het plannen van de uitbreiding en ook het uitbreiden van het deelvervoersysteem is iets wat vooraan in de agenda staat. Het doel van het gesprek is een beter beeld krijgen van hoe *dynamic ridesharing* zich in de toekomst zal ontwikkelen en hoe hij de evolutie voor zich ziet.

De nadruk zal liggen op het voeren van een gesprek, zonder een interviewgevoel te creëren. Aangezien meneer Degens beschikt over veel meer info en kennis omtrent de praktijksituatie dan er online te vinden is, zal hij meer info kunnen bieden wanneer hij niet gebonden is aan een vooropgestelde vragenlijst. Daarom is het van belang het gesprek zo open en spontaan mogelijk te houden.

2. Literatuurstudie

2.1. Deelvervoer

In dit hoofdstuk zullen verschillende vormen van deelvervoer besproken worden. Allereerst zullen *carsharing* en *ridesharing* besproken worden, twee opkomende concepten die in sommige grootsteden reeds enkele implementaties kennen. Aangezien beide concepten hun volledig potentieel nog niet waarmaken, zullen ook de struikelblokken besproken worden die ervoor zorgen dat een volwaardige inburgering uitblijft.

Vervolgens zal er een derde concept besproken worden dat tracht aan de gebreken van *carsharing* en *ridesharing* tegemoet te komen. Dit concept, *dynamic ridesharing*, voegt een dynamisch aspect toe aan het traditionele *ridesharing* concept en zal in hoofdstuk 2.2. uitgebreid behandeld worden.

2.1.1. Carsharing

Deelvervoer bevat verschillende methoden en vormen. Een vorm van deelvervoer is het delen van een vervoersmiddel dat van een neutrale eigenaar, een bedrijf dat de vervoersmiddelen beheert en onderhoudt, is. Gebruikers betalen een kleine vergoeding aan de dienstverlener om het transportmiddel te gebruiken. Na het gebruik, laten ze het transportmiddel achter op de plaats van aankomst of op een vooraf afgesproken plaats, waarna het transportmiddel door anderen gebruikt kan worden via hetzelfde proces. Het transportmiddel kan bestaan uit allerlei mobiliteitsvormen. De bekendste vormen zijn de auto, de fiets en de step. Deze transportmiddelen worden in vrijwel alle grootsteden reeds gedeeld via een deelsysteem (Münzel et al., 2020). In dit hoofdstuk zal de focus liggen op deelauto's.

Carsharing, het systeem dat deelauto's voorziet, is een sleutelvoorbeeld van wat een deeleconomie genoemd wordt. Deze deeleconomie bestaat uit nieuwe businessmodellen die onderbenutte middelen uitbuiten door bezit te vervangen door toegang (Botsman, 2010). *Carsharing* is een dienst waarbij personen auto's huren voor een korte periode, vaak gedefinieerd per uur. Net zoals andere deelvervoersystemen is het doel van *carsharing* het reduceren van het aantal gebruikte auto's en het laten toenemen van de mobiliteit. Dit wordt mogelijk gemaakt door gebruikers toegang te geven tot een zelfbediening dienst waarbij ze gebruik kunnen maken van een netwerk van auto's die gestationeerd zijn rond een transportnetwerk. Dit transportnetwerk zou bijvoorbeeld een grootstad kunnen zijn (Agatz et al., 2012).

Net zoals andere vormen van gedeelde mobiliteit, zoals het gebruik van deelfietsen en deelsteppen, is *carsharing* een concept dat snel aan populariteit wint in vele regio's rondom de hele wereld (Burghard & Dütschke, 2019). Studies laten zien dat *carsharing* het potentieel heeft om de individuele vraag naar transport op een meer duurzame manier te verzadigen door af te zien van auto-aankopen en gereden kilometers, het verlagen van de vraag naar auto's en parkeerplaatsen en het verlagen van de emissies, zoals aangetoond door Chen en Kockelman (2016) in een samenvatting van studies (Chen & Kockelman, 2016). Emissies worden verlaagd doordat *carsharing* gebruikers zich aanpassen en gebruik maken van het multimodale systeem en minder kilometers rijden met de wagen. Daarnaast zijn de wagens die behoren tot een *carsharing* vloot vaak efficiënter en energiezuiniger dan de gemiddelde wagen (Münzel et al., 2020).

Carsharing verschilt van het gebruik van een taxidienst op die manier dat een deelauto wordt bestuurd door de gebruiker van de dienst oftewel de 'huurder'. Bij een taxidienst vraagt de passagier naar een rit tot op een bepaalde bestemming, waarbij een chauffeur, die de taxidienst aanbiedt op vraag en naar de wensen van de passagier de dienst uitvoert. De wagen van de chauffeur wordt ter beschikking gesteld en de vragende partij wordt als passagier in de wagen opgenomen. Vervolgens rijdt de chauffeur tegen een vergoeding, gebaseerd op het aantal kilometers en de in beslag genomen tijd, tot op de bestemming van de passagier. Dit soort taxidiensten kent evenzeer een enorme groei in populariteit. Enkele voorbeelden van dergelijke succesvolle systemen zijn: Uber, Lyft en Didi. Hoewel deze dienstverlening overeenkomsten vertoont met *carsharing*, werken beide systemen anders en zijn er duidelijke conceptuele verschillen. Het meest voorname verschil, is de aanwezigheid van een chauffeur die de dienst verleent tegenover de gebruiker die zichzelf vervoert (Münzel et al., 2018).

De gebruiker van een *carsharing* service huurt de wagen voor een korte periode, wat de indruk geeft dat deelauto's hetzelfde zijn als auto's van een autoverhuur. Doch verschilt de *carsharing* dienst van autoverhuur. Een autoverhuur biedt auto's aan die op voorhand geboekt worden voor een bepaalde tijd en tegen bepaalde voorwaarden. De gehuurde auto moet tevens opgehaald worden op een bepaald punt en na de huurperiode moet de auto op dezelfde plaats worden ingeleverd. De wagens die ter beschikking gesteld worden door een *carsharing* dienst zijn vrij te gebruiken in die zin dat na het gebruik van de wagen pas wordt gekeken in welke mate er gebruik van werd gemaakt (Münzel et al., 2018). Het gebruik van de wagen start op de plaats waar die zich op dat moment bevindt. Dit kan op de plaats zijn waar de wagen achtergelaten werd door de vorige gebruiker, maar dit kan ook op een *service point* zijn, waar de wagen een klein onderhoud kreeg van de dienstverlener of van een derde partij (Duncan & Duncan, 2011). Zodra de gebruiker voldaan is met het gebruik van de wagen, kan hij deze ter plekke achterlaten en verder gaan met zijn overige activiteiten. Achteraf wordt berekend hoe lang er gebruik gemaakt werd van de dienst en op basis daarvan zal de gebruiker een vergoeding moeten betalen (Münzel et al., 2020).

2.1.2. Ridesharing

Ridesharing, een andere vorm van deelvervoer, kent reeds een lange historie. Dit principe werd voor het eerst toegepast gedurende de tweede Wereldoorlog, toen *ridesharing clubs* werden opgericht om brandstof te besparen in tijden dat schaarste heerste (Sun & Edara, 2015). Binnen internationale literatuur wordt het gebruikt als overkoepelende term voor alle transportvormen waarbij de eigenaar van een vervoersmiddel zijn vervoersmiddel ter beschikking stelt om passagiers mee te vervoeren. Deze passagiers kunnen zowel bekenden als onbekenden zijn. Carpoolen en verschillende vormen van het openbaar vervoer vallen in dit geval onder de noemer *ridesharing* (Carrese et al., 2017). In de studie van Chan en Shaheen (2012) wordt voorgaande definitie als verouderd gezien en wordt een moderne definitie van *ridesharing* gebruikt. Deze definitie stelt dat *ridesharing* de conglomeratie is van gebruikers in een enkel voertuig – zijnde een wagen of busje – waarbij het doel is een gemeenschappelijke eindbestemming te bereiken. Hierbij worden reiskosten zoals brandstof, tol en parkeertarieven gedeeld onder alle gebruikers. Wegens de financiële regeling binnen deze definitie vallen vormen van openbaar vervoer niet onder de term *ridesharing* (Chan & Shaheen, 2012). Wat *carpooling* betreft, is in het licht van nieuwe Europese beleidsvoeringen en rechtszaken tussen lidstaten een meer gedetailleerde definitie nodig om *carpooling* ondubbelzinnig te onderscheiden van

andere *ridesharing* diensten. Het is pas mogelijk te spreken van *carpooling* wanneer de gedeelde reis op voorhand vastgelegd is door de bestuurder en enkel en alleen door de bestuurder, zonder input van eender welke passagier (Carrese et al., 2017).

In 2006 voorspelde Saranow dat de toen reeds toenemende nood aan mobiliteitsoplossingen zoals *ridesharing* systemen, zich in de toekomst zou verderzetten (Saranow, 2006). De lage bezettingsgraad van privéwagens brengt enorme economische en ecologische problemen met zich mee, zoals besproken in hoofdstuk 1.1., terwijl steeds meer gevraagd wordt het klimaat te beschermen. (Santos et al., 2011). Daarnaast is kostenreductie een efficiënte manier om winsten te verhogen (Rust et al., 2002). Doch blijft de congestiekost toenemen en blijft de groeiende economie dit probleem verergeren (Schrank & Lomax, 2007). De nood aan oplossingen die een antwoord kunnen bieden op de hedendaagse verkeersproblemen is steeds meer prominent aanwezig. Dit bevestigt de voorspelling van Saranow (2006) en wijst op de actuele relevantie van *ridesharing* systemen. Shiraki (2020) stelde dat om de CO₂-emissies van de automobiel sector te reduceren het essentieel zal zijn om de brandstofefficiëntie te verbeteren en de bezettingsgraad van voertuigen te verhogen door mechanismen zoals *ridesharing* (Shiraki et al., 2020).

Conceptueel is *ridesharing* een systeem dat de flexibiliteit en snelheid van privéwagens combineert met de verlaagde kost van vaste-lijn vervoermethodes, ten koste van een stukje gemak (Furuhata et al., 2013). *Ridesharing* genereert vervolgens voordelen voor deelnemers van het systeem (zowel reizigers als bestuurders), de maatschappij en de omgeving (Chan & Shaheen, 2012). Deze voordelen bevatten onder andere: verlaagde reistijd, minder zware verkeersopstoppingen, brandstofbesparingen en minder luchtvervuiling (Morency & Morency, 2007). De voordelen die gebonden zijn aan *ridesharing* systemen, kunnen helpen om de problemen die in hoofdstuk 1.1.1., 1.1.2. en hierboven werden aangehaald, op te lossen. Transport is een significante bron van CO₂-emissies en *ridesharing* wordt voorgesteld als een veelbelovende methode om deze emissies te verlagen. Daarnaast kunnen ook de uitgaven aan brandstoffen drastisch verlaagd worden, aangezien de kosten gedeeld kunnen worden onder de inzittenden, wat in het voordeel speelt van de deelnemende personen (Horvitz, 2009).

Een alternatief voor het *ridesharing* systeem is een variant op de klassieke taxiservice. Klassieke taxidiensten kunnen beantwoorden aan de gepersonaliseerde vraag van de reizigers en kunnen hun voorzien van een betrouwbare en comfortabele trip, waarbij het aankomstuur normaliter zeer stipt is. Helaas kampen ook taxi's met een hoge graad van onbenutte zitplaatsen (Lin et al., 2012). Een methode om de operationele efficiëntie van taxi's te verhogen is het integreren van een *ridesharing* systeem binnen de taxiservice. Een studie uit 2012 van Lin focust zich op het optimaliseren van routes voor *ridesharing* taxi's, waarbij de interesse van zowel de taxichauffeur als de passagiers om deel te nemen aan een *ridesharing* taxiservice op voorhand getoetst werden. Het doel van de studie is het minimaliseren van de operationele kost en het maximaliseren van de klantentevredenheid. In welke mate deze doelen behaald werden, werd gemeten aan de hand van de afgelegde reisafstand, de wachttijden en de extra rijtijden veroorzaakt door het *ridesharing* systeem. Uit de resultaten van het onderzoek bleek dat het toepassen van dergelijk systeem de afgelegde reisafstand met 19 procent kan inkorten. Daarnaast zouden 66 procent meer taxi's beschikbaar zijn, waardoor er meer klanten tegelijkertijd geholpen kunnen worden en het effect mogelijks nog versterkt wordt. Een

belangrijk gegeven is dat bij deze studie op voorhand werd gevraagd naar de bereidwilligheid van de deelnemers. Wanneer chauffeurs en reizigers niet openstaan voor een deelsysteem, zal de invloed ervan verkleinen (Lin et al., 2012).

2.1.3. Struikelblokken

Ondanks dat de eerste pogingen om een operationeel *carsharing* systeem te ontwikkelen 30 jaar geleden plaatsvonden, is het concept nog steeds een veelbelovend, groeiend fenomeen dat zich nog niet heeft kunnen ontwikkelen tot een ingeburgerd systeem. *Carsharing* dienstverleners bevinden zich nog steeds midden in het ontwikkelingsproces en leren nog steeds over hun business modellen (Demil & Lecocq, 2010). Daarenboven is de regelgeving rond *carsharing* nog steeds in de maak (Münzel et al., 2018). De volatiliteit van de transportmarkt, het ontbrekende wettelijk kader en enkele technologieën die nog niet op punt staan kunnen samen een verklaring zijn waarom het *ridesharing* concept een dominant design ontbreekt (Murmman & Frenken, 2006). Competitieve business modellen zijn een typische eigenschap voor opkomende technologieën in dienstindustrieën (Boon et al., 2011) en velen verwachten dat een dominant business model zal ontstaan dankzij sterke netwerk externaliteiten inherent tot ICT-gebaseerde industrieën (Teece, 2010).

Een *carsharing* operator put voordelen uit netwerk externaliteiten aangezien een grotere voertuigenvloot de nabijheid, de beschikbaarheid en de verscheidenheid van de beschikbare wagens vergroot voor de klant, waardoor de klant kan genieten van een ruimere keuze en een snellere dienstverlening. Vandaar kan er een zelfversterkende dynamiek ontstaan die zich vertaalt in grotere operators die sneller groeien dan kleinere operators. Wanneer er door die schaalvoordelen een 'natuurlijk monopolie' ontstaat, ontstaat de vraag of gebruikers van het systeem werkelijk beter af zullen zijn. Het is moeilijk te voorspellen in welke mate de grote bedrijven gebruik zullen maken van hun positie en of de positieve externaliteiten opwegen tegen de monopolie vergoedingen die aangerekend kunnen worden door een dominante dienstverlener (Münzel et al., 2018).

Ook het *ridesharing* concept staat niet op punt en krijgt te maken met enkele hindernissen. Hoewel gebruik maken van ongebruikte zitplaatsen in een auto voor persoonlijke en meer globale voordelen kan zorgen – dienstverleners kunnen hun brandstofkosten en de tijd die geïnvesteerd werd om de omweg te maken incorporeren in de vergoeding die ze ontvangen – moeten de dienstverleners kunnen omgaan met de sociale drempel die gepaard gaat met *ridesharing*. Het delen van een auto, wat een vertrouwde plaats is voor de eigenaar, is geen vanzelfsprekendheid en niet iedereen staat met open armen te wachten tot iemand meerijdt. Daarnaast wordt *ridesharing* vaak enkel toegepast in een bewuste situatie waarbij een andere individu die zich in de buurt begeeft, op hetzelfde moment, dezelfde route zal moeten afleggen naar een eind- of tussenbestemming. Dit zorgt ervoor dat *ridesharing* meestal wordt toegepast bij mensen die elkaar kennen ofwel wanneer er een enorme toevalsfactor bij komt kijken, zoals bij het principe van liften. Dit zorgt ervoor dat het gebruik van *ridesharing* veel te beperkt blijft (Horvitz, 2009).

2.2. Dynamic *ridesharing*

In dit hoofdstuk zal dieper worden ingegaan op een nieuwere vorm van deelvervoer: *dynamic ridesharing*, de dynamische vorm van *ridesharing*. *Dynamic ridesharing* bestaat al een tijdje, maar ondanks het grote potentieel, is er nog geen gangbaar, veelgebruikt systeem op de markt. De reden

hierachter zal besproken worden samen met enkele andere struikelblokken. Doorheen het hoofdstuk wordt gebruik gemaakt van de *driver* en de *rider* – respectievelijk de chauffeur en de passagier.

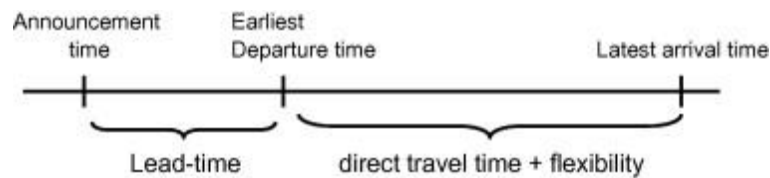
2.2.1. Wat is *Dynamic ridesharing*?

Dankzij technologische vooruitgang is het mogelijk om een dynamisch aspect toe te voegen aan het *ridesharing* concept. Het *ridesharing* concept is, zoals vermeld in vorig hoofdstuk, gebaseerd op een deeleconomie, een economie waarbij eigenaars hun eigendom delen met mensen die er nood aan hebben of voordeel uit kunnen halen. In dit geval delen eigenaars van voertuigen hun transportmiddel met een persoon of meerdere personen die een gelijkaardige reisroute en uurrooster hebben (Lee & Savelsbergh, 2015). De eigenaars halen voordeel uit het systeem doordat reiskosten, zoals brandstof, tol en parkeerkosten gedeeld kunnen worden met de reizigers die gebruik maken van hun transportmiddel (Mitja Stiglic et al., 2016).

Bij *dynamic ridesharing* wordt gerefereerd naar een geautomatiseerd systeem ter beschikking gesteld door een aanbieder waarbij reizigers en chauffeurs op zeer korte termijn of zelfs tijdens de reis met elkaar gematcht kunnen worden. Er zijn reeds bedrijven (Fliinc, bijvoorbeeld) die *ridesharing* applicaties aanbieden waar chauffeurs met zitplaatsen op overschot zich op kunnen melden wanneer ze hun rit willen delen. De applicaties werken op basis van (locatie-bewuste) mobiele telefoons met toegang tot het internet (Agatz et al., 2012). Het deel van de bevolking dat in het bezit is van zulke telefoons (smartphones) wordt steeds groter. In de Verenigde Staten is het aantal mensen met een smartphone verdriedubbeld tussen 2011 en 2017 tot bijna 80 procent van de bevolking. Er wordt voorspeld dat in 2025 meer dan 87 procent van de Amerikanen in het bezit zal zijn van een smartphone. Deze progressie werkt *dynamic ridesharing* in de hand (O'Dea, 2020).

De technologie die nodig is om *dynamic ridesharing* mogelijk te maken, bestaat reeds jaren en het concept vergaart momenteel veel interesse. Het gebruik van mobiliteitsdiensten op aanvraag kende significante tractie bij het transporteren van klanten tussen verschillende locaties binnen eenzelfde stad (Mourad et al., 2019). Louter met betrekking tot steden gelegen in de Verenigde Staten, wordt geschat dat 2,61 miljard mensen in het jaar 2017 vervoerd werden via *dynamic ridesharing*, wat een stijging van 37 procent voorstelt in vergelijking met 2016 (Pandey et al., 2019). Doch weet het concept tot op heden niet het volledige potentieel waar te maken. Zowel chauffeurs als reizigers moeten informatie aanbieden rond hun geprefereerde uurroosters en routes. Op figuur 1 is zichtbaar welk proces zich afspeelt bij een *dynamic ridesharing* systeem. De *announcement time* stelt het moment voor dat de chauffeur op het platform aangeeft dat hij/zij bereid is om een passagier te vervoeren. De *lead-time* stelt de periode voor die potentiële passagiers kunnen reageren op het aanbod. De *lead-time* is tevens de overbrugging tussen de *announcement time* en de *earliest departure time*. De *earliest departure time* is het tijdstip waarop de chauffeur ten vroegste bereid is te vertrekken. Dit tijdstip wordt beïnvloed door zowel de chauffeur als door de passagier. De chauffeur moet aangeven op welk tijdstip hij/zij bereid is te vertrekken. Dit tijdstip kan afwijken naargelang de planning en de voorkeur van de chauffeur. Daarnaast heeft de *flexibility*, die voornamelijk afhangt van de passagier, ook een invloed op de *earliest departure time*. De *flexibility*, de flexibiliteit die gevraagd wordt van de chauffeur, is de tijd die nodig is voor de chauffeur om de omweg te maken die nodig is om de aan hem gematchte passagier in de rit te incorporeren. Deze variabele hangt voornamelijk af van de passagier, aangezien elke potentiële passagier een

verschillende omweg vereist en dus een andere *flexibility* veroorzaakt. Toch heeft ook de chauffeur een impact op de *flexibility*. Het uurrooster van zowel de chauffeur als van de passagier moeten in acht genomen worden. Aan de hand van beide uurroosters wordt de *latest arrival time* bepaald, wat het uiterste tijdstip is waarop beide partijen aanwezig moeten zijn op hun bestemming (Agatz et al., 2012).



Figuur 1 - dynamic ridesharing (Agatz et al., 2012)

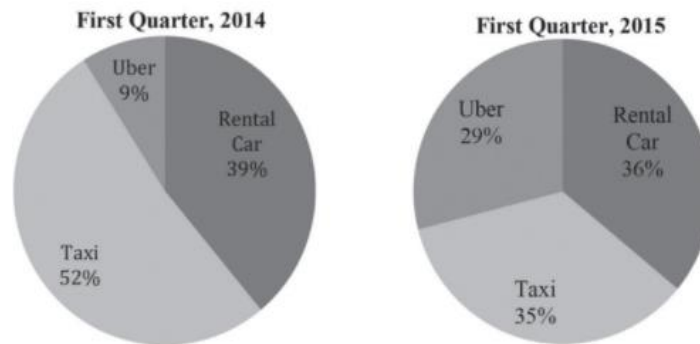
Dynamic ridesharing systemen proberen reizigers met eenzelfde reisroute of gelijkaardige reisroutes en uurroosters samen te brengen binnen een korte termijn periode. De bedoeling is om maatschappelijke en ecologische voordelen te behalen. Door het combineren van reizigers in eenzelfde transportmiddel worden meer beschikbare plaatsen opgevuld. Daarnaast worden negatieve externaliteiten van personenvervoer, zoals vervuiling en opstoppingen, verminderd (Agatz et al., 2012). *Dynamic ridesharing* voorziet zo een aantrekkelijk alternatief voor het gebruik van privéauto's. Het creëert een betrouwbaardere omgeving dan het openbaar vervoer en bovendien is de dienst goedkoper dan een taxi, wat de passagier ten goede komt, en wordt de chauffeur vergoed, waardoor ook hij baat heeft bij het systeem (M Stiglic et al., 2016).

2.2.2. *Dynamic ridesharing*, taxi's en openbaar vervoer: substituten of complementen?

Dynamic ridesharing wordt vaak gezien als een bedreiging voor het openbaar vervoer en wordt zelfs beschouwd als oneerlijke concurrentie door taxidienstverleners (Çetin, 2017). In dit hoofdstuk zal er meer context gegeven worden rond de mogelijkheden die *dynamic ridesharing* met zich meebrengt en hoe *dynamic ridesharing* en het openbaar vervoer elkaar in de hand kunnen werken.

2.2.2.1. De pijnpunten van de taxidienst markt

De opkomst van het *ridesharing* concept heeft de aard van transport in verstedelijkte gebieden beïnvloed, vooral aangaande de kwaliteit van de service en de bijhorende prijsstructuur. Dit resulteerde tevens ook in een daling van de vraag naar transport via het openbaar vervoer. De Uber-ervaring, waarbij chauffeurs hun auto ter beschikking stellen voor passagiers die een vergelijkbare route willen delen, suggereert dat *ridesharing* in de taximarkt uitgegroeid is tot een substituum van de klassieke taxiservice en het is duidelijk dat het *ridesharing* systeem concurreert met de traditionale taxiservice. Het succes van de *ridesharing* ervaring komt voort uit de positieve impact van *ridesharing* op de welvaart van de klant. Dit refereert naar economische efficiëntie onder de voorwaarden van een competitieve markt. Het *ridesharing* systeem kampt niet met de transactiekosten waar de taxiservice markt met gereguleerde omstandigheden onder lijdt. In september 2015 was Uber operationeel in 300 steden, verdeeld over 60 landen. In 2017 steeg het aantal steden waarin Uber operationeel is tot 507 steden. Op afbeelding 2 is duidelijk zichtbaar hoe op een jaar tijd het gebruik van *dynamic ridesharing* systemen een deel van de taxidienst markt heeft overgenomen in New York (Çetin, 2017).



Figuur 2 - opkomst dynamic ridesharing

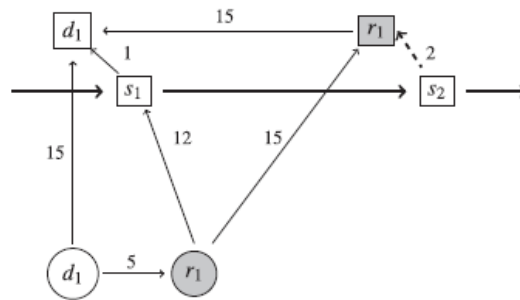
Çetin verklaart vervolgens waarom en welke tekortkomingen binnen de taxiservice markt aan de basis liggen van de frustraties van de taxidienstverleners in de Verenigde Staten. Zo stelt Çetin dat terwijl de ridesharing markt aanzienlijk groeit, het falen van de taxiservice markt onafscheidelijk verbonden voortvloeit uit de verdraaiing van een regelgevingsproces. Prijscontroles en een strenge regelgeving omtrent toetredingsmogelijkheden op de taxiservice markt leiden tot een kunstmatige monopoliehuur via taximedallions (de overdraagbare vergunningen die taxidienstverleners nodig hebben om de taxidienst te mogen aanbieden, ook CPNC's genoemd) prijzen en taxitarieven. De aanbieders van taxidiensten lijden enorm onder deze wetgeving. De *ridesharing* markt is niet gebonden aan dergelijke regelgeving en daar waar *ridesharing* zorgt voor een toename van de welvaart van de klant, zorgt de overgereguleerde taximarkt voor een *dead-weight loss* in de welvaart van de klant en voor economische inefficiënties. Om die reden moet bij de vergelijking tussen taxidiensten en *ridesharing* diensten om meer inzicht te krijgen op het effect van *ridesharing* als een vervoersmiddel, rekening gehouden worden met de redenen en de resultaten van de taxidienst marktregulering (Çetin, 2017).

2.2.2.2. Integratie van het openbaar vervoer in *dynamic ridesharing*

Het openbaar vervoer heeft grotendeels hetzelfde doel als *dynamic ridesharing*, namelijk het transporteren van reizigers met eenzelfde transportmiddel. Het openbaar vervoer is in sommige gebieden, vooral buitenwijken en landelijke gebieden, door de lage bevolkingsdichtheid echter niet economisch haalbaar. Een mogelijke oplossing om dit probleem te verhelpen, is het integreren van taxidiensten in het parcours om reizigers van hun vertrekpunt naar het dichtstbijzijnde knooppunt van het openbare vervoer te brengen. Een voorbeeld van deze regeling vinden we terug in de Verenigde Staten, waar het openbaar vervoer een deal gesloten heeft met taxidiensten zoals Uber en Lyft om hun diensten beter te coördineren (Stiglic et al., 2018).

Figuur 3 is een visualisatie van een *dynamic ridesharing* toepassing waarbij het openbaar vervoer geïntegreerd is in de route. De figuur is opgesteld aan de hand van knooppunten en pijlen. Op de figuur zijn drie 'deelnemers' zichtbaar: d_1 stelt de *driver*, de chauffeur, voor; r_1 stelt de *rider*, de passagier, voor; s_1 stelt een eerste station van het openbaar vervoer voor; s_2 stelt een tweede station van het openbaar vervoer voor. Er zijn twee verschillende soorten knooppunten: de vertrekpunten van de *rider* en van de *driver* worden voorgesteld door een cirkel, de eindbestemmingen worden voorgesteld door vierkanten. De pijlen die de knooppunten verbinden, stellen de af te leggen route tussen beide knooppunten voor. De dikke pijl door het midden van de figuur zonder begin- en eindpunt stelt de route van het openbaar vervoer voor en de stippellijn stelt een wandelroute voor.

De getallen naast de dunne lijnen geven de tijd weer die nodig is om de route af te leggen die wordt voorgesteld door de pijl (Stiglic et al., 2018).



Figuur 3 - Integratie openbaar vervoer (Stiglic et al., 2018)

Er zijn verschillende opties waarmee *driver* en *rider* uit onderstaand voorbeeld op hun bestemming kunnen geraken en nadat deze opties afgewogen worden, wordt ondervonden dat de toepassing van het *dynamic ridesharing* concept zonder integratie van het openbaar vervoer immense reistijden met zich mee kan brengen. De *driver* zou in dat geval vertrekken naar het startpunt van de *rider* om vervolgens rechtstreeks door te rijden naar de eindbestemming van de *rider*. Vervolgens moet de *driver* nog naar de eigen eindbestemming rijden, waardoor de totale reistijd van deze route voor de *driver* oploopt tot $5 + 15 + 15 = 35$ (d_1 omcirkeld - r_1 omcirkeld - r_1 omkaderd - d_1 omkaderd). Dit is meer dan een verdubbeling van de reistijd in verhouding met wanneer de *driver* alleen naar de eindbestemming zou rijden, wanneer de reistijd 15 bedraagt (d_1 omcirkeld - d_1 omkaderd). In dat geval is het toepassen van het concept helemaal niet interessant voor de *driver*. Daarnaast kan de *rider* ook nadelen ondervinden, aangezien de extra reistijd en een gedeelte van de onkosten van de *driver* vergoed moeten worden. Deze kosten kunnen in dergelijke gevallen enorm oplopen (Stiglic et al., 2018).

Wanneer het openbaar vervoer wel geïntegreerd wordt in de constructie, wordt de reistijd voor de *driver* aanzienlijk ingekort. In dat geval zal de reistijd $5 + 12 + 1 = 18$ (d_1 omcirkeld - r_1 - s_1 - d_1 omkaderd) bedragen. De reistijd voor de *driver* neemt slechts met 20 procent toe in vergelijking met de individuele reistijd, terwijl de reistijd bij de *dynamic ridesharing* toepassing zonder integratie van het openbaar vervoer toenam met 133,33 procent. In dit geval zou de *rider* enkel afstand r_1 omcirkeld - s_1 moeten afleggen in de wagen van de *driver*, waardoor de vergoeding die aan de *driver* betaald moet worden aanzienlijk lager zal zijn dan de verschuldigde vergoeding zonder integratie van het openbaar vervoer. Vervolgens zal de *rider* gebruik kunnen maken van het openbaar vervoer om van s_1 naar s_2 te gaan, waarna de route vervolledigd kan worden door te voet een reisafstand die twee bedraagt (s_2 - r_1 omkaderd), af te leggen tot aan de eindbestemming (Stiglic et al., 2018). De exacte reistijd die afgelegd zal worden door de *rider* is niet te bepalen aan de hand van deze figuur, aangezien er geen info is over de reistijd tussen s_1 en s_2 . Doch kan aan de hand van figuur 2 duidelijk afgeleid worden dat de integratie van het *dynamic ridesharing* systeem met het openbaar vervoer aanzienlijke voordelen kan opleveren. Daarnaast zou dit de potentiële matches tussen *drivers* en *riders* aanzienlijk laten toenemen, aangezien een station van het openbaar vervoer doorgaans veel makkelijk te incorporeren is in de route dan de eindbestemming van de *rider* (Stiglic et al., 2018).

2.2.3. Struikelblokken voor *dynamic ridesharing*

Dynamic ridesharing is geen nieuw idee. Het idee bestaat reeds decennia, maar de mogelijkheid om het idee uit te voeren is afhankelijk van technologische vooruitgang (Wang, 2010). Effectieve, efficiënte technologieën die *drivers* en *riders* met elkaar matchen op het moment dat ze zich willen verplaatsen, zijn cruciaal om een succesvol en dynamisch *ridesharing* systeem te laten werken (Agatz et al., 2012).

2.2.3.1. Conventioneel privétransport

Daarnaast moet het *ridesharing* systeem ook gemakkelijk, veilig en flexibel zijn. Bovendien moet het voor zowel de consument als de producent economisch haalbaar zijn om het systeem succesvol op de markt te kunnen brengen. Om succesvol te worden, moet *dynamic ridesharing* tenslotte opboksen tegen een van de grootste voordelen van het gebruik van privévervoer: directe toegang tot deur-tot-deur transport, een vorm van transport waarbij alle bovenstaande eigenschappen afgevinkt kunnen worden en waarbij de grote nadelen vooral externaliteiten zijn (Wang, 2010). *Dynamic ridesharing* kan wel het directe deur-tot-deur transport bieden, maar de uitvoering van het systeem en de ontwikkeling van een bruikbaar platform brengen hoge kosten met zich mee. Vandaar wordt *ridesharing* vandaag op veel plaatsen beperkt tot shuttle diensten voor het openbaar vervoer (Li & Quadrifoglio, 2010).

2.2.3.2. *Stranger danger*

Een ander struikelblok, is het fenomeen *stranger danger*. Mensen staan weigerachtig tegenover het concept om te delen met vreemdelingen omwille van veiligheidsredenen of willen geen tijd opofferen om een omweg te maken (Amey, 2010). Sociale banden beïnvloeden mensen hun beslissingen omtrent *ridesharing* en de bereidheid om eraan deel te nemen: er is een hogere bereidheid om deel te nemen aan een *ridesharing* systeem en een hogere tolerantie voor omwegen wanneer het vervoer gedeeld moet worden met dichtere sociale contacten (Wang et al., 2018). *Stranger danger* is een fenomeen dat de integratie van *dynamic ridesharing* in de maatschappij tegenwerkt. Onderzoek wijst uit dat slechts drie tot tien procent van de gedeelde ritten gebeurt tussen passagiers die elkaar voor de rit nog niet kenden. De rest van de gedeelde ritten gebeurt voornamelijk tussen familieleden, collega's en burens (Morency & Morency, 2007). Deze statistieken reflecteren het fenomeen *stranger danger*, waarbij chauffeurs en passagiers weinig interesse tonen in het delen van vervoer met vreemden, wegens bezorgdheid om eigen veiligheid (Amey et al., 2011).

2.2.3.3. De impact van een pandemie: COVID-19

Het *stranger danger* effect, zoals hierboven vermeld, toont hoe mensen interesse verliezen in het delen met vreemdelingen wanneer ze de indruk hebben te moeten inboeten op veiligheid of comfort. In december 2019 brak in Wuhan, gelegen in het Oosten van China op bijna 700 kilometer van Shanghai, een virus uit dat later bekend zou staan als het COVID-19 virus. Door de hoge virale lading die het virus met zich meebrengt, is het zeer besmettelijk. Binnen enkele maanden tijd werd ook de rest van de wereld getroffen en bevond de aarde zich in het midden van een globale pandemie. De uitbraak van het virus heeft een grote impact gehad op de perceptie en attitude van mogelijke gebruikers tegenover *ridesharing* apps (Rasheed Gaber & Elsamadicy, 2021). Zo kondigde Uber in november 2020 aan dat het 5,8 miljard dollar inkomsten verloor ten gevolge van de pandemie (CNN, 2020). De hoofdreden achter de impact op *ridesharing* diensten is de economische *shutdown*. Het

stay-at-home-beleid dat de verspreiding van het virus moest tegengaan, verplichtte werknemers van thuis uit te werken indien mogelijk. Het aantal voertuigen in het verkeer daalde drastisch en ook de vraag naar personentransport nam sterk af (Hossain, 2021). De factoren die de intentie beïnvloeden van Uber klanten om *ridesharing* diensten te blijven gebruiken tijdens de pandemie werden onderzocht door Gaber en Elsamadicy (2021) aan de hand van een online bevraging bij Egyptische Uber gebruikers. De resultaten tonen aan dat de intentie van de klanten om *Uber* te blijven gebruiken tijdens de pandemie onder andere beïnvloed wordt door sociale invloed. Hiermee wordt bedoeld dat verwachtingen van het collectief druk uitoefenen op het gedrag van het individu. Wanneer het collectief verwacht dat fysiek contact met vreemdelingen vermeden wordt, zal dit verwachtingspatroon geuit worden bij de keuze van het individu om al dan niet gebruik te maken van deelvervoer systemen (Rasheed Gaber & Elsamadicy, 2021).

Een andere studie, uitgevoerd door Jabbari en MacKenzie (2020) vergelijkt het verschil in attitude tegenover *ridesharing* principes voor de COVID-19 pandemie tegenover de attitude van *ridesharing* applicatie gebruikers tijdens de pandemie. Ook in deze studie wordt het *stranger danger* effect ondervonden. De resultaten tonen aan dat reeds voor de pandemie mensen een oncomfortabel gevoel ervaarden wanneer autoritten gedeeld moesten worden met vreemdelingen en dat dit gevoel tijdens de pandemie weinig veranderd is. Wat wel veranderd is, is de bereidheid van respondenten ongemak aan de kant te zetten in ruil voor geld. Tijdens de pandemie zijn mensen minder geneigd geld te besparen ten nadele van een comfortabel of veilig gevoel. Dit heeft implicaties voor bedrijven die *ridesharing* diensten aanbieden. Deze bedrijven hadden reeds moeilijkheden hun diensten economisch duurzaam te houden en de verlaagde bereidheid om comfort in te boeten voor geld, vergroot dit probleem. Op de stelling van Jabbari en Mackenzie (2020) 'ik probeer transportmethodes te gebruiken die toestaan contact met vreemdelingen te vermijden', werden tijdens de pandemie hoge niveaus van overeenstemming gemeten. Binnen deze verschuiving was ook duidelijk zichtbaar dat oudere individuen, die doorgaans kwetsbaarder waren voor het coronavirus, een meer beschermende houding aanhielden en contact met vreemdelingen meer trachtten te vermijden dan jongeren (Jabbari & MacKenzie, 2020).

2.2.3.4. Sectorgebonden weerstand

Ten slotte zijn bedrijven die *dynamic ridesharing* diensten aanbieden de dupe van eigen succes. Het aantal private *dynamic ridesharing* bedrijven (zoals bijvoorbeeld Uber, Lyft, Via ...) dat deelneemt aan de markt in verstedelijkte gebieden binnen de Verenigde Staten blijft stijgen door de toenemende populariteit. Deze bedrijven strijden voor dezelfde klanten met dezelfde noden om het marktaandeel steeds meer in eigen voordeel te beslechten. In een ongereguleerde omgeving zal deze competitie met zekerheid leiden tot niet-optimaal gedrag in termen van het aantal voertuigen dat in functie van het bedrijf opereert. Zoals gesteld door het *NYC Taxi and Limousine Commission Summary Report* (2019), is het aantal dagelijkse ritten gemaakt door taxi's, Uber en Lyft in het eerste kwartaal van 2015 gestegen van respectievelijk 500.000, 80.000 en 0 tot respectievelijk 300.000, 500.000 en 140.000 in het laatste kwartaal van 2018. Tegelijkertijd stelt hetzelfde rapport dat in diezelfde periode het aantal taxi's op de baan gedaald is van 20.000 naar 15.000, het aantal voertuigen operationeel in functie van Uber gestegen is van 12.000 tot 76.000 en het aantal voertuigen operationeel in functie van Lyft gestegen is van 0 tot 46.000 (NYC, 2019). Deze cijfers zijn verontrustend wanneer het oorspronkelijke doel van *ridesharing* in het achterhoofd gehouden wordt,

namelijk het verlagen van de congestie en vervuiling. Vervolgens worden vragen gesteld rond de eerlijkheid van de competitie tegenover de taxidienst sector (Pandey et al., 2019). Vandaar krijgt *dynamic ridesharing* veel weerwerk vanuit de taxidienst markt. De taxi industrie en de agentschappen die instaan voor de regulering van de taxisector beweren dat de *dynamic ridesharing* bedrijven deelnemen aan oneerlijke en zelfs bedrieglijke praktijken. Ze beweren dat de *dynamic ridesharing* bedrijven oneerlijke concurrentie vormen door het omzeilen van wettelijke bepalingen, het maken van valse vertegenwoordigingen en het tussenkomen in beschermde contractuele relaties (Sun & Edara, 2015).

2.3. Matching modellen voor *dynamic ridesharing*

Doorheen dit hoofdstuk zal besproken worden hoe *dynamic ridesharing* matches tot stand komen en welke aspecten essentieel zijn voor de werking van de matchingmodellen. Bestuurders en passagiers moeten aan elkaar toegewezen worden, terwijl rekening gehouden moet worden met de voorkeuren van beiden. Een uitdagend proces voor aanbieders van *dynamic ridesharing* diensten waarbij gebruik gemaakt wordt van matchingmodellen. Elk matchingmodel heeft een eigen methode en een eigen focus met andere prioriteiten.

Na toelichting over de algemene werking van matchingmodellen zullen twee methodes in het bijzonder besproken worden: de *rolling horizon* strategie en de *agent based carpooling (ABC)* methode. Het onderzoek waarin de *rolling horizon* strategie gebruikt wordt, zal tevens dienen als basis voor de data-analyse in het empirische gedeelte van deze masterproef.

2.3.1. Wat zijn matching modellen?

Dynamic ridesharing is gefocust op enkele, niet-recurrente ritten waarbij geen lange termijn toewijding gevraagd wordt van personen die samen reizen omwille van een bepaalde reden. Dit zorgt mede voor het onderscheid met het traditionele carpool concept. Deelvervoer dat zich focust op een enkele rit is meer flexibel en vraagt deelnemers niet ver vooruit te plannen, waardoor agenda's minder beperkt worden. De *ridesharing* ritten zijn eveneens op voorhand vastgelegd, maar slechts op korte termijn. Om dit mogelijk te maken, moet een bestuurder op korte termijn gekoppeld worden aan een of meerdere passagiers (Friginal et al., 2014).

Bij het matchen van bestuurders met passagiers moet rekening gehouden worden met de voorkeuren van beide partijen, waardoor het een uitdagend proces is. De oplossing (match) moet rekening houden met verschillende, dynamisch veranderende voorkeuren van deelnemers die handelen uit eigen interesse en streven naar persoonlijke voordelen. Daarnaast moet de oplossing eerlijk zijn tegenover alle deelnemers en gemakkelijk toe te passen zijn (Horvitz, 2009).

De aanbieder van *ridesharing* diensten laat de gebruiker kiezen deel te nemen als bestuurder of als passagier. Ter vergemakkelijking van de samenstelling van de rit, kunnen vooraf ingestelde locaties geselecteerd worden (e.g. thuisadres, werkadres of vaak bezochte plaatsen). Via het GPS-signaal van de smartphone kunnen de locaties aan de gebruiker worden toegewezen (Furuhata et al., 2013). Wanneer een match mogelijk is, stelt de aanbieder een overeenkomst voor. Nadat de passagier deze accepteert, zal de bestuurder signaal krijgen dat de passagier opgehaald moet worden op de gevraagde locatie. Mogelijks zal de foto van de passagier samen met een identificatienummer

gedeeld worden met de bestuurder, zodat de identiteit geverifieerd kan worden en derden zich niet als deelnemer kunnen voordoen (Agatz et al., 2011).

Ridesharing plannen zijn routes die door de computer samengesteld worden om verschillende deelnemers van een *ridesharing* systeem te verbinden met elkaar, waarbij een chauffeur geïntegreerd is in het plan en zo veel mogelijk rekening gehouden wordt met voorkeuren van de deelnemers. Deze voorkeuren kunnen overigens verschillen afhankelijk van de omstandigheden. Op een regenachtige dag kan de bereidheid te wachten bijvoorbeeld aanzienlijk lager zijn. Tijd is echter de factor met het meeste invloed. Vooral bij woon-werkverkeer weegt tijd zwaar door, aangezien de druk om op tijd te komen hoog is en deelnemers na het werk vaak zo snel mogelijk thuis willen zijn (Horvitz, 2009).

Het *ridesharing* plan dient voordelig te zijn wanneer de kosten-baten analyse gemaakt wordt. De voordelen die gebruikers uit het systeem halen moeten opwegen tegen de omwegen die gemaakt worden en de extra tijd die gebruikers aan transport moeten spenderen. Indien aan deze voorwaarden voldaan wordt, kan *dynamic ridesharing* een waardige optie betekenen om het totale aantal voertuigkilometers te reduceren, samen met het aantal ritten en het aantal transportmiddelen op de baan. Voor de gebruikers kan het eveneens een mogelijkheid zijn om reiskosten te besparen. Wanneer de economische en maatschappelijke doelen samen in acht genomen worden, kunnen we stellen dat de cumulatieve transportkost geminimaliseerd moet worden. Bovengenoemde voordelen kunnen zelfs optreden met een kleine participatiegraad, wat het gebruik van *dynamic ridesharing* systemen des te meer interessant maakt (Yan et al., 2021).

2.3.2. *Rolling Horizon strategie*

Het eerste matching model dat in dit hoofdstuk besproken wordt, is de *rolling horizon* strategie. Dit werd in 2008 toegepast tijdens een onderzoek in de metropool Atlanta (Agatz et al., 2011). Het onderzoek presenteert methodes die matching problemen binnen *dynamic ridesharing* oplossen en gebruikt computergestuurde simulaties op basis van echte transportvraag data in het onderzoeksgebied om de doeltreffendheid te testen van een *dynamic ridesharing* systeem. De *rolling horizon* strategie is zeer geschikt voor realistische situaties waarbij nieuwe *drivers* en *riders* voortdurend het systeem betreden en kan zo kwalitatief hoogstaande oplossingen bieden. Het model tracht zo de waarde van meer gesofisticeerde technieken aan te tonen en te bewijzen dat complexere modellen meer kunnen bijdragen aan maatschappelijke vooruitgang dan simpele, hebzuchtige matchingmethodes in *dynamic ridesharing* systemen.

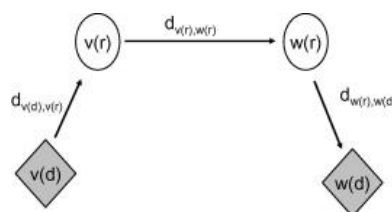
Hoewel *ridesharing* systemen mogelijkheden kunnen bieden om de mobiliteit te vergroten van mensen die geen toegang hebben tot openbaar vervoer of een eigen voertuig, richt deze strategie zich op *ridesharing* als een middel om reiskosten, congestie en vervuiling te verminderen. De focus wordt gelegd op situaties waarin zowel bestuurders als passagiers een auto ter beschikking hebben die gebruikt kan worden om alleen naar de bestemming te rijden wanneer geen mogelijke gedeelde rit gevonden kan worden. In deze context worden de optimalisatieproblemen voor het delen van ritten onderzocht, waarbij de aanbieder van *ridesharing* systemen het totale aantal voertuigkilometers voor het hele systeem tracht te minimaliseren. Met andere woorden moet het totale aantal voertuigkilometers dat wordt afgelegd door alle potentiële deelnemers die naar hun bestemming reizen, ongeacht of ze effectief deelnemen aan een deelrit, geminimaliseerd worden.

Deze doelstelling sluit aan bij het maatschappelijk belang om emissies en verkeersopstoppingen te verminderen. Aangezien deze methode erop gericht is de totale bespaarde reisafstand van alle deelnemers te maximaliseren, valt zij ook samen met het minimaliseren van de totale reiskosten, een belangrijke overweging voor de deelnemende bestuurders en passagiers. Ten slotte, als de deelauto aanbieder gecompenseerd wordt met een fractie van de totale bespaarde reiskosten van alle deelnemers, is de doelstelling ook in overeenstemming met het maximaliseren van de inkomsten van de aanbieder.

2.3.3. Werking van het model

Een *rideshare provider* ontvangt een reeks meldingen van potentiële gebruikers die interesse tonen om gebruik te maken van *ridesharing* diensten, ritaankondigingen (S) genoemd (elke individuele ritaankondiging wordt voorgesteld door 's'). Bij elke aankondiging wordt gespecificeerd of de deelnemer voornemens is bestuurder (d) of berijder (r) te zijn, dan wel flexibel is om een van beide rollen te vervullen. Elke aankondiging bevat eveneens een startlocatie($v(s)$), een bestemming ($w(s)$) en bijkomende informatie omtrent de gewenste timing. Het model rond rit timing wordt verondersteld waarbij aangenomen wordt dat de meeste ritten gemaakt worden met wat flexibiliteit in het tijdschema (Emmerink & van Beek, 1997). Dit houdt in dat een minimum ($e(s)$) en een maximum ($l(s)$) kunnen worden toegewezen aan de vertrektijd, waarbij het verschil tussen beide de flexibiliteit ($f(s)$) voorstelt. Binnen het model dat hier besproken wordt is de enige voorwaarde met betrekking tot de hoeveelheid tijd die deelnemers in het voertuig doorbrengen dat de deelnemer voor aankondiging (s) niet eerder vertrekt en niet later aankomt dan de tijden die vooraf opgegeven zijn. Dit is essentieel voor de haalbaarheid van een match en indien niet voldaan kan worden aan de voorwaarde zal de match als 'niet geldig' beschouwd worden. Een ritaankondiging (s) vervalt wanneer de laatst mogelijke vertrektijd ($e(s) + f(s)$) optreedt voordat een succesvolle rij-overeenkomst kan worden gevonden. Voor potentiële bestuurders die al onderweg zijn, kunnen dus geen ritten worden afgesproken.

Hoewel een potentiële bestuurder doorgaans meerdere vrije zitplaatsen ter beschikking heeft tijdens een rit, zal de bereidheid meermaals te stoppen binnen een enkele rit beïnvloed worden door tijdsoverwegingen. Om het ongemak voor de deelnemers tot een minimum te beperken, beperkt de *rolling horizon* strategie zich tot hoogstens één ophaling en één levering per rit. Dit betekent dat geen transfers plaatsvinden tijdens de rit, maar dit betekent niet dat een bestuurder niet aan meerdere ritten kan voldoen. Wanneer deze op hetzelfde tijdstip van dezelfde herkomst naar dezelfde bestemming reizen, kunnen meerdere reizigers gebruik maken van een rit en kunnen meerdere beschikbare plaatsen in het transportmiddel benut worden (zie fig. 2 – nog te benoemen).



Figuur 4 - dynamic ridesharing met slechts 1 ophaalmoment

Het is mogelijk dat deelnemers gedreven worden door economische voordelen en trachten reiskosten te verminderen via *ridesharing* systemen. De *rolling horizon* methode staat toe variabele reiskosten te delen. Wanneer deze kosten ruwweg evenredig zijn met de afgelegde afstand, is kostenreductie via *ridesharing* alleen mogelijk wanneer de lengte van een gedeelde trip korter is dan de som van de lengtes van de afzonderlijke trips. Indien de kosten van een gezamenlijke rit korter zijn dan de som van de kosten van de afzonderlijke ritten van de deelnemers, is het altijd mogelijk om de kostenbesparingen zo over de deelnemers te verdelen dat elk individu er baat bij heeft. We beschouwen een match alleen als haalbaar als hij een positieve kostenbesparing oplevert.

Aangezien voortdurend nieuwe ritten van bestuurders en passagiers worden aangekondigd, moet een aanbieder van *dynamic ridesharing* diensten op elk moment van de dag potentiële matches bepalen. Telkens wanneer de dienstverlener een procedure voor het plannen van matches uitvoert, zijn er toekomstige aanvragen die nog niet bekend zijn en later geïncorporeerd moeten worden. Een gebruikelijk mechanisme om met dit soort onzekerheid om te gaan bij de planning is het gebruik van een deterministische "rolling horizon"-oplossing. Bij het gebruik van deze techniek worden plannen gemaakt aan de hand van alle informatie die beschikbaar is op het laatst gegeven moment. De uiteindelijke beslissingen (in dit geval het samenstellen van matches) worden pas definitief genomen wanneer de deadline van de optimalisatie is verstrekt (i.e. op het einde van het proces). Bij elke uitvoering van het algoritme wordt de planningshorizon "naar voren gerold" om meer bekende informatie op te nemen, waarna het proces zich herhaalt. Op die manier wordt altijd rekening gehouden met de meest recente beschikbare informatie.

Een belangrijke beslissing bij de toepassing van de *rolling horizon* methode is hoe vaak, en met name wanneer, het planningsalgoritme moet worden uitgevoerd. Een mogelijkheid zou zijn de optimalisatie te starten telkens wanneer een nieuw verzoek bekend wordt. Dit kan echter tot synchronisatieproblemen leiden wanneer een nieuwe aankondiging arriveert voor het einde van de vorige optimalisatie. Bij de *rolling horizon* strategie wordt op specifieke, regelmatig gespreide tijdstippen het proces herstart. Wanneer een optimalisatie voltooid is en de *matching* beslissingen definitief zijn, worden de (vroegste) vertrektijden bepaald. Wanneer een heen- en terugrit bepaald moet worden voor een passagier, moet de match met betrekking tot de terugrit eveneens definitief vastgelegd zijn voor de laatste impliciete vertrektijd van de heenreis. Bovendien wordt voor aankondigingen van retourritten waarbij de deelnemer bereid is als bestuurder of als berijder op te treden, de rol van de deelnemer definitief vastgesteld wanneer de overeenkomst voor de uitgaande rit is vastgesteld, en kan diens rol niet veranderen tussen de heen- en de terugreis. Met andere woorden kan eenzelfde deelnemer voor de heenreis niet worden ingepland als passagier en voor de terugreis als bestuurder, en vice versa. Beide gevallen zijn overigens hoogst onwaarschijnlijk in de praktijk, aangezien de bestuurder rekening moet houden met zijn/haar transportmiddel.

2.3.4. *Agent Based Carpooling*

Het *Agent Based Carpooling (ABC)*-systeem tracht gepersonaliseerde *ridesharing* plannen te creëren waarbij de cumulatieve transportkost geminimaliseerd is. De voorkeuren van de deelnemers worden geïdentificeerd over de rit die gemaakt zal worden en informatie over de individuele woon-werkverkeer plannen van de deelnemers wordt gegenereerd, bevattende de afkomst, de bestemming, het uurrooster en of de deelnemer al dan niet geïnteresseerd is in een terugrit. Des te

meer een gebruiker moet afwijken van de vooraf opgegeven voorkeuren, des te hoger de kost is in dit model (Horvitz, 2009).

Het ABC-systeem gebruikt een tijdskost model gebaseerd op de waarschijnlijkheid van gebeurtenissen, zoals bijvoorbeeld files en ongevallen. Het model gebruikt zowel het uur van de dag, de dag van de week als gegevens uit de agenda's van de deelnemers. Het computersysteem neemt de set van individueel verkozen woon-werkverkeer plannen en gebruikt deze als basisinput om twee optimalisatieproblemen op te lossen, waardoor een collectie *ridesharing* plannen gegenereerd kan worden. De twee optimalisaties zijn: (1) het genereren van plannen voor deelnemers die door de computer gegroepeerd zijn en (2) deelnemers samen in *ridesharing* groepen zetten. In figuur 4 wordt het proces verduidelijkt aan de hand van vier fases.

Fase (a) toont de input van alle individuele woon-werkverkeer plannen. De initiële segmenten van de individuele plannen worden als blauwe lijnen getekend, beginnend aan de startpositie van deelnemers, die voorgesteld worden door blauwe punten op de kaart. Bij elke startpositie wordt de gebruikersnaam en de originele starttijd vernoemd.

In fase (b) start de optimalisatie van het *ridesharing* plan. Individuele plannen van vier deelnemers worden samen genomen en verschillende mogelijke routes die de deelnemers in kwestie incorporeren worden door de computer samengesteld. De verschillende mogelijkheden worden geanalyseerd en vergeleken op basis van het aantal te rijden kilometers, de reistijd, de cognitieve kost en de uitgestoten hoeveelheid CO₂ per plan.

In fase (c) worden deelnemers van dezelfde groep gelabeld met eenzelfde kleur, zodat duidelijk is welke deelnemers bij welk plan horen.

Uiteindelijk worden in fase (d) de *ridesharing* plannen concreet gemaakt. Elke cirkel vertegenwoordigt de groep waar de deelnemer toe behoort en wordt gelabeld met de gebruikersnaam van de deelnemer en geüpdatete starttijden. Zodra de plannen definitief zijn, worden de deelnemers ingelicht met alle informatie betreffende vertrektijd, aankomsttijd, route en de rol die men dient te vervullen (Horvitz, 2009). Het grote verschil met het model besproken in hoofdstuk 2.3.2. en 2.3.3. is de mate waarin individuele voorkeuren doorwegen en het aantal stopmomenten per rit. Het ABC model laat de individuele voorkeuren feller doorwegen en stelt ritten samen waarbij de *driver* mogelijks meermaals moet stoppen (Horvitz, 2009). Het model gebruikt door Agatz (2011) focust louter op het totaal aantal gereden kilometers en beperkt zich tot een tussentijdse stop per rit waar potentieel meerdere *riders* instappen (Agatz et al., 2011)



(a)



(b)



(c)



(d)

Figuur 5 - ABC ridesharing optimalisatie (Horvitz, 2009)

3. Het potentieel van *ridesharing*

In hoofdstuk 1.1 Probleemstelling worden drie grote, hedendaagse hekelpunten in het verkeer aangehaald, namelijk de congestie, de toenemende vervuiling door personentransport en de lage bezettingsgraad per wagen die actief deelneemt aan het verkeer. Doorheen dit hoofdstuk zal worden onderzocht hoe *dynamic ridesharing* kan bijdragen dit probleem op te lossen. Dit zal gebeuren aan de hand van een reële dataset over vervoer op aanvraag. De setting kan vergeleken worden met een soort belbussysteem waarbij elke aanvraag (aankondiging genoemd) een startlocatie en een eindbestemming heeft.

In de context van dit onderzoek zal verondersteld worden dat elke individu in het bezit is van een rijbewijs en een personenwagen met vijf zitplaatsen ter beschikking heeft. Wanneer een individu nood heeft aan transport, zal een aanvraag aangekondigd worden. Het doel van dit onderzoek is aanvragen te combineren op basis van overeenkomstige tijdschema's en gelijkaardige routes. Afhankelijk van de gecombineerde route worden deelnemers opgedeeld in *drivers* en *riders*, respectievelijk chauffeurs en passagiers. Deelnemers gelinkt aan gebundelde aankondigingen, zullen gebruik maken van de personenwagen van de aangewezen *driver*.

Een matching model zal worden toegepast op de dataset om na te gaan of aankondigingen (van transportvraag) gebundeld kunnen worden. Wanneer twee of meer aankondigingen gebundeld kunnen worden, spreken we van *dynamic ridesharing*.

3.1. Methode

Het model waarop de methode gebaseerd is om de dataset in deze masterproef te analyseren, is het model dat reeds uitgebreid werd besproken in hoofdstuk 2.3.2.. Dit model werd door Agatz (2011) gebruikt om een case studie te analyseren in de metropool Atlanta. We nemen de kernelementen van het model over, maar passen de werkwijze lichtelijk aan zodat deze zich volledig aansluit bij de dataset die gebruikt werd voor dit onderzoek.

Elke deelnemer die een trip aankondigt, beschikt over een personenwagen met 5 zitplaatsen en is bereid zijn/haar transportmiddel te delen. Dit betekent dat elke deelnemer bereid is zowel de bestuurdersrol als de passagiersrol op zich te nemen. De focus ligt op het totaal haalbare voordeel, niet op individuele voorkeuren. Elke aankondiging (s) is tijds- en locatiegebonden en bevat volgende eigenschappen:

- Aankondigingstijdstip: $a(s)$
- Het tijdstip dat de deelnemer ten vroegste bereid is te vertrekken: $e(s)$
- Het tijdstip dat de deelnemer ten laatste kan vertrekken: $e(s) + f(s)$
- De flexibiliteit van de deelnemer, de speling in zijn/haar tijdschema: $f(s)$
- De startlocatie $v(s)$
- De eindbestemming $w(s)$

Een voorwaarde voor de aankondiging (s) om geldig te zijn, is dat het aankondigingstijdstip vroeger valt dan het vroegste gewenste vertrekkuur. In dit onderzoek, zal altijd aan deze voorwaarde voldaan zijn dankzij de manier waarop onze dataset is opgebouwd. Het aankondigingstijdstip $a(s)$ wordt altijd

gelijkgesteld aan nul, zodat het vroegste gewenste vertrekuur $e(s)$ uitgedrukt kan worden in minuten na aankondigingstijdstip $a(s)$. Bijgevolg geldt altijd: $e(s) - a(s) \geq 0$.

In dit onderzoek beperken we ons tot het matchen van ritten met eenzelfde eindbestemming. Dit wil zeggen dat de aangewezen *driver* de *rider(s)* op zal halen op de gewenste locatie(s) en dat alle inzittenden vervolgens samen naar de eindbestemming rijden, waar de rit voor alle deelnemers stopt. Deze methode van matching heeft als voordeel dat de kans reëel is dat inzittenden zo meer vertrouwd zijn met de route die ze samen afleggen en daardoor mogelijks sneller geneigd zijn gebruik te maken van *dynamic ridesharing* diensten. In een praktijksetting is het hebben van een vertrouwelijk gevoel namelijk een cruciale factor om het *stranger danger* effect te beperken, zoals besproken in hoofdstuk 2.2.3.2.. Doch laat dit ruimte voor toekomstig onderzoek, waarbij aankondigingen met eenzelfde beginlocatie of met uitsluitend unieke locaties geanalyseerd kunnen worden. Daarnaast kan ook onderzocht worden in welke mate gedeelde eindlocaties een positief effect hebben op de bereidheid om *dynamic ridesharing* diensten te gebruiken.

Naast de voorwaarde die eist dat de aankondigingstijd ($a(s)$) voor of gelijk met het vroegte gewenste vertrekuur ($e(s)$) moet vallen, zijn er twee andere voorwaarden waaraan voldaan moet worden. Matches worden opgesteld aan de hand van de tijdschema's en de gewenste af te leggen routes van de deelnemers. Om ervoor te zorgen dat matches haalbaar zijn, zal een voorwaarde gekoppeld worden aan de tijdschema's van de deelnemers en zal een voorwaarde gekoppeld worden aan de afstand van de route die ontstaat uit een potentiële match. Wat de tijdgerelateerde voorwaarde betreft, dient een match te passen binnen de tijdschema's van alle betrokken deelnemers. Dit betekent dat de extra tijd die nodig is voor de *driver* om de *riders* op te halen niet groter mag zijn dan de flexibiliteit van beide partijen. Daarnaast moet ook het verschil tussen de vroegste gewenste vertrekuren in rekening gebracht worden. De formule die deze voorwaarde belichaamt, ziet er als volgt uit:

$$\Delta e(d),e(r) + t v(d),v(r) \leq f(s)$$

Waarbij:

- $\Delta e(d),e(r)$ = het verschil tussen de vroegste gewenste vertrekuren.
- $t v(d),v(r)$ = de tijd die nodig is voor de *driver* om de *riders* op te halen.
- $f(s)$ = de flexibiliteit.

Indien niet voldaan kan worden aan bovenstaande voorwaarde, wordt een match automatisch als niet-haalbaar beschouwd.

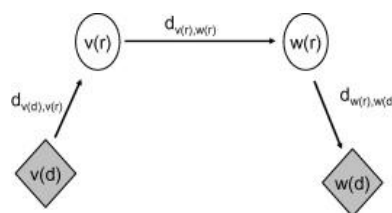
De laatste voorwaarde waaraan voldaan moet worden, heeft betrekking met de afstand van de route van potentiële matches. Deze voorwaarde ziet erop toe dat matches alleen definitief kunnen worden wanneer kostenvoordelen mogelijk zijn. Het doel van *dynamic ridesharing* is het verminderen van de congestie en vervuiling veroorzaakt door personentransport. Dit doel kan behaald worden door het verminderen van het aantal kilometers dat wordt afgelegd door personenwagens. De laatste voorwaarde beschouwt matches enkel haalbaar wanneer het totaal aantal kilometers dat zou afgelegd worden tijdens de potentiële deelrit kleiner is dan de som van de aparte ritten van de deelnemers. In symbolen ziet dat er als volgt uit:

$$D v(d),w(d) + D v(r),w(r) - (D v(d),v(r) + D v(r),w(r) + D w(r),w(d)) > 0$$

Waarbij:

- $D v(d),w(d)$ = de afstand die de *driver* zonder match af zou leggen.
- $D v(r),w(r)$ = de afstand die de *rider* zonder match af zou leggen.
- $D v(d),v(r)$ = de afstand tussen de vertreklocaties van de *driver* en de *rider*.
- $D w(r),w(d)$ = de afstand tussen de bestemmingen van de *driver* en de *rider*.

Onderstaande figuur visualiseert de betekenis van bovenvermelde afstanden. Aangezien in dit onderzoek de bestemmingen van de *driver* en de *rider* altijd gelijk zijn, stellen $w(r)$ en $w(d)$ dezelfde locatie voor. Bijgevolg is de afstand tussen de bestemmingen van de *driver* en de *rider* altijd gelijk aan nul.



Indien een match aan alle voorwaarden voldoet, wordt hij als haalbaar beschouwd en zullen de deelnemers een rol toegewezen krijgen. De rolverdeling gebeurt op basis van de startlocatie van de deelnemer ten opzichte van de eindbestemming. De persoon wiens startlocatie het verst verwijderd is van de eindbestemming, zal de rol van *driver* toegewezen krijgen. Vervolgens worden de *riders* opgehaald in afnemende volgorde van afstand tot de eindbestemming. Op deze manier is het totale aantal kilometers afgelegd tijdens de rit minimaal en worden de kostenvoordelen (het aantal bespaarde afgelegde kilometers) gemaximaliseerd.

3.2. Resultaten

Wanneer alle aankondigingen (s) op basis van bovenstaande methode naast elkaar gelegd zijn en alle potentiële matches onderworpen zijn aan de drie bindende voorwaarden, kan gesteld worden dat *ridesharing* een positieve impact kan hebben op de hedendaagse verkeersproblematiek. De tabel hieronder geeft een kort overzicht van de bevindingen, waar vervolgens dieper op wordt ingegaan.

n = 127	Zonder <i>Ridesharing</i>	Met <i>Ridesharing</i>	Resultaat
s	127	91	- 28,35%
Totaal D	2343,82	2027,87	-13,48%
D/n	18,46	15,97	-13,48%
n/s	1	1,3956	+ 39,56%
CO2	304696,99	263622,86	-41074,13

3.2.1. Congestie en bezettingsgraad

Het aantal ritten (s) daalt van 127 naar 91, wat gelijkstaat aan een daling van 28,35 procent. Deze significante daling zou op grote schaal een enorme verkeerslast van het wegennetwerk kunnen wegnemen. Het aantal files zou dalen, wat tijd en kosten bespaart voor zowel weggebruikers als bedrijven, wat op zijn beurt een positieve impact heeft op de economie. Het totale aantal gereden kilometers daalt eveneens wanneer gebruik gemaakt wordt van *dynamic ridesharing* diensten. Wanneer iedereen zich individueel verplaatst, betreft het totaal aantal gereden kilometers door de deelnemers van de dataset 2343,82 kilometer. Wanneer de ritten gematcht zijn en ritten gedeeld worden, daalt dit cijfer tot 2027,87 kilometer. Dit komt overeen met een daling van 13,48 procent. Om dit cijfer meer context te geven, nemen we het aantal kilometers afgelegd per capita. Zonder *ridesharing* diensten legt elk individu gemiddeld 18,46 kilometer af, wat 2,49 kilometer meer is in vergelijking met de situatie waarbij ritten gematcht worden.

Ook wanneer we de bezettingsgraad per wagen bekijken, zien we een positieve trend. Initieel reed elke gebruiker die opgenomen is in de dataset individueel. De bezettingsgraad was bijgevolg gelijk aan 1. Wanneer ritten met elkaar gematcht worden en deelnemers gebruik maken van *dynamic ridesharing* diensten die binnen hun preferentiekader vallen, stijgt de bezettingsgraad naar 1,3956 personen per wagen. Dit komt overeen met een stijging van 39,56 procent. Wanneer deze stijging toegepast wordt op de cijfers uit hoofdstuk 1.1.3., namelijk een bezettingsgraad van 1,1 inzittenden per wagen voor werkgerelateerde verplaatsingen en 1,8 inzittenden per wagen voor privé verplaatsingen, resulteert dat in een stijging van de cijfers tot respectievelijk 1,5352 en 2,5121 inzittenden per wagen. Wederom kan besloten worden dat de impact van het toepassen van *dynamic ridesharing* diensten significant is.

3.2.2. Vervuiling

De vervuiling van de planeet en de opwarming van de aarde zijn twee topics die aan elkaar gelinkt zijn en een rechtstreekse impact hebben op de toekomst van onze samenleving. Daarom is het belangrijk dat vervuilingen een halt worden toegeroepen en dat de oorzaken van de massa's CO₂ die geproduceerd worden, worden aangepakt. Zoals in hoofdstuk 1.1.1. besproken, heeft wegtransportsector een massaal aandeel in lucht- en geluidsvervuiling. In totaal was deze sector in 2016 goed voor 18,8 procent van de globale CO₂-emissies. Gelukkig tonen *dynamic ridesharing* diensten ook hier veel potentieel. In hoofdstuk 3.2.1. werd vermeld dat het totale aantal gereden kilometers met behulp van *dynamic ridesharing* in dit onderzoek gedaald is van 2343,82 kilometer naar 2027,87 kilometer. Wanneer het aantal CO₂-emissies toegevoegd wordt aan deze gegevens, kan berekend worden hoeveel CO₂-emissies bespaard werden. Volgens het European Environment Agency (EEA) bedroeg de gemiddelde uitstoot per personenwagen in Europa 130g CO₂/km. Wanneer

dit vermenigvuldigd wordt met het berekend aantal totale kilometers in de dataset, wordt het totale aantal CO₂-emissies duidelijk. Zonder *ridesharing* is het totaal aantal CO₂-emissies 304696,99 gram CO₂, wat 41074,13 gram CO₂ meer is dan de 263622,86 gram CO₂ die uitgestoten wordt wanneer wel gebruik gemaakt wordt van *ridesharing* diensten. Wanneer de uitstoot van de gemiddelde nieuwe auto, wat 122,3 gram CO₂ per kilometer is, genomen wordt, verkleint het effect, maar blijft het verschil eveneens significant. Met andere woorden toont *dynamic ridesharing* ook enorm veel potentieel binnen de vervuilingsproblematiek.

4. De toekomst van deelfervoer

4.1. Wie is Raf Degens en waarom is zijn mening relevant?

In dit hoofdstuk zal een empirisch kader gevormd worden rond de literatuur die in hoofdstuk 2 besproken werd. Dit empirisch kader zal voortvloeien uit een gesprek met Raf Degens, Chief Executive Officer van Corda Campus. Als CEO van Corda Campus is Raf Degens ook het hoofd van Corda Mobility, een afdeling binnen Corda Campus die zich uitsluitend bezig houdt met mobiliteit en voortdurend op zoek is naar moderne mobiliteitsoplossingen. Door de positie waarin meneer Degens zich bevindt, beschikt hij over enorm veel expertise binnen mobiliteit en is hij in staat om hedendaagse inzichten en ervaringen rond mobiliteit te delen die actueler zijn dan de literatuur uit hoofdstuk 2. Dankzij deze actuele situatieschets zal een kritische kijk op het theoretische gedeelte mogelijk zijn.

Aan de hand van de uitspraken van Raf Degens zal gekaderd worden hoe Corda Mobility precies te werk gaat en welke projecten momenteel door Corda Mobility uitgevoerd worden. Vervolgens zal meneer Degens aangeven wat er volgens hem nodig is om van *ridesharing* een gangbaar concept te maken en welke drempels moeten worden gepasseerd om dat mogelijk te maken. Ten slotte zal gekaderd worden hoe (*dynamic*) *ridesharing* zich volgens hem in de toekomst zal ontwikkelen en welke toekomstplannen Corda Campus heeft omtrent deelfervoer.

4.2. Hoe werkt deelfervoer op Corda Campus?

Corda Campus is een grote bedrijvenscampus, gelegen te Hasselt in België en loopt altijd een beetje voor op de gemiddelde bedrijfsomgeving, aangezien veel technologisch ingestelde, vooruitstrevende bedrijven gevestigd zijn op Corda Campus. Dat zorgt ervoor dat binnen de Corda Campus enorm veel mensen aanwezig zijn die openstaan voor modernisering en vooruitgang. Dit vertaalt zich ook naar mobiliteit toe en Corda Mobility is de belichaming van moderne mobiliteitsoplossingen op en naast de Corda Campus.

Corda Mobility biedt verschillende vormen van deelfervoer aan die te gebruiken zijn op en rond de campus. Het deelfervoer is momenteel gefocust op deelsteps, deelfietsen en deelauto's (*carsharing*) – samen goed voor een mobiliteitspark met respectievelijk 10, 25 en 4 eenheden – waarbij er de mogelijkheid is om op voorhand dergelijke vervoersmiddelen te reserveren. De mogelijkheid om deze vervoersmiddelen te gebruiken, wordt gezien als vanzelfsprekend. Daarom draait het verdienmodel rond de service die erbij komt kijken. Een kwalitatieve deelstep (bijvoorbeeld) die opgeladen en goed verzorgd is, wordt vaak door andere mensen in gebruik genomen zodra de initiële gebruiker deze kortstondig niet nodig heeft. Corda Mobility biedt de mogelijkheid om de step in parkeermodus te zetten zodra de gebruiker aangekomen is op zijn bestemming. Op die manier wordt het mogelijk om met de step tot op de bestemming te rijden, de beoogde activiteit uit te voeren en vervolgens dezelfde step terug opnieuw te gebruiken. Deze service brengt een hogere bereidheid tot betalen met zich mee dan het gebruik van de deelstep, zo blijkt uit ervaringen van Corda Mobility.

Vervolgens zal er ook een combinatieformule aangeboden worden, waarbij er de mogelijkheid is om een deelstep of -fiets in de koffer van de deelauto te steken. De deelfervoermogelijkheden van Corda Mobility werken met een perimeter om te bepalen binnen welke straal er gebruik gemaakt kan worden van het deelfervoer. Het deelfervoerstation van de Corda Campus is het standaard

middelpunt van de perimeter, maar door gebruik te maken van een combiformule, kan deze perimeter verlegd worden. Zodra de gebruiker de deelauto geparkeerd heeft – bijvoorbeeld op een parkeerplaats buiten het stadcentrum – kan de deelstep uit de koffer genomen worden en zal de locatie van de deelauto dienen als nieuw middelpunt voor de perimeter, waardoor er met de deelstep verder gereden kan worden tot op de bestemming in het stadscentrum. Ten slotte zal de step altijd opgeladen zijn wanneer deze uit de koffer van de auto komt, aangezien de deelauto's van Corda Campus volledig elektrisch zijn en zo kunnen dienen als elektrische bron om de step op te laden.

4.3. Hoe kan het deelvervoer concept werken volgens Raf Degens?

Allereerst is het belangrijk om te beseffen dat resultaten uit enquêtes, zoals bijvoorbeeld enquêtes over deelvervoer, slechts een hypothetische weergave van de feiten geven, aldus Raf Degens. Daarom wordt binnen Corda Mobility gekozen voor een andere aanpak, namelijk testen zonder een enquête rond te sturen. De reden hierachter is simpel: de markt beslist en de markt is veel duidelijker zichtbaar in de praktijk dan dat deze zich uit via een enquête. Als voorbeeld haalt Raf Degens aan dat bij een vroegere bevraging 80 procent aangaf geïnteresseerd te zijn in het gebruik van een deelauto indien deze ter beschikking gesteld zou worden voor de mensen binnen Corda Campus. Wanneer de eerste deelauto daadwerkelijk ter beschikking gesteld werd, bleek slechts 20 tot 25 procent van de mensen daadwerkelijk gebruik te maken van de mogelijkheid. Dit geeft duidelijk een scheve verhouding weer tussen de resultaten uit de vragenlijst en de praktijk. De oorzaak van deze scheve verhouding is simpel volgens Raf Degens: het is veel te gemakkelijk om individueel met de eigen auto naar het werk te gaan, waardoor mensen minder gebruik maken van de deelauto. Tenslotte worden de mensen binnen Corda Campus gepamperd door een ruim aanbod van meer dan 3000 parkeerplaatsen voor 'de deur' van de campus, een aanbod dat ingaat tegen het mobiliteitsbeleid dat Corda Campus wil voeren. Doch is zo een parkeeraanbod nodig om ervoor te zorgen dat Corda Campus in de toekomst de rol kan spelen die het beoogt als overstappunt tussen Noord-Limburg en Hasselt, waarbij gekozen wordt voor een alternatieve transportmethode vanuit Corda Campus naar het stadcentrum.

4.3.1. Mentaliteit

Een shift in de mentaliteit van de mens is essentieel om van deelvervoer een succesvol concept te maken. Momenteel wordt standaard verwacht dat een voertuig zijn passagiers van het beginpunt rechtstreeks naar de eindbestemming brengt, wat een fundamenteel verkeerde mentaliteit is, aldus Raf Degens. Daarnaast is het tot op heden veel te gemakkelijk om individueel met de wagen rechtstreeks naar de eindbestemming te rijden. De bereidheid om vervoer te delen is er, maar het moet moeilijker of minder voordelig zijn om individueel te reizen alvorens deze bereidheid zich zal vertalen in acties. Doch is Raf Degens zich ervan bewust dat *ridesharing* in de professionele context veel moeilijker toe te passen is dan in de vrije tijd context of bij een vakantiestemming. In de professionele context moeten alle factoren juist zitten en mogen er geen onverwachte hindernissen opduiken, anders faalt het concept. Wanneer (een van) de passagier(s) onverwachts een hindernis tegenkomt, zoals bijvoorbeeld een probleem met een van de kinderen of een meeting die vervroegd wordt, dan is die passagier genoodzaakt gebruik te maken van de eigen auto om te verhinderen dat alle inzittenden te laat/te vroeg op het werk aankomen. Helaas moet het *ridesharing* concept een

oplossing bieden aan problemen die zich voornamelijk afspelen tijdens professionele verplaatsingen, gedurende de ochtend- en avondspits.

4.3.2. Keuze

Ridesharing zal aan de hand van de deelwagens van Corda Campus gepromoot worden, maar niet verplicht zijn. Wanneer de gebruiker een belangrijke vergadering gepland heeft en daardoor nood heeft aan een periode waarbij het mogelijk is om zich in alle rust voor te bereiden, dan moet dit mogelijk zijn en de reis naar het werk met de deelwagen kan daarbij als ideaal moment dienen. Het is belangrijk dat de gebruiker keuzes heeft. De breedte van het aanbod en de mogelijkheid keuzes te maken om zo de beleving te personaliseren zal een grote rol spelen in het creëren van een succesformule volgens Raf Degens.

De breedte van het aanbod moet ervoor zorgen dat de gebruiker een aangename ervaring heeft wanneer een transportmiddel wordt gedeeld. Wanneer het vervoer gedeeld wordt met een onbekende persoon, in een onbekende wagen, zijn er twee belangrijke factoren die de beleving beïnvloeden. Enerzijds zijn de eigenschappen van de persoon waarmee samen wordt gereisd van belang. De karaktereigenschappen van beide deelnemers zullen in de meeste gevallen geen probleem vormen, maar het is mogelijk dat twee karakters enorm botsen. Ook is het mogelijk dat de chauffeur niet capabel genoeg is achter het stuur, waardoor de passagier een onveilig gevoel krijgt tijdens de reis. In beide gevallen kan de beleving dusdanig onaangenaam worden dat de interesse om in de toekomst nogmaals gebruik te maken van een deelvervoerformule volledig verdwijnt bij de deelnemers. Anderzijds kan de wagen waarmee gereisd wordt de beleving ook enorm beïnvloeden. Wanneer de wagen enorm klein is en de passagier gedurende de hele rit een oncomfortabele houding moet aannemen, zal dit de beleving op een zeer negatieve manier beïnvloeden. Daarnaast brengt een wagen een bepaalde uitstraling met zich mee. Wanneer de passagier naar een klant moet, is het aangewezen om te arriveren in een auto die geen schade heeft. Beide factoren kunnen gecontroleerd worden door de gebruikers te voorzien van keuzes. De mogelijkheid om te kiezen en daarmee de reis te personaliseren, creëert een gevoel van comfort.

De nood aan keuze is reeds een bekend gegeven binnen de *ridesharing* markt. Aanbieders van *ridesharing* systemen zoals Uber zullen een bepaald segment innemen waarbij gekozen kan worden of er extra passagiers in kunnen stappen en of er met 'normale' of 'luxe' wagens gereisd wordt. In de Verenigde Staten is het reeds mogelijk om te kiezen voor een luxe-Uber via Uber Black. Dit concept zal volgens Raf Degens uiteindelijk ook overwaaien naar Europa en om het concept te laten werken, zullen dergelijke mogelijkheden ook hier geïntegreerd moeten worden. Het openbaar vervoer is ook een optie voor reizigers, maar dit brengt momenteel te veel nadelen met zich mee – denk aan vertragingen, overvolle treinen en bussen etc. – om gelijkwaardig te zijn aan het reizen met de eigen wagen. Daarom is er nood aan meer opties die een vertrouwelijke en snelle manier van transport bieden. Deze opties moeten er komen alvorens mensen zich gaan openstellen voor nieuwe vervoersmethoden en daarom zal *ridesharing* zich pas ontpoppen tot een gangbaar systeem nadat andere nieuwe opties op de markt zijn gekomen, aldus Raf Degens.

4.3.3. Belevenis

Een laatste factor die volgens Raf Degens van groot belang is om van *ridesharing* een succesvol concept te maken, is de belevenis. *Ridesharing* moet een leuke belevenis zijn, waar mensen met plezier aan deelnemen. Deze belevenis start met de mogelijkheid om te kiezen voor het vervoersmiddel dat op dat moment het meest aantrekkelijk is. Verschillende mogelijkheden moeten kunnen beantwoorden aan verschillende situaties. Wanneer de gebruiker alleen is, zal waarschijnlijk gekozen worden voor een ander vervoersmiddel dan wanneer de gebruiker kinderen moet meenemen. De opties moeten op maat gemaakt zijn voor verschillende situaties om een aangename belevenis te creëren.

Ook de steden kunnen helpen *ridesharing* en *carsharing* te promoten. Momenteel is het vrijwel overal mogelijk om met de wagen tot in het centrum van de stad te rijden. Wanneer de toegang tot de steden beperkt wordt, zullen bezoekers genoodzaakt zijn om andere vervoersmiddelen te gebruiken. Dit zal vooral in het voordeel spelen van deelsteps, deelfietsen etc., maar ook het openbaar vervoer zal hierdoor meer gebruikt worden. Vervolgens is het aan de steden om te investeren in verbeterde openbaar vervoer netwerken en eventueel moderne vormen van openbaar vervoer. In sommige steden wordt reeds ingezet op beperkt verkeer in de stadskern door het creëren van lage emissiezones en het verminderen van het aantal rijvakken richting het centrum van de stad. Deze maatregelen kunnen gesteund worden door de grote parkeerplaatsen die zich vaak net buiten het centrum van de stad bevinden, zoals bijvoorbeeld de parking van Corda Campus of de parking van de Grenslandhallen in Hasselt.

4.4. Hoe ziet Raf Degens de toekomst van deelvervoer?

4.4.1. Zelfrijdende wagens

Dynamic ridesharing heeft nog een enorm lange weg te gaan alvorens het operationeel zal zijn. Zoals het concept initieel bedoeld is, staat het pas helemaal vanachter in de rij en alle andere formules die ervoor staan, zoals bijvoorbeeld *carsharing* en vernieuwde, aantrekkelijke vormen van het openbaar vervoer, zullen zich moeten ontwikkelen alvorens we bij zuivere *dynamic ridesharing* uitkomen. Waar Raf Degens op lange termijn enorm in gelooft, is de volledige integratie van zelfrijdende wagens in het transportnetwerk om tot een nieuwe vorm te komen van *dynamic ridesharing*. Het is mogelijk om het adres in te geven van de locatie en de computergestuurde wagen rijdt veiliger dan de mens rijdt, aangezien de reactiesnelheid veel hoger ligt en op basis van camera's alles gezien kan worden. Sommige mensen zullen een onveilig gevoel ervaren wanneer ze de wagen niet zelf kunnen besturen. Dit gevoel is een gevolg van een gebrek aan vertrouwen in technologie en is volgens Raf Degens voornamelijk generatiegebonden. Zodra meer en meer mensen met geautomatiseerde wagens rondrijden, zal het gebruik ervan een vanzelfsprekendheid worden. Tenslotte is dit concept een toekomstverhaal en is er veel tijd om te wennen aan de technologie.

4.4.2. Een mentale shift door burger en staat

Om deze manier van transport mogelijk te maken, moet een enorme mentale shift voorafgegaan zijn en moet een wettelijk kader voorzien worden dat dit toelaat. Statistisch gezien zullen ongelukken altijd voorvallen, maar het aantal ongelukken zal drastisch naar beneden gaan wanneer alle wagens computergestuurd zijn in vergelijking met de huidige situatie waarbij wagens bestuurd worden door

mensen. Mensen worden vermoeid, geraken afgeleid, hebben mogelijks minder kwaliteiten achter het stuur, kunnen pech hebben of geïntoxiceerd zijn. Talloze factoren kunnen de bestuurderskwaliteiten van de mens beïnvloeden en de meeste factoren zijn niet van toepassing wanneer een wagen computergestuurd is. Doch zal er nooit een perfecte situatie ontstaan waarbij er nul ongevallen gebeuren en momenteel trekken verzekeringsmaatschappijen zich terug zodra een ongeluk gebeurt terwijl de automatische piloot geactiveerd is. Daarom is het belangrijk dat een wettelijk kader gecreëerd wordt waarbij het mogelijk is een schuldige partij aan te duiden, zodat het verzekeringsstelsel kan blijven bestaan en inzittenden niet louter aan toeval onderworpen worden.

Wanneer alle wagens zelfrijdend zijn, kan er een transportnetwerk gecreëerd worden waarbij voortdurend wagens rondrijden tussen verschillende knooppunten. Reizigers kunnen plaatsnemen in de eerst volgende, lege auto die voor de deur passeert of de eerst volgende auto waarvan de inzittende heeft aangegeven bereid te zijn de rit te delen. Routes zullen worden samengesteld op basis van knooppunten en overstappen zal moeten gebeuren binnen een korte tijdsperiode, zodat de hele flow vloeiend blijft. Op voorhand zal de reiziger exact weten hoe lang de totale rit in beslag zal nemen en op welk tijdstip de laatste wagen stopt aan zijn eindbestemming, aangezien files vrijwel onbestaande zullen zijn. Enkel een technisch defect zou nog een file kunnen veroorzaken en ook daar zullen oplossingen voor gevonden worden.

4.4.3. Belevenis

Vervolgens zal personenvervoer via de weg een hele nieuwe belevenis worden, aangezien na elk overstapmoment het vervoer gedeeld zal worden met nieuwe mensen. Elke reis kan een nieuw avontuur opleveren en dankzij het knooppuntensysteem kunnen onaangename ervaringen snel en gemakkelijk beëindigd worden. De nadruk ligt hier wederom bij de keuze om deel te nemen: mensen kunnen een belevenis creëren, maar worden niet gedwongen om hun rit te delen. Op lange termijn – wanneer naar utopische gedachten kan worden toegewerkt – zal zelfs gewerkt worden aan een matching-systeem waarbij passagiers op voorhand kunnen aangeven met wie ze samen willen rijden. Op basis van de voorkeur van die dag zal er kunnen worden aangegeven welke onderwerpen de passagier wil bespreken gedurende de reis. Vervolgens zal er een route gecreëerd worden via knooppunten waarbij zo veel mogelijk matches gelinkt worden aan elkaar. Deze beleving kan ten koste gaan van enkele minuten vertraging door de gekozen knooppunten, maar het zal ook mogelijk zijn om als voorkeur 'de snelste weg' aan te geven. Bedrijven die niets met mobiliteit te maken hebben, zullen hier ook op inspelen. Datingsites, bijvoorbeeld, zullen via een koppeling met hun applicatie vrijgezellen bij elkaar in de auto zetten. Bedrijven zoals Spotify zullen passagiers linken op basis van muzieksmaak en streamingdiensten zullen mensen met gemeenschappelijke interesses omtrent documentaires of series linken.

Naast de karakters waarmee samen wordt gereden, zal ook het merk en type wagen gekozen kunnen worden. Wanneer we nadenken over de kostprijs van een auto, is het ridicuul dat vrijwel elke volwassene met een rijbewijs in het bezit is van een auto, aldus Raf Degens. Na tien jaar is de waarde van de wagen slechts een fractie van de aankoopprijs en gedurende die tien jaar moet er enorm veel geld betaald worden in de vorm van wegentaksen, verzekeringen, onderhoud etc.. Doch is het individuele bezit van een auto een concept dat ingebakken zit in veel hedendaagse culturen. Volgens Raf Degens zullen autofabrikanten op termijn, wanneer het *dynamic ridesharing* systeem op basis

van knooppunten vorm krijgt, werken met abonnementsformules. De klant sluit een abonnement af bij een autofabrikant waardoor voor een bepaalde periode de mogelijkheid is om wagens van dat automerk op te roepen. De prijs die betaald wordt voor het abonnement wordt bepaald door het type wagen waarmee de klant vervoerd wilt worden en door de extra opties die in het abonnement worden opgenomen. Wanneer de klant een aantal keren binnen de afgesproken periode vervoerd wilt worden met een duurder model, kan dit als extra clausule opgenomen worden binnen het abonnement. Daarnaast kan de klant ook abonnementen afsluiten met verschillende autofabrikanten, waardoor er op regelmatige basis kan worden afgewisseld. Autofabrikanten kunnen dit aanbod zien als een gedeelte van hun marketingmodel en de klant proberen overtuigen om definitief over te schakelen naar een uitgebreid abonnement. De mogelijkheid om vervoerd te worden met verschillende wagens, waarbij de gebruiker zelf kan kiezen met welke wagen precies gereden wordt, zorgt ook voor een aangename belevenis.

Raf Degens concludeert dat in de toekomst een dergelijke vorm van *dynamic ridesharing* vrijwel zeker zal ontstaan, maar dat eerst alle andere stukken van de puzzel goed moeten zitten. Zodra een autofabrikant aanvoelt dat de markt klaar is voor een abonnementsformule en het systeem vorm krijgt, zal de rest van de markt snel volgen en kan het bezit van een wagen binnen een korte periode volledig omslaan naar het bezit van een abonnement. Veel autofabrikanten zullen moeten volgen, zodat het geen luxeconcept is, maar een toegankelijke mobiliteitsformule die geschikt is voor mensen uit alle inkomenscategorieën. Tenslotte moet iedereen de mogelijkheid hebben om zich te verplaatsen om de economie te kunnen laten draaien.

4.5. Verbanden met de literatuurstudie

Verschiedende aspecten uit de literatuurstudie zijn te herkennen in het gesprek met Raf Degens. Meneer Degens stelt dat er een mentaliteitsverandering moet komen alvorens het mogelijk is voor *dynamic ridesharing* om succesvol te zijn, aangezien iedereen verwacht rechtstreeks van het gekozen startpunt naar de eindbestemming vervoerd te worden. Deze mentaliteit is deels te wijten aan gemakzucht, maar is grotendeels een resultaat van de prioriteiten die momenteel leven onder de bevolking. Om de mentaliteit te kunnen veranderen, moet de bevolking alternatieven hebben die dezelfde prioriteiten kunnen bevredigen. Ook in de literatuurstudie wordt vermeld dat mensen te gewoon zijn aan de mogelijkheid om zelf de auto te gebruiken en van deur-tot-deur te reizen en werd in de literatuurstudie verduidelijkt dat een auto vaak overbodig is wanneer breder gekeken wordt. Zo is het mogelijk om via een kleine integratie van openbaar vervoer en *dynamic ridesharing* tot op de eindbestemming te geraken, zonder veel extra reiskosten of reistijd. Raf Degens stelt dat een bemoeilijking van individueel personenvervoer zou kunnen helpen deze mentaliteit te doen keren.

Daarnaast is het essentieel keuzemogelijkheden te voorzien voor reizigers. De eerste keuze is het aantal passagiers die meerijden. In het geval van *carsharing* moet het mogelijk zijn om alleen te rijden en in het geval van *ridesharing* moet het mogelijk zijn om de enige passagier te zijn. Elke situatie gaat gepaard met andere voorkeuren van deelnemers en vergt een ander transportmiddel of zelfs een andere transportmethode. Hoe meer keuze de potentiële deelnemers hebben, hoe groter de kans is dat daadwerkelijk gebruik gemaakt wordt van deelvervoer systemen.

Deze keuzemogelijkheden zorgen ook voor een gepersonaliseerde belevenis. In de literatuurstudie wordt verduidelijkt hoe onaangename ervaringen binnen het openbaar vervoer ervoor zorgen dat het openbaar vervoer niet kan concurreren met de eigen wagen. Daarnaast wint ook *dynamic ridesharing* meer interesse dan het openbaar vervoer – deels logisch, aangezien nieuwe concepten in het begin vaak harder groeien – terwijl het openbaar vervoer op veel plaatsen reeds jaren onveranderd is. De belevenis die mensen hebben tijdens *dynamic ridesharing* kan ook lijden onder botsende karakters van de deelnemers. In de literatuurstudie wordt dit aangehaald als een van de drempels die mensen tegenhoudt deel te nemen aan *dynamic ridesharing*. Raf Degens ziet deze karaktereigenschappen echter als een opportuniteit waar bedrijven op kunnen inspelen door deelnemers zelf te laten aangeven met welke karakters ze samen willen reizen. Op die manier kan een aangename belevenis gecreëerd worden die het gebruik van deelvervoer stimuleert. Een andere mogelijke negatieve factor met betrekking tot de belevenis volgens Raf Degens, is de capaciteit van de bestuurder. Indien De bestuurder niet rijdt volgens het verwachte niveau, zal dit een onveilig gevoel creëren, waardoor mensen wederom kunnen afknappen op het idee van deelvervoer.

Een oplossing voor het mogelijke onveilige gevoel, is – na een mentale shift – een *dynamic ridesharing* systeem op basis van zelfrijdende auto's. De markt is hier echter nog niet klaar voor. Enerzijds ontbreekt een wettelijk kader dat toelaat mensen te vervoeren met zelfrijdende auto's, zonder dat de besturing van de wagen onderbroken wordt door de inzittende(n). Anderzijds zal een pionier het voortouw moeten nemen om deze marktaanpassing te verwezenlijken. Momenteel lijkt echter niemand capabel en is het concept nog niet economisch haalbaar voor de autofabrikanten.

5. Conclusie

In deze masterproef is het concept *dynamic ridesharing* onderzocht als mogelijke remedie tegen de hedendaagse verkeersproblematiek in de vorm van congestie en vervuiling. De voordelen van *ridesharing* zijn reeds decennia gekend en sinds de Tweede Wereldoorlog wordt reeds gebruik gemaakt van dergelijke systemen om kosten te delen en te besparen op grondstoffen. Doch blijft de mens trouw aan de meest vertrouwde vorm van personentransport, namelijk vervoer met de eigen wagen. Daarenboven wordt vaak alleen gereisd, vooral wat woon-werkverkeer betreft, waardoor veel zitplaatsen onbenut blijven en het aantal auto's op het wegennetwerk jaar na jaar toeneemt.

Dynamic ridesharing kampt met een enorm onbenut potentieel. De oorzaak hiervan is deels te wijten aan de karakteristieken van de mens. Mensen staan vaak niet open om een vertrouwde omgeving te delen met een onbekende, aangezien de angst voor een onaangename beleving overheerst. Dit fenomeen is bekend als *stranger danger*. Anderzijds zijn de alternatieven voor de eigen wagen niet aantrekkelijk genoeg om mensen te verlijden. De keuze van de transportmethode is gebaseerd op de prioriteiten van een individu en de alternatieven voor de eigen wagen spelen niet voldoende in op die prioriteiten. Daaruit kan geconcludeerd worden dat er twee factoren cruciaal zullen zijn om *dynamic ridesharing* te laten werken. Eerst en vooral moet een mentale shift plaatsvinden bij zowel de bevolking als bij de regering. De mensen moeten zich ervan bewust worden dat onbenutte zitplaatsen in een auto tot een minimum beperkt moeten worden en de regering moet de mensen motiveren om te kiezen voor alternatieve transportmethodes of voor deelvervoervormen. Naast de mentale shift, moeten er genoeg opties zijn voor de mensen om zich mee te vervoeren. Een breder aanbod zorgt voor de mogelijkheid de reis gedeeltelijk te personaliseren. Een vervoersmethode gebruiken die op dat moment het meest geschikt is voor de situatie die zich voordoet, zorgt voor een gevoel van comfort en kan zelfs gepaard gaan met plezier. Tenslotte draait het om de beleving. Wanneer bovenstaande factoren goed zitten, wordt een aangename beleving gecreëerd voor de gebruiker en ontstaat er voldoening.

De implementatie van *dynamic ridesharing* systemen zal gepaard gaan met enkele uitdagingen. De voortdurende technologische vooruitgang in de wereld heeft ervoor gezorgd dat het merendeel van de bevolking in verstedelijkte gebieden in het bezit zijn van een smartphone, waardoor ze gebruik kunnen maken van 4G en applicaties, twee essentiële voorwaarden om deel te kunnen nemen aan *dynamic ridesharing* systemen. De uitdaging ligt bij het uitmaken van de uitvoerende partij. Door welke partij het systeem zal worden aangeboden, zal een enorme invloed hebben op de uitvoering van het systeem. De twee partijen die hierbij tegenover elkaar staan, zijn de overheid en de privébedrijven. Privébedrijven hebben commerciële doeleinden en neigen de sociale belangen uit het oog te verliezen wanneer een groter marktaandeel veroverd kan worden of wanneer de winst verhoogd kan worden. In dit geval moet het onderwerp, *dynamic ridesharing*, een antwoord bieden op maatschappelijke problemen en is een maatschappelijk verantwoorde aanpak van groot belang. Wanneer de privébedrijven de uitvoering in handen nemen en zich richten op puur winstbejag, dreigt het probleem te erger te worden in plaats van te verbeteren, aangezien rivaliserende bedrijven voor een zo groot mogelijk marktaandeel zullen gaan. Dit marktaandeel zal behaald kunnen worden door zo veel mogelijk klanten naar zich toe te trekken, waardoor elke gemiste klant een gemiste kans is om een voordeel te behalen ten opzichte van de concurrentie. Dit zou zich uiten in een overaanbod aan wagens en chauffeurs actief op het wegennetwerk in functie van het bedrijf. Het voordeel dat

privébedrijven hebben, is dat ze neigen meer progressief tewerk te gaan dan de overheid, wat de kwaliteit van de service ten goede komt. De overheid daarentegen gaat gewoonlijk voorzichtiger tewerk, waardoor de implementatie van een werkend systeem aanzienlijk vertraagd zou kunnen worden. Hoe langer de implementatie van een succesvol systeem zou uitblijven, hoe langer de huidige problemen de kans hebben om toe te nemen. Anderzijds staan de maatschappelijke belangen bij de overheid wel centraal, waardoor een overaanbod vermeden zou kunnen worden en *dynamic ridesharing* zou kunnen dienen als oplossing voor de problemen die initieel aan de basis lagen voor het bedenken van het systeem. De overheid kan daarenboven de dienst reguleren. De oplossing voor bovenstaand dilemma ligt ergens in het midden, waarbij de positieve aspecten van de overheid gecombineerd worden met de positieve aspecten van de privébedrijven. Een competitieve markt die gereguleerd wordt door de overheid om de maatschappelijke doelstellingen als uitgangspunt te behouden, kan voor een gezonde markt zorgen waarbij vermeden wordt dat de maatschappelijke problemen erger worden in plaats van verbeteren.

Tijdens het onderzoek naar het potentieel van *dynamic ridesharing*, waarbij een dataset over vraag naar personentransport geanalyseerd werd, kwam duidelijk aan het licht dat *dynamic ridesharing* diensten, wanneer correct toegepast, een enorm potentieel met zich meedragen. De implementatie van systemen waarbij ritten gematcht worden en onbenutte plaatsen gevuld worden, kunnen een enorme, positieve impact hebben op de hedendaagse verkeersproblematiek. De cijfers tonen aan dat dynamisch deelvervoer de negatieve impact van dergelijke problemen met tientallen procenten kan terugdringen. De nuance moet gemaakt worden dat sociale aspecten weinig aandacht hebben gekregen bij deze analyse en dat alle 'deelnemers' open stonden voor *dynamic ridesharing*. Doch wordt het enorme potentieel van dergelijke systemen duidelijk en moet gestel worden dat veel kansen onbenut blijven.

Naar de toekomst toe, kan gedacht worden aan een utopie waarbij al het transport geautomatiseerd wordt met de mogelijkheid dagdagelijks vervoer elke dag op een andere manier te personaliseren volgens de voorkeur van de dag. Dit gedacht komt voort uit het empirische deel van de masterproef, waarbij vermeld moet worden dat dit hoofdstuk volledig gebaseerd is op de mening van Raf Degens, CEO van Corda Campus en hoofd van Corda Mobility. Ideeën zoals een volledig geautomatiseerd transportnetwerk zijn futuristisch en zullen minstens vijf jaar nodig hebben om gerealiseerd te worden. Daarenboven moeten veiligheidsrisico's in kaart gebracht worden. Wanneer het hele transportnetwerk gebaseerd is op autonome wagens, is het logistieke stelsel dan niet te afhankelijk van technologie. Een technisch defect zou de economie gedeeltelijk of zelfs volledig plat kunnen leggen. Daarnaast is technologie kwetsbaar voor hackers, die de veiligheid van de inzittenden in gevaar kunnen brengen wanneer kwade bedoelingen in het spel zijn.

Aanvullend onderzoek op deze masterproef zou kunnen bestaan uit onderzoek naar een wettelijk kader waarbij *dynamic ridesharing* geïmplementeerd kan worden in de samenleving, zonder de aandacht te verliezen rond het oorspronkelijke doel ervan: een oplossing bieden voor een maatschappelijk probleem, namelijk de hedendaagse verkeersproblematiek. Vervolgens zou ook onderzoek verricht kunnen worden naar een potentieel wettelijk kader voor geautomatiseerde wagens. Het wettelijk kader moet niet direct dienen voor futuristische concepten, zoals besproken in hoofdstuk 3.4., maar zou eerder het gebruik van zelfrijdende wagens in de huidige maatschappij

kunnen kaderen, waardoor het mogelijk is voor de 'chauffeur' de controle aan de computer te geven, zonder zich zorgen te moeten maken over verzekeringsproblemen. Wanneer we terugkoppelen naar de sociale aspecten, kan de lange termijn impact van COVID-19 op deeltaxi onderzocht worden. Ten slotte kan de data analyse die in deze masterproef uitgevoerd werd, uitgebreid worden naar datasets met unieke begin- en eindbestemmingen.

6. Referentielijst

- Agatz, Erera, Savelsbergh, & Wang. (2012). Optimization for dynamic ride-sharing: A review. *European journal of operational research*, 223(2), 295-303. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.028>
- Agatz, N. A. H., Erera, A. L., Savelsbergh, M. W. P., & Wang, X. (2011). Dynamic ride-sharing: A simulation study in metro Atlanta. *Transportation research. Part B: methodological*, 45(9), 1450-1464. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2011.05.017>
- Agency, E. E. (2010). *Occupancy Rates of Passenger Vehicles*.
- Ali, M. S., Adnan, M., Noman, S. M., & Baqueri, S. F. A. (2014). Estimation of Traffic Congestion Cost-A Case Study of a Major Arterial in Karachi. *Procedia engineering*, 77, 37-44. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.07.030>
- Amey. (2010). *Real-time ridesharing : exploring the opportunities and challenges of designing a technology-based rideshare trial for the MIT community* Massachusetts Institute of Technology]. Massachusetts.
- Amey, A., Attanucci, J., & Mishalani, R. (2011). Real-Time Ridesharing: Opportunities and Challenges in Using Mobile Phone Technology to Improve Rideshare Services. *Transportation research record*, 2217(1), 103-110. <https://doi.org/10.3141/2217-13>
- Birol. (2013). *World Energy Outlook 2013*.
- Boon, W. P. C., Moors, E. H. M., Kuhlmann, S., & Smits, R. E. H. M. (2011). Demand articulation in emerging technologies: Intermediary user organisations as co-producers? *Research policy*, 40(2), 242-252. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.09.006>
- Botsman, R. (2010). What's Mine Is Yours: The Rise of Collaborative Consumption. In (Vol. 257, pp. 42): PWxyz, LLC.
- Burghard, U., & Dütschke, E. (2019). Who wants shared mobility? Lessons from early adopters and mainstream drivers on electric carsharing in Germany. *Transportation research. Part D, Transport and environment*, 71, 96-109. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.11.011>
- Carrese, S., Giacchetti, T., Patella, S. M., & Petrelli, M. (2017, 2017). Real time ridesharing: Understanding user behavior and policies impact: Carpooling service case study in Lazio Region, Italy.
- Çetin, T. (2017). The Rise of Ride Sharing in Urban Transport : Threat or Opportunity? In. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/66918>
- Chan, N. D., & Shaheen, S. A. (2012). Ridesharing in North America: Past, Present, and Future. *Transport reviews*, 32(1), 93-112. <https://doi.org/10.1080/01441647.2011.621557>
- Chen, T. D., & Kockelman, K. M. (2016). Carsharing's life-cycle impacts on energy use and greenhouse gas emissions. *Transportation research. Part D, Transport and environment*, 47, 276-284. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.05.012>
- CNN. (2020). Uber has lost \$5.8 billion in the first three quarters of this year. *CNN Business*.
- Cosgrove, Cregan, & Gargett. (2007). *Estimating urban traffic and congestion cost trends for Australian cities*.
- Demil, B., & Lecocq, X. (2010). Business Model Evolution: In Search of Dynamic Consistency. *Long range planning*, 43(2), 227-246. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2010.02.004>
- Ding, S., Dang, Y.-G., Li, X.-M., Wang, J.-J., & Zhao, K. (2017). Forecasting Chinese CO2 emissions from fuel combustion using a novel grey multivariable model. *Journal of cleaner production*, 162, 1527-1538. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.167>
- Duncan, M., & Duncan, M. (2011). The cost saving potential of carsharing in a US context. *Transportation (Dordrecht)*, 38(2), 363-382. <https://doi.org/10.1007/s11116-010-9304-y>
- EEA. (2016). *Briefing: Noise*. European Environment Agency
- Eisner, M. D., Anthonisen, N., Coultas, D., Kuenzli, N., Perez-Padilla, R., Postma, D., Romieu, I., Silverman, E. K., Balmes, J. R., Environm, Occupational, H., Committee on Nonsmoking Copd, E., & Occupational Health, A. (2010). An Official American Thoracic Society Public Policy Statement: Novel Risk Factors and the Global Burden of Chronic Obstructive Pulmonary

- Disease. *American journal of respiratory and critical care medicine*, 182(5), 693-718. <https://doi.org/10.1164/rccm.200811-1757st>
- Emmerink, R. H. M., & van Beek, P. (1997). Empirical Analysis of Work Schedule Flexibility: Implications for Road Pricing and Driver Information Systems. *Urban studies (Edinburgh, Scotland)*, 34(2), 217-234. <https://doi.org/10.1080/0042098976159>
- Friginal, J., Gambs, S., Guiochet, J., & Killijian, M.-O. (2014). Towards privacy-driven design of a dynamic carpooling system. *Pervasive and mobile computing*, 14, 71-82. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2014.05.009>
- Furuhata, M., Dessouky, M., Ordóñez, F., Brunet, M.-E., Wang, X., & Koenig, S. (2013). Ridesharing: The state-of-the-art and future directions. *Transportation research. Part B: methodological*, 57, 28-46. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2013.08.012>
- Gauderman, W. J. D., Vora, H. M. S., McConnell, R. P., Berhane, K. P., Gilliland, F. P., Thomas, D. P., Lurmann, F. M. S., Avol, E. M. S., Kunzli, N. M. D., Jerrett, M. P., & Peters, J. P. (2007). Effect of exposure to traffic on lung development from 10 to 18 years of age: a cohort study. *The Lancet (British edition)*, 369(9561), 571-577. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(07\)60037-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)60037-3)
- Goulias. (2003). *Transportation Systems Planning: Methods and Applications*.
- Horvitz, K. (2009). *Collaboration and Shared Plans in the Open World: Studies of Ridesharing* [Harvard University]. Cambridge.
- Hossain, M. (2021). The effect of the Covid-19 on sharing economy activities. *Journal of cleaner production*, 280, 124782-124782. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124782>
- IEA. (2018). *CO2 emissions from fuel combustion 2018*.
- Jabbari, P., & MacKenzie, D. (2020). Ride Sharing Attitudes Before and During the COVID-19 Pandemic in the United States. *Findings*. <https://doi.org/10.32866/001c.17991>
- Jensen, J. K. M. K. K. M. S. S. S. (2018). Road traffic air and noise pollution exposure assessment – A review of tools and techniques. *Science of The Total Environment*, 634, 661-676.
- Khan, & Islam. (2013). Estimating Costs of Traffic Congestion in Dhaka City. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology (IJESIT)*, 2(3), 9.
- Lee, A., & Savelsbergh, M. (2015). Dynamic ridesharing: Is there a role for dedicated drivers? *Transportation research. Part B: methodological*, 81, 483-497. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2015.02.013>
- Levofsky, A., & Greenberg, A. (2001). ORGANIZED DYNAMIC RIDE SHARING: THE POTENTIAL ENVIRONMENTAL BENEFITS AND THE OPPORTUNITY FOR ADVANCING THE CONCEPT *Transportation Research Board: 2001 Annual Meeting*
- Li, X., & Quadrioglio, L. (2010). Feeder transit services: Choosing between fixed and demand responsive policy. *Transportation research. Part C, Emerging technologies*, 18(5), 770-780. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2009.05.015>
- Li, Z., Hong, Y., & Zhang, Z. (2016). An Empirical Analysis of On-Demand Ride Sharing and Traffic Congestion. *Proc. International Conference on Information Systems 2016*.
- Lin, Y., Li, W., Qiu, F., & Xu, H. (2012). Research on Optimization of Vehicle Routing Problem for Ride-sharing Taxi. *Procedia, social and behavioral sciences*, 43, 494-502. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.04.122>
- Matthews, D. C. (2010). *Future CO2 Emissions and Climate Change from Existing Energy Infrastructure*.
- Morency, C., & Morency, C. (2007). The ambivalence of ridesharing. *Transportation (Dordrecht)*, 34(2), 239-253. <https://doi.org/10.1007/s11116-006-9101-9>
- Mourad, A., Puchinger, J., & Chu, C. (2019). A survey of models and algorithms for optimizing shared mobility. *Transportation research. Part B: methodological*, 123(123), 323-346. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2019.02.003>
- Münzel, K., Boon, W., Frenken, K., Blomme, J., & van der Linden, D. (2020). Explaining carsharing supply across Western European cities. *International journal of sustainable transportation*, 14(4), 243-254. <https://doi.org/10.1080/15568318.2018.1542756>

- Münzel, K. L., Boon, W. P. C., Frenken, K., & Vaskelainen, T. (2018). Carsharing business models in Germany : characteristics, success and future prospects. *Information systems and e-business management*, 16(2), 271-291. <https://doi.org/10.1007/s10257-017-0355-x>
- Murmann, J. P., & Frenken, K. (2006). Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovations, and industrial change. *Research policy*, 35(7), 925-952. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2006.04.011>
- NYC. (2019). *NYC Taxi and Limousine Commission aggregated reports*.
- O'Dea. (2020). Smartphone penetration in the United States as share of population 2018-2025. *Statista*.
- Pandey, V., Monteil, J., Gambella, C., & Simonetto, A. (2019). On the needs for MaaS platforms to handle competition in ridesharing mobility. *Transportation research. Part C, Emerging technologies*, 108, 269-288. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2019.09.021>
- Perera, F. (2017). Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. *International journal of environmental research and public health*, 15(1), 16. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010016>
- Pisarski. (2013). THE SECOND NATIONAL REPORT ON COMMUTING PATTERNS AND TRENDS. In *COMMUTING IN AMERICA II* (pp. 128).
- Rasheed Gaber, H., & Elsamadicy, A. M. (2021). What drives customers to continue using ride-sharing apps during the COVID-19 pandemic? The case of Uber in Egypt. *Cogent business & management*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311975.2021.1944009>
- Rust, R. T., Moorman, C., & Dickson, P. R. (2002). Getting Return on Quality: Revenue Expansion, Cost Reduction, or Both? *Journal of marketing*, 66(4), 7-24. <https://doi.org/10.1509/jmkg.66.4.7.18515>
- Santi, P., Resta, G., Szell, M., Sobolevsky, S., Strogatz, S. H., & Ratti, C. (2014). Quantifying the benefits of vehicle pooling with shareability networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences - PNAS*, 111(37), 13290-13294. <https://doi.org/10.1073/pnas.1403657111>
- Santos, A., McGuckin, N., Nakamoto, H. Y., Gray, D., & Liss, S. (2011). Summary of Travel Trends: 2009 National Household Travel Survey. *Trends in travel behavior, 1969-2009 2009*.
- Saranow, J. (2006). Carpooling for Grown-Ups; High Gas Prices, New Services Give Ride-Sharing a Boost; Rating Your Fellow Rider. *The Wall Street journal. Eastern edition*.
- Sarriera, J. M., Álvarez, G. E., Blynn, K., Alesbury, A., Scully, T., & Zhao, J. (2017). To Share or Not to Share: Investigating the Social Aspects of Dynamic Ridesharing. *Transportation research record*, 2605(1), 109-117. <https://doi.org/10.3141/2605-11>
- Schrank, & Lomax. (2007). *THE 2007 URBAN MOBILITY REPORT*.
- Shiraki, H., Matsumoto, K. i., Shigetomi, Y., Ehara, T., Ochi, Y., & Ogawa, Y. (2020). Factors affecting CO2 emissions from private automobiles in Japan: The impact of vehicle occupancy. *Applied energy*, 259, 114196. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114196>
- Sims, & Schaeffer. (2016). Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5., AR5.
- STATBEL. (2020). *Grootte voertuigenpark*.
- Stiglic, M., Agatz, N., Savelsbergh, M., & Gradisar, M. (2016). Making dynamic ride-sharing work: The impact of driver and rider flexibility. *Transportation research. Part E, Logistics and transportation review*, 91, 190-207. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2016.04.010>
- Stiglic, M., Agatz, N., Savelsbergh, M., & Gradisar, M. (2016). Making dynamic ridesharing work: the impact of driver and rider flexibility. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 190-207.
- Stiglic, M., Agatz, N., Savelsbergh, M., & Gradisar, M. (2018). Enhancing urban mobility: Integrating ride-sharing and public transit. *Computers & operations research*, 90, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2017.08.016>
- Sun, C., & Edara, P. (2015). Is getting an uber-lyft from a sidecar different from hailing a taxi?: Current dynamic ridesharing controversy. *Transportation research record*, 2536(2536), 60-66. <https://doi.org/10.3141/2536-08>

- Teece, D. J. (2010). Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long range planning*, 43(2), 172-194. <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2009.07.003>
- TTI. (2019). *Urban Mobility Report*. TTI.
- Urban Mobility Report*. (2018).
- Vandenbulcke, G., Steenberghen, T., & Thomas, I. (2009). Mapping accessibility in Belgium: a tool for land-use and transport planning? *Journal of transport geography*, 17(1), 39-53. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.04.008>
- Verkeercentrum, V. (2020). *VERKEERSINDICATOREN SNELWEGEN VLAANDEREN*.
- Wang, A. E. S. (2010). Sustainable Passenger Transportation: Dynamic Ride-Sharing 30.
- Wang, Y., Winter, S., & Tomko, M. (2018). Collaborative activity-based ridesharing. *Journal of transport geography*, 72, 131-138. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.08.013>
- Witlox, F. (2006). Mobilité dans et aux alentours de Bruxelles. In *Rail meets Road III Les Rencontres de la Mobilité* (pp. 52-54). UGent.
- Yan, P., Lee, C.-Y., Chu, C., Chen, C., & Luo, Z. (2021). Matching and pricing in ride-sharing: Optimality, stability, and financial sustainability. *Omega (Oxford)*, 102, 102351. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2020.102351>

7. Bijlagen

STATISTIEK VAN DE MOTORVOERTUIGEN OP 1 AUGUSTUS 2020

RETROSPECTIEF OVERZICHT

JAREN (1)	Personenwagens	Autobussen en autocars	BEDRIJFSVOERTUIGEN (2)		Landbouw- trekkers (3)	Speciale voertuigen	Algemeen totaal
			Vrachtwagens bestelwagens terreinwagens tankwagens	Trekkers (3)			
1930	99 303	1 544		57 191	..	..	158 038
1940	109 896	764		58 056	..	..	168 716
1950	273 599	2 325		142 241	..	..	418 165
1960	753 136	5 568		171 093	..	..	929 797
1970	2 059 616	16 169	212 156	39 249	84 644	23 534	2 435 368
1980	3 158 737	19 560	267 669	31 415	127 449	35 858	3 640 688
1990	3 864 159	15 644	343 241	37 138	152 696	42 006	4 454 884
2000	4 678 376	14 722	502 979	45 452	162 123	53 544	5 457 196
2008	5 130 578	15 992	662 780	49 109	174 709	60 585	6 093 753
2009	5 192 566	16 061	676 644	47 418	176 522	61 638	6 170 849
2010	5 276 283	16 226	690 837	46 673	177 989	62 142	6 270 150
2011	5 407 015	16 100	714 370	46 844	180 174	63 316	6 427 819
2012	5 443 807	16 031	726 237	46 774	182 056	64 562	6 479 467
2013	5 493 472	15 822	739 402	45 000	183 638	65 640	6 542 974
2014	5 555 499	15 976	752 266	44 693	184 722	66 570	6 619 726
2015	5 623 579	16 094	770 508	44 851	186 334	67 910	6 709 276
2016	5 712 061	16 040	796 930	45 749	188 122	69 538	6 828 440
2017	5 785 447	16 062	826 742	47 478	189 938	71 754	6 937 421
2018	5 853 782	16 125	856 096	50 230	192 187	74 257	7 042 677
2019	5 889 210	16 542	885 487	52 694	194 399	76 640	7 114 972
2020	5 888 589	16 422	910 356	52 802	196 504	78 469	7 143 142

Tabel 1 - Motorvoertuigen in België (1930-2020) (STATBEL, 2020)

A	B	C	D	E	F	G	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Zelfde Bestemming w(s)																		
								Verschil e(s)	tijd vertrek r -	Afstand D	Afstand r	Afstand r	Afstand r	Afstand r	Afstand r	Afstand r	Afstand r	
290	A88	525	540	15	586	A89	r				6,55866	6,55866	6,55866				288 + 290 + 292	
292	A88	525	540	15	588	A89	r				6,55866	6,55866	6,55866					
35	BB	495	510	15	331	AA	d	0	13	2	5,07132		4,07255	0	0	0,99877		
39	DD	495	510	15	335	AA	r				5,1358	5,1358	5,1358				35 + 39 + 45	
45	DD	495	510	15	341	AA	r				5,1358	5,1358	5,1358					
63	PP	495	510	15	359	AA	d	0	9,82732	5,17268	17,6444		10,0344	0	0	7,61	63 + 71	
71	TT	495	510	15	367	AA	r				9,00649	9,00649	9,00649					
47	GG	495	510	15	343	AA	/		23,2808	-8,2808	22,2099			0			Nee	
77	WW	495	510	15	373	AA	/	0	11,078	3,922	10,2858		10,3512	0	0	-0,0654	Nee	
84	AAA	495	510	15	380	AA	/				9,42905	9,42905	9,42905				Nee	
89	DDD	495	510	15	385	AA	d	0	0	15	13,1491			0	0	13,1491		
106	DDD	495	510	15	402	AA	r				13,1491	13,1491	13,1491				89 + 106	
102	KKK	495	510	15	398	AA	/	0	13,6951	1,3049	9,99795		10,7556	0	0	-0,75765	Nee	
108	MMM	495	510	15	404	AA	/				2,14126	2,14126	2,14126				Nee	
252	A69	495	510	15	548	A106	/	0	2,41142	17,5886	0,906774		1,08857	0	0	-0,181796	Nee	
253	A70	495	510	15	549	A106	/				0,85931	0,85931	0,85931				Nee	
2	C	465	480	15	298	D	/	0	18,4267	-3,4267	3,71222			0			Nee	
104	LLL	465	480	15	400	D	/				27,0569	27,0569	27,0569				Nee	
241	A65	390	405	15	537	A9	/	0	18,858	-3,858	30,2224			0			Nee	
266	A80	390	405	15	562	A9	/				6,58448	6,58448	6,58448				Nee	
147	A16	375	390	15	443	A9	/	0	34,3875	-19,388	39,7454			0			Nee	
156	A20	375	390	15	452	A9	/				17,8672	17,8672	17,8672				Nee	
166	A25	375	390	15	462	A9	/	0	42,0573	-27,057	62,5976			0			Nee	
237	A63	375	390	15	533	A9	/				31,6231	31,6231	31,6231				Nee	
144	A14	345	360	15	440	A9	/	0	40,3996	-25,4	60,0231			0			Nee	
181	A32	345	360	15	477	A9	/				11,9289	11,9289	11,9289				Nee	
148	A17	315	330	15	444	A9	d	0	0	15	28,6041		0	0	28,6041		148 + 172	
172	A17	315	330	15	468	A9	r				28,6041	28,6041	28,6041					
244	A67	315	330	15	540	A68	d	0	0	15	5,38702		0	0	5,38702			

Zelfde Bestemming w(s)								Verschil	tijd	Afstand D	Afstand r	Afstand	Afstand	Afstand	Afstand		
								e(s)	vertrek r -		vertrek r -	vertrek r -	aankomst r - d				
82	ZZ	165	180	15	378	D	d	0	14.314	0,686	7,70991	13,408	0	0	-5,69809	Nee	
88	CCC	165	180	15	384	D	r				6,39719	6,39719	0	0		Nee	
177	A30	165	180	15	473	A9	/	10	37,0295	-32,03	19,6397		0			Nee	
142	A13	155	170	15	438	A9	r	0	12,5547	2,4453		4,03899	4,03899	0	0,5948	142 + 202	
202	A43	155	170	15	498	A9	d				11,2496		10,6548	0			
227	A58	155	170	15	523	A9	/	5	18,8421	-8,8421	50,8454		0			Nee	
134	A8	150	165	15	430	A9	/				45,5663		45,5663	0		Nee	
160	A22	135	150	15	456	A9	/	0	60,7279	-45,728	40,9074		0			Nee	
235	A62	135	150	15	531	A9	/				61,8012		61,8012	0		Nee	
168	A26	105	120	15	464	A9	/	0	42,8707	-27,871	32,2886		0			Nee	
179	A31	105	120	15	475	A9	/				26,5424		26,5424	0		Nee	
216	A51	105	120	15	512	A9	/				31,0164		31,0164	0		Nee	
											1227,106		1116,72		315,954825	91	1,39
											2343,823				2027,86815		0,716
										rest	0,865197						
										over	0,134803						

n = 127	Zonder Ridesharing	Met Ridesharing	Resultaat	
s	127	91	-28.35%	
Totaal D	2343,822977	2027,868152	-13,48%	122.3 g CO2/km
D/n	18,45529903	15,96746576	-13,48%	
n/s		1,395604396	+39,56%	
CO2	=1,135	263622,8598	41074,13	