

# CHALMERS



## Elektrifiering av livsmedelsdistribution i Göteborg

*En fallstudie av ett existerande distributionssystem för att fastställa  
krav och framtida möjligheter*

---

## Electrification of food distribution in Gothenburg

*A case study of an existing distribution system to determine  
requirements and future opportunities*

Kandidatarbete i Industriell ekonomi

DANIEL FORSSTRÖM  
AXEL IHRFELT  
JOHAN JOHANSSON  
OSCAR JOHANSSON  
KARIN MALMGREN  
NIKLAS WESTERBERG

Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation  
*Avdelningen för Service Management and Logistics*  
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2018  
Kandidatarbete TEKX04-18-15

## Förord

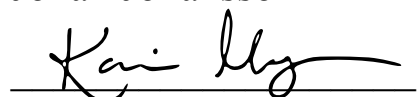
Denna kandidatuppsats som omfattar 15 högskolepoäng skrevs under våren 2018 för avdelningen för Service Management and Logistics vid institutionen för Teknikens ekonomi och organisation vid Chalmers tekniska högskola i nära samarbete med plattformen CLOSER på Lindholmen Science Park och projektet ELDIS.

Vi vill rikta ett stort tack till alla inblandade i projektet ELDIS däribland Fredrik Cederstav från Volvo Group Trucks Technology, Kjell Håkansson från Coop och Gunnar Ohlin från CLOSER. Ni har varit en stor tillgång och bistått med information inom olika delar genom projektets gång vilket gjort arbetet möjligt.

Sist vill vi rikta ett extra stort tack till vår handledare Dan Andersson på Chalmers som stöttat oss från arbetets start till slut. Dina insikter och din vägledning har varit avgörande för oss under hela processen men framför allt i arbetets uppstartsfas då det fanns många oklarheter kring uppgiften. Din närvaro och ditt engagemang för vårt arbete har varit stort vilket haft en positiv inverkan på vårt eget engagemang.

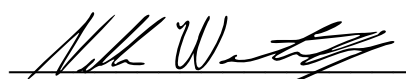
  
Daniel Forsström

  
Johan Johansson

  
Karin Malmgren

  
Axel Ihrfelt

  
Oscar Johansson

  
Niklas Westerberg

Chalmers tekniska högskola

Göteborg, maj 2018

# Sammanfattning

I takt med att regleringar kring utsläpp och buller blir hårdare i stadsmiljö står transportsektorn inför en utmaning. En av de potentiella lösningar som identifierats är en övergång till en eldriven fordonsflotta.

## Problem

För att eldrivna fordon ska kunna utgöra ett kommersiellt gångbart alternativ finns en mängd olika aspekter som behöver utredas. Aspekterna inkluderar vilka olika energikällor som finns tillgängliga, vilka kravspecifikationer som fordonen måste uppfylla samt vilka möjliga förändringar i branschen som de olika aktörerna måste anpassa sig efter. I dagsläget arbetas det med olika projekt som syftar till att utreda oklarheterna och möjliggöra en framtida omställning.

## Syfte

Syftet med rapporten är att skapa förståelse för vad som krävs av fordonen i ett elektrifierat distributionssystem med fokus på räckvidd och fraktvikt för att utgöra ett hållbart alternativ till konventionella fordon. För att uppfylla syftet identifierades tre frågeställningar. Den första frågeställningen berör hur flottan avsedd för den studerade distributionen används, primärt med avseende på körsträckor och lastvikt. Den andra berör vilka minimikrav ett livsmedelsdistributionssystem i Göteborgsområdet ställer på tekniken i termer av fraktvikt och räckvidd. Den tredje och sista frågeställningen berör huruvida befintlig eldriven fordonsteknik utgör ett hållbart alternativ sett till minimikraven.

## Metod

För att besvara frågorna applicerades en metodansats där en kombination av kvalitativa och kvantitativa data användes. De kvalitativa data kom huvudsakligen från intervjuer som genomfördes med sakkunniga inom området samt intressenter projektet som denna rapport ämnar stödja. De kvantitativa data som användes består av Excel-filer med information om Coops distributionsrutter.

## Teoretiskt ramverk

Det teoretiska ramverket är indelat i flera underrubriker som berör olika ämnen och grundar sig i de tre huvudområdena logistik, hållbarhet och underliggande teknik relaterad till eldrivna fordon.

## Resultat och implikationer

Studien visar att lastbilens räckvidd men inte lastvikt utgör en begränsande faktor för den teknik som systemet jämförts med. Det är tekniskt möjligt att byta ut det konventionella distributionssystemet till ett elektrifierat men det förutsätter att en del förändringar görs i systemet. Branschen behöver fokusera mer på samlastning samtidigt som det krävs att lastbilarna stödladdas under dagen. Den ekonomiska hållbarheten kan emellertid utgöra ett hinder för elektrifiering genom framför allt osäkra investeringskostnader.

## **Abstract**

Regulations on emissions and noise pollution are becoming increasingly strict, and following these restrictions the transportation sector is facing an unprecedented challenge. One of the suggested solutions to the issues mentioned is the implementation of electric vehicles.

## **Problem**

For electric vehicles to be a commercially viable solution there are a number of issues which need to be thoroughly investigated. Among these issues are the different energy source alternatives available, the technical specifications vehicles need to meet and the possible shifts in industry environment which the different agents need to adjust to. There are currently several projects aiming to clarify the uncertainties related to electric vehicles in order to enable a future transition.

## **Aim**

The purpose of the thesis is to understand the requirements, focusing on range and weight capacity, on electric vehicles in order for electrification to be a sustainable alternative to conventional vehicles. In order to fulfil the purpose three research questions were identified. The first research question relates to how vehicles used for the studied distribution are utilised, primarily in terms of range and freight weight. The second research question relates to the requirements a distribution system of food in the Gothenburg area have focusing on minimum range and freight weight. The final research question treats whether or not existing technology is a sustainable alternative considering the minimum requirements identified.

## **Method**

To answer the aforementioned research questions, the method applied combined both quantitative and qualitative data. The qualitative data was mainly derived from interviews conducted with field experts and different parties involved in the project this thesis intends to contribute to. Quantitative data derives from Microsoft Excel files containing information regarding the food distribution for Coop.

## **Theoretical Framework**

The theoretical framework is divided into several subsections which all relate to one of three key topics; logistics, sustainability and underlying technology related to electrification of vehicles.

## **Results and Implications**

The study shows that the range of the truck, but not the weight capacity, is a limiting factor of the technology to which the system has been compared. It is technologically possible to replace the conventional distribution system with an electrified, although it would require alterations to the system. The industry must put emphasis on freight consolidation while also finding ways to charge the trucks during the day. The economic sustainability might, however, become an obstacle to electrification due to primarily uncertain investment costs.

## Definitioner

**Minimikrav** – Den minimala prestation ett elektrifierat fordon måste klara av för att utgöra ett alternativ till dagens dieseldrivna fordon.

**Range anxiety** – Rädsla att ett fordon har en otillräcklig räckvidd för att nå en destination.

**Fraktorder** – Utgör en beställning som en kund har lagt till transportören och innehåller specifikationer om vikt, tid och plats för leverans och typ av gods.

**Körning** - Sträckan en lastbil tillryggalägger från det att den lämnar terminalen tills dess att den återvänder dit.

**Rutt** - Återkommande körningar för en viss sträcka.

**Lastbilspass** - Består av flera körningar och benämner hur en lastbil används under en dag.

**Batteripaket** - Sammankopplade battericeller som installeras i elfordon.

# Innehållsförteckning

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 Inledning</b>                                                                | <b>1</b>  |
| 1.1 Beskrivning av pågående projekt inom CLOSER                                   | 2         |
| 1.1.1 Den övergripande samverkansplattformen CLOSER                               | 3         |
| 1.1.2 Projektet ELLOG inom eldriven logistik                                      | 3         |
| 1.1.3 Delprojektet ELDIS inom eldriven distribution                               | 3         |
| 1.2 Syfte                                                                         | 4         |
| 1.3 Problematisering                                                              | 4         |
| <b>2 Metod</b>                                                                    | <b>6</b>  |
| 2.1 Studiens upplägg                                                              | 6         |
| 2.1.1 Initiering och uppstart av studien                                          | 6         |
| 2.1.2 Processen att ta fram studiens syfte                                        | 6         |
| 2.1.3 Definition av systemet utifrån den geografiska placeringen av Coops butiker | 7         |
| 2.2 Metodansats                                                                   | 7         |
| 2.3 Utformning av teoretiskt ramverk                                              | 8         |
| 2.4 Datainsamling                                                                 | 8         |
| 2.4.1 Insamling av kvantitativa data                                              | 9         |
| 2.4.2 Kvalitativa data från intervjuer                                            | 10        |
| 2.5 Analys baserad på insamlade data                                              | 12        |
| 2.5.1 Analys av kvantitativa data                                                 | 12        |
| 2.5.2 Analys av kvalitativa data och dess koppling till kvantitativa data         | 13        |
| 2.6 Metodreflektion                                                               | 13        |
| 2.6.1 Forskningsetik                                                              | 13        |
| 2.6.2 Validitet                                                                   | 14        |
| 2.6.3 Reliabilitet                                                                | 14        |
| 2.6.4 Generaliserbarhet                                                           | 15        |
| <b>3 Teoretiskt ramverk</b>                                                       | <b>16</b> |
| 3.1 Logistik för godstransporter i stadsmiljö                                     | 16        |
| 3.2 Faktorer som påverkar möjligheten till elektrifiering av transporter          | 17        |
| 3.2.1 Lastbilers vikt och dess inverkan på transporter                            | 17        |
| 3.2.2 Rutternas avstånd och deras betydelse för distribution                      | 18        |
| 3.2.3 Lastkapacitet och utnyttjandegrad hos distributionsfordon                   | 18        |
| 3.3 Transportbranschens aktörer                                                   | 20        |
| 3.3.1 Transportsamordnare                                                         | 20        |
| 3.3.2 Transportköpare                                                             | 20        |
| 3.3.3 Transportörer                                                               | 21        |
| 3.3.4 Infrastrukturförhållare                                                     | 21        |
| 3.3.5 Olika perspektiv på transportsystemet                                       | 21        |
| 3.4 Vinstmarginal och kostnadsdrivare i transportbranschen                        | 22        |
| 3.5 Effektivitetsvariabler som har inverkan på distributionssystemet              | 22        |
| 3.6 Utveckling av distributions- och transportbranschen                           | 23        |
| 3.6.1 Logistikens utvecklingsmöjligheter                                          | 23        |
| 3.6.2 Teknikens utveckling                                                        | 23        |
| 3.6.3 Framtidsutsikter för dagligvaruhandel                                       | 23        |
| 3.7 Miljöpåverkan kopplad till traditionell logistik                              | 24        |
| 3.7.1 Buller                                                                      | 24        |
| 3.7.2 Koldioxidutsläpp                                                            | 24        |
| 3.7.3 Kväveoxidutsläpp                                                            | 25        |
| 3.7.4 Emission av skadliga partiklar                                              | 25        |
| 3.8 Miljökonsekvenser kopplade till batteritillverkning för eldrivna fordon       | 25        |

|                                                                                       |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.9 Globala drivkrafter för hållbara transporter .....                                | 26        |
| 3.9.1 Globala utmaningar inom transportsektorn .....                                  | 26        |
| 3.9.2 Förenta nationernas miljömål .....                                              | 26        |
| 3.10 Nationella regelverk som påverkar transportsektorn .....                         | 27        |
| 3.10.1 Regleringar för vikt .....                                                     | 27        |
| 3.10.2 Reglering av livsmedelsdistribution .....                                      | 27        |
| 3.11 Lokal påverkan för hållbara transporter .....                                    | 28        |
| 3.11.1 Dieselfria zoner .....                                                         | 28        |
| 3.11.2 Trängsel .....                                                                 | 28        |
| 3.12 Jämförelse mellan eldrivna och konventionella lastbilar .....                    | 29        |
| 3.13 Laddningssystem för eldrivna fordon .....                                        | 29        |
| 3.14 Elektrifiering som en lösning på transportsektorns miljöpåverkan .....           | 30        |
| 3.14.1 Möjligheter med elektrifiering .....                                           | 30        |
| 3.14.2 Elhybrider som ett möjligt första steg i elektrifieringen .....                | 31        |
| 3.14.3 Elvägar som en del av elektrifieringen .....                                   | 31        |
| <b>4 Empiri .....</b>                                                                 | <b>32</b> |
| 4.1 Beskrivning av distributionssystemets transportupplägg .....                      | 32        |
| 4.2 Systembeskrivning från ett kund-, transportörs- och teknikperspektiv .....        | 33        |
| 4.2.1 Distributionssystemet ur kundens perspektiv .....                               | 33        |
| 4.2.2 Distributionssystemet ur transportörens perspektiv .....                        | 33        |
| 4.2.3 Eldriven distribution ur ett teknikperspektiv .....                             | 35        |
| 4.3 Studerade data över transporter i Göteborg .....                                  | 38        |
| 4.3.1 Körsträckor och fraktvikter för Coops loggade transporter .....                 | 38        |
| 4.3.2 Fraktvikternas förändring under en transport .....                              | 40        |
| 4.3.3 Förhållandet mellan antal lastade pallar och fraktvikt .....                    | 41        |
| 4.3.4 Transporter under ett dygn .....                                                | 42        |
| 4.3.5 Beskrivning av fraktade godstyper i Göteborgsområdet med omnejd .....           | 43        |
| <b>5. Nulägesanalys av det studerade distributionssystemet .....</b>                  | <b>45</b> |
| 5.1 Körsträckor och räckvidd .....                                                    | 45        |
| 5.1.1 Körsträckor för enskilda körningar .....                                        | 45        |
| 5.1.2 Dagliga körsträckor för lastbilar .....                                         | 46        |
| 5.1.3 Minimikrav med avseende på räckvidd .....                                       | 48        |
| 5.1.4 Dagens teknik och minimikraven för räckvidd .....                               | 49        |
| 5.1.5 Hantering av dagens begränsade räckvidd .....                                   | 49        |
| 5.2 Fraktvikter .....                                                                 | 51        |
| 5.2.1 Planerad lastvikt för enskilda fraktorder .....                                 | 51        |
| 5.2.2 Fraktvikt som begränsande faktor för elektrifierad logistik .....               | 53        |
| 5.3 Diskussion om förhållandet mellan räckvidd och vikt .....                         | 54        |
| 5.4 Lastkapacitet .....                                                               | 55        |
| 5.5 Transport och samlastning av olika godstyper .....                                | 56        |
| 5.6 Miljömässig, ekonomisk och social hållbarhet .....                                | 57        |
| 5.6.1 Miljömässig hållbarhet .....                                                    | 57        |
| 5.6.2 Ekonomisk hållbarhet .....                                                      | 58        |
| 5.6.3 Social hållbarhet .....                                                         | 59        |
| <b>6 Slutsats och diskussion om framtiden .....</b>                                   | <b>61</b> |
| 6.1 Nuläget i termer av lastvikt och räckvidd i systemet .....                        | 61        |
| 6.2 Minimikrav det nuvarande systemet ställer i termer av lastvikt och räckvidd ..... | 61        |
| 6.3 Befintlig teknik i förhållande till nuvarande system .....                        | 61        |
| 6.4 Sammanfattande slutsats .....                                                     | 62        |
| 6.5 Förändringsmöjligheter för att underlätta elektrifiering .....                    | 62        |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 6.6 Förslag på framtida studier..... | 62        |
| <b>Referenser.....</b>               | <b>64</b> |
| <b>Bilaga 1.....</b>                 | <b>I</b>  |
| <b>Bilaga 2.....</b>                 | <b>II</b> |
| <b>Bilaga 3.....</b>                 | <b>V</b>  |



# 1 Inledning

Godstransportsektorn står inför en utmaning då den över en tolvårsperiod ska reducera utsläppen av koldioxid med 70 procent (Lebeau, De Cauwer, Van Mierlo, Macharis, Verbeke, & Coosemans, 2015). Enligt Lebeau et al. (2015) står godstransport för ungefär 25 procent av koldioxidutsläppen och 50 procent av partikelemissionerna i stadsmiljöer världen över. Utöver problem med utsläpp och luftkvalitet bidrar även transportsektorn idag till höga bullernivåer (Naturvårdsverket, 2018a). I många stadsområden finns lagar och regler som begränsar hur låg luftkvaliteten får vara samt hur hög bullernivå som tillåts. Detta leder till att tyngre fordon endast får användas på vissa områden i städerna (Transportstyrelsen, u.d. (a)). Många branschföreträdare och forskare menar enligt Kleiner, Beermann, Çatay, Beers, Davies och Taeck Lim (2017) att eldrift är den mest sannolika lösningen på problemen. Batterier som energikälla är lämpligast för distributionstrafik i städer och i storstadsregioner (Kleiner, et al., 2017).

Trots dagens överväldigande majoritet av fossila bränslen som energikälla inom godstransportsektorn är eldrivna distributionsfordon långt ifrån en ny uppfinning. Faktum är att tekniken har existerat sedan tidigt 1900-tal. Från början var eldrivna fordon dessutom mer vanligt förekommande än bensindrivna (Chalmers tekniska högskola, 2014). Dock har räckvidden enligt Chalmers tekniska högskola (2014) alltid varit ett tillkortakommande för eldrivna fordon vilket har bidragit till den fossildrivna fordonstrafikens dominans. Räckvidden för eldrivna fordon är starkt beroende av tillgänglig teknik.

Det finns idag en mängd olika batteritekniker som används till elfordon och de olika teknikerna passar mer eller mindre väl för olika distributionssystem. Förutom olika batteritekniker finns det också olika typer av system och infrastrukturer för uppladdning. Byte till uppladdade batterier, laddning på laddningsstationer, laddning under nattetid samt induktiv laddning är några exempel på detta (Wang & Thoben, 2017). Inom transportbranschen har det presenterats eldrivna lastbilar utvecklade för urbana miljöer med en räckvidd på närmare 30 mil (Volvo Group, 2018). Batteridrift gör att eldrivna lastbilar genererar mindre utsläpp än dieseldrivna. Dock är eldrift förknippat med andra dilemman kopplade till miljömässig hållbarhet i form av den problematiska framställningen av batterier.

Ny teknik utvecklas konstant och det finns redan aktörer på marknaden som hävdar att de inom de närmsta åren kommer kunna leverera lastbilar som kan färdas upp till 80 mil på en laddning (Brandt, 2017). Elfordon med denna räckvidd kan antas klara av att ersätta nuvarande fordonsflottor utan att behöva göra andra anpassningar i systemen. Dock stämmer inte verklig räckvidd alltid överens med den teoretiska. Det finns en mängd faktorer som påverkar hur lång den verkliga räckvidden blir för det eldrivna fordonet, exempelvis lastvikt, antal batterier, temperatur och topografi (Lebeau et al., 2015). Det blir därför svårt att veta vilken batteriteknik och vilket laddningssystem som passar till ett existerande distributionssystem. Inte minst då olika stadsmiljöer har unika förutsättningar i form av infrastruktur, stadsplanering och topografi. Därtill måste hänsyn tas till den ekonomiska hållbarheten då investeringskostnaderna för en övergång till elektrifierade lastbilar är stora.

Transportsektorn är en bransch som kännetecknas av låga marginaler med en vinstmarginal runt en till två procent (Chalmers tekniska högskola, 2016). Branschen kan förenklat sägas bestå av en mängd små åkerier med ett fåtal stora speditörer samt en mängd olika typer av slutkunder (Trafikanalys, 2017). Enligt G. Ohlin (personlig kommunikation, 23 januari 2018) som arbetar som projektledare vid Lindholmen Science Park bidrar denna branschstruktur till hård

konkurrens och ett starkt beroendeförhållande mellan inblandade aktörer. Det traditionella angreppssättet för att öka vinstmarginalerna har under lång tid varit kostnadsreducering. Dock bedrivs forskning och innovation inom transportsektorn och Chalmers tekniska högskola (2016) menar att det finns många faktorer som driver på förändring inom branschen. Förändring tar dock lång tid eftersom hård konkurrens och låga marginaler fortfarande genomsyrar marknaden. Behovet av en hållbar transportbransch blir emellertid allt större i och med rådande miljösituation och pressen på att transportsektorn ska förändras kommer att fortsätta intensifieras (Vandycke, 2017).

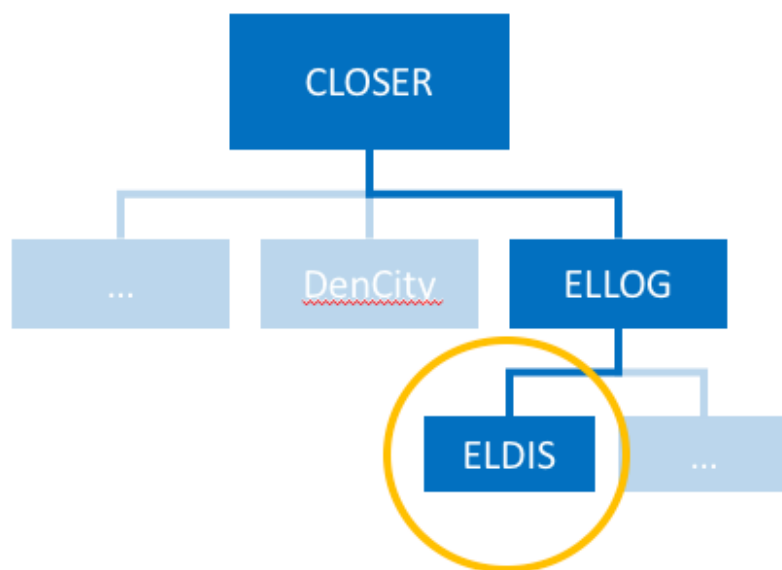
Många aktörer väntar med en övergång till ett mer elektrifierat distributionssystem och orsaken till detta kan tänkas vara den stora osäkerheten i vilka olika tekniker som finns på marknaden (Ehrler & Hebes, 2012). Vidare är detta teknikområde förknippat med stora investeringskostnader i både infrastruktur och kärnteknik (Foehrer & Merchant, 2017). Resultatet av de höga investeringskostnaderna är att det uppstår ett så kallat *waiting game* bland aktörerna för att se vilken teknik som blir den dominanta designen (Altenburg, 2014).

Projektledare G. Ohlin (personlig kommunikation, 23 januari 2018) betonar vikten av att alla system måste innehålla robusthet mot oförutsedda händelser. Detta gäller särskilt distribution i stadsmiljö för vilken det finns många variabler och osäkerheter gällande rutter, framkomlighet och manuell hantering. Att elektrifiera denna distribution lägger ännu större vikt vid robusthet bland annat gällande bilens räckvidd. Rädslan att inte nå fram till slutdestinationen, *range anxiety*, är något som idag är en påtaglig faktor för köpare att ta med i beräkningarna. För att dilemmat ska överbryggas måste transportören vara säker på att fordonet klarar av att hantera oförutsedda ändringar i rutten och laddning på laddningsstationer.

Uppenbart är att transportsektorn står inför en omfattande teknisk omställning från huvudsakligen dieseldrivna fordon till eldrivna. Det har runt om i Europa genomförts många lyckade projekt där enskilda distributionsrutter har elektrifierats (Kleiner et al., 2017). Trots projekten saknas i nuläget undersökningar och konkreta beräkningar över vilka konsekvenser och kostnader ett byte av ett helt distributionssystem medför. Frågorna behandlas emellertid av ett aktuellt projekt i Göteborg som drivs av plattformen CLOSER.

## **1.1 Beskrivning av pågående projekt inom CLOSER**

I detta avsnitt presenteras den övergripande projektstrukturen inom samverkansplattformen CLOSER. Plattformen verkar i syfte att ta fram effektiva transportlösningar. Figur 1.1 beskriver schematiskt strukturen för några av de projekt som bedrivs av CLOSER och som berör elektrifiering. De delprojekt som ingår i den övergripande samarbetsplattformen kommer senare i avsnittet att presenteras och beskrivas mer utförligt.



Figur 1.1 Översikt över CLOSER:s koppling till projektet ELDIS

### 1.1.1 Den övergripande samverkansplattformen CLOSER

CLOSER driver olika projekt inom det generella området transporteffektivitet. Deras egen definition av transporteffektivitet lyder: “Så effektiva transporter och så effektiv logistik som möjligt utifrån både resurs-, energi-, miljö- och ekonomiskt perspektiv för att åstadkomma ökad hållbarhet, tillväxt och konkurrensförmåga” (CLOSER, 2018a). Genom att samla kompetens från samhällets olika delar bidrar CLOSER till uppkomsten av innovativa produkter och lösningar som möjliggör hållbara transportsystem. Ett av projekten är ELLOG och dess ingående delprojekt beskrivs mer i detalj i efterföljande delar av avsnittet.

### 1.1.2 Projektet ELLOG inom eldriven logistik

Projektet ELLOG togs fram på initiativ av CLOSER och drivs idag i samarbete med Göteborgs Stad - Kretslopp och Vatten, Renova, Göteborg Energi, Volvo, Chalmers, RISE, Coop och DB Schenker. Projektet ligger inom området eldriven logistik och syftar till att skapa underlag för demonstrationer av logistikupplägg för flottor med elektrifierade fordon. Utmaningarna för en övergång till en elektrifierad logistikkedja är kända men kunskapsluckor existerar inom området trots att en del preliminära koncept har utformats (CLOSER, 2018b). Studier inom projektet kommer enligt projektledare G. Ohlin (personlig kommunikation, 15 februari 2018) resultera i exempelvis marknadsförutsättningar, kravspecifikationer samt resursuppskattningar för eldriven logistik.

### 1.1.3 Delprojektet ELDIS inom eldriven distribution

Inom ELLOG-projektet studerar delprojektet ELDIS särskilt hur distributionssystem kan utformas i framtiden för att möjliggöra förutsättningar för elektrifiering av fordonsflottor. Fokus för projektet har varit distribution av livsmedel i stadsmiljö då denna typ av distribution ställer höga krav på tillgänglig energi för att bibehålla rätt temperaturer. Utifrån detta projektmål har Coop och deras livsmedelsbutiker i Göteborgsområdet använts som referenspunkt.

För eldrivna fordon med behov av en lång räckvidd krävs stora och tunga batterier vilket påverkar fordonets lastkapacitet negativt. Projektledaren G. Ohlin (personlig kommunikation, 15 februari 2018) förklarar att ELDIS syftar till att utreda hur detta problem skall hanteras och vilka lösningar som finns för att på ett hållbart sätt kunna tillgodose framtidens transportbehov.

Globalt finns flera olika projekt kring hur enstaka distributionsrutter kan elektrifieras. CLOSER driver i Göteborg ett sådant projekt kallat DenCity och i projektet har data samlats in över hur distributionssystemet ser ut i Göteborg i nuläget (CLOSER, 2018b). De flesta tidigare projekt har haft nuvarande eldriftsteknik som utgångspunkt. Projekten har utifrån identifierade begränsningar sökt efter delar i redan existerande distributionssystem som överensstämmer med vad denna teknik klarar av.

Ambitionen för denna studie är att infallsvinkeln ska vara annorlunda från de tidigare projekten. Utgångspunkten är att undersöka hur nuvarande distributionssystem fungerar och därifrån härleda vilka krav det ställer på en eldriven fordonsflotta. Detta för att CLOSER enligt projektledaren G. Ohlin (personlig kommunikation, 23 januari 2018) nu till skillnad från tidigare projekt analyserar möjligheten att elektrifiera ett helt distributionssystem istället för enskilda delar eller rutter.

Ett första steg i ELDIS-projektet är att utföra en nulägesanalys av Coops livsmedelsdistribution i Göteborgsområdet. Detta för att öka förståelsen för hur nuvarande distributionssystem fungerar. Vidare bestämmer nuvarande distributionssystem vilka möjligheter och begränsningar som finns vid en utveckling av detta. Nuläget kan således ses som ett ramverk för hur en elektrifiering av distributionen måste se ut för att kunna ersätta befintliga distributionssystem.

## **1.2 Syfte**

Rapporten ämnar övergripande att bidra med delar till nulägesanalysen i CLOSER:s projekt ELDIS. Detta innebär att studien kommer att utgöra en del av den undersökning av förutsättningarna för elektrifiering av ett distributionssystem som bedrivs inom projektet.

Syftet med rapporten är att få förståelse för vad som krävs av fordonen i ett elektrifierat distributionssystem för att utgöra ett hållbart alternativ till dieseldrivna fordon. Fokus kommer att ligga på krav i termer av räckvidd och fraktvikt. Det system som avses är den fordonsflotta som används för Coops transporter i ett distributionssystem i Göteborgsområdet.

## **1.3 Problematisering**

Det är svårt att ändra nuvarande upplägg i distributionssystemet menar K. Håkansson (personlig kommunikation, 22 februari 2018) före detta varuflödesutvecklare på Coop. Det är därför önskvärt att i största möjliga mån anpassa tekniken till att utan förändring av strukturen kunna försörja den befintliga logistikkedjan. Studien avser att diskutera beslutssituationen då ett helt distributionssystem ska bytas ut mot ett elektrifierat sådant. Dessutom ska det nuvarande distributionssystemet ligga till grund för de krav som ställs på ett elektrifierat sådant. Följden av detta blir att ett elektrifierat system måste kunna tillfredsställa alla de krav som ställs på det nuvarande dieseldrivna distributionssystemet.

Genom en nulägesanalys av Coops distribution med fokus på räckvidd och fraktvikt kan faktorernas respektive påverkan fastställas och analyseras. De kan sedan utgöra underlag för att förstå vilka krav nuvarande system ställer på ett elektrifierat alternativ. En distributionslastbil

ska idag kunna transportera ungefär sju ton för transport av livsmedel enligt K. Håkansson (personlig kommunikation, 13 februari 2018). För att kunna köra motsvarande lastvikt med ett eldrivet fordon måste batteripaketens kapacitet balanseras mot behovet. Det är därför intressant att undersöka hur lastvikten förändras under en transport (Rizet, Cruz & Vromant, 2015). Fordonets räckvidd är direkt kopplat till vikten och båda faktorerna utgör viktiga parametrar för utformandet av ett välfungerande och effektivt transportnät. Det leder till att det är mest intressant att studera vilken lastvikt och vilka avstånd som lastbilarna måste kunna hantera.

Projektet tar sin utgångspunkt i distributionssystemets krav och inte i vad dagens teknik gällande eldrivna fordon klarar av att tillgodose. Detta synliggör vilka minimikrav ett distributionssystem ställer på tekniken för att kunna utgöra ett relevant alternativ till nuvarande lösning. Distributionssystemet som studien avser att undersöka inkluderar alla de fordon som är kopplade till distributionen av Coops varor. Detta avser emellertid inte bara hur fordonen används när de transporterar gods till Coops butiker utan även hur fordonen används under resterande delar av dygnet.

Att ersätta ett konventionellt distributionssystem med ett elektrifierat sådant innebär varierande grad av förändring av nuvarande struktur. Detta i termer av exempelvis ändrade förutsättningar för ruttplanering, laddning av batterier och infrastruktur. En elektrifierad fordonsflotta måste kunna klara av att prestera på samma nivå som en konventionell fordonsflotta gör idag för att vara av intresse för aktörerna inom och beroende utav studiens distributionssystem.

Därtill måste fordonsflottan utgöra ett hållbart alternativ för att hantera utmaningarna med utsläpp och begränsade resurser. Elektrifierande lastbilar bidrar med mindre utsläpp men framställningen av batterierna som används är problematisk. Hänsyn måste även tas till den ekonomiska hållbarheten då investeringskostnaderna för en övergång till elektrifierade lastbilar är stora. Även hållbarhetsaspekter kopplade till den elektriska fordonstekniken måste därför belysas.

De frågeställningar som rapporten syftar att besvara är därför:

1. *Hur används den för Coop avsedda distributionsflottan i Göteborgsområdet med fokus på körsträckor och fraktvikt?*
2. *Vilka är minimikraven i termer av fraktvikt och räckvidd på fordonen i ett livsmedelsdistributionssystem i Göteborg?*
3. *Hur förhåller sig befintlig elektrisk fordonsteknik till nuvarande system med avseende på hållbarhetsaspekter och identifierade minimikrav?*

## **2 Metod**

I detta avsnitt beskrivs det hur rapportens metod är utformad. Metodavsnittet beskriver inledningsvis studiens upplägg och därefter vilken metodansats som studien bygger på. Vidare diskuteras studiens litteraturstudie och datainsamling. Efter detta beskrivs analysarbetet och avslutningsvis förs en metodreflektion i syfte att reflektera över studiens trovärdighet.

### **2.1 Studiens upplägg**

Nedan presenteras studiens upplägg och en beskrivning över hur projektet initierades och hur problembilden sedan bröts ned.

#### **2.1.1 Initiering och uppstart av studien**

I oktober 2017 kontaktades Magnus Blinge, projektledare på CLOSER vid Lindholmen Science Park, av delar av projektgruppen efter en föreläsning i hållbar logistik. I januari 2018 initierades projektet och i samband med detta hölls ett möte där projektgruppen, handledaren Dan Andersson, Blinge samt Gunnar Ohlin, också vid CLOSER, var närvarande.

Inom projektet fanns förutom CLOSER ett flertal andra intressenter som utgjordes av bland annat företag och forskningsinstitutioner. Det uppenbarades tidigt att målbild och perspektiv skilde sig åt bland projektets olika intressenter. Vid sidan av detta fanns krav från institutionen och projektgruppens egna krav respektive tankar kring studiens innehåll och omfattning. Detta gjorde att arbetet initialt handlade om att navigera bland de olika intressena för att finna den väg som i största möjliga mån tillfredsställde alla parter. Vidare var det viktigt att precisera projektets omfattning till en lämplig nivå.

#### **2.1.2 Processen att ta fram studiens syfte**

Intressenternas olika målbilder och perspektiv gjorde formuleringen av problembilden till en komplicerad process. Det krävdes därför upprepade möten och korrespondenser med intressenter för att gemensamt komma fram till studiens problemformulering.

Något som framkom under kontakt med projektets olika intressenter var bristen på kunskap om hur livsmedelsdistributionssystemet i Göteborg ser ut i dagsläget. Intressenterna betonade att förståelse för nuläget är viktigt för att undersöka möjligheterna för framtida elektrifiering. Tidigare studier om eldrivna lastbilar har huvudsakligen utgått ifrån hur existerande teknik kan användas i befintliga distributionssystem. Få studier har gjorts över vad den elektrifierade tekniken faktiskt måste klara av för att helt kunna tillgodose transportbehovet för ett existerande distributionssystem.

För att tillgodose intressenternas behov och samtidigt ha en genomförbar omfattning på studien formulerades huvudproblemet med syfte att skapa en förståelse för dagens livsmedelsdistribution i Göteborgsområdet. Detta låg i sin tur till grund för analysen kring vad eldriven lastbilsteknik behöver klara av för att kunna ersätta ett sådant system. För att avgränsa studien ämnar den primärt att behandla och diskutera två faktorer kopplade till elektrifieringen av livsmedelsdistributionen. De valda begränsande faktorerna är lastvikt och räckvidd vilka valdes ut efter konsultation med inblandade parter i projektet ELDIS. Detta innebär mer konkret vilken vikt en lastbil behöver kunna transportera samt vilken räckvidd den måste ha för att täcka in transportbehovet.

### 2.1.3 Definition av systemet utifrån den geografiska placeringen av Coops butiker

Efter kontakt med projektets olika intressenter framkom att ingen tydlig definition fanns av vad området som omfattar Göteborgsområdet var. Detta område omnämns även i studiens syfte samt de två första frågeställningarna. Därför var ett tidigt steg i studien att komma fram till en sådan definition. Definitionen utformades i syfte att urskilja relevanta sträckor för syftet med studien och användes sedan för att selektera vilken data som skulle nyttjas.

För att definiera området lokaliserades Göteborgs centrum med hjälp av Googles karttjänst. Sedan inkluderades alla Coops butiker som låg inom en radie av 20 km från detta centrum. Målet med valet av geografiskt område var att studien skulle inkludera de av Coops butiker som låg i stadsmiljö och exkludera de som inte gjorde det. De butiker som ligger inom radien på 20 km omfattas av studiens definition av Göteborgsområdet vilken kan ses i figur 2.1. Butikerna innefattas i de rutter som ansågs utgöra föremål för potentiell elektrifiering.



Figur 2.1 De röda punkterna markerar den geografiska placeringen av Coops butiker. Ringen representerar det studerade området som omfattas av rapporten.

## 2.2 Metodansats

Studien baserades på observationer och data från det iakttagna systemet samt teori. Data inhämtades i både kvantitativ och kvalitativ form. I och med upplägget som kombinerar teori och observationer från verkligheten applicerades en abduktiv ansats enligt hur Wallén (2011, s. 48) definierar begreppet. Studien är en fallstudie som enligt Wallén (s. 115) innebär att konkreta fall eller processer studeras utan att de undersökande själva är med i en förändring.

## 2.3 Utformning av teoretiskt ramverk

En teoretisk referensram togs fram för att förse studien med de verktyg som behövdes för att utföra analysarbetet. Vidare fyller referensramen också en funktion genom att den förser läsaren med bakgrundskunskap inom de områden som studien berör. Referensramen bygger på relevant litteratur som under studiens gång samlades in och bearbetades. Utformningen av ramverket var en iterativ process i den mening att projektgruppen kontinuerligt under studien arbetade med litteraturinsamling för att bygga ut det teoretiska ramverket. Allteftersom information behövdes för analys och förståelse av resonemang inhämtades den och adderades till ramverket. I detta avsnitt beskrivs närmare hur arbetet kring litteraturstudien gick till.

För att ge projektet trovärdighet och förankring i akademien samt i industrin som helhet arbetades det parallellt med litteraturinsamling under hela tiden av studien. Sökningar efter litteratur skedde främst genom Google Scholar och Chalmers bibliotekskatalog. Sökningarna berörde områden kring logistik, eldrift av lastbilar, distribution i stadsmiljö, miljöpåverkan samt hur samhället arbetar med hållbar distribution. Valet av söktermer förfinades kontinuerligt med ökad insikt i ämnet och ledde till att studien under den senare halvan av tidsramen mer effektivt kunde identifiera relevant litteratur.

Rekommenderad litteratur från handledare och inblandade parter behandlades även och användes i litteraturstudien. Från referenser i litteratur som hittades i databaser genomfördes även kedjesökningar i syfte att bredda kunskapsbasen samtidigt som det möjliggjorde validering av källorna.

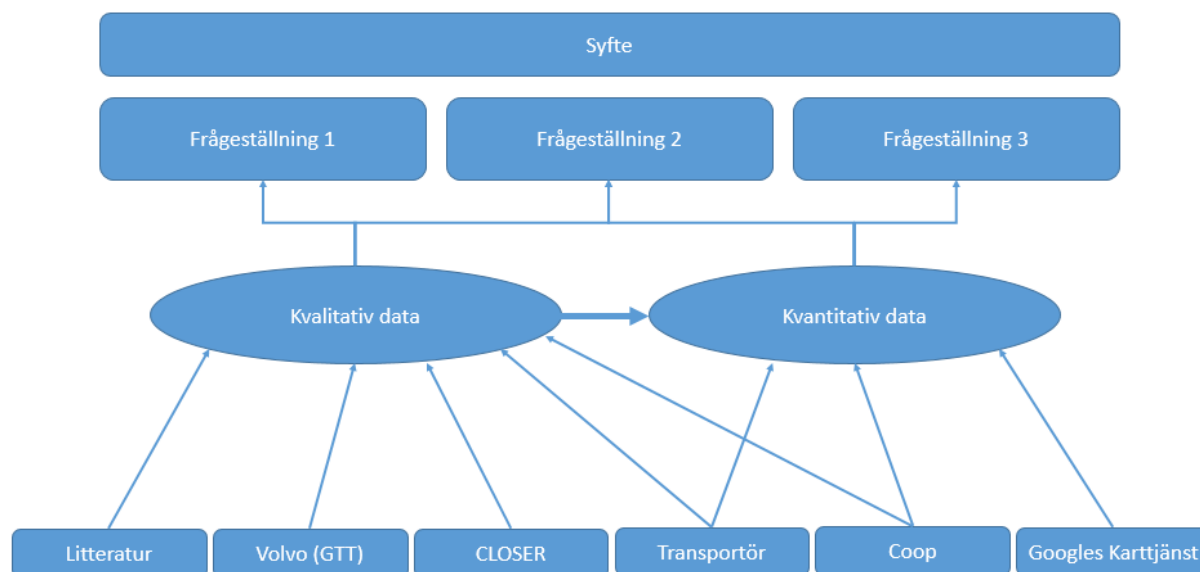
För att säkerställa att källorna var trovärdiga och höll god kvalitet genomfördes en källkritisk granskning. Bedömningen utgick från de fyra källkritiska kriterier som Eriksson och Wiedersheim (2014) diskuterar vilka är samtidskrav, tendenskritik, beroendekritik och äkthet. Framförallt tendenskritik var viktigt för arbetet då det för elektrifiering av fordon finns många olika intressen inblandade som önskar styra utvecklingen i en viss riktning. Flera källor som ansågs vara för partiska valdes bort och genom hela litteraturstudien lades vikt vid att veta vem som stod bakom en viss källa. Även äkthetskritik var av betydelse eftersom att majoriteten av källorna hämtades från internet där det är relativt enkelt att utge sig för att vara någon annan samt att föra osanning. Om ett påstående bedömdes vara osäkert stärktes detta innan användning av en annan oberoende källa.

## 2.4 Datainsamling

För att uppnå syftet med rapporten krävdes en nulägesanalys som grund för jämförelser mellan ett existerande distributionssystem och ett elektrifierat sådant. Med denna nulägesbeskrivning som utgångspunkt nyttjades Coops distributionssystem i Göteborgsområdet för att erhålla data. Inledningsvis genomfördes en överskådlig kartläggning av distributionssystemet som grundades i kvantitativa data och intervjuer från det aktuella distributionssystemets aktörer. Detta gjordes för att få en helhetsbild över hur det studerade distributionssystemet fungerar idag samt för att förstå vad studiens data representerar. Insamlade data delades sedan upp i mindre delar för vidare analys i syfte att kunna besvara de frågeställningar som ligger till grund för rapporten. Frågeställningarna är uteslutande av deskriptiv karaktär vilket i ett typfall innebär att de används för att bestämma ett forskningsobjekts egenskaper genom insamling och systematisering av data (Wallén, 2011, s. 46). I denna studie samlades data för Coops körningar in och sammanställdes för att kunna bestämma hur distributionsystemet såg ut samt hur det förhöll sig till befintlig elektrisk fordonsteknik. Figur 2.2 illustrerar hur studiens



frågeställningar är kopplade till olika typer av data och från vilka aktörer och från vilka källor studerade data är hämtad.



Figur 2.2 Illustration över varifrån data hämtades, i vilken form data var samt hur data sedan användes.

I kommande två avsnitt beskrivs de två olika datatyperna i termer av dess ursprung och bidrag till studien i form av underlag för att besvara frågeställningarna. Hur insamlade data sedan analyserades kommer mer ingående presenteras i avsnitt 2.5.

### 2.4.1 Insamling av kvantitativa data

Studiens kvantitativa data är att betrakta som sekundär rådata då den erhöles obehandlad från aktörernas olika datasystem och således samlades in av någon annan än författarna. Detta resulterade i att all data krävde kontrollering och sammanställning. Hur detta genomfördes praktiskt presenteras vidare i avsnitt 2.5. Insamlingen av kvantitativa data skedde i kontakt med främst Coop men data delgavs också av transportföretaget som transporterar varor till Coops butiker i Göteborgsområdet.

Coop bidrog med detaljerad information om sina fraktorder i form av datafiler innehållande kvantitativa data för planerade start- och sluttider, information om lastbilarnas aktiviteter, vikter på fraktorder och antal pallar. Datafilerna som erhöles av Coop består av registreringar från deras leveranser i Göteborgsområdet under tre veckor. De tre veckorna består av en normalvecka (vecka 49) och två specialveckor (vecka 51 och 52). Totalt innehöll de studerade veckorna 292 körningar. Under året finns 40 normalveckor och 12 specialveckor. Normalveckor innebär att butikernas behov är likartade och att leveransvolymerna inte markant skiljer sig åt. För studien innebär detta att veckornas olika karaktärer kompletterar varandra och på så sätt utgör en representativ bild för hela årets transporter. Dock återfinns en viss variation i transportrutterna. Specialveckor är veckor under året där behovet är annorlunda jämfört med normalveckorna vilka främst inträffar i samband med stora högtider såsom jul, nyår och påsk. Då ordervariationen under en normalvecka var liten ansågs erhållna data utgöra en god representation för resten av årets normalveckor. De olika veckorna bidrog med en större robusthet till studien genom att förstå vilka variationer i transporterna som kan uppkomma.

Data från Coop gjorde det möjligt att delvis besvara den första frågeställningen genom att bidra med information om lastbilarna under tiden de kör för Coop. Vidare gjorde Coops data också

det möjligt att undersöka vilka minimikrav nuvarande system ställer på elektrifierade fordon vid ersättning av nuvarande flotta vilket kopplar till studiens frågeställningar.

Utöver de data som tillhandahölls av Coop bidrog även transportören med data angående hur Coops leveranser i praktiken går till. Data från transportören beskriver specifika lastbilers transportrutter samt exempel över hur fordonen används efter Coops körningar. Eftersom transportörens data bidrog med information kring hur lastbilarna används efter Coops körningar hjälper den till att besvara den första frågeställningen. Data som erhöles av transportören är i form av en standardiserad exempelvecka som enligt VD:n för transportföretaget (personlig kommunikation, 24 april 2018) är representativ för hur en typisk vecka ser ut. Data från transportören användes också för att kontrollera huruvida data som delgivits av Coop stämmer överens med hur transportererna utförs i verkligheten.

I data som delgivits studien av Coop saknas körsträckor för de sammansatta rutterna. För att komplettera data som erhöles samlades därför kvantitativa data gällande geografiska avstånd in genom Googles karttjänst. Ingen hänsyn togs här till huruvida lastbilarna i verkligheten kör någon annan sträcka än den kortaste sträckan som rekommenderas av karttjänsten. Detta trots att det finns många potentiella scenarion där den mest effektiva vägen i verkligheten skulle kunna vara en annan än den kortaste. Exempel på scenarier då den kortaste vägen inte är mest effektiv är då transportererna vill undvika vägtullar, högt trafikerade områden, topografiska höjdskillnader eller svårnavigerade områden.

## **2.4.2 Kvalitativa data från intervjuer**

Den kvalitativa data som erhöles genom intervjuer är att betrakta som primärdata då den är insamlad av utredarna själva. Detta innebar att studien kunde kontrollera och värdera hela datainsamlingsprocessen. Som förstudie genomfördes öppna intervjuer med projektansvariga för ELDIS med förhoppningen att informanterna skulle kunna bidra med god förståelse och en bred bild av vad som eftersöktes och hur nuvarande system är uppbyggt. Intervjuer kan enligt Lantz (2013, s. 70) genomföras med hjälp av en så kallad intervjuplan. En sådan intervjuplan låg till grund för intervjuerna även i denna studie. Vad detta inneburit i praktiken är att ett antal frågor förbereddes som sedan utgjorde en bas för intervjuerna, se bilaga 2. Detta är exempel på en så kallad semistrukturerad intervjuprocess som enligt Davidsson och Patel (2011, sid. 82) innebär att intervjun byggs upp kring ett antal förutbestämda frågor som informanten sedan kan föra en diskussion kring. Denna intervjuform valdes i syfte att fånga upp en bredare bas av information från intervjuobjektet som inte enbart är svar på specifika frågor.

Intervjuerna genomfördes i form av personliga möten och telefonintervjuer. Ambitionen var under hela studien att i möjligaste mån få personliga möten med intervjuobjekten. Detta eftersom den sociala dimensionen var önskvärd i och med att alla på något sätt varit inblandade i ELDIS projektet. Metoden valdes då den ger en överlägsen fördel genom att intervjuaren är närvarande och att hen därmed kan känna av situationen och agera efter den (Dialsingh, 2011). I de tillfällen där det inte var möjligt att få till personliga möten genomfördes istället telefonintervjuer. Det innebar i sig inte några problem då den önskvärda informationen ändå erhöles under intervjuerna. Telefonintervjuer har fördelar i form av kostnadseffektivitet, interaktivitet och tillgänglighet (Eriksson, 2014). I studien utnyttjades fördelarna genom att användandet av telefonintervjuer möjliggjorde att möten kunnat bokas in med kort varsel och intervjuobjekten kunde komma med snabb respons. När intervjuobjektet befunnit sig i en annan stad var telefonintervjuer samtidigt det enda alternativet.

I tabell 2.1 presenteras de företag och personer som intervjuades i studien. Beskrivning över hur intervjuerna gick till och varför personerna valdes att intervjuas kommer presenteras i kommande delar av detta avsnitt.

*Tabell 2.1 Företag och organisationer som intervjuats med respektive roller. I vilken omfattning och i vilket skede intervjuerna skett redovisas i kommande delar av detta avsnitt.*

| Företag/Organisation               | Intervjuobjekt    | Företagsroll                                     |
|------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------|
| Coop Logistik AB                   | Kjell Håkansson   | F.d. varuflödesutvecklare och nu konsult åt Coop |
| Transportör av varor               | Anonym            | VD                                               |
| Volvo Group                        | Fredrik Cederstav | Projektledare GTT                                |
| Lindholmen Science Park AB /CLOSER | Gunnar Ohlin      | Projektledare                                    |

Varuflödesutvecklare Håkansson medverkade kontinuerligt under studien i ett flertal intervjuer och hans uttalanden utgör en stor del av den kvalitativa data som samlades in. Anledningen till att Håkansson valdes som intervjuobjekt är framförallt på grund av att han representerar Coop i ELDIS-projektet men också i att han besitter stor kunskap om hur Coops distributionssystem fungerar. Hans kunskap grundar sig i hans före detta roll som varuflödesutvecklare på Coop. Varuflödesutvecklaren besitter också relevant kunskap om datafilerna för Coops körningar. För att kunna tolka innehållet i datafilerna var det viktigt att föra en dialog med honom om dem. Då Håkansson är stationerad i Stockholm var det på grund av ekonomiska och tidsbegränsade skäl inte möjligt att träffa honom personligen och därför genomfördes alla intervjuer över telefon. Intervjuerna var semistrukturerade och under intervjuerna fördes anteckningar över samtalet i syfte att få ner essensen av diskussionen och att i efterhand kunna verifiera information som framkommit.

Transportören som planerar och tillhandahåller Coops transporter intervjuades delvis i syfte att förstå vad som händer med fordonen efter att Coops leveranser har distribuerats. Kontaktpersonen hos transportören var företagets VD som har uttryckt en begäran om att företaget ska få medverka anonymt i studien. Därför kommer både transportföretaget och kontaktpersonen anonymiserats i studien. Intervjun med VD:n för transportföretaget hölls på transportsamordnarens terminal i Göteborg. Mötet inleddes med en rundvandring på terminalen där VD:n visade upp hur distributionen av Coops varor fungerar i verkligheten. När rundvandringen var klar fortsatte intervjun på VD:ns kontor. Det som diskuterades under intervjun var framförallt hur distributionen av Coops varor fungerar i praktiken och hur kommunikationen mellan de olika inblandade aktörerna ser ut i nuläget. Därtill fördes en del diskussioner kring hur transportören ser på framtiden och vilka potentiella lösningar som hen ansåg finnas.

Fredrik Cederstav arbetar inom Volvo Group som projektledare på Group Trucks Technology (GTT) som är en av Volvos lastbilsdivisioner. Cederstav har sedan tidigare arbetat med eldrivna lastbilar och var inblandad i projektet DenCity. Cederstav besitter expertis inom elfordonsområdet och han ansågs därför relevant som intervjuobjekt. Från intervjun med Cederstav fick studien information angående hur långt elektrifieringen av lastbilar har kommit idag samt vilka olika faktorer som påverkar elfordonens räckvidd. Vidare fördes diskussioner kring hur Cederstav som områdesexpert ser på elektrifieringen i stort och hur framtiden kan tänkas se ut. Intervjun med Cederstav skedde i form av ett personligt möte på GTT:s kontor på Lindholmen. Hela intervjun spelades in och transkriberades. Samtal med Cederstav fördes även vid andra tillfällen än intervjun där ytterligare relevant information framfördes.

Gunnar Ohlin intervjuades i rollen som projektledare för ELLOG. Under studien skedde ett flertal gruppmöten samt möten under intervjuliknande former med Ohlin. Mötena genomfördes

både som personliga möten och telefonintervjuer. Ohlin har de senaste åren arbetat med analys av energiförsörjning för tunga fordon och som projektledare för ELLOG projektet bidrog han med ett helhetsperspektiv. Flertalet av mötena med Ohlin var relaterade till ELDIS-projektet och berörde inte direkt studiens empiri. Vid möten rörande ELDIS-projektet kom Ohlin med tankar och åsikter kring studiens genomförande samt förmedlade information om hur statusen för ELDIS såg ut.

## **2.5 Analys baserad på insamlade data**

Både en kvantitativ och en kvalitativ analys användes i studien. Litteraturen användes som utgångspunkt för att förstå och tolka både kvantitativa och kvalitativa data. Fokus låg huvudsakligen på den kvantitativa delen och den kvalitativa delen användes huvudsakligen som ett komplement för att djupare förstå kvantitativa data. Syftet med analysen var framförallt att beskriva de ingående beståndsdelarna i distributionssystemet samt tolka och diskutera kring beståndsdelarnas betydelse.

### **2.5.1 Analys av kvantitativa data**

I studien användes huvudsakligen en kvantitativ analys. Denscombe (2010) beskriver kvantitativ analys som en analys av siffror. Till genomförandet av nulägesanalysen av distributionssystemet låg kvantitativa data till grund för resonemang och argument. Denna analysmetod blev därför ett naturligt val då den största delen av studiens insamlade data är representerad av siffror.

Studiens kvantitativa analys började med att all rådata som samlades in behandlades genom sortering och organisering. All data fanns representerad i olika Excel-dokument som innehöll data kopplade till Coops körningar. Arbetet blev därmed till en början att välja ut relevanta data för de utvalda sträckorna. Vilka data som var relevanta för studien bedömdes utifrån vilka rutter som var av intresse utifrån studiens definition av Göteborgsområdet och butikerna inom det. De rutter som valdes ut som uteslutande inkluderade Coops butiker som befann sig inom det område som denna studie definierat som Göteborgsområdet. Vissa av körningarna är återkommande för alla tre veckor medan andra endast sker under någon av veckorna.

I vissa fall delgavs studien ungefärliga sträckor i kilometertal för de av dagens transporter som inte innefattar Coopbutiker. I övriga fall användes ett estimat baserat på medelvärdet av hur lång sträcka en lastbil kör per timma för de rutter som inte innefattar Coopbutiker för att beräkna den totala körsträckan per lastbil och arbetsdag. För att säkerställa att gjorda estimat gett resultat som är tillförlitliga kan tyckas att undersökningar bör göras där schablonmässigt beräknade sträckor jämförs med mätningar i verkligheten. Detta var inom ramen för studien inte möjligt. Dock anses resultatet tillförlitligt då beräkningar inom projektet ELLOG gjorts på liknande sätt och visat sig motsvara verkligheten väl. Detta medför dock att användning av data från transportören bör göras med förståelse för dess ursprung.

Resultatet sammanfattades och illustrerades med grafer och diagram i syfte att skapa en visuell bild. Graferna låg sedan till grund för analysen av data genom att utläsa vilka data som är korrelerade och vilka som inte är det. Även enkla funktioner i Microsoft Excel användes för att utföra beräkningar som sedan tolkats i analysen. Den analys som genomfördes ledde tillsammans med analys av kvalitativa data fram till de slutsatser som dragits. Detta för att kunna besvara studiens frågeställningar och uppfylla syftet.

Nästa steg i analysarbetet var att i text sammanfatta och beskriva de olika upptäckterna som gjordes vid undersökningen. Detta för att i linje med Denscombe (2010) arbetsgång visa upp de kopplingar och slutsatser som analysen resultera i.

## **2.5.2 Analys av kvalitativa data och dess koppling till kvantitativa data**

Studiens kvalitativa analys användes framförallt till att öka kunskapen och förståelsen för studiens kvantitativa data i syfte att bättre kunna tolka resultaten. En kvalitativ analys definieras av Denscombe (2010) som en analys som använder ord och bilder som analysobjekt. De kvalitativa data som analyseras i denna studie är mestadels hämtad från intervjuer och delvis även från den genomförda litteraturstudien. För analysen av litteraturen gjordes framförallt sammanfattningar för att bygga upp förståelse. Till studiens intervjuer användes främst anteckningar och endast en intervju transkriberades.

Denscombe (2010) rekommenderar att alla intervjuer spelas in och transkriberas för att möjliggöra bättre analys. För denna studie bedömdes dock att anteckningar var tillräckligt bra för att få ut den information som önskades. Vidare var många intervjuer snarare diskussioner runt studiens kvantitativa data än rena intervjuer varför transkribering inte var nödvändig. Analysen av kvalitativa data genomfördes till stor del för att styrka och i viss mån förklara den information som härleddes från de kvantitativa.

## **2.6 Metodreflektion**

I detta avsnitt kommer diskussion och reflektion kopplad till studiens metod presenteras. Det kommer göras genom att punkterna forskningsetik, validitet, reliabilitet och generaliserbarhet diskuteras med studien i åtanke.

### **2.6.1 Forskningsetik**

Forskningsetik handlar om hur människor, djur och miljö påverkas av forskningsprojekt. Vidare innefattar även begreppet sådant som berör forskningsfusk (UHR, 2016).

De data som samlades in under studien var i vissa fall känslig för de inblandade parterna vilket beaktades i hanteringen. Detta gjorde att studien berörde forskningsetisk i termer av hur och varifrån data samlades in. De inblandade personerna som delade med sig av data informerades hela tiden hur deras data planerades att användas. Detta gjordes för att säkerställa att personer som delade med sig inte påverkas negativt av studien samt att data som erhöles inte används eller tolkas på fel sätt.

Vidare lades stort fokus på att noggrant se till att information från källor och liknande inte används utan referering. Detta för att säkerställa att rapporten inte innehåller några delar som skulle kunna klassas som stulna och därmed garantera att rapporten är fri från forskningsfusk i det avseendet.

En annan anledning som inte är kopplad till forskningsfusk är att läsaren själv ska kunna testa sannolikheten i resonemangen som innefattar källorna. Dessutom underlättar en korrekt referenshantering möjligheten att använda arbetet för vidare studier och ger akademisk trovärdighet till rapporten.

## 2.6.2 Validitet

Validitet är ett begrepp som handlar om huruvida studiens resultat uppfyller de krav som är satta av studiens metod (Shuttleworth, 2008). Vad detta innebär i klartext är huruvida systemet motsvarar verkligheten eller inte. Alltså om de resultat som erhålls kan förväntas vara likvärdiga med resultaten från ett verkligt system. Begreppet validitet går vidare att dela upp i intern validitet och extern validitet vilket också kallas generaliserbarhet. Intern validitet syftar till hur studien är strukturerad och detta omfattar alltså alla de steg som studiens metod bygger på (Shuttleworth, 2008). En dåligt utformad design av metoden får konsekvenser för trovärdigheten av studien och då spelar det ingen roll hur bra resultaten av studien är.

Under studiens gång var validitetsarbetet hela tiden närvarande. Studien la mestadels vikt vid att validera kvantitativa data för Coops leveranser genom att granska dessa utifrån kvalitativa data från intervjuer samt göra jämförelser mellan data från transportören och data från Coop. Kvantitativa data validerades i sin tur med stöd i litteraturen. Att data är valid betyder att den motsvarar vad som kan förväntas av ett verkligt system. Diskussioner med områdesexperter kring möjliga felkällor möjliggjorde även en djupare analys. Områdesexperter utgjordes av projektgruppens handledare från Chalmers tekniska högskola Dan Andersson samt doktor Sönke Behrends och universitetslektor Ivan Sanchez-Diaz. De senare är anställda vid avdelningen Service Management and Logistics på Chalmers tekniska högskola.

I studien ingår en del beräkningar och framför allt två metoder användes för att säkerställa beräkningarnas validitet. Den ena är att göra enkla kontrollberäkningar och den andra är att presentera de färdiga beräkningarna för områdesexperter för att dubbelkolla att inga misstag begicks och att de resultat som framtagits verkar rimliga.

Kvalitativa data från intervjuer och litteratur validerades genom att den information som erhållits jämfördes med andra källor i den mån det varit möjligt. Detta gjorde att felaktiga data kunde hittas vilka därefter utelämnades från studien. Data specifikt kopplat till det studerade systemet kunde av naturliga skäl inte valideras i litteraturen.

## 2.6.3 Reliabilitet

Reliabilitet kan definieras som förmågan att reproducera en studies resultat (Shuttleworth, 2008). I den med begreppet är att en studies resultat ska kunna gå att åter produceras igen av andra forskare om de utför samma studie under samma förutsättningar som den ursprungliga studien (Shuttleworth, 2008). Denscombe (2010) säger att svaret på frågan "kommer studien få samma resultat vid utförande i en annan tidpunkt, allt annat lika" avgör vilken reliabilitet som studien har.

Studiens reliabilitet avgörs till stor del av reliabiliteten hos insamlade kvantitativa och kvalitativa data. De kvantitativa data utgörs uteslutande av på förhand registrerade värden som alltså inte mättes av studiens författare själva. Det finns därför inte några mätningar som kan upprepas varför den traditionella bedömningen av reliabilitet med fokus på upprepbarhet inte är möjlig (Mälardalens högskola, 2012). Istället bekräftades reliabiliteten för kvantitativa data av områdesexperter eller genom att jämföra de med information från intervjuer. Det ansågs därför viktigare att bedöma reliabiliteten i bearbetningen av data då samma rådata uppenbarligen skulle kunna tillhandahållas för eventuella replikat av studien.

Hur studiens kvantitativa data bearbetades och sammanställdes är också en viktig reliabilitetsaspekt. Det optimala vore om någon extern person hade upprepat bearbetningarna

för att säkerställa att de är fria från bias (Mälardalens högskola, 2012). Detta var dock inte möjligt i studien. I stället gjordes sammanställningarna i största möjliga mån gemensamt av flera gruppmedlemmar vilka kunde kontrollera varandra. Dessutom bedöms att beskrivningen av hur data valdes och bearbetades är tillräcklig för att en upprepning av studien skulle ge samma resultat.

För studiens kvalitativa data är det inte möjligt att bestämma reliabiliteten kvantitativt (Mälardalens högskola, 2012). Istället handlar det för kvalitativa data enligt Mälardalens högskola om att på ett systematiskt sätt beskriva hur utredaren gått till väga för att samla in och bearbeta data. Genom den beskrivning som presenterats i avsnitt 2.4.2 och 2.5.2 är förhoppningen att läsaren upplever att detta gjorts på ett tillfredsställande sätt.

#### **2.6.4 Generaliserbarhet**

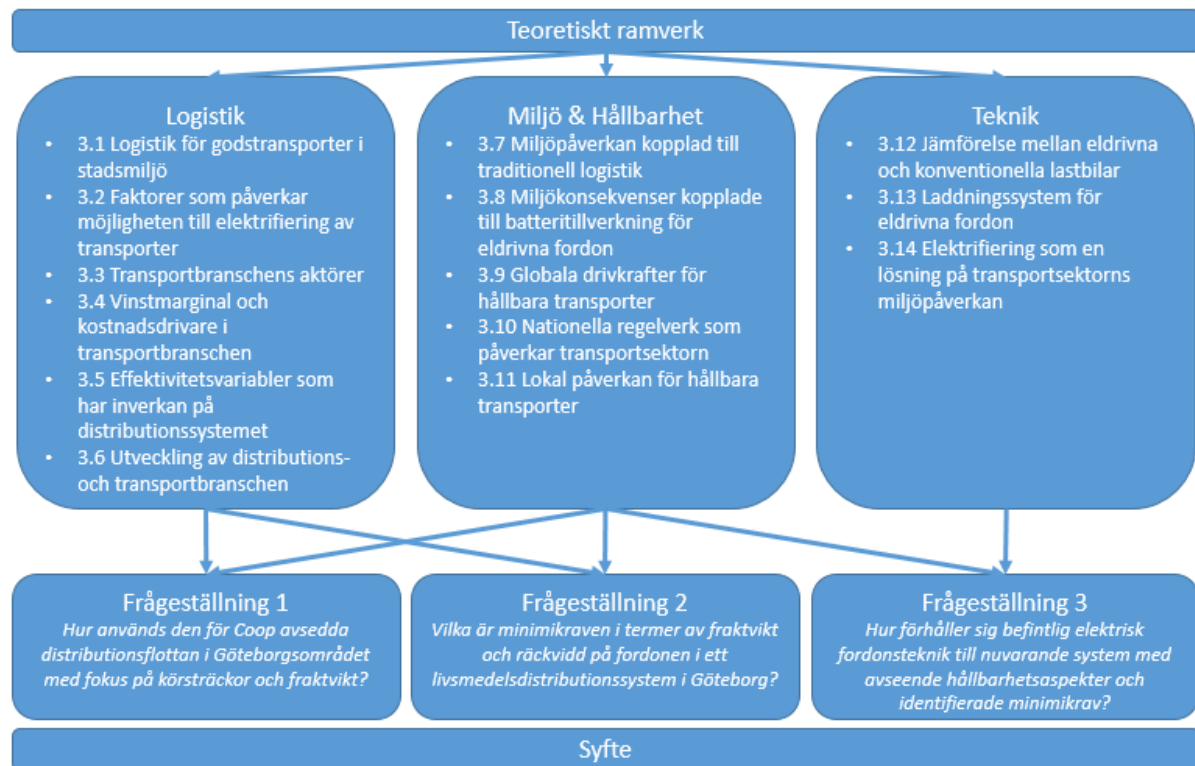
Denscombe (2010) beskriver begreppet generaliserbarhet som förmågan att kunna ta resultat av en studie och vidare applicera det på andra liknande exempel. Denscombe syftar alltså mer specifikt till forskningsresultatens förmåga att beskriva och/eller existera på ett mer allmänt och universellt plan än dess förmåga att endast gälla för ett specifikt fall.

Enligt Wallén (2012, s. 64) kan generaliserbarhet delas in i två typer: empirisk och teoretisk. Empirisk generaliserbarhet handlar om huruvida det finns faktiska förhållanden i det material som undersökts som begränsar resultatens räckvidd. För studien beror detta av om Coops distributionssystem i Göteborg kan representera ett generiskt distributionssystem i stadsmiljö. Enligt transportföretagets VD (personlig kommunikation, 24 april 2018) kan Coops distributionssystem inte anses vara ett typiskt system utan snarare ett extremfall sett till fokus på leveransprecision. Som förstudie till annan forskning kan det enligt Wallén (s. 118) dock vara intressant att studera ett extremfall. Eftersom studien skall identifiera minimikrav för tekniken kan ett extremfall bidra med relevant underlag för vilka minimikraven är.

Teoretisk generaliserbarhet bestäms av de antaganden, avgränsningar samt förenklingar som gjordes och som leder till att studien begränsas av vissa förutsättningar och omständigheter (Wallén, 2012, s. 64). För studien gjordes flera avgränsningar och förenklingar som exempelvis att topografin utelämnades samt att studien enbart berörde de delar av systemet som anses vara urbana. Det är möjligt att dessa avgränsningar påverkar studiens generaliserbarhet negativt och det är svårt att applicera resultaten på rutter med annan topografi. Studien är dock endast det första steget i ett projekt som involverar flera andra delprojekt vilka kommer att bygga vidare resultaten och också beröra exempelvis topografi.

### 3 Teoretiskt ramverk

I detta avsnitt kommer det teoretiska ramverk som använts i projektet att presenteras. Figur 3.1 presenterar en grafisk bild över vilka delar som ingår i referensramen samt hur de olika delarna förhåller sig och bidrar till att svara på frågeställningarna. Rutorna innehåller rubriker tillhörande respektive del i det teoretiska ramverket. Alla rubriker är indelade i tre olika rutor som har rubricerats med avseende på tre olika kategorier, logistik, miljö och hållbarhet samt teknik. Pilarna illustrerar vidare hur de olika delarna av det teoretiska ramverket utgör underlag för att svara på respektive frågeställning.



Figur 3.1 Illustration av ramverkets struktur och koppling till studiens syfte och frågeställningar.

#### 3.1 Logistik för godstransporter i stadsmiljö

Logistikens främsta syfte är enligt Jonsson och Mattsson (2016, s. 19) att skapa effektiva materialflöden. Den består av alla de verksamheter som ser till att material och produkter finns på rätt ställe vid angiven tid. Godstransport utgör en del av ett logistiksystem och innefattar många olika komponenter och funktioner. Vidare kommer det redogöras för godstransporter i stadsmiljö.

Enligt Chopra (2003) är transporter i stadsmiljö kopplade till den sista delen av försörjningskedjan mot kund vilket ofta är associerat med högst kostnader. Aktiviteter som kan härledas till sådana transporter är exempelvis godstransporter mellan industrier, varuhus och återförsäljare (Levandi & Mårdberg, 2016). Eftersom produktionen och lagerhållningen för många företag är belägen i närheten av städer krävs ett effektivt materialflöde för att bedriva verksamheten (Lindholm, 2012). Detta på grund av att stadsmiljöer kännetecknas av komplexitet i form av exempelvis befolkningstäthet, tung trafik och minskad frihet i termer av vägval (Lindholm, 2012). Utöver detta ingår även aktiviteter som hemleveranser, varulager och avfallshantering i transporter i stadsmiljö (Allen & Browne, 2010). För att klara av flödet av



varor är en fordonsflotta nödvändig samtidigt som en välutvecklad infrastruktur behövs för att hantera trafiken (Wandel, Ruijgrok & Nemoto, 1992).

Välfungerande godstransporter är essentiella det vardagliga livet. Världen är uppbyggd kring handel där godstransporterna kopplar ihop människor med varor både på en lokal och en global nivå. Barone och Roach (2016) menar att icke-fungerande godstransporter kan påverka den globala och nationella ekonomin negativt. Transporter möter ofta problem i stadsområden i form av trängsel eller flaskhalsar i hamnar och flygplatser (Barone & Roach, 2016).

Logistik i stadsmiljö är av stor signifikans för att upprätthålla levnadsstandarden hos befolkningen och borde betraktas som en nyckelkomponent i städers effektivitet (Barone & Roach, 2016). På grund av befolkningsökning och ekonomisk tillväxt ökar betydelsen av urbana transporter (Allen & Browne, 2010). Därtill är konkurrenskraften för en industri i en viss region beroende av effektiviteten i transportsektorn då godstransporter och logistik har en direkt inverkan på kostnaden av den transporterade varan (Meyburg & Stopher, 1974).

## **3.2 Faktorer som påverkar möjligheten till elektrifiering av transporter**

Ett flertal olika faktorer påverkar ruttplaneringen inom ett logistiksystem. För projektet ELDIS saknas idag en helhetsbild av hur några av de mest grundläggande faktorerna påverkar och utgör potentiella minimikrav för distributionssystemet. Enligt projektledaren G. Ohlin (personlig kommunikation, 15 februari 2018) måste sådana minimikrav uppfyllas för att en elektrifiering skall vara möjlig.

De faktorer som F. Cederstav (personlig kommunikation, 4 april 2018), projektledare på Volvo Group Trucks Technology, tycker är av störst intresse är vilka krav på lastkapacitet och avstånd som finns på de lastbilar som transporterar varor idag. Han menar vidare att den stora utmaningen för leverantörer av transportfordon är att hitta en ekonomiskt hållbar affärsmodell för elektrifierade fordon samtidigt som utvecklingen inom branschen går fort framåt vad gäller batterikapacitet.

### **3.2.1 Lastbilars vikt och dess inverkan på transporter**

Fordonets vikt är en av de faktorer som har störst inverkan på ett elfordons räckvidd (Mruzek, Gajdác, Kučera & Barta, 2016). En ökad vikt på fordonet gör enligt Eriksson (u.d.) att accelerationen blir lägre vid konstant kraft. Detta innebär alltså att fordonet kräver mer energi för att accelereras. Eftersom det finns en begränsad mängd energi lagrad i fordonet i form av drivmedel eller batterikapacitet betyder detta att högre vikt medför kortare räckvidd för fordonet. I stadstrafik är acceleration och inbromsning mer frekvent förekommande än vid landsvägskörning. Detta har en stor påverkan på energiförbrukning och räckvidd (Li, Stanula, Egede, Kara & Herrmann, 2016).

Vikt som adderas till lastbilen kan fylla olika funktioner, exempelvis att öka säkerheten genom att stärka chassit eller att installera mer utrustning i kabinen. Denna typ av vikt påverkar räckvidden negativt utan att ge några självklara fördelar sett ur ett logistiskt perspektiv. Bränsleförbrukningen, eller energiåtgången, ökar approximativt linjärt med ökad fordonsvikt och är alltså även linjärt beroende med minskad räckvidd (Mruzek et al., 2016). Denna vikt kan på olika sätt öka lastbilens värde men ur studiens perspektiv är detta inte intressant.

Batterivikt hänvisar till vad ett enskilt eller ett paket av batterier installerade i ett eldrivet fordon väger. Större batterikapacitet leder till att fordonet får längre räckvidd (Mruzek et al., 2016). Eftersom ökad batterikapacitet leder till att både vikten och mängden energi lagrad i fordonet ökar får detta som följd att sambandet mellan batterikapacitet och räckvidd i detta fall inte är linjärt. Istället leder det till att ökad batterikapacitet medför en kortare räckvidd per energienhet vilket kan ses som att en avtagande avkastning för addition av ytterligare batteripaket finns.

För att ett distributionsfordon ska kunna addera värde till en transportör och i slutändan kunden som beställt frakten är det viktigt att fordonet kan transportera en viss vikt. Centralt för ett distributionsfordon är därför lasten som fraktas. För prissättning av transporttjänster är det vanligt med användning av frakttariffer för att klassificera olika typer av gods (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 296–299). För en transport över ett specificerat avstånd används vanligen kronor per viktenhet för att bestämma priset vilket styrker fraktviktens relevans för transportföretagen (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 397). Vid en given mängd gods som måste fraktas innebär en högre möjlig lastvikt att färre fordon krävs för att transportera godset. Detta leder till mindre trängsel och billigare transporter vilket är eftertraktat i stadsmiljö och av både transportörer och transportköpare.

### **3.2.2 Rutternas avstånd och deras betydelse för distribution**

Avstånd är en annan viktig faktor för transporter då längre sträckor både tar längre tid och kostar mer pengar att köra. För eldrivna distributionsfordon är avståndet i dagsläget en begränsande faktor eftersom de inte kan färdas lika långt som konventionella motsvarigheter (Morganti & Browne, 2018). Dessutom tar det längre tid att ladda upp ett batteri jämfört med att tanka en dieseltank till en nivå som motsvarar samma ökning i räckvidd (Morganti & Browne, 2018).

Det finns flera olika sätt att betrakta avstånd som en viktig faktor inom logistik och i synnerhet eldriven logistik. Vad som är viktigt är att inte bara iaktta avstånd för enskilda rutter eftersom ett fordon ofta kör flera rutter under en dag och lastas om många gånger enligt VD:n för transportföretaget (personlig kommunikation, 24 april 2018). Detta gör planeringen mer komplicerad och därmed kan en längre räckvidd krävas för att klara av det dagliga transportbehovet.

*Range anxiety* är en term som brukar användas för att beskriva den rädsla eller oro som en förare kan känna inför att fordonet inte kommer att kunna nå fram till destinationen innan batteriet är urladdat eller dieseltanken är tom (Eberle & Von Helmolt, 2010). Detta är viktigt att ta i beaktning när planeringen av ett distributionssystem ska göras för att minska osäkerheten hos både transportören och förarna. Inom branschen för eldrivna personbilar har detta studerats under flera år och ses som ett stort hinder för köpare (Bonges III & Lusk, 2016). Det visar sig att samma hinder kan uppstå för köpare av eldrivna distributionsfordon.

### **3.2.3 Lastkapacitet och utnyttjandegrad hos distributionsfordon**

När en given vikt ska fraktas är målet att använda så lite resurser som möjligt för att åstadkomma detta (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 154). Inom distribution innebär det en strävan efter att lasta distributionsfordonen på ett effektivt sätt. En hög fyllnadsgrad under transport är önskvärt ur flera aspekter. En anledning är att det ger upphov till lägre bränsleförbrukning per enhet fraktat gods och därigenom mindre utsläpp. En annan fördel med hög fyllnadsgrad är att det frigör fordon som kan utföra andra uppdrag. Det ger i sin tur företaget möjlighet till ökade intäkter genom att de kan ta sig an nya affärsmöjligheter.

Enligt Coops transportör i Göteborgsområdet (personlig kommunikation, 24 april 2018) kan en hög fyllnadsgrad vara svår att uppnå i praktiken. Det finns begränsande faktorer gällande lastens volym och vikt men också ruttplaneringen spelar stor roll. Alla körningar fraktar inte tillräckligt med gods för att fylla upp lastutrymmet. Vidare menar Coops transportör att transportföretag ständigt jobbar med problemen gällande fyllnadsgrad för att bibehålla konkurrenskraft på en prispressad marknad. Laster kan exempelvis optimeras genom bättre planeringssystem och samlastning med andra företag. Nämnda alternativ kan hjälpa transportföretag att nå högre nivåer av effektivitet vid sina körningar (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 154–155).

Lastkapaciteten kan enligt Jonsson och Mattson (2016, s. 393–395) definieras med hjälp av olika enheter och kan mätas som utnyttjad andel av tillgänglig lastvolym, lastyta, flakmeter eller maxvikt. Detta leder till att samma kombination av gods och lastbil kan ha flera olika fyllnadsgrader beroende på vilken enhet som avses. Vad som blir mest relevant att beakta är den begränsande fyllnadsgraden, alltså den fyllnadsgrad som ligger närmast 100 procent. Vanligtvis är lastvolymen eller lastytan den begränsade faktorn för landsvägstransport snarare än maxvikten (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 393–395).

Rogerson och Santén (2017) presenterar ett ramverk för åtgärder som inblandade aktörer kan vidta för att öka fyllnadsgraden i termer av volym och vikt. Den modell som de tagit fram är uppdelad med avseende på hur fyllnadsgrad kan påverkas i olika nivåer. Nivåerna berör fyllnadsgrad per enhetslastbärare, sett till avtalad kapacitet, per fordon samt fyllnadsgrad för en hel fordonsflotta. Detta innebär att fyllnadsgraden i de olika nivåerna beror på hur stor kapacitet som krävs och hur stor den tillgängliga kapaciteten är. Exempelvis utgörs detta av volym eller vikt som kunden faktiskt skickar och hur stor kapacitet som på förhand avtalats.

En felaktig bild kan målas upp om endast en nivå beaktas menar Rogerson och Santén (2017). Ett exempel är att en lastbil kan anses ha 100 procent i fyllnadsgrad om den är lastad med maximalt antal pallar även om pallarna skulle vara tomma. Fyllnadsgraden påverkas över de olika nivåerna till följd av en obalans mellan efterfrågad kapacitet och tillgänglig kapacitet. De åtgärder som Rogerson och Santén presenterar för att minska denna obalans återfinns i tabell 3.1 och används som en grund för den analys som förs kring minimikrav i kapitel 5. I artikeln beskriver Rogerson och Santén (2017) hur fyllnadsgraden ökade för leveranser till ett undersökt livsmedelsföretag vid ökad flexibilitet kring bland annat leveranstider och frekvensen för leveranserna.

För specifik information om nämnda åtgärder hänvisas läsaren till studien *Shippers' opportunities to increase load factor: managing imbalances between required and available capacity*. I analysen diskuteras möjligheter till samlastning av olika typer av livsmedel som är en central del av optimeringen enligt Rogerson och Santén (2017).

Tabell 3.1 Illustration av Rogerson och Santéns identifierade möjliga åtgärder för att minska klyftan mellan efterfrågad och tillgänglig kapacitet.

|                               | Efterfrågad kapacitet                                                                                                                                     |                                                                                                                                          |                                                                                     | Tillgänglig kapacitet                                                                                                                      |                                                                                       |
|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|                               | Antal artiklar                                                                                                                                            | Godsets karaktär                                                                                                                         | Kombination av olika godstyper                                                      | Antal enheter                                                                                                                              | Typ av enhet                                                                          |
| <b>Öka/minska kapaciteten</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ändra vilka artiklar som samlas</li> <li>• Ändra antal beställda för att matcha tillgänglig kapacitet</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ändra storlek</li> <li>• Ändra utformningen för att öka möjligheten till samlastning</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Metoder för att packa och lasta</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inköp, försäljning eller outsourcing</li> <li>• Förbättra prognostisering</li> </ul>              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ändra typ</li> <li>• Ändra design</li> </ul> |
| <b>Omfördela kapacitet</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ändra överenskommelser mellan kund och leverantör</li> <li>• Ändra prissättning</li> </ul>                       |                                                                                                                                          |                                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ändra schemaläggning av underhåll</li> <li>• Ändra tider för utnyttjande av lastbärare</li> </ul> |                                                                                       |

### 3.3 Transportbranschens aktörer

De inblandade aktörerna i transportbranschen utgör en betydande del i det logistiska systemet. Jonsson och Mattsson (2016, s. 88–91) delar in dem i transportsamordnare, transportörer och infrastrukturhållare. De olika aktörerna kommer att beskrivas i följande avsnitt för att tydliggöra deras respektive roller. Beskrivningarna kommer senare att användas i analysen av det studerade distributionssystemet.

#### 3.3.1 Transportsamordnare

Med transportsamordnare syftas enligt Jonsson och Mattsson (2016, s. 88–91) aktören som ansvarar för samordning av transporter. De äger inga transportresurser själva utan köper istället in dem. De ansvarar vanligtvis för transport, omlastning och lagring. Jonsson och Mattsson delar vidare in transportsamordnare i speditörer och tredjepartlogistik. Speditörernas traditionella roll är att finna lämpliga transportlösningar för sina kunder. Lumsden (2012, s. 25) förklarar att tredjepartlogistik tar ett större ansvar för transporter och därtill erbjuder olika logistiktjänster såsom lagrings- och terminaltjänster. Benämningen tredjepartlogistik kommer ifrån att de fungerar som en tredje part mellan säljare och köpare. Få antar idag speditörens traditionella roll utan företagen tar ofta ett större helhetsansvar för logistikplaneringen och därmed likställs ofta begreppen speditör och tredjepartlogistik idag menar Lumsden.

Speditörer och tredjepartlogistik genomför inte transporterna själva utan använder sig av transportörer. Transportörerna kan däremot verka i transportsamordnarens namn. Fokus ligger på utvecklingen av logistiktjänster och genom sin samordnande roll kan speditören genomföra transportaktiviteter mer kostnadseffektivt och leverera bättre kundservice (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 88–91).

#### 3.3.2 Transportköpare

För transportköpare är priset den viktigaste faktorn (Vierth et al., 2012). Priset ställs mot transportkvalitet i valet av transportör och speditör. Därefter menar de att tiden för transport spelar en avgörande roll. Först efter det att tiden har tillfredsställts kommer miljön inverka på valet. Enligt Vierth et al. saknas därför i dagsläget tillräcklig betalningsvilja för att framhäva hållbara transporter.

Även en undersökning som gjorts av Transportinköspanelen (2016) visar att pris är den klart avgörande faktorn vid valet av transportlösning. Undersökningen visar även att ingen markant förändring av detta fenomen skedde mellan 2003 och 2016. Miljöpåverkan som störst påverkande faktor har ökat med endast två procentenheter under samma period. Faktorn utgjorde 2016 den viktigaste faktorn vid inköp av transporttjänster för endast tio procent av tillfrågade transportköpare (Transportinköspanelen, 2016).

Konkurrenslagstiftningen och konkurrensen mellan aktörer är en barriär för transportmarknaden att driva förändringar av dagens upplägg. Då flera olika aktörer är inblandade med varierande perspektiv och mål blir samtliga intressen svåra att tillgodose. Enligt Jonsson och Mattsson (2016, s. 88–91) prioriterar tillverkare och återförsäljare låga kostnader och hög leveransservice medan det för transportföretagen är viktigt med kostnadsreduceringar och hög effektivitet. Samhället och dess aktörer eftersträvar en attraktiv stad, ekonomisk utveckling och transporter som minimerar samtliga negativa effekter.

### **3.3.3 Transportörer**

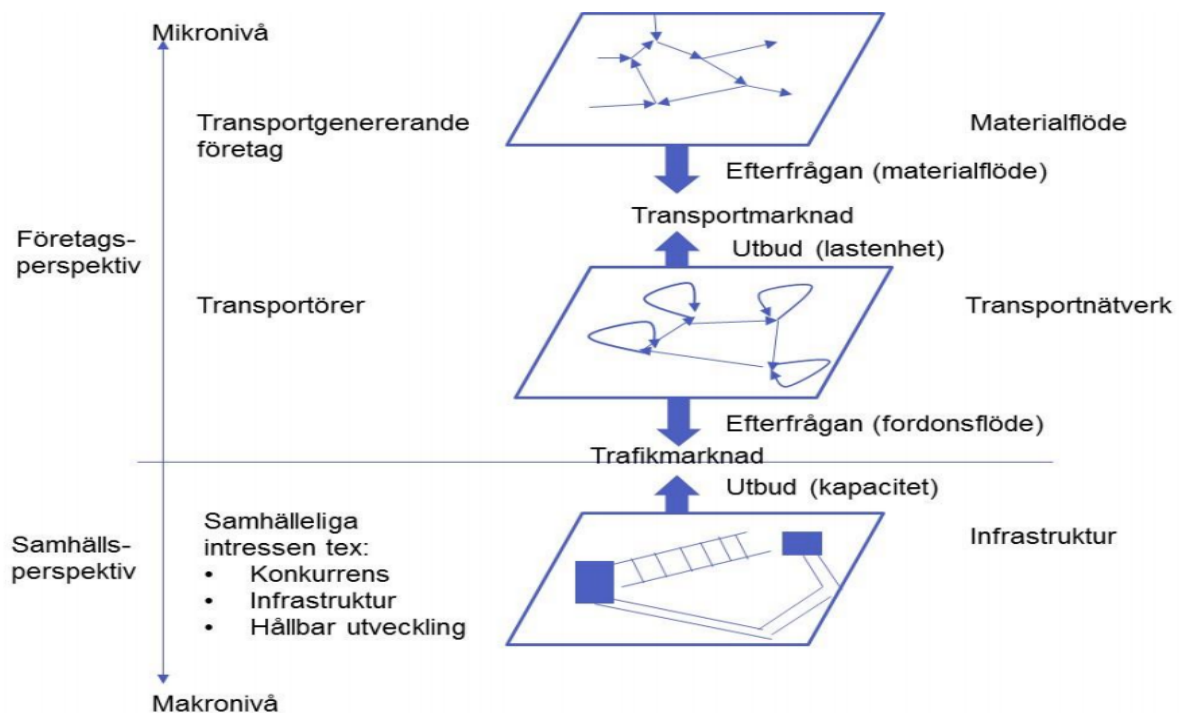
De faktiska transporterna sköts sällan av transportsamordnare utan de anlitar i sin tur transportörer för aktuellt transportslag menar Jonsson och Mattsson (2016, s. 88–91). Ett typexempel för lastbilstransport är åkerier. Transportören har till uppgift att frakta gods utefter transportköparens och transportsamordnarens önskemål.

### **3.3.4 Infrastrukturhållare**

För att transporterna ska kunna genomföras krävs en ändamålsmässig infrastruktur. Hit räknas enligt Lumsden (2012) alla de vägar som trafikeras av distributionsfordon. Infrastrukturen är främst finansierad av skatter och vägtullar men även andra avgifter bidrar. Trafikverket är den absolut största aktören vad det gäller planering och hantering av Sveriges infrastruktur. Dock hanteras ofta delar av infrastrukturen av andra aktörer som exempelvis terminaler som ägs av speditörer (Jonsson & Mattsson, 2016, s. 91).

### **3.3.5 Olika perspektiv på transportsystemet**

Transportsystemet kan således ses ur olika perspektiv med varierande intressen. I Figur 3.2 presenteras Wandel et al. (1992) olika lager av transportsystemet från ett företagsperspektiv till ett samhällsperspektiv för att skapa en överblick. I botten finns infrastrukturen som möjliggör transporter och i denna nivå dominerar samhällseliga intressen såsom konkurrens, infrastruktur och hållbar utveckling. Infrastrukturens utformning gör att en viss kapacitet kan erbjudas till de ovan liggande nivåerna. I mitten finns transportörerna som tillsammans utgör ett transportnätverk. De efterfrågar god infrastruktur för att förbättra flöden samtidigt som de bidrar med ett utbud för företag i behov av transporter. Dessa företag är den översta nivån i systemet och består av det materialflöde som måste tillgodoses. De efterfrågar därför transportörerna (Wandel et al., 1992).



Figur 3.2 Transportsystemets tre nivåer (Wandel et al., 1992).

### 3.4 Vinstmarginal och kostnadsdrivare i transportbranschen

I Sverige har de stora transportföretagen en vinstmarginal mellan två till tre procent (Levandi & Mårdberg, 2016). Anledningen till de låga vinstmarginalerna är den hårda konkurrensen på marknaden. Många aktörer återfinns på marknaden då inträdesbarriärerna är låga vilket i sin tur har lett till ett pressat prisläge. Levandi och Mårdberg menar vidare att de flesta företag i branschen har näst intill identiska kostnadsstrukturer härlett från att många företag använder sig av liknande fordon samt att fackliga avtal reglerar förarnas löner. Vidare delar de upp ett transportföretags kostnader i tre kostnadsposter där de två största är förarnas löner och sociala avgifter, 65,8 procent, följt av kostnader relaterat till fordonen, 27,3 procent.

### 3.5 Effektivitetsvariabler som har inverkan på distributionssystemet

Syftet med logistik är enligt Jonsson och Mattsson (2016, s. 26–32) att genom effektiviseringar i materialflödet påverka resultatet för företaget positivt. Effektiviteten kan uttryckas i olika effektivitetsvariabler som har en direkt eller indirekt inverkan på företagets kostnader eller intäkter. Genom att sätta upp mål, mäta och följa upp de olika variablerna kan företag enligt Jonsson och Mattsson driva sin logistik i en riktning som ligger i linje med den övergripande affärsstrategin. För detaljerad beskrivning av alla ingående variabler och deras vardera ingående element hänvisas läsaren till *Logistik: läran om effektiva materialflöden* av Jonsson och Mattsson (2016). Det som använts för att underbygga analysen är de delar av kundservice som berör leveransservice och därifrån framförallt det som hör till leveransprecision. Dessutom diskuteras hur ökad flexibilitet kring leveranstider kan öppna upp för möjligheten att fokusera på mindre miljöpåverkan vid valet av transportalternativ.

## 3.6 Utveckling av distributions- och transportbranschen

Distributions- och transportbranschen kommer fortsätta att förändras och utvecklas under de kommande åren. Eissler (2016) menar att processer och system som var aktuella för något år sedan redan idag är utdaterade. Distributörer kommer snabbare än tidigare hitta nya sätt att bli effektivare, reducera kostnader och utforska nya möjligheter. Branschen kommer att introducera nya koncept och ny teknik kommer att börja användas som kan revolutionera hur samhället betraktar transporter.

### 3.6.1 Logistikens utvecklingsmöjligheter

Något som enligt van Binsbergen och Visser (1999) skulle göra skillnad för distributionssystemen är att separera transporter inom städer, från transporter mellan städer. Det kan göras genom externa logistikcenter där omlastning mellan fordon sker. De menar att separation möjliggör optimering av distributionssystem vilket är svårt om de kombineras. Inom städer är det mest effektivt att använda sig av ljud- och emissionsfria, lätta och manövrerbara fordon. Mellan städer är istället stora lastbilar, tåg eller båt det optimala ur denna synpunkt. Detta gör även att de optimala omlastningsterminalerna bör ligga i anslutning till järn- eller vattenvägar (Rowland, 2014).

En vidareutveckling från separerade distributionssystem är så kallade urbana konsolideringscenter eller *UCC* (Van Duin, Quak & Muñuzuri, 2010). De har som syfte att låta gods till städer från olika transportörer samlas upp utanför staden för att konsolidera de transporter som ska till samma område. Van Duin et al. menar att *UCC* minskar miljöpåverkan och trängsel då färre transporter behöver köras. Samtidigt finns det med *UCC* även svårösta problem. Detta eftersom det inte är självklart hur kostnader och vinst ska fördelas och ovilja att samarbeta kan finnas från transportörernas sida.

### 3.6.2 Teknikens utveckling

Den enskilt största tekniska innovationen som antas förändra transportbranschen i grunden är automatiseringen. Volvo Lastvagnar (2018) skriver att automatisering kommer i flera former, allt ifrån system som stöttar föraren till helt förarlösa fordon. Förarlösa lastbilar väntas vara både billigare och säkrare än de som körs av människor. Tekniken är dock inte helt redo än och förarlösa lastbilar väntas bli vanliga först om fem till tio år (Friedman, 2017).

Teknisk utveckling väntas också ske på andra sätt. Antún (2016) spår att IT kommer att implementeras inom fler områden för att exempelvis automatisera ruttplanering och förbättra logistiken. Också fordonens utformning kommer att förändras på olika sätt. Trenden är till exempel skjutdörrar på fordonens sidor, lägre golv för enklare lossning samt annat chassimaterial för att göra fordonet lättare (Antún, 2016).

### 3.6.3 Framtidsutsikter för dagligvaruhandel

För dagligvaruhandeln är den stora trenden hemleverans av mat. Enligt en artikel i Sydsvenskan köptes under 2016 knappt två procent av all mat i Sverige över nätet men antal köp ökade samtidigt med 34 procent ("Fler väntas handla maten över nätet", 2017). I artikeln framgår att Sveriges ledande livsmedelsföretag har startat nätbutiker och flera andra aktörer har också anträt marknaden. En aktör som växer särskilt mycket utomlands är Amazon som förutom livsmedel tillhandahåller en enorm mängd andra produkter. Sådana nätmarknader som erbjuder kunden ett brett utbud av olika produkter direkt på sin plattform antas vara framtiden (Marguier,

2017). Amazon satsar även på leveranser med hjälp av drönare vilket de år 2018 menar kommer vara ett snabbt, säkert och effektivt sätt att transportera gods till slutkund i framtiden.

### **3.7 Miljöpåverkan kopplad till traditionell logistik**

Den traditionella logistiken som är uppbyggd på fossila bränslen påverkar miljön runt omkring negativt framförallt genom de avgaser och ljud som transporterna för med sig (Foltyński, 2014). I nedanstående stycken presenteras de olika externaliteterna som påverkar miljön negativt samt vilka konsekvenser som de mer specifikt resulterar i.

#### **3.7.1 Buller**

I Sverige bedöms enligt Naturvårdsverket (2018a) cirka två miljoner invånare utsättas för buller över riksdagens gränsvärde för buller vid bostaden på 55 decibel. Då trafiken är den absolut största orsaken till detta skadliga buller är det en relevant faktor vid bedömningen av transportbranschens miljömässiga hållbarhet.

De hälsoskadliga effekterna som detta trafikbuller har på befolkningen får enligt Naturvårdsverket (2018b) utlopp i många olika åkommor och negativa effekter både långsiktigt och kortsiktigt. Bland de kortsiktiga återfinns åkommor som höjd hjärtfrekvens, tillfälligt förhöjt blodtryck och olika hörselskador. De kortsiktiga åkommorna kan resultera i långsiktiga konsekvenser som hjärt- och kärlsjukdomar samt kroniska hörselskador om problemen pågår under lång tid. Andra vanligt förekommande åkommor är stress, koncentrationssvårigheter och sömnsvårigheter. En av fördelarna med eldrivna lastbilar enligt Foltyński (2014) är att de är tystare under drift än dieseldrivna lastbilar är. Detta gör buller till en relevant faktor som särskiljer hållbarheten i olika transportlösningar.

#### **3.7.2 Koldioxidutsläpp**

Vid förbränning av fossila bränslen som diesel och bensin bildas gasen koldioxid som i för stora mängder har negativ effekt på miljön (Naturvårdsverket, 2017a). Dieseldrivna lastbilar orsakar därmed stora klimatpåverkande koldioxidutsläpp. Visserligen står eldrivna lastbilar också för ett visst utsläpp av växthusgaser men det kan enligt SGU (2018) huvudsakligen härledas till fordons- och batteriproduktionen. De eldrivna fordonen bidrar dessutom med sekundära utsläpp då elproduktionen i många länder huvudsakligen sker med fossila bränslen. Rizet et al. (2015) skriver exempelvis att den franska elproduktionen ger upphov till 53 gram koldioxid per kilowattimme.

Enligt Internationella energirådet (2017) står vägtransportsektorn för nästan 20 procent av de totala utsläppen i den europeiska delen av OECD under 2015. Det gör att denna sektor har störst påverkan på växthuseffekten vad gäller koldioxidutsläpp av alla sektorer i Europa. I Sverige stod samtidigt vägtransporterna år 2016 för över 90 procent av de totala koldioxidutsläppen som transportsektorn bidrar med för inrikes transporter (Naturvårdsverket, 2017c).

Då Sveriges produktion av elektricitet ses som i princip fossilfri blir även transporten med eldrivna distributionsfordon så gott som emissionsfri nationellt (Lindholm, 2017). Detta står i kontrast till de traditionella transporterna för vilka fossila bränslen utgör källan för energin och således resulterar i utsläpp av stora mängder koldioxid.



### 3.7.3 Kväveoxidutsläpp

Utöver koldioxidutsläpp står dieseldrivna lastbilar även för andra typer av miljöfarliga utsläpp (Internationella energirådet, 2017). År 2016 stod den lätta och tunga lastbilstrafiken tillsammans för ungefär hälften av vägtransporternas totala utsläpp av kväveoxider i Sverige (Rabe, 2017). Kväveoxider är även i stor mängd skadliga för människan och orsakar problem i framför allt städer (Bernes, u.d.).

### 3.7.4 Emission av skadliga partiklar

Fordonstrafik resulterar enligt Trafikverket (2017a) i utsläpp av diverse partiklar. Om partiklarna är tillräckligt små kan de andas in av människor och ge hälsovådliga effekter. Partiklar kommer både från avgaserna och i form av slitagepartiklar från till exempel däck och vägar. För slitagepartiklar finns ingen skillnad mellan dieseldrivna och eldrivna lastbilar eftersom båda orsakar likvärdigt slitage. Då enligt Trafikverket (2017a) endast cirka sju procent av de 3 000 dödsfallen som partiklar orsakar i Sverige per år kan härledas till slitage är även i detta avseende de dieseldrivna lastbilarna och förbränningspartiklarna problemet.

## 3.8 Miljökonsekvenser kopplade till batteritillverkning för eldrivna fordon

Idag finns det stor enighet i att en elektrifiering av distributionssystemet är den mest lovande lösningen för de miljöproblem som transportbranschen står inför (Kleiner et al., 2017)). Dock står elektrifieringen inte helt utan negativa konsekvenser utan det finns även här problem och sidoeffekter som bör tas i beaktning. Nedan kommer hållbarhetsaspekter kopplade till batteriframställning diskuteras i syfte att ge en bild av innebörden av ett skifte.

De negativa effekter som elektrifiering av distributionsfordon innebär har nästan uteslutande sitt ursprung i batteritillverkningen och brytningen av metaller som ingår. Efterfrågan på i batterier använda metaller kommer att öka i takt med efterfrågan på batterier. Den förväntas i sin tur enligt SGU (2018) öka dramatiskt de kommande åren. För att utvinningen ska kunna ske på ett hållbart sätt krävs förändrade metoder och att redan bruten metall återvinns.

Den metall som oftast nämns när batterier diskuteras är litium som är en central komponent i litium-jonbatterier. Litium utvinns framför allt i Sydamerika där det är enklast och billigast. Med utvinningen kommer emellertid enligt LithiumMine (2018) svåra problem. Det mesta av brytningen sker i mycket torra områden där oåterkalleliga ingrepp görs i landskapet samtidigt som stora mängder vatten förbrukas (Levander, 2016). I litiumrika områden i Chile används två tredjedelar av områdets dricksvatten till litiumbrytning och risken finns att vattnet tar slut (LithiumMine, 2018). Dessutom är arbetsförhållandena vid litiumbrytning enligt Levander (2016) ofta undermåliga.

Levander (2016) menar att det finns bra och miljövänliga alternativ till dagens brytning som ännu inte tagits i bruk på grund av låga priser. Exempelvis kan nya moderna anläggningar byggas vid existerande brytningsplatser och det är även möjligt att utvinna litium ur berggrunden vilket inte kräver samma mängd vatten. Litium är heller ingen bristvara utan dagens kända tillgångar väntas enligt Levander räcka i 600 år.

Andra viktiga metaller för batteriframställning är även de förknippade med en problematisk utvinning enligt Opray (2016). Även om litium är en viktig beståndsdel i batterier består de till största del av nickel vars brytning både är miljö- och hälsofarlig. Gruvbrytningen och

bearbetningen skapar enligt Opray ett damm som innehåller höga koncentrationer av flera giftiga metaller vilket skadar de som arbetar med det. Smältverken producerar även den hälsovådliga gasen svaveldioxid och bristande rening av denna har fått flera smältverk att stänga.

En annan viktig metall i batterier är kobolt. Demokratiska Republiken Kongo står för 64 procent av världsproduktionen av denna metall (SGU, 2018). Landet är enligt SGU tyngt av interna stridigheter, laglöshet och brist på respekt för mänskliga rättigheter. Detta är något som också präglar brytningen av kobolt vilken sker under hemska förhållanden. Det finns dock enligt Levander (2016) möjlighet att köpa konfliktfri kobolt och eftersom priset på kobolt ökar kommer också produktionen att öka i länder med mindre problem.

### **3.9 Globala drivkrafter för hållbara transporter**

Världen står inför en rad utmaningar i och med klimatförändringarna. Då majoriteten av utmaningarna och problemen är globala kommer lösningarna att kräva samverkan över nationella gränser. Detta ställer krav på mänskligheten att tillsammans agera för att hantera och motverka de negativa effekterna som människan orsakar (WWF, 2017).

Det finns många olika aktörer, organisationer och gemensamma aktioner som har som mål att hantera utmaningarna. Den största globala aktören inom detta området är Förenta nationerna (FN).

#### **3.9.1 Globala utmaningar inom transportsektorn**

Världen står inför ett växande hot till följd av det allt mer alarmerande klimatläget. FN har genom Parisavtalet som skrevs 2015 enligt Regeringskansliet (2018) satt som mål att jordens medeltemperatur inte ska öka med mer än två grader Celsius. För att detta ska kunna uppnås behöver en rad åtgärder ske inte minst inom distributions- och transportsektorn.

Den globala frakttrafiken väntas enligt Vandycke (2017) öka med 70 procent till år 2030 som ett resultat av den snabba globaliseringen. Nuvarande transportupplägg är därför inte hållbart för framtiden och för att komma till bukt med miljöproblemen har ett antal globala mål tagits fram.

#### **3.9.2 Förenta nationernas miljömål**

För att nå det huvudsakliga målet har 17 olika globala utvecklingsmål satts upp (Förenta nationerna, 2018). Det trettonde målet som FN har kommit överens om handlar om klimatförändringar och rubriceras som att inta akuta åtgärder för att bekämpa klimatförändringarna och dess effekter.

Klimatförändringarnas konsekvenser påverkar enligt Förenta nationerna (2018) livet negativt för människor, djur och samhälle samt leder till stora kostnader för de påverkade länderna. Eftersom klimatförändringarna har en global påverkan som inte tar hänsyn till nationella gränser kommer inte enskilda aktioner vara lösningen på problemen. FN menar att lösningen måste komma genom samordning på ett internationellt plan där alla världens nationer tillsammans jobbar för att nå målen.

### **3.10 Nationella regelverk som påverkar transportsektorn**

I Sverige har enligt Regeringskansliet (2017) Riksdagen tagit fram ett klimatpolitiskt ramverk. Utformandet är menat att främja ett kontinuerligt arbete och för att ge förutsättningar att lösa dagens miljöutmaningar. Målet är att nettoutsläppet av växthusgaser till atmosfären ska försvinna senast år 2045 och därefter ska utsläppen vara negativa. Negativa utsläpp innebär enligt Regeringskansliet att mer klimatgaser tas upp som en del av naturens kretslopp samt satsningar i klimatprojekt utomlands än vad som släpps ut. En av de sektorer som framförallt omfattas av ramverket är landets transporter där stor del av utsläppen genereras.

Trafikverket skriver i en rapport (2016a) att Regering och Riksdag även har beslutat om delmål som sträcker sig till år 2020. Specifikt för transportsektorn är målet att minst tio procent av energianvändningen ska komma från förnybar energi. Styrmedel behövs för att öka andelen och för att främja produktion av hållbara drivmedel. De medel som enligt Trafikverket främst har diskuterats är införandet av skattereduktioner och kvotplikter. Införandet av en eventuell kvotplikt innefattar krav att en viss andel av drivmedel som säljs ska vara förnyelsebar. Det krävs även stöd för infrastruktur för laddning och utveckling av affärsmodeller för laddning på statlig nivå.

#### **3.10.1 Regleringar för vikt**

Eldrivna lastbilar väger enligt Pröckl (2016) mer än konventionella lastbilar eftersom elmotor och batterisystem ofta väger mer än förbränningsmotorer med tillhörande komponenter. Det är därför viktigt att hänsyn tas till de regleringar av vikt som finns i dagsläget. I Trafikförordningen (SFS 1998:1276) står det att fordonsvikter som är tillåtna att transportera avgörs av vägnas bärighetsklass som kan delas in i tre olika klasser. Det tillåtna axeltrycket varierar mellan klasserna men beror även på utformningen av axelkombinationer. De berörda fordonen är de som räknas till den tunga trafiken alltså de vars vikt överstiger 3,5 ton. Överlast innebär att en lastbil körs på en väg med högre axeltryck, boggitryck eller bruttovikt än det som tillåts för fordonet eller vägen. I Trafikförordningen kapitel 4 paragraf 12 framgår vilka gällande restriktioner som finns.

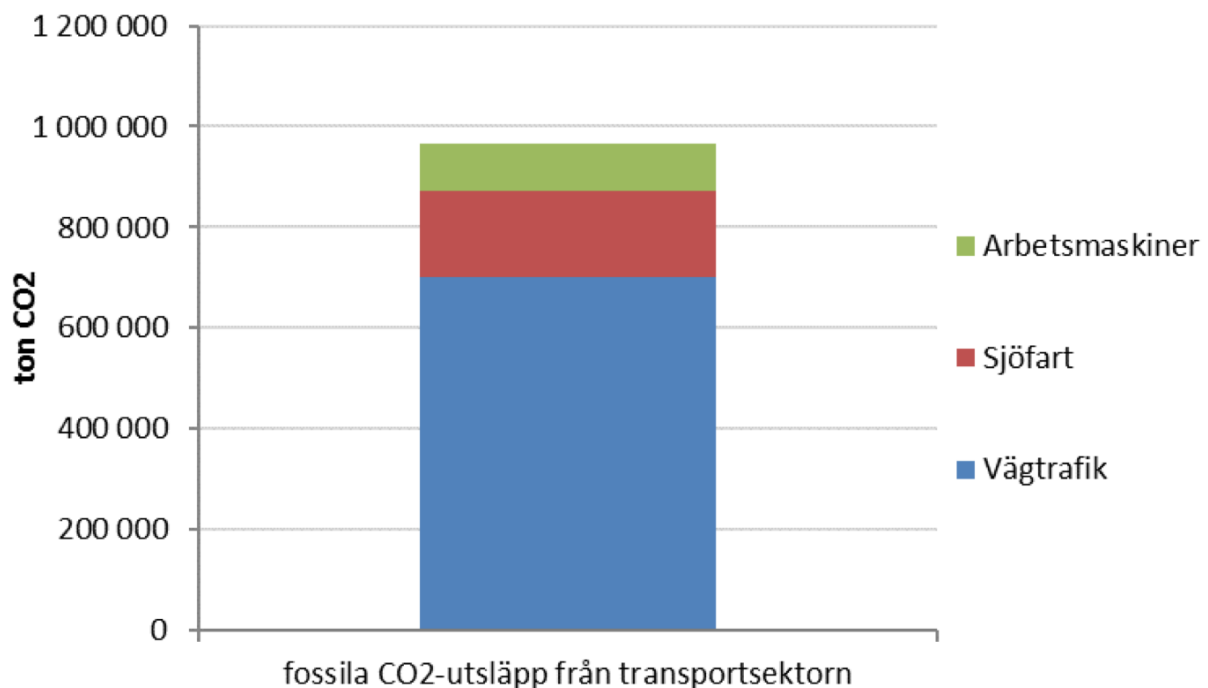
#### **3.10.2 Reglering av livsmedelsdistribution**

Livsmedelsverket har tillsammans med branschaktörer inom ramen för Föreningen Fryst och Kyld Mat (2016) formulerat riktlinjer för tempererade transporter för att säkerställa god livsmedelssäkerhet under lagring och transport. Riktlinjerna fungerar som branschrekommendationer och är uppdaterade för att överensstämja med aktuell lagstiftning. Det som riktlinjerna avser är varuflödet från producenter till butikernas varumottagning. Sammanfattningsvis eftersträvas en obruten kyl- och fryskedja för att kunna leverera god matsäkerhet. För att uppnå detta krävs noggranna kontroller och dokumentation under transport framförallt med avseende på temperatur (Föreningen Fryst och Kyld Mat, 2016).

Distribution av livsmedel är också hårt reglerad av butikernas möjlighet att ta emot varor eftersom lossningen enligt K. Håkansson på Coop (personlig kommunikation, 13 februari 2018) är ett kritiskt moment för framförallt tempererade varor. Därför krävs nära samordning och hög leveransprecision från transportföretagen. Därtill är arbetstiderna i dagligvaruhandeln reglerade av såväl arbetsmiljöverket som facket och arbete i butik nattetid är inte tillåtet (AFS 2015:12).

### 3.11 Lokal påverkan för hållbara transporter

I Göteborgs stad finns lokala miljömål uppsatta som går i linje med de nationella. Ett av målen berör minskade koldioxidutsläpp och i beskrivningen belyses bland annat problematiken med godstransporter och behovet av energieffektivare lastbilstransporter. Kommunens möjlighet att påverka beskrivs dock som ”begränsad” (Göteborgs stad, u.d. (a)). I figur 3.3 visas 2015 års koldioxidutsläpp i Göteborgs stad från transportsektorn uppdelat efter kategorier med identifierad störst inverkan.



Figur 3.3 Illustration av koldioxidutsläpp från transportsektorn i Göteborg uppdelat efter transportkategorier (Göteborgs stad, u.d.(a)).

#### 3.11.1 Dieselfria zoner

Göteborgs stad har problem med dålig luftkvalitet och den främsta orsaken är utsläpp från trafiken (Göteborgs stad, u.d. (b)). För att förbättra luften har miljözoner införts i flera delar av staden i vilka krav på tunga lastbilar med utgångspunkt i EU:s miljöklassificering av fordon. Beroende på registreringsår och euroklass förbjuds tunga fordon att köra i delar Göteborgs stad.

#### 3.11.2 Trängsel

I urbana områden är trängsel ett växande problem visar en rapport från VTI (Vierth et al, 2012). För att lösa problematiken finns det enligt rapporten olika tillvägagångssätt; logistiklösningar som främjar effektiva flöden, ny teknik och policyåtgärder.

I Göteborgs stad samarbetar flera åkerier och speditörer med den kommunala enheten Trafikkontoret som drivs av Trafiknämnden. Enligt C. Widegren (personlig kommunikation, 12 mars 2018) logistikutvecklare på Trafikkontoret är ett av verksamhetens fokusområden att skapa en väl fungerande trafiksituation där samverkan och samlastning i godsnätverket minskar trängseln. Genom förändrade regelverk kan uppsatta mål nås. Verksamheten har exempelvis varit drivande i att ta bort enkelriktningar i Göteborgs innerstad för att eliminera onödiga körningar vid lastning och lossning. Därtill menar C. Widegren (personlig kommunikation, 12

mars 2018) att det är viktigt att minimera trafikbelastningen i stadskärnor under rusningstrafik. Detta är dock svårt att reglera då många godsleveranser måste ske på förmiddagarna. Det har införts stadsleveranser där samlastning sker med anslutna transportföretag för att undvika onödiga körningar och för att få bort tunga transporter från känsliga områden.

### **3.12 Jämförelse mellan eldrivna och konventionella lastbilar**

Den stora skillnaden mellan eldrivna lastbilar och konventionella är som namnet indikerar att de eldrivna drivs av elmotorer istället för förbränningsmotorer. Tesla, Mercedes och Volvo är bara några aktörer som satsar på utveckling av eldrivna lastbilar. De olika lösningarna skiljer sig enligt Pröckl (2016) åt vilket bland annat resulterar i att antalet elmotorer och batterier per lastbil kan variera mellan modellerna. Den elektriska motorns karaktär gör enligt Söderholm (2017) att maximalt vridmoment utvinns oavsett varvtal. Konsekvensen av detta blir enligt honom att eldrivna lastbilar kan accelerera fortare än dieseldrivna, där motorn måste varvas upp till ett visst varvtal innan maximalt vridmoment kan utvinnas.

En annan praktisk skillnad mellan elektriska lastbilar och dieseldrivna har att göra med hur långt fordonen kan färdas utan att laddas eller tankas. Mercedes (2016) hävdar att deras lastbil kommer att kunna färdas upp till 200 kilometer utan att laddas. En vanlig dieseldriven lastbil från Volvo färdas upp mot 400 kilometer på en tank (Volvo Lastvagnar, u.d.). Detta i kombination med att det i dagsläget tar betydligt längre tid för eldrivna lastbilar att laddas än vad det tar att tanka en dieseldriven leder till att räckvidden utgör en begränsande faktor för elbilen (Morganti & Browne, 2018).

### **3.13 Laddningssystem för eldrivna fordon**

En övergång till eldrivna fordon i stor skala ställer krav på infrastrukturen för laddning av batterierna. Elbilar med batterier (BEV) har enligt Dijk, Orsato och Kemp (2013) två infrastrukturella alternativ för uppladdning. Det ena är ett batteribytessystem (BSS) och det andra är uppladdningspunkter. Plug-in-hybrid-elbilar (PHEV) kan enligt Dijk et al. laddas vid en uppladdningspunkt eller genom att utnyttja energi från förbränningsmotorn.

Batteribytessystem fungerar enligt Wu, Pang, Choy och Lam (2018) för konsumenten likt en bensinstation. När batterinivån börjar bli låg kan föraren transportera sig till närmaste BBS-station och byta batteri till ett fulladdat. BBS-leverantören tar in batteriet med låg laddning, laddar det och batteriet kan när det är fulladdat sedan användas av en annan kund.

Laddning vid uppladdningspunkt kan ske enligt två principer, konduktiv- eller induktiv laddning. Den konduktiva laddningen sker genom att en laddare ansluts till bilen och överför ström via en ledare (Wu, Gilchrist, Sealy, Bronson, 2012). Denna typ av laddning varierar i tidsåtgång från 15 minuter upp till tio timmar beroende på bland annat batteriets kapacitet och laddarens effekt (Longo et al., 2016).

Induktiv laddning fungerar genom att ett varierande magnetiskt flöde skapar ett elektriskt flöde enligt Faradays lag och därigenom laddas batteriet (Encyclopædia Britannica, 2006). Fördelarna med induktiv laddning är flera, vilket medför en ökad efterfrågan på denna typ av laddning för eldrivna fordon. Den viktigaste fördelen är möjligheten att ladda under användning. Flexibiliteten som detta medför leder till potentiella fördelar vad gäller batteriets räckvidd (Longo et al., 2016). Trots att det sker forskning inom området med induktiv laddning är konduktiv laddning fortfarande effektivare och det finns säkerhetsrisker med den induktiva tekniken (Chalmers tekniska högskola, 2014).

### **3.14 Elektrifiering som en lösning på transportsektorns miljöpåverkan**

De begränsade oljetillgångarna är enligt Sandén och Wallgren (2015) en stark drivkraft för elektrifiering i framtiden då beroendet skapar en betydande ekonomisk risk för transportsektorn. Därtill gör utsläppens klimateffekter att olja inte är ett hållbart alternativ. Det finns emellertid barriärer som försvårar elektrifiering av vägtransporter. De består av dyra batterier och fordonens kapacitet men också av infrastruktur och anpassningar.

För personbilar går enligt Kleiner et al. (2017) utvecklingen mot elfordon snabbt medan det för tyngre fordon går betydligt långsammare. De menar att det är resultatet av politiska prioriteringar samt informationsbrist kring flottor för elektrifierad distribution. Olika direktiv sätter gränser för utsläpp och luftkvalitet som blir allt svårare att uppnå utan större förändringar.

#### **3.14.1 Möjligheter med elektrifiering**

Elektrifiering av urbana distributionssystem kan på många sätt förändra stadsmiljön och påverka hur städer byggs och utvecklas. Fördelarna med elektricitet som drivmedel är många och de kan utnyttjas för att förbättra livet i städer. I kombination med andra innovativa lösningar kan fördelarna bli ännu större och idag sker många olika studier i hur detta görs på bästa sätt (CLOSER, 2018a). Utvecklingen går fort och inom den närmsta tiden är stora förändringar att vänta (RISE, 2017).

Jämfört med konventionella distributionsfordon är eldrivna fordon väldigt tysta då ljudnivån från motorn är lägre (Lindholmen Science Park, 2016). Detta gäller framför allt vid låga hastigheter. När hastigheten ökar minskar skillnaden då ljuden från vägen tar över. Samtidigt bidrar elmotorer inte med det lågfrekventa buller som produceras av tunga fordon med fossila drivmedel som är en källa till bullerstörningar även inomhus. De låga ljudnivåerna möjliggör tysta leveranser nattetid vilket i sin tur bidrar till färre lastbilar och mer plats på vägarna under dagen (CLOSER, 2018b).

Eldrivna distributionsfordon genererar heller inga utsläpp på plats i staden vilket är ett stort problem med dieseldrivna fordon (Lindholmen Science Park, 2016). I europeiska städer orsakar dieselutsläpp genom framförallt kväveoxider tiotusentals dödsfall varje år (Valentino, 2017). Genom att gå över till elektricitet och minska utsläppen kan samhället spara stora summor pengar varje år. Tillsammans med lägre ljudnivåer bidrar de lägre utsläppen till en bättre stadsmiljö (Lindholmen Science Park, 2016).

I kombination med innovativa lösningar som samlastning av transporter och separation av transporter till städer och transporter utanför städer kommer elektrifierade distributionsfordon att möjliggöra ökad förtätning av städerna (Älvstranden Utveckling, 2018). Genom att lasta om gods till mindre eldrivna distributionsfordon på omlastningscentraler behöver stora lastbilar inte köra inne i staden. Mindre fordon kräver mindre utrymme vilket gör att existerande infrastruktur kan användas mer effektivt och att markhushållningen blir bättre.

För att göra fordonsflottan och distributionssystemen mer miljövänliga är det enligt Regeringens kommittédirektiv 2012:78 viktigt att göra slut på beroendet av fossila bränslen. Det finns utöver uppladdningsbara batterier andra alternativa tekniker och alternativa drivmedel som skulle kunna användas för att råda bot på de miljöproblem som diesel orsakar. För att ge en övergripande bild över vilka olika tekniker som diskuteras runt om i världen inom elektrifiering presenteras de i följande avsnitt.

### **3.14.2 Elhybrider som ett möjligt första steg i elektrifieringen**

Elhybrider är fordon som har mer än en källa till drivkraft. Elhybrider har en vanlig förbränningsmotor och en elmotor. Utsläppen från en elhybrid är betydligt mindre än för konventionella fordon (Miljöfordon, 2017). Drivsystemet fungerar genom att båda eller en av motorerna arbetar med att driva fordonet (Bachman, 2011). Det vanligaste är att elmotorn används som drivkälla så länge det finns energi i batteriet och så länge fordonets hastighet understiger en specificerad gräns. När något av de två villkoren bryts går drivsystemet över till att använda förbränningsmotorn som drivkälla. Delar av den spillenergi som förbränningsmotorn skapar används i systemet till att ladda batteriet. Batteriet kan också laddas av drivsystemet genom att använda energin som skapas från exempelvis inbromsningar och tomgångskörning. Elhybridteknik bidrar med minskade utsläpp men är inte en ensam lösning för transportsektorns miljöpåverkan. Vid användning av biobränsle blir emellertid fordonet koldioxidneutralt (Miljöfordon, 2017).

### **3.14.3 Elvägar som en del av elektrifieringen**

Elvägar är något som har diskuterats de senaste åren runt om i världen och Sverige har med Scania i spetsen tagit ledningen i utvecklingen (Edling, 2017). Sverige är med ett projekt kallat Elväg E16 först i världen med att öppna en publik elektrifierad vägsträcka. Sträckan är två kilometer lång och är belägen utanför Gävle. Tekniken som används till elektrifieringen är utvecklad av Siemens och det är till en början Scantias lastbilar som kommer köras på vägen. Scania har varit en drivande kraft i Elväg E16-projektet och de har sagt att de ser elvägar som en nyckel till att klara Sveriges mål att vara fossilfritt innan 2030 (Scania, 2016).

Trafikverket har ställt sig positivt till utvecklandet av elvägar och presenterade i slutet av 2017 en nationell plan för implementering av elvägar som sträcker sig fram till 2022. Målet med planen är att Sveriges vägnätverk ska innefatta elvägar motsvarande en sträcka mellan 20 och 30 kilometer innan 2022 (Andersson et al., 2017).

I planen som trafikverket har tagit fram presenteras tre olika tekniker som är intressanta i val av kontinuerlig fordonsnära överföring av el till fordonstrafiken. De tre teknikerna som diskuteras är: konduktiv överföring via luftledning, konduktiv överföring via spår eller ledare i vägen och induktiv överföring via elektromagnetiska fält från vägkroppen. De tre teknikerna har alla olika för och nackdelar. Enligt Andersson et al. (2017) är det den förstnämnda tekniken, vilken också används för Elväg E16, som utvecklingen har kommit längst med och därför är den som för tillfället är mest intressant.

## 4 Empiri

I detta kapitel redogörs för de data som tagits fram för att besvara studiens frågeställningar. Inledningsvis beskrivs det distributionssystem som legat till grund för studien. Därefter presenteras systembeskrivningar från involverade aktörers olika perspektiv för att skapa förståelse för nuläget och de faktorer som formar dagens system. Avslutningsvis redogör kapitlet för de data som inhämtats från den genomförda datainsamlingen vilket ger en möjlighet att analysera vilka krav som finns på en elektrifierad fordonsflotta. De olika delarna utgör del i underlaget som krävs för att uppfylla studiens syfte.

### 4.1 Beskrivning av distributionssystemets transportupplägg

För att få förståelse för det aktuella distributionsflödet har intervjuer och direkta observationer genomförts. I detta avsnitt följer en beskrivning av aktörerna och deras samarbetssituation, flödenas utformning och vilka intressen som påverkar systemet.

Kunden Coop beskriver sina behov för transportsamordnaren som planerar logistiklösningar efter kundens önskemål. Detta moment sker i form av att kunden lägger den fraktorder som innehåller information om vilket gods som kunden är i behov av och var detta gods ska fraktas. Transportsamordnaren köper sedan in transporter från transportören som genomför de faktiska körningarna ut till kundens butiker. Därmed fungerar transportsamordnaren som en mellanhand mellan kund och transportör. Transportören planerar sedan själva utformningen av rutten med utgångspunkt från transportsamordnarens terminal. Coops butiker i Göteborg är i behov av att få sina leveranser under morgon och förmiddag för att erbjuda sina kunder önskad servicegrad och för att kunna ta hand om godset innan kunderna kommer till butiken. Leveranser sker dagligen och frekvensen beror på butikens storlek och typ. Körningarna planeras av transportören efter avstånd, tidsprecision och godstyp. Transportören samlar ofta små fraktorder i redan befintliga körningar som är ämnade för samma butiker eller samma geografiska område. Detta görs med syfte att minimera antalet körningar.

Samtliga studerade transporter utgår från transportörens omlastningsterminal i Göteborg. Inkommande gods lastas om till transportörens lastbilar för leverans ut till butikerna. Till vissa butiker går även en del transporter direkt från Coops centrallager i Mälardalen utan att passera omlastningsterminalen. Långdistanskörningarna behandlades inte i studien eftersom de berör butiker utanför det begränsade området.

Alla lastbilar som körs har ett unikt ID för varje fraktorder för att underlätta spårbarheten i transporterna. Under dagen sker lossning och lastning av gods vid butikerna. Butikernas inbördes ordning i rutterna påverkar hur varorna lastas eftersom det måste gå snabbt för transportören att lasta av och på rätt gods vid varje stopp. Vid ankomst kvalitetssäkras även leveranserna tillsammans med varumottagaren för att säkerställa rätt temperatur och att varorna är i gott skick.

Transportupplägget formas till stor del av de involverade aktörernas intressen. Gemensamt för samtliga är att respektive verksamhet måste vara ekonomiskt hållbar. I följande avsnitt har tre av de inblandade aktörerna intervjuats för att få en godare förståelse för verksamheterna och deras drivkrafter.



## **4.2 Systembeskrivning från ett kund-, transportörs- och teknikperspektiv**

Intervjuer genomfördes som underlag till att besvara studiens frågeställningar. De används för att förstå vad som krävs av fordonen i ett elektrifierat distributionssystem för att utgöra ett hållbart transportsätt. Intervjuerna har bidragit med beskrivningar och synliggjort aktörernas olika intressen. I avsnittet ges förutsättningar för dagens distribution ur ett kundperspektiv samtidigt som transportören bidrar med sitt perspektiv på transportererna. Avslutningsvis ges av fordonstillverkaren ett teknikperspektiv på elektrifiering av livsmedelsdistributionskedjan.

### **4.2.1 Distributionssystemet ur kundens perspektiv**

Flera intervjuer och möten genomfördes med Kjell Håkansson på Coop Logistik AB. Coop är ett av Sveriges ledande livsmedelsföretag och Coop Logistik AB inriktar sig på planering och upphandling av dess distribution. De tillämpar ett tydligt hållbarhetstänk och arbetar på flera sätt med att begränsa mängden koldioxid som släpps ut. Samtidigt finns dock ett betydande ekonomiskt perspektiv där Coop vill minimera kostnaderna för distributionen.

Varuflödesutvecklaren Håkansson menar att det både är svårt och ointressant att i dagsläget genomföra förändringar av det nuvarande logistikupplägget. Coop är ett kooperativt förbund och detta innebär att de enskilda butikerna har stor makt att själva styra över sina leveranser och när de ska ske. I regel sker leveranserna tidigt under dagen och butikerna har inte gett några indikationer att de skulle vara intresserade av att ändra på detta system. Att förändra enskilda leveranstider är också svårt då butikerna planerar efter att få leveranserna inom ett visst tidsspann.

Alla Coops transporter loggas och data registreras över tider, startvikter och avstånd. Det finns däremot inte att tillgå hur stor vikt som lastas av vid respektive stopp. Varuflödesutvecklaren menar att det förenklat kan antas att vikten under en transport minskar proportionellt mot antalet stopp. Utöver leveranser sker även upphämtning av returgods vid butikerna. Totalt beräknas att det i snitt hämtas upp två ton returgods under varje rutt vilket gör att lastvikten aldrig sjunker ned till noll. Viktens variation och inverkan på transportererna har enligt varuflödesutvecklaren inte studerats tidigare. Han menar däremot att det vore intressant att studera eftersom lastvikterna är centrala för Coops transporter. En förutsättning för att övergå till eldrivna distributionsfordon är att de klarar av att transportera dagens lastvikter.

För att få lönsamhet i eldrivna lastbilar krävs att fordonen utnyttjas under stora delar av dygnet. Det räcker alltså inte enbart att se till Coops körningar under morgon och förmiddag utan det måste även tas i beräkningen hur lastbilarna används övriga tider. Coop är intresserade av detta eftersom de genom att kombinera sina distributionsflöden och samlasta gods med andra aktörer kan spara pengar. Fyllnadsgraden menar Håkansson är den enskilt viktigaste faktorn för transportekonomin. Det finns idag en osäkerhet kring hur lastbilarna i dagsläget används under övriga tider och huruvida samlastning sker.

### **4.2.2 Distributionssystemet ur transportörens perspektiv**

VD:n för Coops transportföretag i Göteborg menade att en av de största utmaningarna är att förse sina kunder med rätt varor inom givna tidsfönster. Det gör att transportererna utgör ett komplext logistiskt dilemma i vilket kundkrav och kostnadseffektivitet ska mötas. Kostnadseffektiva transporter skapas när fordonen kan nyttjas maximalt vilket enligt VD:n

lättast uppnås genom samlastning av gods. Samtidigt måste leveranserna ske inom vissa tidsfönster, vilket försvårar möjligheten att samlasta gods.

För att hålla tidsramarna tvingas lastbilarna ofta lämna terminalen med betydligt mindre gods än vad maxkapaciteten tillåter. Kunden prioriterar tiderna högt vilket kräver anpassning från transportörens sida. Transportörerna har ett tidsfönster en timme innan och en timme efter tiden Coop angivit då leveranser tillåts ske vilket leder till att lastbilarna ibland tvingas lämna terminalen trots att lastningen inte är komplett. Det gör att det svårt för transportören att optimera sin ruttplanering och att det tar lång tid att få igenom förändringar förklarar VD:n. Förändringarna måste även förankras i alla led från transportör till slutkund.

Det är många omständigheter och faktorer som måste tas i beaktning vid transportplaneringen enligt VD:n. Varorna lastas på pallar och skrinkor som är anpassade för lastbilarnas transportutrymme. Varutyperna behandlas på olika sätt. Frysta varor transporteras ofta i separata lastbilar men de kan även samlastas med kylt gods vid behov. Kylt gods kan i sin tur samlastas med kolonialvaror. Vid leveranser hämtas övrigt gods upp från butikerna i form av tomgoods och returerna. För att klara kraven som finns vid transport av livsmedel hämtas inte tomgoods eller returerna vid samlastning eller när temperaturen måste hållas i lastbilen.

Lastbilarna återvänder i snitt till terminalen tre gånger under en dag för att lasta om och stannar i ungefär 30 minuter per gång. VD:n betonar även att en omställning till elektrifiering av distributionen i stadsmiljö är en komplex fråga. Som exempel nämns att Coops butik på Kungssportsavenyn i dagsläget inte går att nå med den eldrivna lastbil som Volvo har tagit fram eftersom lastporten ligger i ett garage med för låg takhöjd. Butiken kunde därför inte delta i det tidigare nämnda DenCity-projektet trots att den till en början var en lovande kandidat.

De flesta lastbilarna som används i distributionssystemet kan frakta 18 stycken pallar på golvytan. Om pallarna är stapelbara kan fler rymmas men det beror samtidigt på varornas känslighet i de aktuella pallarna. Enligt VD:n gör outnyttjad takhöjd att lastbilarna vanligtvis fyller runt 60–70 procent av den totala volymen. Utöver platsbegränsningar måste hänsyn tas till vikten som lastas. VD:n förklarar att det främst är framaxelvikten som är den begränsande faktorn. Kylaggregatet är placerat längst fram i lastbilen där därför tunga frysvaror måste placeras. Dessutom lastas lastbilarna av successivt under transporten vilket gör att viktens balans försämras över tid. Om utrymmet lastas jämt fördelat över golvytan kan ungefär sju ton gods lastas. Vidare berättar VD:n att Coops varor är de som utsätter lastbilarna för störst belastning i form av lastvikt och därför agerar som ett extremfall för transportföretaget.

VD:n förklarar att det tidigare transporterade livsmedel till flera kunder från terminalen vilket gjorde att möjligheterna till samlastning och optimerade transporter var större. För att leverera i rätt tid till en enda kund tvingas idag lastbilar att ibland åka med väldigt lite last och till följd av detta behöver fler lastbilar användas.

De dagliga körningarna planeras av transportören och satta planer ändras ofta för att passa behoven för just den dagen. Detta gör det svårt att kartlägga hur transportflödet ser ut i verkligheten. Det förs inte heller statistik över de slutgiltiga transportvikterna och planeringen bygger ofta på erfarenhet snarare än datoriserad information. Order från Coop kan göra att den planerade lastvikten överskrider sju ton för en körning. Eftersom maxlasten då överskrids transporteras de varor som inte får plats på ordinarie planerade rutter ut i så kallade andralass. Andralass planeras av transportören vid behov och detta syns aldrig i kundens loggade data även om detta loggas av transportören. Vid terminalen kan också närproducerat gods adderas till de ordinarie frakterna. För närproducerade varor rör det sig om maximalt en pall per butik

och har därmed en försumbar inverkan på vikten. VD:n menar därför att den data som Coop tillhandahåller över exempelvis tider och planerade rutter inte helt stämmer överens med den mer komplexa verkligheten.

Under morgon och förmiddag sker transporter mellan terminalen och Coops butiker. Därefter återvänder lastbilarna till terminalen för att plocka upp gods för att köra varor för en annan kund. Transporter för andra kunder har en betydligt lägre genomsnittsvikt som ligger under två ton. Lastbilarna är i snitt aktiva mellan åtta timmar och tio timmar under en arbetsdag och kör enbart dagtid. VD:n menar att det inte är ekonomiskt försvarbart för varken transportör eller kund att enbart leverera varor till Coop. Istället är verksamheten beroende av att lastbilarna kan beläggas större delen av dagen. Transportören menar att de gärna skulle belägga sina fordon större delar av dygnet för att bättre optimera rutterna och undvika icke fullastade transporter. Butikernas krav på leveranser under förmiddagen förhindrar detta.

Transportföretagets VD tror att det krävs att samhället ställer högre krav genom lagar och regler för att transportsystemets aktörer skall skifta sitt fokus mer åt flexibilitet och miljö. Detta fokusskifte är enligt VD:n ett måste för att undvika onödiga dubbla körningar samt möjliggöra förändringar inom ruttplanering och liknande. Vidare menar VD:n att det i dagsläget är för billigt att köpa transporttjänster vilket resulterar i att detta priset är i fokus för de flesta aktörer i ett distributionssystem. Skärpta regleringar kring utsläpp och det fokusskifte det skulle medföra för effektivitetsvariablerna är vad som krävs för att få transportörerna att planera för ökad konsolidering, samlastning och utnyttjandegrad. Detta skulle bidra till att göra elektrifierad distribution i stor skala till ett ekonomiskt hållbart alternativ.

Som ett exempel på hur flexibilitet skulle öppna upp för nya möjligheter nämner VD:n intervallet för leveranstider. Både den totala tiden på dygnet då leveranser är tillåtna och samt även intervallet för en specifik leverans. VD:n ger exempel på hur han bevittnat system i större städer såsom London där leveranser sker under nattetid genom att väktare eller andra lokalvårdare öppnar för chaufförerna som ställer av leveransen som sedan behandlas av personal som kommer under morgonen. Givetvis finns det skillnader mellan systemet som iakttas inom ramen för detta arbete och exemplet VD:n nämner men vikten av flexibilitet är värd att beakta ändå.

Angående placering av laddare som möjliggör uppladdning av batterier för eldrivna lastbilar under dagen menar VD:n att det är förknippat med vissa svårigheter. Bland annat måste specifika lastbryggor tillägnas de eldrivna fordonen vilket skapar problem i form av flexibilitet, omstrukturering och minskat användningsområde. Detta skulle enligt VD:n kunna genomföras för de lastbryggor som är avsedda för Coops transporter men utgör större problem för de transporter som inte inkluderar Coops butiker. Här används andra lastbryggor hos transportsamordning som inte är avsedda enbart för transportörens lastbilar.

### **4.2.3 Eldriven distribution ur ett teknikperspektiv**

Projektledaren Cederstav på Group Trucks Technology anser att en av de största utmaningarna för lastbilstillverkare som Volvo är att komma fram till en lönsam affärsmodell för eldrivna lastbilar som minimerar köparnas osäkerhet relaterat till räckvidd och teknikval samtidigt som tillverkarna kan säkra intäktsströmmar och behålla lönsamheten.

Lastkapaciteten och kraven på denna utgör en stor skillnad mellan eldrivna bilar och eldrivna lastbilar. Det är enligt Cederstav en viktig anledning till att elektriska drivlinor inte har fått lika stort genomslag för distributionsfordon som för privata bilar. För en personbil står maxlasten

för en mindre del av fordonets totalvikt än för lastbilar. Äldre batterier har helt enkelt varit för tunga för att göra det lönsamt att installera dem i distributionsfordon med höga krav på lastkapacitet. Utvecklingen går dock fort framåt och därför börjar det nu bli mer och mer fokus på eldrift inom Volvo.

Cederstav förklarar att en stor utmaning med elektrifiering ligger i att forskningen och teknikutvecklingen hela tiden går framåt. Detta speglar sig inte minst i att prisbilden på batterier snabbt sänks samtidigt som kapaciteten förbättras. Fenomenet skapar både en möjlighet och en utmaning där utmaningen ligger i att göra det lönsamt för köparna att införskaffa en lastbil som inom några år kan ha en räckvidd som är lägre av vad de nyaste fordonen klarar av. Värdeerbjudandet förändras även jämfört med det traditionella värdeerbjudandet av faktumet att en elbil har betydligt färre rörliga delar och komponenter utsatta för slitage. Detta leder enligt Cederstav till att ungefär hälften av alla drivlinereservdelar försvinner. Detta kan leda till minskade kostnader för fordonsägaren men samtidigt att serviceverkstäder får mindre arbete att utföra med minskade intäkter som följd.

Vidare berättar Cederstav att utvecklingen av batteriernas räckvidd kan göra att investeringar i dyra snabbbladdningsstationer på sikt blir överflödiga. Detta kommer troligen leda till att ägandeformen och ägarstrukturen av lastbilar och bilar kommer att förändras. Cederstav ser en framtid där någon form av leasingavtal för antingen hela lastbilen eller endast batterierna kommer kunna bli aktuellt.

Att få en god förståelse för de sträckor och laster som lastbilar inom urban distribution används för är av största vikt för att kunna kravspecificera de fordon som Volvo tar fram. Olika kunders behov varierar kraftigt och beroende på behoven kan olika konfigurationer av lastbilen levereras. Volvo presenterade nyligen deras nya eldrivna lastbil *FL Electric* där en av fördelarna är att antalet batteripaket kan varieras mellan två och sex stycken vilket möjliggör att kunden kan välja mellan fokus på räckvidd eller lastkapacitet. Varje batteripaket väger ungefär ett halvt ton. Om ett batteripaket mindre används kan fordonet istället lastas motsvarande ett halvt ton mer i lastbilen. Anpassningarna gör att lastbilarna potentiellt kan bli mer lönsamma eftersom andelen outnyttjad energikapacitet minimeras. Cederstav förklarar vidare att om kunden inte kräver en hög lastkapacitet möjliggör modularisering att antalet batteripaket kan varieras beroende på kundens krav på räckvidd. Efterfrågas en lång räckvidd kan en dyrare lösning erbjudas med fler batteripaket. Motsatsen leder till möjligheten att minska vikten och energiförbrukningen samt sänka priset på lastbilen.

Exakt hur räckvidden förändras med minskad lastvikt, allt annat lika, är ännu inte fastställt. Detta är dock av intresse för Volvo och kommer testas under sommaren 2018. Cederstav berättar att Volvos nya eldrivna lastbilsmodell i dagsläget har en laddare ombord för balansering av battericellerna. Den kommer att kunna laddas fullt på mellan sex och sju timmar under natten. Det finns snabbladdare tillgängliga med en effekt upp till 150 kilowatt som kraftigt kan reducera laddningstiden. Snabbladdare är i dagsläget emellertid väldigt dyra. För att köparen ska känna sig trygg är det viktigt att hen har tilltro till att räckvidden kommer att vara tillräcklig för att nå destinationen. Detta kallas *range anxiety* och är en viktig faktor i nuläget för köpare. I framtiden kommer detta problem bli mindre viktigt allt eftersom batteriutvecklingen går framåt och räckvidden ökar för eldrivna lastbilar.

Lastbilens vikt begränsar inte bara räckvidden utan även i vilka områden den är tillåten att framföras. Cederstav berättar att Göteborgs stad har en begränsning att ett fordon's bakaxeltryck inte får överskrida 11,5 ton. I nuläget har Volvo dispens för testerna med den nya *FL Electric*. Dock kommer detta inte att vara gångbart i framtiden eftersom dispensen bara gäller under en

begränsad tid. För att lösa problemet med fordonsvikten kommer laddningsstationer eventuellt behövas inne i städerna. Med fler laddningsstationer skulle det bli möjligt att minska antal batterier och därmed skulle dispensen inte behövas. Volvo är med den nya eldrivna lastbilen involverad i CLOSER:s DenCity-projekt för tester av livsmedelsdistribution vilket enligt Cederstav är extremfall gällande vikt som ger företaget värdefulla data om kapacitetens gränser. I livsmedelsdistributionstesterna är lastbilen konfigurerad med tre batteripaket för att möjliggöra en lastkapacitet på sju ton. Batteripaketerna ger lastbilen en beräknad räckvidd på mellan 90 och 100 kilometer. En fullständig specifikation för *FL Electric* finns i bilaga 1.

Något som Cederstav betonar är inverkan som topografin för körsträckan har på energiförbrukningen och därigenom fordonets räckvidd. Det går åt betydligt mycket mer energi när fordonet färdas uppför än när fordonet färdas nedför. När fordonet färdas uppför måste energi i batteriet användas till att öka lägesenergin medan fordonet nedför kan använda denna energi till att drivas framåt. Cederstav exemplifierade detta genom att nämna att busslinje 55 i Göteborg som går mellan Chalmers Campus Johanneberg och Campus Lindholmen. Den körs med experimentella eldrivna bussar som i riktning Lindholmen till Johanneberg förbrukar ungefär dubbelt så mycket energi under motsatt riktning på grund av topografin mellan ändhållplatserna.

Det är även möjligt att ladda eldrivna fordon under färd. Laddningen sker genom att eldrivna fordon har förmågan att under inbromsningen omvandla kinetisk energi till kemisk energi lagrad i batteriet. Detta gör det även möjligt att ladda fordonet när det kör nedför.

Ett fokus som många har inom forskningen nu är hur och var eventuella laddningsstationer ska placeras ut för att kunna stödladda lastbilar under dagen. Cederstav menar att en stor osäkerhet är hur finansieringen ska se ut. Snabbladdare är kopplade till stora investeringar och branschen har i dagsläget inte visat något större intresse för att investera i sådana. Istället för snabbladdare placerade utanför terminalerna läggs fokus på nattladdning vid terminalen eftersom lastbilarna är där en stor del av dygnet. Cederstav berättar att städer som Göteborg har ett intresse av att bygga laddningsstationer där även taxibilar skulle kunna snabbladdas. Laddningsstationer ger städer möjligheten att tjäna pengar på de som använder elfordonen samtidigt som staden blir mer attraktiv ur ett hållbarhetsperspektiv och hjälper till att uppfylla gröna profiler och miljömål.

Cederstav betonar skillnaden mellan hur ett batteri används jämfört med en traditionell drivlina med dieseltank. En viktig skillnad är att batteriets kapacitet inte kan utnyttjas maximalt vilket görs för att minska slitaget på batteriet. Optimalt är att inte överstiga en laddningsnivå på ungefär 80 procent och samtidigt inte understiga 20 procent. Det innebär att batterierna hålls inom det så kallade SOC-fönstret. För åkerier gäller det att göra en avvägning mellan kortsiktig räckvidd och att långsiktigt kunna behålla räckvidden mer konsekvent.

Det är ett faktum att föraren står för en väldigt stor del av åkeriers kostnader. Cederstav menar att utöver den fasta lönekostnaden är även förarens körsätt en betydande faktor för åkeriers slutgiltiga resultat. Differensen i bränsleförbrukning mellan olika förare kan variera runt tio procent. Att helt eliminera manuell hantering vid distributionstrafik blir dock troligen svårt. Det finns ett värde i mänsklig kontakt och oförutsedda händelser som kan komma att kräva mänsklig närvaro.

## 4.3 Studerade data över transporter i Göteborg

De data som presenteras i detta avsnitt ger studien information om de olika rutter och körningar som den för Coop avsedda fordonsflottan används till. Information om fraktvikter, körningarnas sträckor och godstyper presenteras vilket möjliggör en nulägesanalys av systemet. Data som analyseras kommer i första hand från Coop och registreringar från körningar i Göteborgsområdet under tre veckor i slutet av 2017. Data kommer dessutom till viss del från sammanställningar gjorda för projekt inom ramen för CLOSER. De kommer ursprungligen från andra källor och har bearbetats för tydlighet och struktur.

Totalt har 292 stycken körningar utspridda över tre veckor analyserats. Vissa av körningarna är återkommande för alla tre veckor medan andra endast sker under en utav veckorna. Rutterna är sådana som faller inom ramen för den geografiska avgränsningen och alltså utgår ifrån transportörens terminal i Göteborg.

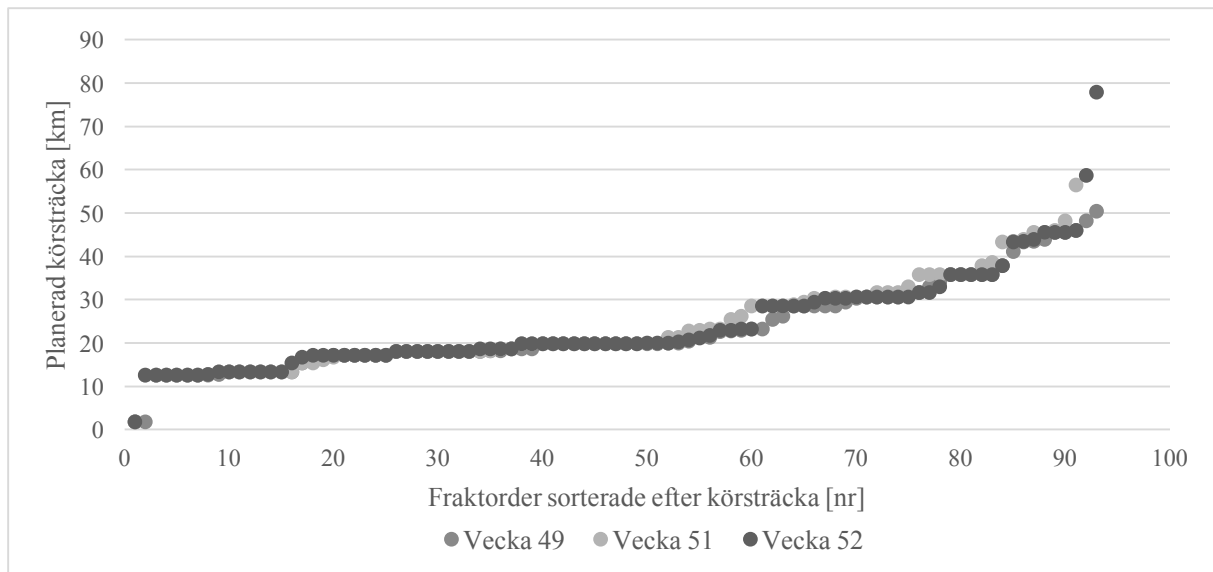
För att identifiera minimikraven på fraktvikt och räckvidd krävs att fordonsflottan studeras under ett heldagsperspektiv. Därav har data från transportföretaget och deras körningar efter körningarna till Coop erhållits som beskriver en exempelvecka för våren 2018.

Sammantaget ger studerade data ett systemperspektiv på distributionen i fallstudien vilket ligger till grund för att få förståelse för vad som krävs av fordonen i ett elektrifierat distributionssystem.

### 4.3.1 Körsträckor och fraktvikter för Coops loggade transporter

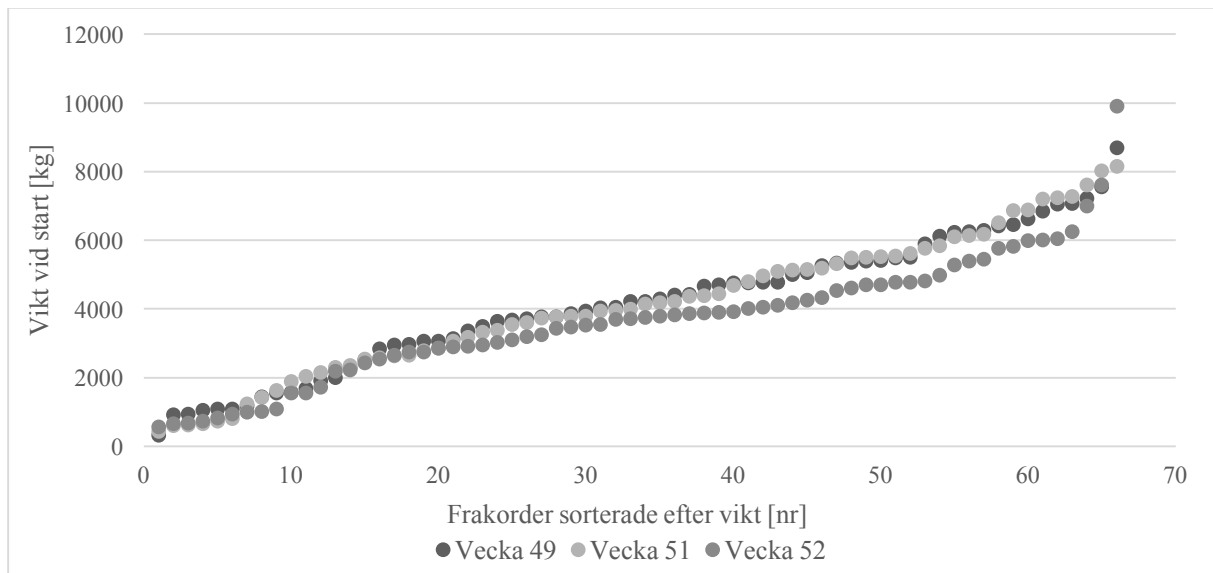
I detta avsnitt presenteras grafer över insamlade data från Coops loggade rutter som syftar till att visuellt presentera data för att ge underlag till kommande diskussioner och analyser av systemet. Till varje graf följer en kort tillhörande beskrivning över innehållet.

I figur 4.1 presenteras data över körsträckorna för samtliga studerade veckor. Grafen visar på hur långa de planerade körsträckorna är för de olika rutterna. Den visar alltså hur många sträckor som är av en viss längd och ger en indikation på hur rutterna planeras i termer av avstånd i dagsläget. Sträckorna har sorterats i storleksordning och bygger på att ursprungsplaneringen av rutterna följs. I verkligheten kommer emellertid planeringen i flera fall justeras i efterhand. Detta kommer diskuteras vidare i analysen där även körsträckorna används för att dra slutsatser kring minimikrav för räckvidd. Data över körsträckor är nödvändiga för att förstå de verkliga avstånden.



Figur 4.1 Transporternas körsträckor för vecka 49, 51 och 52 enligt storleksordning. Varje punkt motsvarar en fraktorder. Ett tydligt samband mellan den planerade körsträckan de studerade veckorna kan utläsas. De största avvikelserna finns i de planerade körsträckan för vecka 51 och 52.

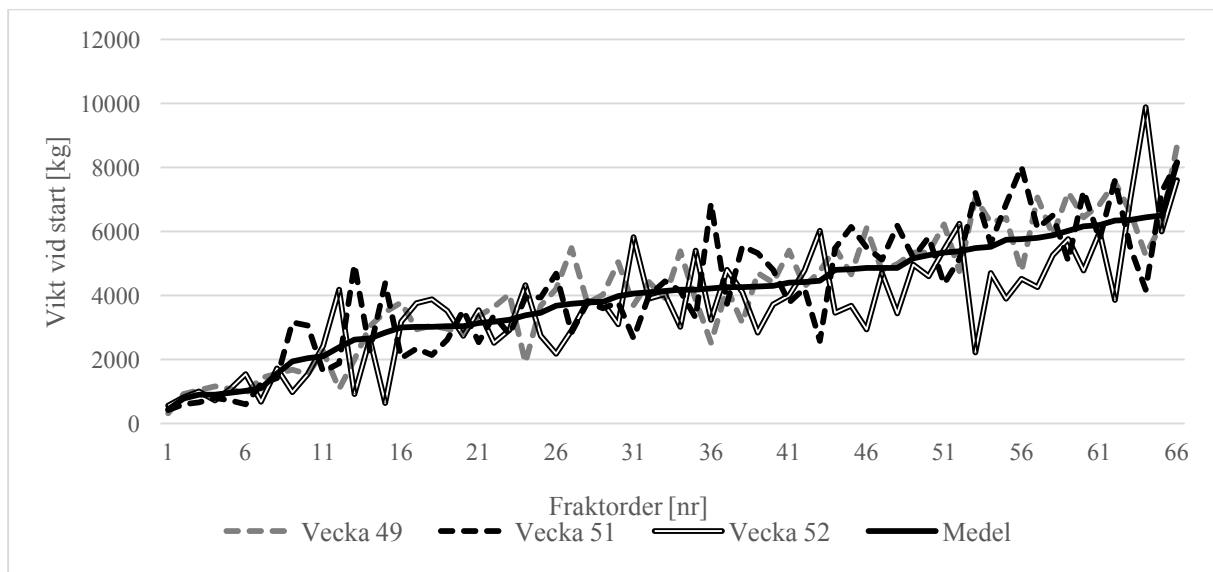
Figur 4.2 ger en indikation på hur stora startvikter de studerade veckorna har. Den visar för varje körning hur mycket vikten faktiskt uppgår till vid start och illustrerar hur många fraktorder som har en viss vikt. Fraktvikter har sorterats efter storlek och i figuren visas hur de varierar uppdelat över de olika veckorna. Viktigt att poängtera här är att grafen endast innehåller de fraktorder som återfinns i alla de tre veckorna. Precis som för körsträckorna beskriver data de planerade fraktvikterna. Vikterna kan därefter förändras från planeringsstadiet till det verkliga stadiet vilket kommer att analyseras i nästkommande kapitel. Data över fraktvikter utgör en viktig del i att tillsammans med körsträckorna besvara rapportens frågeställning 1 och 2 genom en nulägesbeskrivning och identifiering av minimikrav för fraktvikt och räckvidd.



Figur 4.2 Transporternas vikter för vecka 49, 51 och 52 enligt storleksordning. Varje punkt motsvarar en fraktorder. Ett samband mellan startvikt och fraktorder framgår för samtliga veckor. Det som kan noteras är att startvikterna för fraktorder under normalvecka 49 genomgående lägre än för de specialveckor som vecka 51 och 52 representerar.

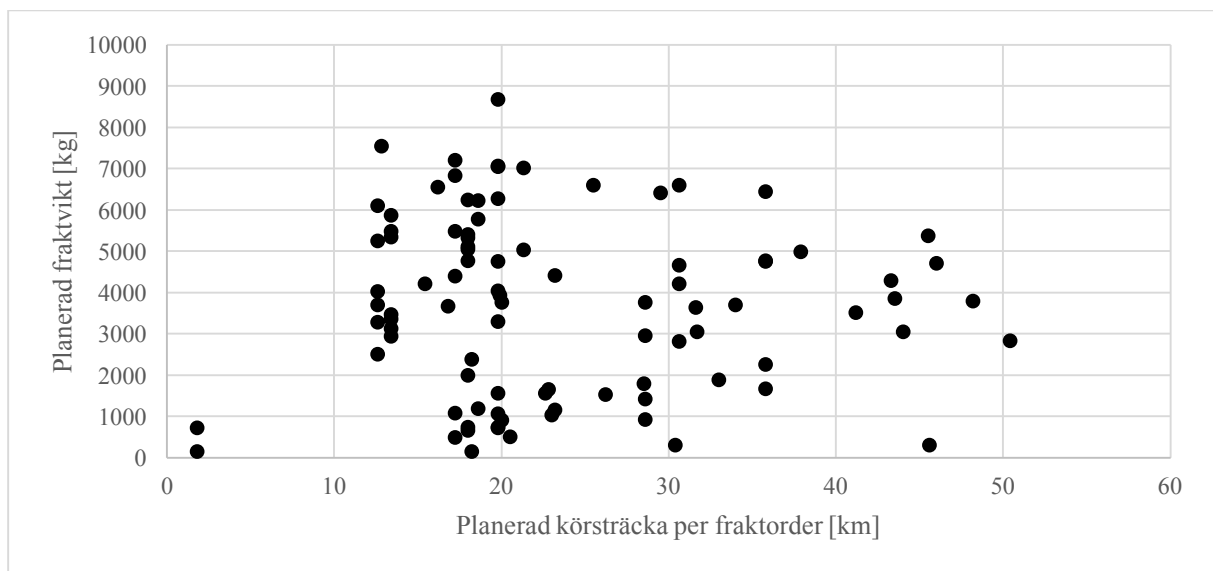
I figur 4.3 framgår hur fraktordernas startvikter varierar över de studerade veckorna. De fraktorder som presenterades i figur 4.2 har vidare sorterats för att kunna jämföra startvikten för respektive fraktorder med motsvarande fraktorder för de övriga veckorna samt ett

medelvärde. Syftet är att studera variationen i fraktordernas startvikt över de olika veckorna. Ur figur 4.3 kan utläsas att startvikternas variation är som störst för specialveckorna (vecka 51 och 52).



Figur 4.3 fraktorder för vecka 49, 51 och 52 uppdelade för att jämföra hur startvikten på motsvarande fraktorder varierar över de olika veckorna. Fraktvikterna för rutterna jämförs även med medelvärdena. Störst variation uppvisar fraktvikterna under vecka 51 och 52 vilka utgör specialveckor.

Figur 4.4 illustrerar förhållandet mellan den planerade fraktvikten och körsträckan för olika fraktorder. Alltså hur vikten förhåller sig till längden på sträckan och åskådliggör om det finns någon korrelation mellan exempelvis en längre körsträcka och en större fraktvikt. Presenterade data är hämtade från en standardvecka för att visa hur det ser ut större delen av året. Följderna av grafens utseende kommer studeras vidare i analysen.



Figur 4.4 Den totala fraktvikten i förhållande till körsträckan för transporter under vecka 49. Inget samband mellan den planerade fraktvikten och körsträckan kan utläsas.

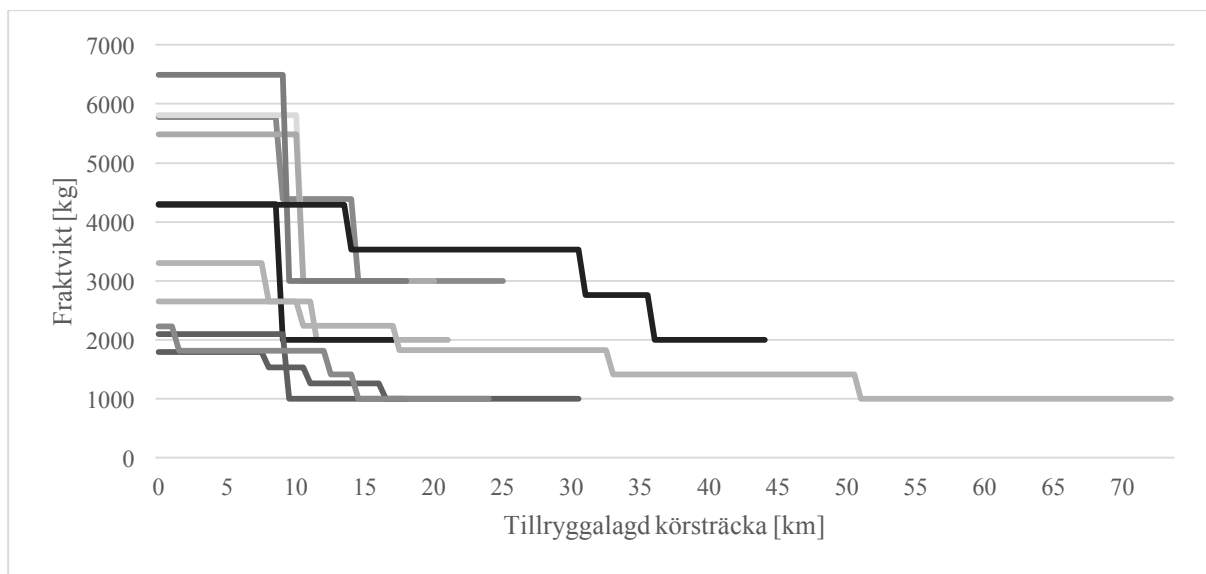
### 4.3.2 Fraktvikternas förändring under en transport

Vidare har data har samlats in för att undersöka hur fraktvikten förändras under en transport. I figur 4.5 presenteras viktens förändring över tid för tolv av Coops rutter. Rutterna har valts ut



eftersom de ger en spridning över rutter med varierande vikt. Med viktfördelning som grund valdes rutter ut enligt andelen lastvikter i de olika intervallen vilket ger en representativ helhetsbild över transportörens distribution till Coops butiker.

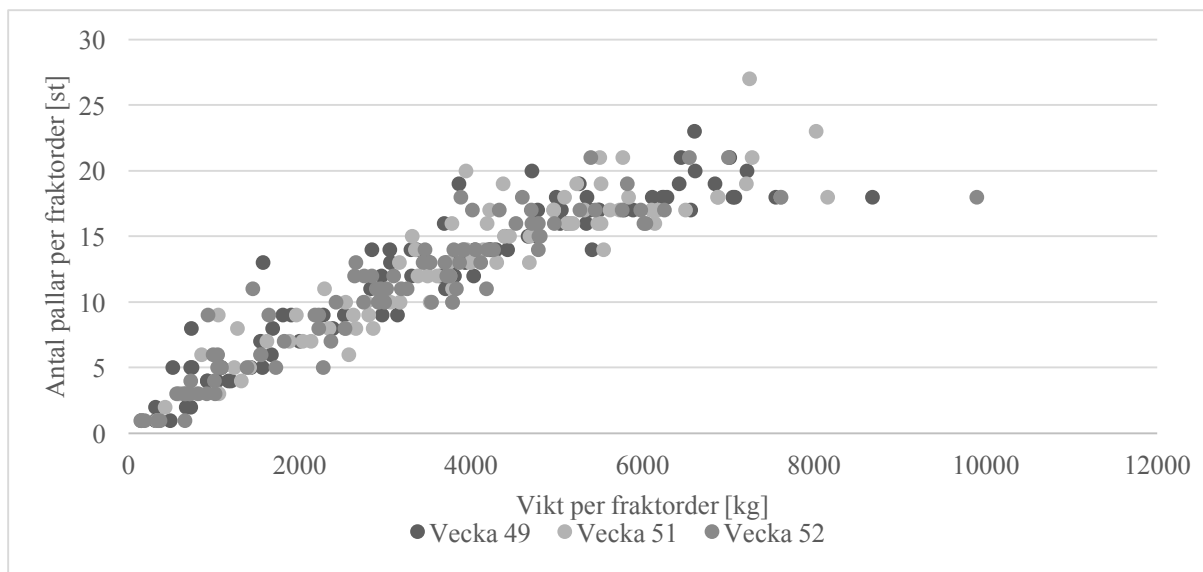
Då vikten som lastas av inte finns loggad utan bygger på antaganden ger grafen endast en ungefärlig bild över viktförändringar. Ett av dessa antaganden är att fraktvikten i slutet av varje rutt är ungefär hälften av startvikten. Det centrala att utläsa från grafen är att vikten varierar under en transport samt att lastvikten inte når noll eftersom att upphämtningar av tomgods sker. Till analysen bidrar detta med ett övergripande underlag för hur vikten kan komma att påverka övriga faktorer som ruttplanering och räckvidd.



Figur 4.5 Viktförändring under transport för tolv utvalda rutter. Fraktvikten minskar proportionellt mot antalet stopp samtidigt som andelen upphämtat gods antas variera mellan 3 ton – 1 ton beroende på den totala fraktvikten vid start. Vikten minskar under en transport men når aldrig noll eftersom upphämtning av tomgods sker vid butikerna.

### 4.3.3 Förhållandet mellan antal lastade pallar och fraktvikt

Eftersom även godsets volym varierar är det utöver vikten intressant att undersöka det antal pallar som lastas vid varje leverans. De eldrivna lastbilarna måste ha tillräcklig lastkapacitet för att tillgodose transportbehovet. Antalet pallar begränsas av lastbilens golvyta eller volym. I figur 4.6 visas förhållandet mellan antalet pallar och fraktvikten för leveranser under de studerade veckorna. Ett tydligt samband kan påvisas vilket gör att vikten som undersöks kan relateras till vilket behov av lastkapacitet som finns. Några avvikelser kan dock påvisas vilket kommer diskuteras närmare i analysen.



Figur 4.6 Förhållandet mellan fraktvikter och antal pallar fördelat på vecka 49, 51 och 52. Ett samband mellan faktorerna framgår.

#### 4.3.4 Transporter under ett dygn

I följande avsnitt presenteras data från transportören över hur lastbilar används under vardagarna en exempelvecka. Syftet är att visa hur de lastbilar som studerats har använts för såväl Coops leveranser som till övriga kunder. Det är viktigt för att förstå hela bilden över hur lastbilarna används under en dag.

Inledningsvis identifieras alla lastbilspass under veckan som faller inom systemgränserna. Ett lastbilspass består av flera körningar och benämner hur en lastbil används under en dag. Tabell 4.1 visar hur stor andel av lastbilspassen som enbart transporterar gods åt Coop och hur många som även kör åt andra kunder under dagen.

Tabell 4.1 Andelen transportsträckor under en exempelvecka (måndag-fredag) som kör till Coop och till andra kunder.

| Transportsträckor till Coop | Transportsträckor till Coop och andra kunder | Totalt antal transportsträckor |
|-----------------------------|----------------------------------------------|--------------------------------|
| 4                           | 23                                           | 27                             |
| 15%                         | 85%                                          |                                |

Totalt kör de identifierade lastbilarna 2 630 kilometer under en vecka varav 1 340 kilometer består av Coops körningar. Det innebär att Coop står för ungefär 50 procent av det sträckan som lastbilarna kör totalt. En enskild körning varierar mellan 55 och 133 kilometer. Varje sträckas längd återfinns i bilaga 3.

Tabell 4.2 visar på antalet fordon som används för transporter under de olika dagarna i den vecka som studien tagit del av från transportören. Som mest används sex unika fordon för att täcka transportbehovet under denna normalvecka.

Tabell 4.2 Antal unika bilar per dag i distributionssystemet.

|                   | måndag | tisdag | onsdag | torsdag | fredag |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Antal unika bilar | 6      | 6      | 5      | 6       | 4      |

#### 4.3.5 Beskrivning av fraktade godstyper i Göteborgsområdet med omnejd

Att känna till lastbilarnas innehåll är viktigt för att förstå vilka möjligheter som finns att kombinera olika rutter och för samlastning. Gods av olika typ kan på olika sätt konsolideras för att på ett effektivare sätt än i dagsläget leverera Coops varor. Om samlastning och konsolidering ska vara möjlig bör hela transportörens distribution av Coops varor studeras, även den del som ligger utanför studiens definierade Göteborgsområde. Det är en förutsättning för att säkerställa att ett så brett perspektiv som möjligt beaktas. Om inte alla körningar tas med missas de som delvis ingår i Göteborgsområdet men som på grund av att butiker passerar utanför området inte tas med i övriga delar av studien. De lastbilar som kör Coops varor kan efter att de leveranserna är färdiga leverera utanför systemets gränser åt andra kunder. Därför är det viktigt att inte begränsa sig till Göteborgsområdet gällande samlastning. Tabellerna i avsnittet är gjorda med data från Coops transportör i Göteborgsområdet och beskriver de olika lastbilsrutterna utifrån vad de fraktar. De möjliga varutyperna är färskt, frukt och grönt, fryst eller torrt.

I tabell 4.3 har alla lastbilar under en vecka våren 2018 sammanställts efter vilka typer av varor de kör för Coop under dagen. En del lastbilar kör endast en typ av vara under en dag medan andra kör flera olika typer antingen under en körning eller för olika körningar.

Tabell 4.3 Antal unika kombinationer av lastbil och godstyp per dag. F&G betyder frukt och grönt.

| Last                         | Mån       | Tis       | Ons       | Tors      | Fre       | Totalt |
|------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
| Färskt + F&G                 | 3         | 1         | 2         | 4         | 5         | 15     |
| Färskt + F&G + Torrt         | 5         | 3         | 6         | 3         | 3         | 20     |
| Färskt + F&G + Fryst         | 1         | 3         | 0         | 1         | 1         | 6      |
| Fryst                        | 1         | 1         | 1         | 1         | 1         | 5      |
| Torrt                        | 3         | 2         | 1         | 0         | 0         | 6      |
| Färskt + F&G + Torrt + Fryst | 0         | 0         | 1         | 2         | 1         | 4      |
| <b>Totalt</b>                | <b>13</b> | <b>10</b> | <b>11</b> | <b>11</b> | <b>11</b> |        |

I tabell 4.4 har alla transportörens körningar för Coop under en vecka våren 2018 sammanställts efter vilka varutyper som transporteras. Den skiljer sig alltså från tabell 4.1 som visar vad transporteras under varje lastbilspass vilket innefattar flera körningar. Under majoriteten av körningarna transporteras endast en typ av vara men det förekommer att olika varutyper transporteras tillsammans.

Tabell 4.4 Antal körningar av olika godstyper per dag. F&G betyder frukt och grönt.

| Last                         | Mån | Tis | Ons | Tors | Fre | Totalt |
|------------------------------|-----|-----|-----|------|-----|--------|
| Färskt + F&G                 | 16  | 7   | 7   | 7    | 8   | 45     |
| Färskt + F&G + Torrt         | 2   | 2   | 5   | 2    | 6   | 17     |
| Färskt + F&G + Fryst         | 1   | 3   | 0   | 3    | 1   | 8      |
| Fryst                        | 2   | 3   | 3   | 3    | 2   | 13     |
| Torrt                        | 7   | 4   | 4   | 3    | 2   | 20     |
| Färskt + F&G + Torrt + Fryst | 0   | 0   | 0   | 1    | 0   | 1      |
| Totalt                       | 28  | 19  | 19  | 19   | 19  |        |

I tabell 4.5 finns beskrivet hur många lastbilar som under en dag används till att köra en typ av vara. Den skiljer sig från föregående genom att den inte tar hänsyn till kombinationer och varje lastbil kan därmed finnas med på flera ställen om den till exempel kör både torrt och fryst under en dag.

Tabell 4.5 Antal lastbilar per godstyp och dag. F&G betyder frukt och grönt.

| Varutyp      | måndag | tisdag | onsdag | torsdag | fredag | Totalt |
|--------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Färskt + F&G | 9      | 7      | 9      | 10      | 10     | 45     |
| Torrt        | 8      | 5      | 8      | 5       | 4      | 30     |
| Fryst        | 2      | 4      | 2      | 5       | 3      | 16     |

Tabell 4.6 beskriver det totala antalet lastbilar som är involverade i körningar för Coop under en dag och har ingen hänsyn tagits till vilka varutyper som fraktas.

Tabell 4.6 Antal unika bilar per dag i systemet som inkluderar men inte begränsas av butikerna i Göteborgsområdet.

|                   | måndag | tisdag | onsdag | torsdag | fredag | Totalt |
|-------------------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|
| Antal unika bilar | 13     | 10     | 11     | 11      | 11     | 56     |

## 5. Nulägesanalys av det studerade distributionssystemet

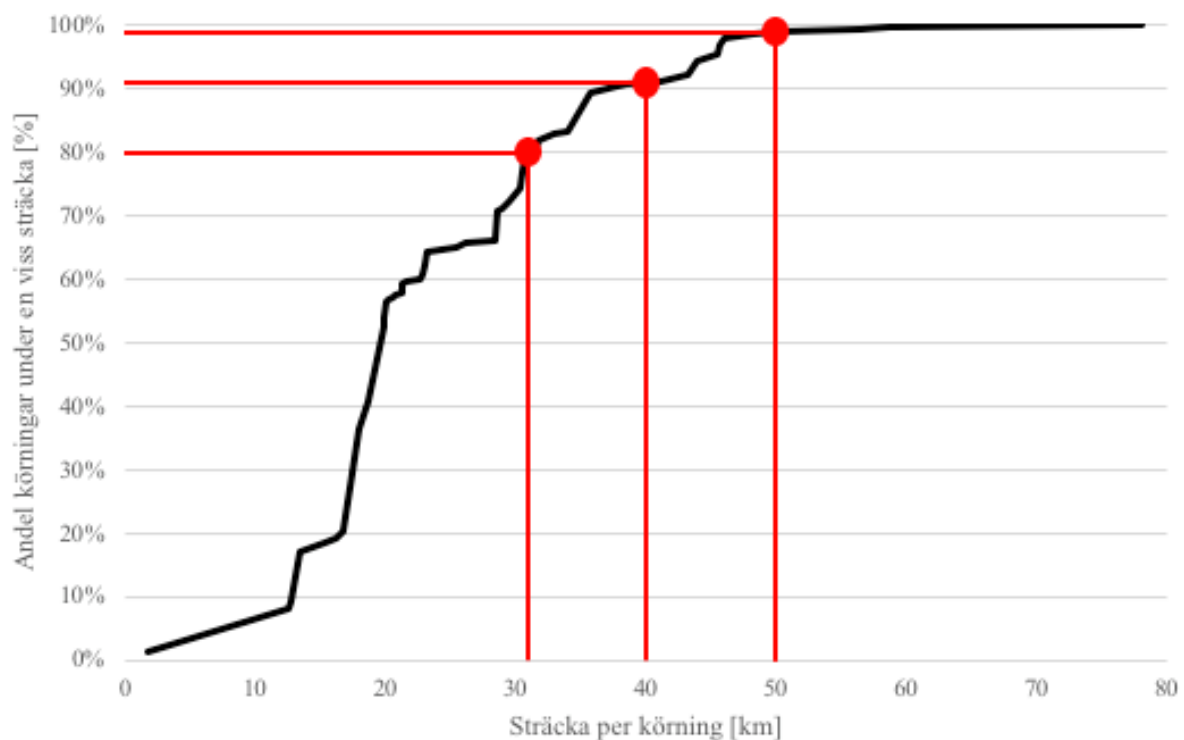
Analysdelen av studien avser att presentera en sammanställning och en analys av informationen från det teoretiska ramverket och intervjuerna samt bearbetade data från empirin rörande dagens system. Detta för att sedan analysera resultaten från olika informationskällor och jämföra dem med varandra. Syftet med kapitlet är att utgöra en grund för att besvara frågeställningarna som tidigare presenterats. Inledningsvis presenteras insamlad information som relaterar till respektive rubrik varefter den analyseras och diskuteras.

### 5.1 Körsträckor och räckvidd

I detta avsnitt kommer en sammanställning av de enskilda körningarnas längd i distributionssystemet att presenteras. Sammanställningen kommer sedan att analyseras för att besvara syftet med studien. I respektive avsnitt beskrivs först systemet ur ett nulägesperspektiv vilket bidrar till att besvara frågeställningen rörande hur nuvarande distributionssystem ser ut. Efter detta identifieras de minimikraven som frågeställning 2 avser att urskilja. Avslutningsvis förs en diskussion kring huruvida elektrifierade distributionsfordon lever upp till dessa minimikrav vilket härrör till frågeställning 3. Eftersom syftet är att utgå från hur det studerade distributionssystemet ser ut i dagsläget förs inledningsvis resonemangen utifrån ståndpunkten att ingen laddning av batterier kan ske under dagen.

Presentationen kommer att göras med hjälp av olika avståndsintervall för att underlätta analysen. Illustrationer i form av tabeller och diagram kommer att visas för att underbygga analysen och underlätta för läsaren. Sedan kommer samma tillvägagångssätt användas med grunden i lastbilarnas totala körsträcka.

#### 5.1.1 Körsträckor för enskilda körningar



Figur 5.1 Kumulativ fördelningsfunktion över körsträckornas längd per fraktorder under tre för systemet representativa veckor. Markeringarna visar vilken procentuell andel av körningarna som är under en viss sträcka.

En del tydliga trender går att urskilja från erhållna data. Figur 5.1 visar en kumulativ fördelning över transportrutterna som har en geografisk sträcka som underskrider ett visst kilometertal. Det visar sig att över 90 procent av alla transportrutter till Coops butiker i Göteborgsområdet är kortare än 40 kilometer och 99 procent är kortare än 50 kilometer. Detta betyder att med elektrifierade fordonsflottor som klarar av att uppfylla resterande krav och har en räckvidd på 40 respektive 50 kilometer kan 90 procent respektive 99 procent av alla körningar i det befintliga systemet genomföras. Huruvida detta kan anses vara en tillräckligt stor andel för att elektrifiera en hel fordonsflotta är upp till aktörerna själva att avgöra.

Värt att påpeka är att variationen mellan veckorna av den procentuella andelen rutter som ligger under valda längder är påfallande liten. Under de tre undersökta veckorna är 90, 91 respektive 90 procent av alla rutter kortare än 40 kilometer. Motsvarande siffror för andelen rutter under 50 kilometer är 99, 99 respektive 98 procent. Detta betyder att trots att själva rutterna och deras karaktär kan skilja sig åt en del mellan veckorna är deras längd relativt homogen mellan de iakttagna veckorna.

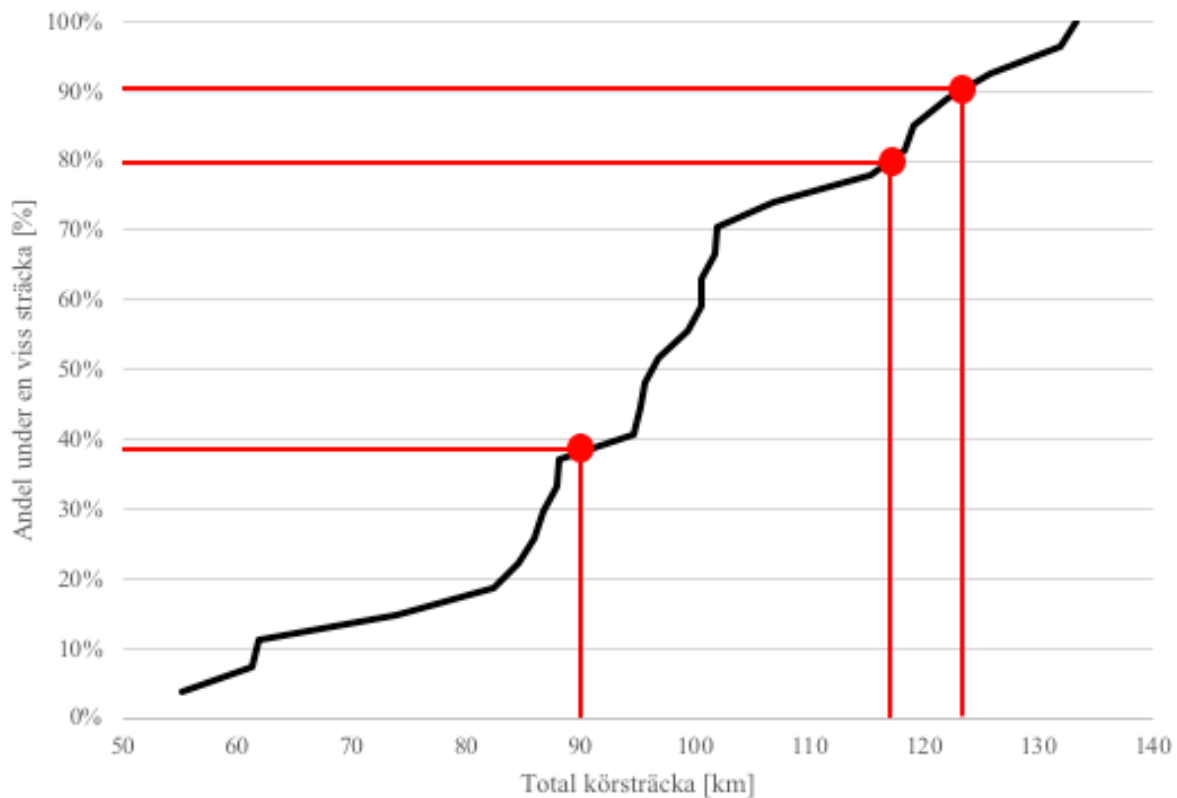
Det finns två olika sätt för en elektrifierad fordonsflotta att kunna täcka in en större andel av transportrutterna vilka grundar sig i intervjun med fordonstillverkaren (avsnitt 4.2.3). Ett alternativ tar sin utgångspunkt i tekniken och ett i systemutformningen. För det första kan lastbilarnas räckvidd utökas med hjälp av fler och mer effektiva batterier. För det andra kan ruttplanering och mer energisparande förarbeteenden leda till en högre täckningsgrad för fordonsflottan. Det ligger emellertid utanför studiens omfattning att analysera i vilken mån förarbeteenden påverkar lastbilarnas räckvidd, vilket är anledningen till att detta inte diskuteras vidare i denna analys.

Avslutningsvis kan nämnas att 80 procent av de enskilda transportrutterna inom Göteborgsområdet är under 31 kilometer, vilket kan utläsas i figur 5.1. Detta betyder att ett distributionsfordon oftast inte behöver färdas en så lång sträcka under en körning. Eftersom räckvidd har identifierats som en potentiellt begränsande faktor är andelen korta sträckor av betydelse i beslutssituationen om ett traditionellt distributionssystem ska ersättas av ett elektrifierat sådant. Betydelsen kommer att diskuteras vidare i följande avsnitt.

### **5.1.2 Dagliga körsträckor för lastbilar**

Det är viktigt att ta i beaktning att det inte är ekonomiskt försvarbart för ett distributionsföretag att använda en lastbil endast under en kort tid per dag. Enligt VD:n för transportföretaget handlar det i nuläget om att utnyttja lastbilschaufförens hela arbetsdag maximalt vilket betyder att lastbilen kommer att vara aktiv mellan åtta och tio timmar per dag. Detta får till följd att lastbilen i själva verket nästan uteslutande kör fler än en rutt per dag. En högst relevant fråga att ställa sig avseende räckvidd och avstånd blir således hur långt en lastbil i distributionssystemet faktiskt färdas under en arbetsdag.

De kvantitativa data som ligger till grund för analysen i detta avsnitt härstammar mestadels från den standardiserade exempelvecka som tillhandahållits av transportören. Veckan som studien tagit del av representerar hur en av de 40 normalveckor som nämnts i metoden ser ut och utgör en för studien central del vid beräkningen av totala transportsträckor för fordonen.



Figur 5.2 Kumulativ fördelningsfunktion över körsträckor per fraktorder för en standardiserad exempelvecka för de distributionsfordon som fraktar gods åt Coops butiker i Göteborgsområdet. Markeringarna visar de identifierade minimikraven i termer av total körsträcka och vilken procentuell andel transportsträckor de motsvarar.

Figur 5.2 är en illustration av andelen dagliga transportsträckor som är kortare än ett visst kilometertal. Med den dagliga transportsträckan avses den sträcka som en lastbil kör under ett dygn. De data som ligger till grund för denna sammanställning avser de transporter som går till Coops butiker i Göteborgsområdet och vad fordonen används till under resterande del av dygnet. Detta innebär att alla lastbilspass som tagits med i beräkningen är sådana som körs i stadsmiljö. Distributionssystemet är enligt VD:n från transportföretaget byggt på att lastbilarna nästan alltid kör transporter till Coop under morgon och förmiddag för att resterande del av dagen köra distribution åt andra kunder. Faktum är att ungefär 85 procent av antalet dagliga körsträckor som studien har tagit del av innefattar andra kunder än Coop. Ungefär hälften av den totala körsträckan för alla lastbilar utgörs av distribution till Coops butiker. Detta visar vikten av att studera distributionen ur ett systemperspektiv där alla dagens körningar ingår. Att isolerat studera Coops körningar ger en ofullständig bild varför minimikraven måste sättas med hänsyn till hela systemet för att ligga till grund för en elektrifiering.

Det visar sig att spridningen på hur lång en daglig transportsträcka är varierar. Ur sammanställningen av dagliga transportsträckor kan en del intressanta mönster urskiljas. Till att börja med är några intressanta observationer att medelsträckan är 97 kilometer lång och att 80 procent av alla sträckor är under 118 kilometer långa. Om en lastbil kan köra 125 kilometer hade den teoretiskt klarat 90 procent av alla lastbilspass. Alla iakttagna dagliga transportsträckor är däremot lika med eller kortare än 133 kilometer. Anledningen till att valda gränser ändå utgör föremål för diskussion är att det i vissa fall kan finnas anledning att elektrifiera utvalda delar av ett distributionssystem. Det är upp till aktörerna själva att avgöra om identifierade minimikrav är relevanta beroende på elektrifieringens omfattning och implementeringstakt.

De övriga 20 respektive 10 procenten kräver en längre räckvidd än vad som redovisats ovan. Det dagliga transportbehov som inte kan täckas in av elektrifierade distributionsfordon kommer att behöva tillgodoses på något sätt. Detta kan göras antingen genom att använda sig av kompletterande konventionella fordon eller genom att öka de eldrivna fordonens faktiska räckvidd. Med den faktiska räckvidden menas den räckvidd som fordonen får totalt över en dag inklusive eventuell laddning av batterierna. Det andra alternativet förutsätter en viss flexibilitet i utformningen av systemet då en del förändringar kan komma att behöva göras för att möjliggöra laddning vilket behandlas i en senare del av kapitlet.

### 5.1.3 Minimikrav med avseende på räckvidd

Med erhållna data som underlag visade det sig att 118 kilometer och 125 kilometer hade kunnat betraktas som relevanta minimikrav för faktorn som avser vilken räckvidd en elektrisk lastbil måste klara av för att ersätta en konventionell lastbil. Detta eftersom distributionsfordon med en sådan räckvidd skulle klara av att täcka en stor del av det transportbehov som finns i systemet i dagsläget. Syftet med rapporten är emellertid att utgöra underlag och diskutera möjligheten att byta ut hela det konventionella distributionssystemet mot ett elektrifierat sådant. Detta resulterar i att det minimikrav som ställs på de elektrifierade distributionsfordonen med bakgrund i syftet måste utgå från att hela distributionssystemet ska kunna bytas ut. Utifrån nämnda behovs sätts därför detta krav till en räckvidd på 133 kilometer under en laddning.

Minimikravet på 133 kilometers räckvidd tar inte hänsyn till att laddning kan ske under dagen. Anledningen till det är att minimikravet i enlighet med den andra frågeställningen ska grunda sig i hur distributionssystemet ser ut i nuläget. Enligt projektledaren för GTT på Volvo har åkerier i dagsläget inte visat upp något intresse för att installera snabbladdare i syfte att kunna bruka dem under dagtid. Istället lägger de i allmänhet fokus på laddning under nattetid då fordonen inte är aktiva. Resonemanget stöds av VD:n för transportföretaget som menar att installation av stationära laddare i syfte att kunna ladda lastbilarna under dagtid utgör svårigheter för dem. Detta eftersom en specifik lastbrygga hos transportsamordnaren skulle behöva tillägnas enbart de elektrifierade lastbilarna vilket påverkar flexibiliteten negativt.

Det finns även andra faktorer som gör att lastbilar med 133 kilometers räckvidd inte kommer att kunna ersätta nuvarande lastbilar rakt av. Trots att de tre veckor som studien tagit del av är representativa för hela året kan extremfall förekomma av olika anledningar. Bland annat kan det i själva verket finnas dagar under året då körsträckor över 133 kilometer förekommer. Dessutom ges inget utrymme för eventuella oförutsedda händelser eller möjlighet att ta sig an längre rutter än i dagsläget. Under en körning kan det av olika anledningar uppstå situationer som gör att körsträckan blir längre än vad den från början var beräknad att vara. Exempelvis kan det ske olyckor på vägarna som orsakar störningar.

Vidare är det viktigt att betona betydelsen av *range anxiety* som gäller för eldrivna fordon i allmänhet vilket beskrivs i referensramen (avsnitt 3.2.2). Det är alltså inte tillräckligt att tillhandahålla en lastbil med en räckvidd för exakt den sträcka den är tänkt att köra utan en viss marginal krävs. Att då säga att 100 procent av de dagliga transportruterna under exempelveckan kan ersättas om lastbilen har en räckvidd på 133 kilometer går att diskutera. Lastbilen bör ha en längre räckvidd än detta för att stilla köparnas oro och för att kunna avvärja räckviddsproblem.

En ytterligare intressant observation är att sträckornas längd är relativt jämt fördelade inom det givna intervallet. Detta medför att det inte finns några intervall i räckvidden där differensen i täckningsgraden ökar signifikant mer än i övriga intervall. Förhållandet kan genom iakttagelser



liknas vid ett linjärt förhållande mellan räckvidd och procentuell täckningsgrad dock med viss varians. Vad förhållandet betyder för studien är att det inte finns någon möjlighet att med en mindre ökning av räckvidden täcka in en stor procentuell andel av transporter. Med andra ord finns ingen avtagande avkastning i termer av ökade antal dagliga transporter vid en ökning av lastbilens räckvidd. Därför har valet av potentiella minimikrav utgått ifrån täckningsgraden snarare än räckvidden.

#### 5.1.4 Dagens teknik och minimikraven för räckvidd

Projektet DenCity har beräknat att Volvos lastbil *FL Electric* kommer att kunna ha en teoretisk räckvidd på mellan 90 och 100 kilometer (se bilaga 1). Därför kommer 90 kilometer att ligga till grund för vidare analys om huruvida ett elektrifierat distributionssystem har möjlighet att ersätta ett traditionellt. Enligt vad som presenterats i avsnittet ovan är detta en otillräcklig räckvidd för att kunna täcka in majoriteten av de transporter som transportören behöver trafikera i dagsläget. Faktum är att en denna typ av lastbil endast skulle klara av att köra 37 procent av de sträckor som definierar systemet och avser en standardvecka för transportören.

Det kan argumenteras för att en eldriven lastbil borde ha ännu högre krav än de minimikrav som presenteras. För det första kan transportören som tidigare nämnt vilja ha en viss marginal i termer av räckvidd för sina transporter. Detta till följd av *range anxiety*, vägarbeten, tekniska komplikationer eller andra oförutsedda händelser som kan inträffa under en rutt. För det andra är det enligt VD:n för transportföretaget möjligt att ett eldrivet distributionsfordon måste kunna utnyttjas under större del av dygnet än en traditionell lastbil. Detta för att kompensera för de högre kostnader som är kopplade till en investering i en eldriven lastbil. Mer diskussion kring den ekonomiska hållbarheten av det elektrifierade alternativet återfinns senare i rapporten.

Längden på de dagliga körsträckorna är ungefär jämnt fördelade över ett intervall mellan 55 och 133 kilometer. Denna omfattande spridning av sträckornas längd kan både ses som en positiv och en negativ aspekt i termer av att möjliggöra ett byte till ett eldrivet distributionssystem. Två olika tankesätt kan presenteras med utgångspunkt i att det är lättare att byta ut konventionella fordon till eldrivna sådana för distributionssystem med kortare avstånd. Ett perspektiv är att det är svårt att byta ut hela distributionssystemet eftersom intervallet innehåller sträckor som är längre än vad dagens teknik klarar av att hantera. Det andra perspektivet är att de sträckor som befinner sig i den nedre delen av intervallet kommer att vara enklare att byta ut men det är då inte fråga om att byta ut hela distributionssystemet till ett elektrifierat sådant.

#### 5.1.5 Hantering av dagens begränsade räckvidd

Tidigare resonemang kring elektrifierade distributionsfordon i detta avsnitt har tagit utgångspunkt i att fordonen enbart går att ladda nattetid. Det är trots att det grundas i nulägesbeskrivningen en förenkling av verkligheten. Därför tillägnas resterande del av detta avsnitt till att analysera resultaten utifrån perspektivet att det kan finnas möjlighet att ladda de eldrivna fordonen under dagen. Ett eldrivet fordon har möjligheten att ladda sina batterier under tiden de är stationära genom konduktiv eller induktiv laddning samt under färd vid implementation av elvägar (avsnitt 3.13). Då det inte finns några elvägar i Göteborgsområdet i dagsläget och de fordon som Volvo idag kan tillhandahålla laddas stationärt och konduktivt utgår resterande del av kapitlet ifrån detta.

Under en daglig transportrutt finns möjlighet att utöka räckvidden genom att ladda batterierna vid lastning, lossning och raster. Några möjliga upplägg för laddning är att ladda lastbilen vid

omlastningsterminalen, hos kunden och på de ställen där chauffören väljer att ta sina raster. Gällande laddning hos kund påträffas en komplexitet i och med att transportören i det studerade fallet har flera olika kunder under dagen. Detta försvårar möjligheten att införa en laddningsstation hos kunden. Möjligheten att undersöka laddning under chaufförernas raster är begränsad då ingen information kring rasterna finns tillgänglig i denna studie. Med bakgrund i detta har laddning vid terminalen identifierats som ett möjligt alternativ och diskuteras vidare i detta avsnitt.

Resterande resonemang kommer att ta sin utgångspunkt i den lastbil som Volvo tagit fram i samarbete med ELDIS-projektet och genomförda intervjuer med aktörer som ingår i det studerade distributionssystemet (avsnitt 4.2). Enligt Fredrik Cederstav kommer varje fordon att vara utrustad med en bärbar laddare. Dessa laddare kommer att kunna ladda batterier med 150 kilowattimmars kapacitet fullt på mindre än sju timmar vilket skulle motsvara en effekt strax över 20 kilowatt.

Ur fordonstillverkarens perspektiv skulle laddaren då potentiellt kunna användas till att ladda de eldrivna lastbilarna vid lastkajerna där lossning av returgods och lastning av gods sker. Transportörens perspektiv är emellertid ett annat då laddning vid distributionsterminalen som tidigare nämnts är förknippat med ett antal svårigheter. Transportören menar att laddningsstationerna riskerar att minska flexibiliteten på terminalen. Skulle detta hinder överbryggas finns dock möjligheten att stödladda de eldrivna fordonen i de cirka 30 minuter som lastbilen står vid terminalen. Då VD:n för transportföretaget förklarat att lastbilarna i snitt återvänder till terminalen tre gånger på en dag skulle flera tillfällen till stödladdning kunna ges.

Med den bärbara laddare som enligt uppgifter från fordonstillverkaren kommer att tillhöra fordonen skulle en timmes laddning resultera i att batterierna laddas upp med ungefär 20 kilowattimmar extra. Anledningen till att detta inte inkluderats i tidigare resonemang är eftersom att det inte är självklart huruvida dessa går att använda vid de lastbryggor som transportören i dagsläget använder. Det bör dock i framtida studier utredas i vilken mån laddning vid lastbryggorna är möjligt. Följande resonemang utgår emellertid från antagandet att lastbryggorna kan göras kompatibla med laddare kompatibla med Volvos lastbil *FL Electric*.

Eftersom batterikonfigurationen enligt specifikationerna från DenCity-projektet som omfattar tre batteripaket med cirka 50 kilowattimmar vardera kan lastbilen totalt utnyttja 150 kilowattimmar. Att kunna stödladda batterierna tre gånger under dagen skulle således innebära ett tillskott på cirka 20 procent av batterikapaciteten per dygn. Beräkningen är gjord genom att anta att den laddare som fordonstillverkaren specificerat kan användas under 1,5 timme per dygn. Stödladdningen utgör därför ett signifikant tillskott till energimängden. Detta skulle resultera i en ökning av den teoretiska räckvidden vilket utökar den eldrivna fordonsflottans användningsområde.

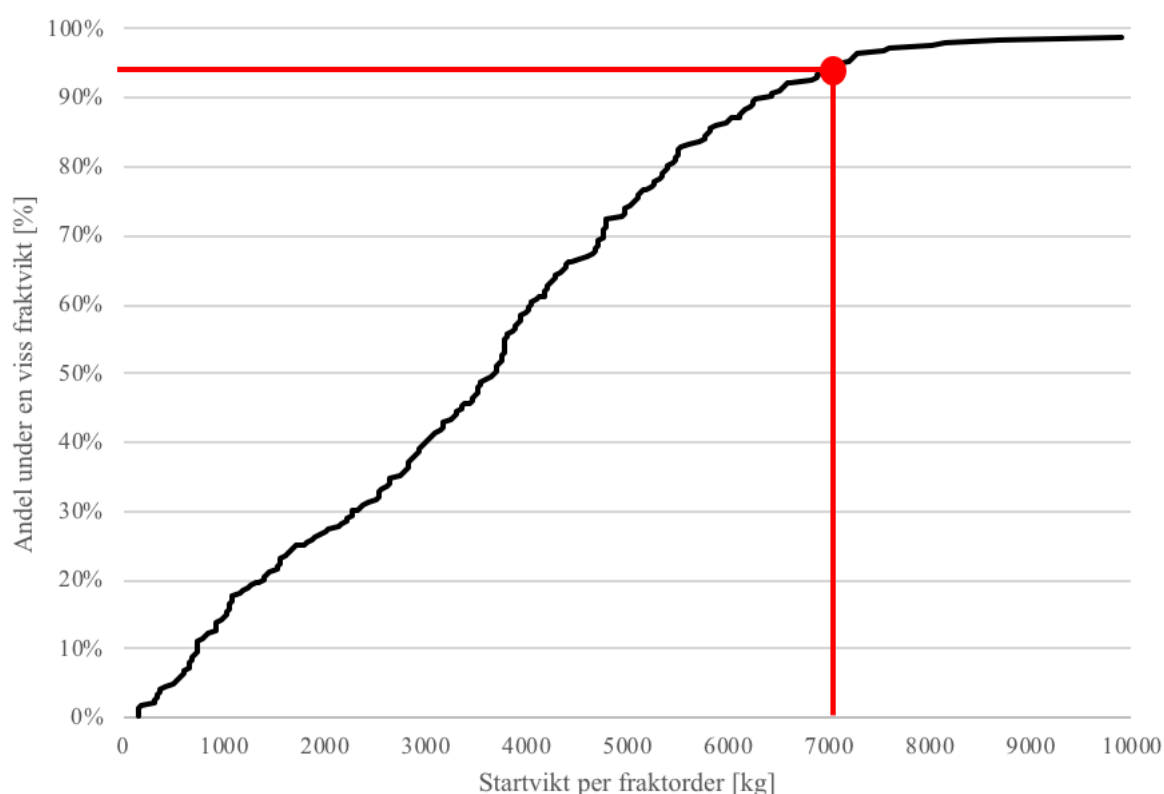
Förutsatt att varje kilowattimme ger lika stort bidrag i termer av ytterligare räckvidd innebär detta för systemet att lastbilarna kommer att kunna köra 18 kilometer längre per dag. Detta skulle i sin tur leda till att lastbilen från Volvo kan köra 108 kilometer med en laddning vilket motsvarar ungefär 75 procent av alla dagliga transportrutter. Sammanfattningsvis ökar alltså denna möjlighet till stödladdning i teorin andelen sträckor som kan täckas in med befintlig elektrisk fordonsteknik fördubblas. Andelen ökar från 37 till 75 procent vilket ger elektrifieringsalternativet ett större användningsområde.

## 5.2 Fraktvikter

Avsnittet avser presentera en sammanställning av totala godsvikter för de olika rutter som studien har analyserat i tidigare avsnitt. Både startvikter och medelvikter kommer att presenteras. Inledningsvis i avsnittet beskrivs hur distributionssystemet är utformat med avseende på fraktvikter vilket utgör underlag för att besvara den första frågeställningen gällande nuläget. Sedan analyseras informationen i syfte att besvara den andra frågeställning som avser vilket minimikrav i form av fraktvikt som ställs på en elektrifierad fordonsteknik. En diskussion förs vidare om hur denna teknik förhåller sig till det identifierade minimikravet vilket lägger grunden för att kunna svara på frågeställning tre.

Även i detta avsnitt kommer sammanställningen att utnyttja olika intervall och illustrationer för att underlätta förståelsen för läsaren. Vidare genomförs jämförelser med vad elektrifierade distributionsfordon kan prestera i form av maximal lastvikt. Här identifieras, motiveras och utnyttjas minimikrav som ställs på elektrifierade alternativ. Detta för att analysera vad det befintliga distributionssystemet kräver i termer av transporterade vikter samt hur identifierade vikter förhåller sig till kapaciteten hos befintliga eldrivna fordon.

### 5.2.1 Planerad lastvikt för enskilda fraktorder



Figur 5.3 Kumulativ fördelningsfunktion över planerade startvikter per fraktorder. Markeringen visar den procentuella andelen av fraktvikterna som understiger 7 ton.

Maximal lastvikt är en faktor som är av relevans vid en beslutssituation avseende vilket distributionsfordon som bör användas för en viss sträcka. De data som ligger till grund för analysen utgörs av startvikter för varje fraktorder under tre representativa veckor som studerats. Figur 5.3 illustrerar andelen fraktorder som är planerade att lasta mindre än en viss vikt vid transportens start. Alltså en kumulativ sammanslagning av de olika körningarnas startvikter. Startvikten för olika rutter är jämt fördelad mellan noll och sju ton och den kumulativa kurvan blir således nästan linjär inom intervallet. Det innebär att det inte finns någon vikt som är mer

vanligt förekommande än någon annan. För fordonen innebär det att det inte finns någon vikt inom intervallet som är mer signifikant att klara av än någon annan. Detta medför i sin tur att det inte går att urskilja någon specifik vikt som skulle vara värd att anpassa fordonens prestanda utefter i syfte att täcka av en större andel av körningarna.

Som figur 5.3 visar har cirka 95 procent av alla fraktorder startvikter under sju ton och 75 procent av alla transporter har startvikter som underskrider fem ton under de tre veckor som undersökts. Då de undersökta veckorna tillsammans anses utgöra en representativ bild för hur fraktorderna ser ut under hela året är vikterna att betrakta som typiska för distributionssystemet. Återigen avser studerade data endast de transporter som går till Coops butiker i Göteborgsområdet. Ingen hänsyn har tagits till att lastbilarna trafikerar andra sträckor med andra godslaster under resten av dygnet. Detta betyder att bara en del av de sträckor som trafikeras av de distributionsfordon som utgör föremål för elektrifiering undersöks. Enligt VD:n för transportföretaget har emellertid transporterna till Coops butiker störst belastning i termer av lastvikt vilket gör det relevant att utgå från dem för vidare resonemang kring vikten.

Något som är värt att notera är att ett antal av de fraktorder som utgör underlag för gjorda beräkningar har relativt låga fraktvikter. Till exempel har fem procent av alla fraktorder en vikt under 500 kilogram och drygt 14 procent av beställningarna har en vikt som underskrider ett ton. Många av de lättare fraktorderna kommer enligt VD:n på transportbolaget dock i verkligheten att samlastas med andra fraktorder vid terminalen. De lastas oftast på lastbilar som kör en rutt som passerar butiken till vilken denna last är ämnad. Enligt transportören kommer dessutom lastvikter som överskrider sju ton att delas upp i mindre laster vilket resulterar i att ingen startvikt kommer att överskrida sju ton. Anledningen till detta är att både den typ av lastbil som används i dagsläget och den exempellastbil som Volvo tagit fram tillsammans med projektet ELDIS har en maximal lastvikt på sju ton.

Samlastningen och uppdelningen påverkar givetvis resultatet och hur figur 5.3 ser ut. Så länge samlastningen inte leder till att lastvikten ökar till över sju ton är det dock mindre relevant för resonemangen som följer nedan. Detta i kombination med att den del av fraktorderna som omfattar de minsta vikterna kommer samlastas leder till att flera rutter kommer att ligga i den mellersta delen av diagrammet.

Värt att notera är att två av de analyserade veckorna har relativt lika värden vad det gäller startvikter. Bland annat har 94 respektive 93 procent av fraktorderna under de två veckorna en startvikt under sju ton och deras laster väger i genomsnitt 1 845 respektive 1 878 kg. Den tredje veckan skiljer sig från de två andra veckorna genom att 98 procent av fraktorderna under är sju ton och har en genomsnittlig vikt på 1 545 kg. Överlag transporteras mindre vikt per transport under den tredje veckan än under de två första. Vidare visar det att de två veckorna som utgör specialveckorna fluktuerar mer än vad normalveckan gör vad det gäller startvikten per rutt.

Efter analys av kvantitativa data från empirin har det visat sig att en genomsnittlig pall för de tre veckorna väger cirka 300 kilogram. En full distributionslastbil med kapacitet att lasta 18 pallar har därmed i genomsnitt en sammanlagd lastvikt på 5,4 ton. Således överskrider i majoriteten av fallen inte lastvikten sju ton även om lastbilen är fullastad. Dessutom har enligt Rogerson och Santén (2017) studier utförts som visar att fyllnadsgraden sällan är uppgår till 100 procent vid transport av livsmedel.

### 5.2.2 Fraktvikt som begränsande faktor för elektrifierad logistik

Tidigare avsnitt har diskuterat kring fraktvikterna i distributionssystemet och antyder att maximal lastkapacitet sett till vikt sällan utnyttjas. I detta avsnitt analyseras hur fraktvikt påverkar elektrifiering av systemets fordonsflotta.

Anledningen är att även en full lastbil i genomsnitt har en lastvikt som underskrider den maximala lastvikten med 1,6 ton för lastbilen Volvo *FL Electric*. Vad det gäller eldrivna distributionsfordon utgör vikten emellertid alltid en avvägning mellan maximal lastvikt och antalet batterier. Den lastbil som inte till fullo utnyttjar sin maximala lastvikt kan istället förses med fler batterier vilket resulterar i längre räckvidd och således utökat potentiellt användningsområde.

För att svara på frågeställning 2 som avser identifiera ett minimikrav i termer av maximal lastvikt har kvantitativa data från systemet använts i kombination med transportörens behovsbild. Enligt VD:n för transportföretaget kan deras nuvarande distributionsfordon lasta sju ton gods. Eftersom syftet är att utgå från nuläget bör alltså en elektrifierad lastbil klara av att frakta samma mängd gods som en konventionell sådan. Därför motiverar det valet av minimikrav till sju ton. Något som styrker resonemanget är att en lastbil i det identifierade distributionssystemet sällan kan lasta sju ton även om den är fullastad. Dessutom understiger 95 procent av alla fraktorder sju ton för transporterna av livsmedel till Coops butiker i Göteborgsområdet. Enligt Rogerson och Santén (2017) kan det i framtiden vara möjligt att genom samlastning minska mängden fraktorder med för stor och alltför liten vikt. För studien innebär detta att ännu färre frakter i verkligheten kommer att överskrida gränsen på sju ton. Detta eftersom transportören använder sig av samlastning.

För att besvara den tredje frågeställningen som avser hur befintlig fordonsteknik förhåller sig till minimikravet har även i detta avsnitt jämförelser med Volvos distributionslastbil *FL Electric* genomförts. Denna lastbil är enligt projektledaren inom Volvo GTT konfigurerad till att klara av just denna fraktvikt och således utgör inte vikten någon begränsande faktor för det elektrifierade alternativet.

Förutom att analysera startvikter är det även viktigt att diskutera den verkliga transporterade vikten. Alltså den lastvikt som distributionsfordonen faktiskt transporterar under de olika delsträckorna. Detta möjliggör en analys och diskussion kring energiförbrukningen under transporterna vilket inte är möjligt att genomföra med enbart fraktordernas startvikt. Startvikten utgör endast en del av verkligheten då lastbilen efter första stoppet i transportslingan har lastat av gods och sedan fortsätter med en lägre lastvikt.

Det hade behövts information om vilken vikt som transporteras under de olika delsträckorna för att kunna dra slutsatser om den verkliga transporterade vikten. Detta finns dock inte tillgängligt i dagsläget. Den data som studien tagit del av ger en överskådlig bild av hur vikten varierar under transportrutterna. Vilket inte är tillräckligt för att göra en valid bedömning över vilken vikt som transporteras på respektive delsträcka för alla körningar. Sådan data hade varit intressant inte minst för att kunna jämföra förhållandet mellan räckvidd och lastvikten under en transport. Vidare hade detta kunnat bidra med mer precist underlag till en diskussion kring energiförbrukning under transporter samt en jämförelse mellan konventionella lastbilers förbrukning och eldrivna sådana. Därför utgör detta ett föremål för framtida studier.

### 5.3 Diskussion om förhållandet mellan räckvidd och vikt

Vid studier som inkluderar räckvidd och fraktvikt är det viktigt att inte enbart diskutera faktorerna separat då de är beroende av varandra. Följande avsnitt kommer därför att tillägnas diskussionen kring hur faktorerna påverkar varandra. Förhållandet bidrar till att svara på frågeställning 3 som avser hur elektrifierade fordon förhåller sig till dagens teknik.

Inledningsvis kan nämnas att förhållandet mellan räckvidd och vikt innebär att ju tyngre fordonet är desto mer energi krävs för att transportera fordonet samma sträcka. Detta innebär att en lastbil som har en större fordonsvikt eller lastas tyngre kommer att ha kortare maximal räckvidd, allt annat lika, vilket tidigare beskrivits i den teoretiska referensramen (avsnitt 3.2.1). Detta i synnerhet fallet vid körningar i stadsmiljö där accelerationer och inbromsningar är vanligt förekommande, eftersom det enligt resonemangen i den teoretiska referensramen krävs mer energi för att accelerera ett fordon (avsnitt 3.2.1).

Förhållandet mellan faktorerna är linjärt för en eldriven lastbil med given batteristyrka (avsnitt 3.2.1). Konsekvensen av detta är att om det är möjligt att transportera en mindre vikt resulterar detta i ett ökat användningsområde till följd av den utökade räckvidd som den minskade vikten bidrar till. En fullastad lastbil utnyttjar sällan hela den maximala lastvikten på sju ton. Det resulterar i att lastbilen i fråga kan transportera laster över ett längre avstånd än den räckvidd som är beräknad för ett fullastat fordon. Detta är viktigt att ta i beaktning eftersom att många av de dagliga transporterna kan vara längre än vad som är beräknat med maximal lastvikt.

Vikt kopplad till större batteristorlek resulterar dock i ett icke-linjärt samband enligt det resonemang som tidigare först (avsnitt 3.2.1). Med detta menas att räckvidden inte fördubblas till följd av att en batterikonfiguration med dubbelt så hög kapacitet installeras i lastbilen. Anledningen är att fler batteripaket resulterar i längre räckvidd samtidigt som de adderar vikt vilket bidrar med motsatt effekt. Dessutom går den ökade batterivikten ut över den maximala lastvikten. Följden av detta blir för distributionssystemet att det inte är någon gångbar lösning att enbart addera ytterligare kapacitet i form av fler batterier. Den exempellastbil som används inom projektet DenCity, Volvo *FL Electric*, klarar i nuläget minimikravet vad det gäller maximal lastvikt. Då ett batteri väger ungefär ett halvt ton har detta en stor inverkan på den maximala lastvikten.

De tunga batterierna gör att en eldriven lastbil i dagsläget väger mer än en motsvarande dieseldriven lastbil enligt projektledaren på Volvo GTT. Detta är något som också styrks av Pröckl, vilket tag upp i den teoretiska referensramen (avsnitt 3.10.1). Motsvarande lastbil innebär att bilarna har samma användningsområde, lastkapacitet och storlek. Tyngden skapar ett dilemma då regleringarna som finns kring axeltryck, boggitryck och bruttovikt måste följas (avsnitt 3.10.1). Antalet batteripaket är således inte enbart beroende av den önskade lastkapaciteten och räckvidden.

Studien har visat att ingen korrelation kan utläsas mellan leveransernas fraktvikt vid start och avståndet som transporteras under den studerade standardveckan. Det innebär att det inte finns något samband mellan transporternas längd och fraktens vikt. Storleken på butikernas fraktorder beror inte av hur långt ifrån omlastningsterminalen de är belägna utan snarare på butikernas storlek. Transportören strävar efter att utnyttja maximal fyllnadsgrad men måste också ta hänsyn till kundens angivna tidsfönster vilket gör att transporterna inte alltid kan optimeras. Detta gör att lastvikten och avstånden varierar mycket för olika körningar. Följderna av detta är däremot intressanta att analysera eftersom vikten och räckviddens förhållande är av stor betydelse för eldrivna lastbils kapacitet. Bland annat innebär det att segmentering av

rutter försvåras som annars skulle ha möjliggjort val av olika konfiguration på fordonen för att tillgodose olika segments behov.

Exempelvis hade en konfiguration med få batteripaket och därmed hög lastkapacitet kunnat användas ifall det framgick att tunga vikter transporteras kortast avstånd. Den minskade fordonsvikten som de färre batterierna resulterar i hade istället kunnat användas för att lasta tyngre gods. Motsatt förhållande gäller för långa transportrutter med mindre behov av att lasta tungt. Här kan det istället vara en fördel att utöka räckvidden med hjälp av ett större antal batterier. Nackdelen är att större antal batteripaket resulterar i en minskning av möjlig lastvikt. Dock är detta inte problematiskt om lastbilarna ändå inte behöver lasta så tungt gods.

Eldrivna lastbilar får idag dispens i Göteborg för att köra inne i staden trots högre bakaxeltryck än regelverket tillåter vilket framgick av intervju med fordonstillverkaren (avsnitt 4.2.3). På lång sikt kommer det inte vara en hållbar lösning. En minskning av fordonens vikt kommer att behövas för att kunna hålla sig inom ramen för det lagstadgade bakaxeltryck som gäller för fordon. Förutsatt att samma mängd gods behöver transporteras är det i fordonstekniken som viktminskningen måste ske. Lösningen skulle kunna vara en mindre batterivikt men problemet kan också hanteras genom en ökad möjlighet att ladda under dagen. Om ett batteri kan laddas effektivt under en transport krävs ett mindre antal batteripaket för att täcka samma sträckor.

## 5.4 Lastkapacitet

Då frågeställning 1 handlar om att beskriva nuläget i det studerade distributionssystemet behöver inte endast faktorerna fraktvikt och räckvidd diskuteras. Studien har även visat att lastkapaciteten utgör en faktor värd att diskutera för att svara på frågeställning 3 som behandlar hur elektrifierad fordonsteknik förhåller sig till nuläget. Detta motiverar förekomsten av kapitel rörande lastkapacitet i rapporten.

Vikten har visat sig vara en faktor som inte är begränsande för systemet enligt resonemang som förts i tidigare avsnitt. Lastkapaciteten verkar istället vara en begränsande faktor då det totala antalet pallar väger genomsnittliga 300 kilogram för de veckor som presenterats gör att den totala kapaciteten sett till vikt inte utnyttjas. Det finns enligt empirin ett tydligt linjärt samband mellan vikt och antal pallar (avsnitt 4.3.3). Detta trots att transportören påpekar att det finns variation i vikten per pall till följd av godsets varierande karaktär. För studien innebär det att ju fler pallar som lastas desto större fraktvikt har lastbilen även om vissa godstyper är lättare än andra. Av den anledningen följer nedan en diskussion kring lastvolymen.

När det kommer till lastvolymen fylls bilarna enligt transportören sällan mer än mellan 60 och 70 procent. Detta är enligt Jonsson och Mattssons resonemang i den teoretiska referensramen ett vanligt förekommande fenomen inom logistikbranschen (avsnitt 3.2.3). Enligt VD:n för transportföretaget beror det i deras fall på att det oftast inte går att stapla pallar på varandra vilket leder till att en del outnyttjat utrymme finns tillgängligt mellan lastpallarna och lastbilens tak. Huruvida pallar går att stapla på varandra eller ej beror på varornas känslighet. Därtill är det viktigt att pallarna staplas så att förutsättningar ges för en snabb och smidig lossning vid butikerna. Lossningen är kritisk för ett effektivt transportflöde vilket kan motivera en lägre fyllnadsgrad i förmån för en väl planerad last. Nämnade faktorer gör att det inte alltid är möjligt att utnyttja fordonets maximala lastvolym.

Analysen visar således att den begränsande faktorn i termer av lastkapacitet är golvarean och inte lastvolymen för det studerade distributionssystemet. Med detta som bakgrund kan en framtida förbättringsmöjlighet vara att minska obalansen mellan efterfrågad och tillgänglig

kapacitet i syfte att öka fyllnadsgraden sett till volym. Detta skulle också medföra en ökning av fyllnadsgraden sett till vikt enligt det resonemang om förbättringsmöjligheter som Rogersson och Santén poängterar. Den eldrivna lastbil som presenteras i projektet DenCity är konfigurerad till att kunna lasta lika mycket som nuvarande distributionsfordon, inte bara i termer av fraktvikt men även vad det gäller lastkapacitet. Därför utgör denna faktor en lika stor begränsning för en konventionell lastbil som för en elektrifierad.

## 5.5 Transport och samlastning av olika godstyper

Att kunna öka samlastningen av gods under transporterna ser såväl Coop som deras transportör som centralt för framtida elektrifiering. Det är därför viktigt att veta vad och hur mycket som transporteras. Detta utgör en del av frågeställning 1 som avser att beskriva nuläget i distributionssystemet. Olika varutyper har olika egenskaper som kräver olika hantering under transport. Frysvaror måste hållas frysta och färskvaror måste hållas kyllda under hela transporten medan det för torrvaror är mer flexibelt.

De olika varor som transportören distribuerar åt Coop är färsk-, torr- och frysvaror. I empirin illustrerades att det är ungefär lika vanligt att lastbilarna under dagen används till att köra olika typer av varor som att de enbart används till att köra en typ (tabell 4.1). Exempelvis används varje dag under veckan en bil för enbart frysvaror samtidigt som andra bilar också används för att köra frysvaror tillsammans med annat. Presenterade data visar att det är möjligt att leverera alla olika varutyper tillsammans även om det är vanligare att de körs separat (tabell 4.2). Det finns alltså inga direkta problem med att samlasta olika varutyper. Huruvida detta är önskvärt är dock inte självklart då kylning och frysning kräver energi som istället hade kunnat användas till att driva lastbilen framåt.

Enligt VD:n för transportföretaget är det inte nödvändigt att fryst och kolonialt gods levereras under förmiddagen så som det gör i dagsläget. Färskvaror samt frukt och grönt måste emellertid vara på plats under förmiddagen för att kunna säljas i butikerna under dagen. Detta gäller inte frys- och kolonialvaror eftersom att de har en betydligt längre hållbarhet. Kundens perspektiv skiljer sig däremot åt från transportörens. Coop har inte bara varornas hållbarhetstid att ta i beaktning. Ur deras perspektiv är det viktigt att leveranserna sker under förmiddagar för att underlätta planering, schemaläggning av personal och för att säkerställa att önskade saldon lagerhålls.

Att fokusera på leverans av färskvaror under förmiddagen och övriga varor under eftermiddagen och kväll skulle kunna reducera antal lastbilar i drift för Coop. Detta skulle bidra till att uppfylla behovet av att ha hög utnyttjandegrad för de eldrivna lastbilarna. I genomsnitt sker endast tre körningar med frysvaror per dag vilka precis som alla körningar för Coop sker innan klockan 14. I framtiden skulle förmiddagskörningar kunna ske på samma sätt men istället läggas under eftermiddagen. De lastbilarna skulle då kunna köra färskvaror under förmiddagen. Detsamma gäller för lastbilar som i framtiden skulle kunna köra torrvaror under eftermiddagen och färskvaror under förmiddagen. Meningsskiljaktigheterna vad det gäller behovet av transporter på förmiddagen försvårar emellertid denna utveckling.

Under den studerade veckan kör i snitt ungefär elva unika lastbilar per dag för Coop (tabell 4.4) och totalt görs 104 körningar under veckan (tabell 4.3). I data för den studerade veckan är även de av Coops butiker som ligger utanför de definierade området inkluderade. Genom konsolidering bör både antal körningar och antal använda lastbilar kunna minska markant då fraktvikten för många körningar ligger under de sju ton som lastbilarna ska klara av. Det är emellertid viktigt att betona att många av lastbilarna används till annat under dagen. En



konsolidering av Coops transporter kommer oavsett att innebära en minskning av både antal körningar och antal lastbilar.

Något som är centralt för konsolidering är som tidigare nämnt butikernas behov av att ha varuleveranser vid en viss tidpunkt (avsnitt 3.2.3). Om butikerna också fortsättningsvis måste ha varor oavsett typ vid en viss tidpunkt kommer ökad konsolidering inte vara möjlig utan andra förändringar. Butikerna bör därför öka flexibiliteten så att de kan hantera leveranser vid andra tider än förmiddagen. Ökad konsolidering kan även uppnås genom samlastning med andra kunder. Det förutsätter dock att de andra kundernas behov avser gods som får transporteras tillsammans med Coops varor ur livsmedelssäkerhetssynpunkt (avsnitt 3.10.2). Därtill måste kundernas leveransplaner passa transportören för att samlastning ska vara möjlig ur de olika perspektiven.

Resonemanget av Van Duin et al. som lyftes i referensramen (avsnitt 3.6.1) tyder på att behovet av samlastning i framtiden kommer att öka genom införandet av fler miljözoner i städer och framväxandet av konsolideringscenter i städernas utkanter. Där lastas transporter som går med tunga fordon mellan städer över till mindre fordon för distribution inom städer. Det är möjligt att antal transporter som går direkt mellan ett centrallager och en butik i framtiden minskar och istället passerar ett sådant konsolideringscenter vilket de flesta andra transporter gör idag. Detta ökar relevansen i studien då fler transporter utgår ifrån transportörens omlastningsterminal och därmed kan gå med eldrivna lastbilar.

## **5.6 Miljömässig, ekonomisk och social hållbarhet**

Utöver olika faktorer såsom lastvikt, räckvidd och lastkapacitet är det viktigt att inkludera hållbarhetsaspekterna i analysen av distributionssystemet. Detta inte minst eftersom grundtanken med att elektrifiera ett distributionssystem är att minska negativ inverkan på olika hållbarhetsaspekter. I ett arbete som berör elektrifiering av transporter är det därför oundvikligt att lyfta hållbar utveckling som en central fråga. Syftet med rapporten är att få förståelse för vad som krävs av fordonen i ett elektrifierat distributionssystem för att utgöra ett hållbart alternativ till dieseldrivna fordon. I detta avsnitt kommer elektrifieringen att analyseras och diskuteras utifrån de tre hållbarhetsdimensionerna. Målet är att avsnittet ska utgöra en grund för att besvara den tredje frågeställningen som har att göra med hur befintlig elektrisk fordonsteknik förhåller sig till nuvarande system med avseende på bland annat hållbarhetsaspekter.

### **5.6.1 Miljömässig hållbarhet**

Miljömässigt finns det många fördelar med att elektrifiera distributionen i en stadsmiljö. Flera av problemen med traditionella drivmedel som buller och utsläpp av växthusgaser minskar med hjälp av eldrift. När det gäller utsläppen är en flottas körsträckor av särskild relevans. Den andel av sträckorna som kan köras fossilfritt kommer medföra en proportionell minskning av utsläppen som relaterar till fossila bränslen.

För att uppnå både FN:s globala och Sveriges nationella miljömål är det viktigt att elektrifierad distribution inte bara klarar av några få utvalda sträckor utan att majoriteten av dem kan ersättas. Ska transportsektorn nå sitt mål om att minska koldioxidutsläppen med 70 procent innebär det att en lika stor andel av den totala körsträckan måste bli utsläppsfri. Eftersom transporter över långa avstånd är svåra att elektrifiera är elektrifiering av stadsdistribution en viktig del för att nå målen.

Att transportsektorn skulle minska sina utsläpp med 70 procent genom att elektrifiera en lika stor andel av den totalt körda sträckan är av flera skäl en överförenkling. Till exempel kan effektiviseringar och förbättringar ske i dieselmotorer, fordons aerodynamik och andra miljövänliga transportalternativ. Det medför att flera lösningar samverkar för att nå de uppsatta målen. Eldrift kan emellertid utgöra en betydande del i att minska utsläppen.

Med påståendet att eldrift ensamt kan minska de klimatpåverkande utsläppen görs antagandet att all elektricitet som driver fordonen är utsläppsfri. Detta är dock inte fallet. Sveriges elproduktion är i princip fossilfri men det gäller i själva verket för väldigt få länder i världen. För att eldrift ska utgöra ett koldioxidneutralt drivmedel på global nivå krävs därför en hel del förbättringar i elproduktionen.

Eldrivna lastbilar har i termer av kväveoxidutsläpp en nästan obefintlig miljöpåverkan jämfört med dieseldrivna vilket beskrivs i referensramen (avsnitt 3.7). Partikelutsläpp är en annan aspekt av den miljömässiga hållbarheten som minskar vid en övergång till elektrifierade fordon av samma anledning som kväveoxidutsläppen reduceras. Något som emellertid inte reduceras är de partikelutsläpp som är en följd av slitage på vägar och dylikt. Utsläppen av skadliga partiklar blir därför aldrig fullständigt reducerade. En elektrifiering av det studerade distributionssystemet kommer resultera i en mindre negativ miljöpåverkan. Den blir emellertid inte reducerad till noll och viss negativ påverkan på miljön kommer fortfarande att finnas genom exempelvis produktion.

Batteriproduktionen är i dagsläget problematisk och situationen i hela kedjan måste förbättras för att en elektrifiering av stadsdistribution ska kunna genomföras på ett hållbart sätt (avsnitt 3.8). Exempelvis är den ohållbara brytningen av framförallt metallerna litium och kobolt idag ett stort hinder. De miljövänliga alternativen som finns i form av modernare anläggningar både vid existerande brytningsplatser och nya måste tillämpas trots den kanske initialt högre kostnaden.

## **5.6.2 Ekonomisk hållbarhet**

Gemensamt för alla parter inom distributionssystemet är att stora initiala investeringar sannolikt krävs för att möjliggöra en elektrifiering. Den ekonomiska hållbarheten kan därför analyseras utifrån flera olika perspektiv.

Det är osannolikt att en omställning till eldrift kommer att ske innan det från transportörernas sida är ekonomiskt försvarbart att göra detta. På en redan prispressad marknad måste beslut tas som är hållbara för företaget också över tid. Det är därför viktigt att ett förtroende för lösningen etableras. I dagsläget är det enligt projektledaren på Volvo inte säkert vilken riktning lastbilstillverkarna kommer att välja i värdeerbjudandet till kund. Detta då samma förutsättningar gäller även för dem genom att tillverkning och försäljning av lastbilar även i framtiden måste vara lönsam. Den stora osäkerhet som fortfarande finns från både köpare och säljare gör att studier som denna är nödvändiga för att kartlägga behovet och belysa de följdfrågor som uppkommer.

För fordonstillverkarna måste produktionen läggas om för att anpassa sig efter att montera batteripaket och att byta ut förbränningsmotorer mot elmotorer. Åkerierna och speditörerna står även de inför stora och osäkra investeringar i samband med bytet av fordonsflottan. Fordon byts kontinuerligt ut i en flotta men eldrivna fordon ändrar hur och var kostnaderna uppkommer. En högre inköpskostnad jämfört med traditionella fordon kan komma att vägas upp av lägre

drifts- och bränslekostnader på sikt. Den högre inköpskostnaden kan också ställa krav på ökad utnyttjandegrad av eldrivna lastbilarna för att sprida ut den fasta kostnaden över fler körda mil.

Både transportören och kunden Coop har ett ekonomiskt intresse av att utnyttja lastbilarnas kapacitet maximalt. Eftersom investeringskostnaderna för en eldriven fordonsflotta är stora, måste denna kostnad potentiellt även slås ut på kunderna som betalar för de eldrivna transporterna. Enligt Vierth et al. har sällan transportköpare ekonomiskt utrymme att betala ett högre pris för mer hållbara transporter som fyller samma praktiska funktion (avsnitt 3.3.2). Därför ligger det, precis som Coops varuflödesutvecklare tidigare beskrivit, även i kundens intresse att de eldrivna fordonen utnyttjas i största möjliga mån. Detta kan uppnås genom att de eldrivna fordonen kör för andra kunder än Coop men också genom att möjligheter till samlastning utnyttjas. Kunden har tidigare beskrivit att fyllnadsgraden är den enskilt viktigaste faktorn för transportekonomin. Ett annat alternativ för att öka belägningsgraden är att Coops transporter sprids ut jämnare under dygnet varpå antalet eldrivna lastbilar som behövs minskar jämfört med idag då leveranserna främst är koncentrerade till förmiddagarna.

Från fordonstillverkaren finns i dagsläget ingen färdig affärsmodell för eldrivna lastbilar vilket medför osäkerheter kring hur investeringen skulle komma att se ut med avseende på grundinvesteringens storlek och löpande kostnader. I dagsläget är mellan fyra och sex fordon inblandade i transporterna inom det för studien definierade systemet. Sett till nuläget kommer transportören då att behöva köpa in sex eldrivna distributionsfordon för att täcka det transportbehov som finns förutsatt att inga förändringar i transportupplägget görs. Om Rogerson och Santéns ramverk appliceras finns det potentiellt möjlighet att minska antalet fordon. Dock följer det av tidigare resonemang att systemets avgränsning bör vidgas om samlastning skall kunna genomföras på bästa sätt. Då kan det eventuellt bli aktuellt med fler fordon eftersom det system som diskuteras i den bredare avgränsningen använder upp emot 13 unika fordon per dygn vilket framgår av referensramen (avsnitt 4.3.5). Oavsett vilket perspektiv som tas framgår det att osäkerheter finns och att vidare studier kan behövas för att kunna ta rationella ekonomiska beslut kring elektrifiering.

Förutom investeringskostnader i själva fordonen är ett byte till en elektrifierad fordonsflotta förknippat med kostnader och osäkerheter rörande infrastruktur och tillgängliga laddningstekniker för transportören. En fjärde part som är involverad i elektrifieringsprocessen är den offentliga sektorn. Både på en nationell och lokal nivå finns intresse i att eliminera fossila bränslen från distributionen såväl som inom andra områden. Det kan krävas statliga subventioner och investeringar för att initiera en omställning och då måste beslutsfattarna vara säkra på att de tar välgrundade beslut. En ekonomiskt hållbar lösning skapas först när kunden, transportören, fordonstillverkaren och staten möts i fråga om ekonomiska incitament och övriga krav.

### **5.6.3 Social hållbarhet**

En övergång till eldrivna distributionsfordon kommer att minska mängden hälsovådliga utsläpp i stadsmiljö markant och samtidigt reducera bullernivåerna vars problematik tidigare lyfts i referensramen (avsnitt 3.11.1). Detta skulle komma människor i städer till gagn och leda till en ur denna aspekt friskare befolkning. Att människor idag dör i förtid till följd av fossildrivna, konventionella lastbilar och att eldrivna lastbilar har potential att förhindra detta gör elektrifiering till ett sätt att öka den sociala hållbarheten i städer. Om det därtill adderas de möjliga kostnadsreduktioner för samhället som en friskare befolkning skulle innebära bidrar övergången ur denna aspekt även till ekonomisk hållbarhet ur ett samhällsperspektiv.

Om fler konsolideringscenter i stadsmiljö införs skulle mängden tunga fordon som trafikerar innerstäderna minska. Detta eftersom godset i de tunga fordonen som går mellan städer skulle kunna lastas över till mindre, eldrivna fordon för distribution inom städer. Genom ökad samlastning och konsolidering i nuvarande stadsdistribution finns möjligheten att också den faktiska mängden lastbilar i städer kommer att minska trängseln (avsnitt 3.11.1). Färre lastbilar och framförallt färre tunga lastbilar i städerna skulle bidra till en förbättrad stadsmiljö och därmed också ökad social hållbarhet. En anledning till detta då mindre fordon kräver mindre utrymme vilket bidrar till bättre markhushållning.

## **6 Slutsats och diskussion om framtiden**

Det övergripande målet med detta kapitel är att tydligt besvara frågeställningarna samt att återkoppla till studiens syfte. De tre frågeställningarna omfattar en nulägesanalys av Coops distributionssystem, identifiering av minimikrav för fraktvikt och räckvidd samt hur befintlig elektrisk fordonsteknik förhåller sig till det analyserade distributionssystemet. Frågeställningarna kommer att besvaras i numerisk ordning med bakgrund i det teoretiska ramverket, empirin och nulägesanalysen. Avslutningsvis förs en diskussion kring hur detta relaterar till studiens syfte.

### **6.1 Nuläget i termer av lastvikt och räckvidd i systemet**

Med bakgrund i nulägesanalysen besvaras frågeställning 1 som avser hur distributionen i Göteborgsområdet ser ut i dagsläget för transportörens livsmedelsdistribution.

För faktorn lastvikt visar studien för det första att en klar majoritet (95 procent) av alla fraktorder har startvikter under sju ton. För det andra visar studien sig att en fullastad (18 europapall) lastbil med en medeltung pall (300 kilogram) har en lastvikt på 5,4 ton. Eftersom den exempellastbilen som utgör en referens för studien är konfigurerad till att klara av att lasta sju ton utgör inte vikten någon begränsning. Det är snarare golvarean i lastutrymmet som är den begränsande faktorn för fordonets lastkapacitet.

I nuläget kombineras rutterna som transportören trafikerar till Coops butiker inom Göteborgsområdet med transporter till andra kunder inom Göteborgsområdet. Detta resulterar i att de dagliga körsträckorna för en lastbil har en medellängd på ungefär 97 kilometer där 80 procent av dem är under 118 kilometer, 90 procent är under 125 kilometer och den längsta körsträckan är 133 kilometer lång.

### **6.2 Minimikrav det nuvarande systemet ställer i termer av lastvikt och räckvidd**

För det minimikrav i frågeställning 2 som avser räckvidd blev slutsatsen att 133 kilometer är det avstånd en lastbil behöver kunna köra på en laddning. Detta på grund av att lastbilen då i teorin kommer att kunna trafikera 100 procent av alla studerade dagliga körningar som transportföretaget genomför. Det är dock viktigt att poängtera är att robusthet i systemet krävs för att kunna hantera oförutsägbara händelser som kan medföra en längre körsträcka. Då information saknas för att beräkna ett eventuellt pålägg i termer av krav på räckvidden kan ingen slutsats dras om detta. Utfallet blir annorlunda om möjligheten att ladda batterierna under dagen tas med i beräkningarna.

### **6.3 Befintlig teknik i förhållande till nuvarande system**

Frågeställning 3 avser att besvara hur den befintliga elektriska fordonstekniken förhåller sig till nuläget med avseende på hållbarhetsaspekter och de identifierade minimikraven. Ur miljömässig synpunkt utgör elektrifierade fordon ett bättre alternativ än det konventionella alternativet i termer av miljöfarliga utsläpp. Det sätt batterier tillverkas idag påverkar dock eldrivna lastbils miljöpåverkan negativt. Utifrån ekonomisk hållbarhet är det elektrifierade alternativet förknippat med svårigheter i form av osäkerheter och investeringar. Exempelvis måste laddningsstationer och nya eldrivna lastbilar införskaffas samtidigt som flera inblandade aktörers affärsmodell behöver omformuleras. En stor fördel med elektrifiering är den

förbättring av social hållbarhet som den bidrar till i städer i form av minskat buller, minskade utsläpp och färre tunga lastbilar i stadsmiljö.

Den eldrivna lastbilen *FL Electric* beräknas klara av att köra upp till 300 kilometer med en laddning. För att uppnå denna maximala räckvidd måste dock lastkapaciteten prioriteras bort till en nivå som inte är acceptabel för systemet som undersökts i detta arbete. I den konfiguration som lastbilen kommer att användas för livsmedelsdistribution har lastkapaciteten specificerats till sju ton. Detta möter visserligen minimikravet för den lastvikt som identifierats men resulterar i att den räckvidd på 90 kilometer som lastkapaciteten skulle innebära endast täcker in 37 procent av det behov transportören har i dagsläget. Om ingen laddning sker under dagen kommer därför inte minimikravet för räckvidd kunna mötas.

## **6.4 Sammanfattande slutsats**

Den sammanfattande slutsatsen är att förändringar måste genomföras för att det ska vara tekniskt möjligt att idag byta ut det konventionella distributionssystemet till ett elektrifierat. Lastvikten utgör inte en begränsande faktor för den exempellastbil som använts som referens men räckvidden gör det. Exempelvis förutsätter övergången att det ska vara möjligt att ladda fordonens batterier under dagen för att få en tillräcklig räckvidd för att klara av de dagliga transportrutterna. Den ekonomiska hållbarheten kan emellertid utgöra hinder för elektrifieringen, inte minst då det finns osäkerheter kring investeringskostnader. Det ingår emellertid inte i studiens syfte att göra en kostnadsanalys på hur de ekonomiska aspekterna påverkar elektrifieringen av ett distributionssystem. Därför utgör detta ett föremål för framtida studier.

## **6.5 Förändringsmöjligheter för att underlätta elektrifiering**

Tidigare resonemang och presentationer i denna slutsats har utgått från perspektivet att det enbart går att ladda de eldrivna distributionsbilar när de inte är aktiva. En aspekt är emellertid att det i framtiden är möjligt att ändra nuvarande distributionssystem och anpassa systemet till att bättre passa för ett elektrifierat system. En potentiell förbättringsmöjlighet som skulle underlätta en elektrifiering av det studerade distributionssystemet är möjligheten att stödladda lastbilarna under lastning och lossning vid terminalen. Detta skulle möjliggöra stödladdning av batterierna med 30 kilowattimmar under dagen vilket skulle kunna öka räckvidden.

Systemet måste anpassas för de behov av konsolidering och samlastning som är nödvändiga för att elektrifiering ska utgöra ett ekonomiskt hållbart alternativ. Detta görs bäst genom ett fokusskifte där större vikt läggs vid flexibilitet och miljöpåverkan. Den tekniska utvecklingen inom ruttplanering kan underlätta omställning men det krävs att alla branschens aktörer samarbetar. Genom exempelvis gemensamma faciliteter för stödladdning under dagen möjliggörs de längre räckvidder som krävs för att i dagsläget hantera transportbehovet. Fler anpassningar än ovan nämnda kan vara nödvändiga och vidare studier föreslås därför i syfte att utöka svaret på denna fråga.

## **6.6 Förslag på framtida studier**

I detta avsnitt presenteras en rad förslag till fortsatta studier inom området. Förslagen är resultatet av sådant som under projektet har identifierats som viktigt men som studien inte har haft möjlighet att analysera. Ämnena är därför av relevans för framtida studier.

För fortsatta studier rörande implementering av eldrivna lastbilar för livsmedelsdistribution i Göteborg är ett nästa steg att göra en analys av den faktiska energiförbrukningen för de olika rutterna. Avstånd och startvikter utgör bara några faktorer som behöver tas i beaktning i en sådan studie. Något som inte berörs i studien men som under arbetets gång identifierades som centralt för energiförbrukningen är topografin. Då topografin antagligen skiljer sig markant mellan de olika rutterna krävs detaljstudier för att få fullständig förståelse för energiförbrukningen. I en sådan studie skulle även data om hur mycket vikt som lastas av vid respektive butik behövas. Detta för att kunna avgöra hur mycket energiförbrukning ett elektrifierat distributionsfordon skulle förbruka per sträcka.

Efter att energiförbrukningen har kartlagts kan denna information användas för att ta fram en totalkostnadsanalys för ett eldrivet urbant distributionssystem. Resultatet av en sådan studie skulle kunna bidra med ett djupare svar på frågeställning 3 som innefattar hur den ekonomiska hållbarheten påverkas av elektrifieringsalternativet. Detta skulle vara till stor hjälp för att förstå vad ett företag skulle behöva investera för att övergå till eldrivna lastbilar samt hur kostnaderna skiljer sig från ett konventionellt system.

I studien är det inte helt självklart vilken räckvidd en eldriven lastbil behöver ha i det distributionssystem som identifierats. En anledning till detta är osäkerheten kring huruvida det är möjligt att ladda batterierna till de eldrivna fordonen under dagen. Denna osäkerhet beror till stor del på att möjligheterna att ladda fordonen vid lastbryggan hos transportsamordnaren inte är utredda. Ett svar på den frågan hade kunnat specificeras tydligare, om än inte exakt, om det studerade distributionssystemet utgör föremål för en elektrifiering med avseende på de tekniska aspekterna kring valet.

Vidare analyser kring vad man kan åstadkomma genom samlastning skulle även kunna ha större inverkan på hållbarhetsaspekterna. Detta beror som studien visat till stor del på i vilken mån systemet är öppet för framtida förändringar. Mindre strama tidsfönster och möjlighet till samlastning hade kunnat bidra till högre utnyttjandegrad för de eldrivna lastbilarna vilket i sin tur påverkar den ekonomiska hållbarheten. En utredning om i vilken utsträckning förändringar är möjliga hade kunnat bidra med viktiga insikter både vad det gäller hållbarhet och de eldrivna lastbilarnas användningsområde.

## Referenser

- AFS 2015:4. *Organisatorisk och social arbetsmiljö*. Hämtad 2018-05-02 från <https://www.av.se/arbetsmiljoarbete-och-inspektioner/publikationer/foreskrifter/organisatorisk-och-social-arbetsmiljo-afs-20154/>.
- Allen, J. & Browne, M. (2010). Sustainability strategies for city logistics. *Green logistics: Improving the environmental sustainability of logistics*, 282.
- Alternburg, T. (2014). *From Combustion Engines to Electric Vehicles: A study of technological path creation and disruption in Germany*. Hämtad 2018-01-22 från [https://www.die-gdi.de/uploads/media/DP\\_29.2014.pdf](https://www.die-gdi.de/uploads/media/DP_29.2014.pdf).
- Amazon. (2018). *Amazon Prime Air*. Hämtad 2012-02-27 från <https://www.amazon.com/Amazon-Prime-Air/b?ie=UTF8&node=8037720011>.
- Andersson, L., Andersson, M., Berndtsson, A., Bülund, A., Eriksson, D., Grudemo, S., ...Öhrnberg, Å. (2017). *Nationell färdplan för elvägar*. Trafikverket. Hämtad 2018-04-21 från [https://www.trafikverket.se/contentassets/eb1d14b0cc534aa5b03d8c4347d2ac83/nationell-fardplan-for-elvagar\\_slutlig.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/eb1d14b0cc534aa5b03d8c4347d2ac83/nationell-fardplan-for-elvagar_slutlig.pdf)
- Antún, J. P. (2016). Corporative Trends in Urban Distribution of Goods in Mexico City. *Transportation research procedia*, 18, 51-58. doi:10.1016/j.trpro.2016.12.007
- Bachman, K. (2011). *6 alternatives to diesel for freight transport*. Hämtad 2018-04-13 från <https://www.fmanet.org/blog/2011/04/12/6-alternatives-diesel-freight-transport>
- Barone, R. & Roach, E. (2016) *Why Goods Movements Matters – Strategies for Moving Goods in Metropolitan Areas*. Regional Plan Association and The Volvo Research and Educational Foundation. Hämtad 2018-04-28 från <http://www.vref.se/download/18.1ffaa2af156b50867485a21/1471930162785/Why-Goods-Movement-Matters-ENG+-+June+2016.pdf>
- Bernes, C. (u.d.). Luftföroreningar. I *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2018-05-04 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/luftf%C3%B6rorening>.
- Bonges III, H. A. & Lusk, A. C. (2016). Addressing electric vehicle (EV) sales and range anxiety through parking layout, policy and regulation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 83, 63-73. doi: 10.1016/j.tra.2015.09.011
- Chalmers tekniska högskola. (2014). *Perspektiv på eldrivna fordon*. Hämtad 2018-04-01 från [publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/210633/local\\_210633.pdf](http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/210633/local_210633.pdf)
- Chalmers tekniska högskola. (2016). *Systems Perspective on Electromobility*. Hämtad 2018-02-25 från <http://www.chalmers.se/en/areas-of-advance/energy/publications-media/systems-perspectives/Pages/default.aspx>.
- Chopra, S. (2003). Designing the distribution network in a supply chain. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(2), 123-140. doi:10.1016/S1366-5545(02)00044-3



- CLOSER. (2018). *DenCity*. Hämtad 2018-05-03 från <https://closer.lindholmen.se/projekt-okad-transporeffektivitet/density>. (b)
- CLOSER. (2018). *Om CLOSER*. Hämtad 2018-02-02 från <https://closer.lindholmen.se/om-closer>. (a)
- Denscombe, M. (2010). *The Good Research Guide*. Maidenhead, Storbritannien: Open University Press.
- Dialsingh, I. (2011). Face-to-Face Interviewing. I Lavrakas, P. (Red.), *Encyclopedia of Survey Research Methods* (s. 256-261). doi:10.4135/9781412963947
- Dijk, M., Orsato, R.J. & Kemp, R. (2013). The emergence of an electric mobility trajectory. *Energy Policy*, 52, 135-145. doi:10.1016/j.enpol.2012.04.024
- Eberle, U. & Von Helmolt, R. (2010). Sustainable transportation based on electric vehicle concepts: a brief overview. *Energy & Environmental Science*, 3(6), 689-699. doi: 10.1039/C001674H
- Edling, L. (2017). *Sverige tar tåten med elvägar*. Hämtad 2018-05-07 från <http://www.energivarlden.se/artikel/sverige-tar-taten-med-elvagar/>
- Ehrler, V. & Hebes, P. (2012). Electromobility for city logistics: The solution to urban transport collapse? an analysis beyond theory. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 48, 786-795. doi:10.1016/j.sbspro.2012.06.1056
- Eissler, A. (2016). *5 Distribution Trends to Watch in 2017*. Hämtad 2018-02-26 från <https://www.mits.com/blog/5-distribution-trends-watch-2017>.
- Eriksson, L.T. & Wierdersheim-Paul, F. (2014). *Att utreda förskå och rapportera*. Solna: Liber.
- Eriksson, T. (u.d.) dynamik. *Nationalencyklopedin*. Hämtad 2018-05-11 från <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/dynamik>
- Faraday's law of induction. (2006). I *Encyclopædia Britannica*. Hämtad 2018-04-13 från <https://academic.eb.com/levels/collegiate/article/Faradays-law-of-induction/33718>.
- Fler väntas handla maten över nätet. (2017, 5 mars). *Sydsvenskan*. Hämtad 2018-02-27 från <https://www.sydsvenskan.se/2017-03-05/fler-vantas-handla-maten-over-natet>.
- Foehringer Merchant, E. (2017). *The Next Big Obstacle for Electric Vehicles? Charging Infrastructure*. Hämtad 2018-02-05 från <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-next-big-obstacle-for-electric-vehicles-charging-infrastructure#gs.MIOgJzg>.
- Foltyński, M. (2014). Electric fleets in urban logistics. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 151, 48-59. doi:10.1016/j.sbspro.2014.10.007

- Friedman, D. H. (2017, 22 februari). Self-Driving Trucks: 10 Breakthrough Technologies 2017. *The Guardian*. Hämtad 2018-02-26 från <https://www.theguardian.com/technology/2017/feb/16/self-driving-trucks-automation-jobs-trucking-industry>.
- Föreningen Fryst och Kyld Mat. (2016). *Rätt temperatur under lagring och transport*. Hämtad 2018-03-05 från <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/produktion-handel-kontroll/branschriktlinjer/lagring-och-transport-av-fryst-och-kyld-mat.pdf>.
- Förenta nationerna. (2017). *Goal 13: Take urgent action to combat climate change and its impacts*. Hämtad 2018-03-20 från <http://www.un.org/sustainabledevelopment/climate-change-2/>.
- Gröna bilister. (u.d.). *Du avgör bränsleförbrukningen*. Hämtad 2018-04-28 från <http://www.gronabilister.se/fakta-bil-miljo/du-avgor-bilens-bransleforbrukning/viktigast-om-bransleforbrukningen>.
- Göteborgs stad. (u.d.). *Mål – Begränsad klimatpåverkan*. Hämtad den 2018-02-06 från [http://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/goteborgs-tolv-miljomal/begransad-klimatpaverkan/om-begransad-klimatpaverkan!/ut/p/z1/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziAwy9Ai2cDB0N\\_N0t3Qw8Q7wD3Py8ffvNLiz0wwkpiAJKG-AAjgb6BbmhigAdowuY/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/](http://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/goteborgs-tolv-miljomal/begransad-klimatpaverkan/om-begransad-klimatpaverkan!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziAwy9Ai2cDB0N_N0t3Qw8Q7wD3Py8ffvNLiz0wwkpiAJKG-AAjgb6BbmhigAdowuY/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/). (a)
- Göteborgs stad. (u.d.). *Mål – Frisk luft*. Hämtad den 2018-05-02 från [http://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/goteborgs-tolv-miljomal/frisk-luft/om-frisk-luft!/ut/p/z1/04\\_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziAwy9Ai2cDB0N\\_N0t3Qw8Q7wD3Py8ffvNQsz0wwkpiAJKG-AAjgb6BbmhigCmR\\_Hd/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/#htoc-4](http://goteborg.se/wps/portal/start/miljo/goteborgs-tolv-miljomal/frisk-luft/om-frisk-luft!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziAwy9Ai2cDB0N_N0t3Qw8Q7wD3Py8ffvNQsz0wwkpiAJKG-AAjgb6BbmhigCmR_Hd/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/#htoc-4) (b)
- Internationella energirådet. (2017). *CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion: Highlights (2017 edition)*. Hämtad 2018-02-20 från <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsfromFuelCombustionHighlights2017.pdf>.
- Jonsson, P. & Mattsson, S.-A. (2016). *Logistik: Läran om effektiva materialflöden*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Kleiner, F., Beermann, M., Çatay, B., Beers, E., Davies, H., Taeck Lim, O. (2017). Current status of the electrification of transport logistic vehicles: Early niche markets and commercialization opportunities. I *European Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Congress*, 2017, Genève, Schweiz. Hämtad 2018-01-19 från [http://www.ieahev.org/assets/1/7/2017\\_EEVC\\_Kleiner\\_et\\_al.pdf](http://www.ieahev.org/assets/1/7/2017_EEVC_Kleiner_et_al.pdf).
- Kommittédirektiv 2012:78. *Fossiloberoende fordonsflotta – ett steg på vägen mot nollutsläpp av växthusgaser*. Hämtad 2018-05-04 från [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/kommittedirektiv/fossiloberoende-fordonsflotta---ett-steg-pa-vagen\\_H0B178](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/kommittedirektiv/fossiloberoende-fordonsflotta---ett-steg-pa-vagen_H0B178).
- Lantz, A. (2013). *Intervjumetodik*. Lund: Studentlitteratur.

- Lebeau, P., De Cauwer, C., Van Mierlo, J., Macharis, C., Verbeke, W., & Coosemans, T. (2015). Conventional, Hybrid, or Electric Vehicles: Which Technology for an Urban Distribution Centre?. *The Scientific World Journal*, 2015, 1-11. doi:10.1155/2015/302867
- Levander, M. (2016). Dagen gryr i litiumland. *Sveriges Natur*, 2016(4). Hämtad 2018-02-13 från <http://www.sverigesnatur.org/aktuellt/dagen-gryr-i-litiumland/>.
- Levandi, A. & Mårdberg, J. (2016). *Urban freight distribution: Assessing time efficiency of daily activities for future development of medium-duty electric vehicles*. (Examensarbete på avancerad nivå, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation). Hämtad 2018-03-09 från <http://studentarbeten.chalmers.se/publication/238964-urban-freight-distribution-assessing-time-efficiency-of-daily-activities-for-future-development-of-m>.
- Li, W., Stanula, P., Egede, P., Kara, S. & Herrmann, C. (2016). Determining the main factors influencing the energy consumption of electric vehicles in the usage phase. *Procedia CIRP*, 48, s. 352-357. doi: 10.1016/j.procir.2016.03.014
- Lindholm, K. (2017). *Elproduktion*. Hämtad 2018-02-21 från <https://www.energiforetagen.se/sa-fungerar-det/el/produktion/>.
- Lindholm, M. (2012). *Enabling Sustainable Development of Urban Freight from a Local Authority Perspective*. (Doktorsavhandling, Chalmers tekniska högskola, Institutionen för Teknikens ekonomi och organisation). Hämtad 2018-02-28 från <https://research.chalmers.se/publication/167582>.
- Lindholmen Science Park. (2016). *ElectriCity: Statusrapport*. Hämtad 2018-05-02 från [https://www.electricitygoteborg.se/sites/default/files/content/u2318/statusrapport\\_2016\\_web.pdf](https://www.electricitygoteborg.se/sites/default/files/content/u2318/statusrapport_2016_web.pdf).
- LithiumMine. (2018). *Lithium Mining and Environmental Impact*. Hämtad 2018-02-13 från <http://www.lithiummine.com/lithium-mining-and-environmental-impact>.
- LIVSFS 2006:12. *Livsmedelsverkets föreskrifter om djupfrysta livsmedel*. Hämtad 2018-05-02 från <https://www.livsmedelsverket.se/globalassets/om-oss/lagstiftning/livsmedelshygien/livsfs-2006-12-kons-tom-2014-19.pdf>.
- Longo, M., Zaninelli, D., Viola, F., Romano, P., Miceli, R., Caruso, M. & Pellitteri, F. (2016). Recharge stations: A review. I *2016 Eleventh International Conference on Ecological Vehicles and Renewable Energies (EVER)*, Monte Carlo, Monaco, ss. 1-8. doi:10.1109/EVER.2016.7476390
- Lumsden, K. (2012). *Logistikens grunder*. Lund: Studentlitteratur.
- Marguier, F. (2017). *Trends in Wholesale Food Distribution*. Hämtad 2018-02-27 från <https://blogs.sap.com/2017/04/18/trends-in-wholesale-food-distribution/>.

- Meyburg, A. H., & Stopher, P. R. (1974). *A framework for the analysis of demand for urban goods movements* (nr 496). Washington DC, USA: Transportation Research Board.
- Miljöfordon. (2017). *Elhybrid*. Hämtad 2018-03-01 från <https://www.miljofordon.se/bilar/elhybrid>
- Morganti, E. & Browne, M. (2018). Technical and operational obstacles to the adoption of electric vans in France and the UK: An operator perspective. *Transport Policy*, 63, 90-97. doi:10.1016/j.tranpol.2017.12.010
- Mruzek, M., Gajdáč, I., Kučera, L. & Barta, D. (2016). Analysis of Parameters Influencing Electric Vehicle Range. *Procedia Engineering*, 134, s. 165-174. doi:10.1016/j.proeng.2016.01.056
- Mälardalens högskola. (2012). *Reliabilitet*. Hämtad 2018-05-11 från <http://www.mdh.se/student/stod-studier/examensarbete/omraden/metoddoktorn/metod/reliabilitet-1.29074>.
- Naturvårdsverket. (2018). *Om du är störd av buller*. Hämtad 2018-02-20 från <https://naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Buller/Om-du-ar-stord-av-buller/>. (b)
- Naturvårdsverket. (2018). *Transporterna och miljön*. Hämtad 2018-02-20 från <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Transporter-och-trafik/>. (a)
- Naturvårdsverket. (2018). *Utsläpp av växthusgaser från inrikes transporter*. Hämtad 2018-02-20 från <http://naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Statistik-A-O/Vaxthusgaser-utslapp-fran-inrikes-transporter/>. (c)
- Opray, M. (2017, 24 augusti). Nickel mining: The hidden environmental costs of electric cars. *The Guardian*. Hämtad 2018-02-14 från <https://www.theguardian.com/sustainable-business/2017/aug/24/nickel-mining-hidden-environmental-cost-electric-cars-batteries>.
- Davidsson, B. & Patel, R. (2011). *Forskningsmetodikens grunder: att planera, genomföra och rapportera en undersökning*. Lund: Studentlitteratur.
- Pröckl, E. (2016, 2 augusti). Här är Mercedes eldrivna lastbil. *Ny teknik*. Hämtas 2018-04-28 från <https://www.nyteknik.se/fordon/har-ar-mercedes-eldrivna-lastbil-6592134>.
- Rabe, M. (2017, 7 december). Utsläppen från dieslbilar fortsätter att öka. *Teknikens värld*. Hämtad 2018-02-20 från <http://teknikensvarld.se/utslappen-fran-dieslbilar-fortsatter-oka-559896/>.
- Regeringskansliet. (2017). *Det klimatpolitiska ramverket*. Hämtad 2018-02-06 från <http://www.regeringen.se/artiklar/2017/06/det-klimatpolitiska-ramverket/>.
- Regeringskansliet. (2018). *Parisavtalet*. Hämtad 2018-02-20 från <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/parisavtalet/>.

- Riksdagen. (2018). Hämtad 2018-03-07 från [http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/trafikforordning-19981276\\_sfs-1998-1276#K4](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/trafikforordning-19981276_sfs-1998-1276#K4)
- RISE. (2017, 22 december). *DenCity 2027* [Videofil]. Hämtad 2018-05-02 från <https://www.youtube.com/watch?v=Io6QzTbRCVU>.
- Rizet, C., Cruz, C. & Vromant, M. (2015). The Constraints of Vehicle Range and Congestion for the Use of Electric Vehicles for Urban Freight in France. *Transportation Research Procedia*, 12, 500-507. doi:10.1016/j.trpro.2016.02.005
- Rodrigue, J.-P., Comtois, C. & Slack, B. (2017). *The Geography of Transport Systems*. Oxon, Storbritannien: Routledge.
- Rogerson, S., Santén, V. (2017). Shippers' opportunities to increase load factor: managing imbalances between required and available capacity. *International Journal of Logistics Research and Applications*, Volym(20), 581-603. Hämtad 2018-05-07 från <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13675567.2017.1306612>
- Rowland, C. (2014). *Sustainable urban distribution: Challenges, trends & opportunities*. Hämtad 2018-02-26 från <https://www.eionet.europa.eu/events/Eionet%20Workshop/03-%20Sustainable%20Urban%20Distribution%2C%20Chris%20Rowland>.
- Sandén, B. & Wallgren, P. (2015) *Perspektiv på eldrivna fordon*. Hämtade 2018-05-02 från [https://www.chalmers.se/sv/styrkeomraden/energi/publikationer-media/perspektiv\\_ny\\_teknik/Sidor/default.aspx](https://www.chalmers.se/sv/styrkeomraden/energi/publikationer-media/perspektiv_ny_teknik/Sidor/default.aspx).
- Scania. (2016). *World's first electric road opens in Sweden*. Hämtad 2018-05-07 från <https://www.scania.com/group/en/worlds-first-electric-road-opens-in-sweden/>
- SFS 1998:1276. *Trafikförordning*. Hämtad 2018-05-02 från [http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/trafikforordning-19981276\\_sfs-1998-1276](http://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/trafikforordning-19981276_sfs-1998-1276).
- Shuttleworth, M. (2008). *Validity and Reliability*. Hämtad 2018-05-03 från <https://explorable.com/validity-and-reliability>.
- Sveriges geologiska undersökning (SGU). (2018). *Kobolt*. Hämtad 2018-02-13 från <https://www.sgu.se/mineralnaring/kritiska-material/kobolt/>.
- Söderholm, E. (2017). *5 prestandafördelar: Därför kan elbilar vara överlägsna bensinbilar*. Hämtad 2018-05-02 från <http://www.mestmotor.se/recharge/artiklar/nyheter/20171018/5-prestandafordelar-darfor-kan-elbilar-vara-overlagsna-bensinbilar/>.
- Trafikanalys. (2017). *Varuflödesundersökningen 2016*. Hämtad 2018-05-02 från <https://www.trafa.se/globalassets/statistik/varufloden/varuflodesundersokningen-2016.pdf?>

- Transportinköpspanelen. (2016) *Transportinköpets betydelse för godstransporters miljöpåverkan*. Hämtad 2018-05-07 från <https://www.chalmers.se/sv/centrum/northern-lead/transportinkopspanelen/PublishingImages/%E2%80%9DTransportink%C3%B6pet%20betydelse%20f%C3%B6r%20godstransporters%20milj%C3%B6p%C3%A5verkan%E2%80%9D.pdf>.
- Trafikverket. (2016). *Styrmedel och åtgärder för att minska transportsystemets utsläpp av växthusgaser* (2016:043). Hämtad 2018-03-05 från [https://www.trafikverket.se/contentassets/46ae019ed896490ebb95185b6e846c24/styrmedel\\_atgarder\\_minska\\_utslapp\\_vaxthusgaser\\_2016-02-22\\_slutversion-3.pdf](https://www.trafikverket.se/contentassets/46ae019ed896490ebb95185b6e846c24/styrmedel_atgarder_minska_utslapp_vaxthusgaser_2016-02-22_slutversion-3.pdf). (a)
- Trafikverket. (2017). *Vägrafikens utsläpp*. Hämtad 2018-02-21 från <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/Luft/Vagtrafikens-utslapp/>. (a)
- Transportstyrelsen. (u.d.). *Buller från vägtrafik*. Hämtad 2018-03-01 från <https://transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/Miljo/Buller/>. (a)
- Universitets- och högskolerådet (UHR). (2016). *Forskningsetik*. Hämta 2018-05-03 från <https://www.studera.nu/forskarstudier/utbildningen/forskningsetik/>.
- Valentino, S. (2017, 18 september). Diesel cars contribute to about 10,000 deaths a year. *EUobserver*. Hämtad 2018-05-02 från <https://euobserver.com/environment/139048>.
- van Binsbergen, A. & Visser, J. (1999). New urban goods distribution systems. I *Conference on Urban Transport Systems*, 1999, Lund, 241-250. Hämtad 2018-02-26 från <http://www.tft.lth.se/fileadmin/tft/dok/KFBkonf/3binsbergenvisser.PDF>.
- van Duin, J. H. R., Quak, H., & Muñuzuri, J. (2010). New challenges for urban consolidation centres: A case study in The Hague. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 6177-6188. doi:10.1016/j.sbspro.2010.04.029
- Vandycke, N. (2017). *Sustainable mobility: can the world speak with one voice?*. Hämtad 2018-03-20 från <http://blogs.worldbank.org/transport/taxonomy/term/14825>.
- Vierth, I., Mellin, A., Hylén, B., Karlsson, J., Karlsson, R. & Johansson, M. (2012). *Kartläggning av godstransporterna i Sverige* (VTI rapport, nr 752). Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Hämtad 2018-02-21 från <https://www.vti.se/sv/Publikationer/>.
- Volvo Group. (2018). *Premiere for Volvo Trucks' first all-electric truck*. Hämtad 2018-05-13 från <https://www.volvogroup.com/en-en/news/2018/apr/news-2879838.html>
- Volvo Lastvagnar. (2018). *Driving Automation is Driving Progress*. Hämtad 2018-02-27 från <http://www.volvotrucks.com/en-en/about-us/automation.html>.
- Volvo Lastvagnar. (u.d.) *Volvo FE CNG*. Hämtad 2018-05-02 från <http://www.volvotrucks.se/sv-se/trucks/volvo-fe/volvo-fe-cng.html>.
- Världsnaturfonden (WWF). (2017). *Lösningar*. Hämtad 2018-04-13 från <http://www.wwf.se/wwfs-arbete/klimat/losningar/1124285-losningar-klimat>.



- Värt att veta om lastbilar. (2010, 30 mars). *Svensk åkeritidning*. Hämtad 2018-05-02 från <http://www.akeritidning.se/svensk-akeritidning/nyheter/2010/03/30/vart-att-veta-om-lastbilar>.
- Wallén, G. (1996). *Vetenskapsteori och forskningsmetodik*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Wandel, S., Ruijgrok, C. & Nemoto, T. (1992). Relationships among shifts in logistics, transport, traffic and informatics. I Storhagen, N.G. & Huge M. (Red.), *Logistiska framsteg*. Lund: Studentlitteratur AB.
- Wang, M. & Thoben, K. D. (2017). Sustainable Urban Freight Transport: Analysis of Factors Affecting the Employment of Electric Commercial Vehicles. *Dynamics in Logistics*, 255-265. doi:10.1007/978-3-319-45117-6\_23
- Wu, H., Pang, G.K.H., Choy, K.L. & Lam, H.Y. (2018). An Optimization Model for Electric Vehicle Battery Charging at a Battery Swapping Station. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 62(2), 881-895. doi:10.1109/TVT.2017.2758404
- Wu, H.H., Gilchrist, A., Sealy, K.D. & Bronson, D. (2012). A High Efficiency 5 kW Inductive Charger for EVs Using Dual Side Control. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 8(3), 585-585. doi:10.1109/TII.2012.2192283
- Älvstranden Utveckling. (2018). *Nya transportlösningar för att utveckla hållbara och attraktiva städer*. Hämtad 2018-05-02 från <https://hallbarstad.se/alvstranden/nya-transportlosningar-for-att-utveckla-hallbara-och-attraktiva-stader/>.

## Bilaga 1

I tabellen redovisas specifikationen för den specifika FL Electric-bil som kommer att användas i DenCity-projektet. Räckviddens intervall är beroende på externa förhållanden som lastvikt, topografi, temperatur etc. Denna information passeras på kommunikation med Fredrik Cederstav.

| Totalvikt | Lastvikt | Räckvidd | Pallplatser | Batterikapacitet |
|-----------|----------|----------|-------------|------------------|
| 16 ton    | 7 ton    | 90–10 km | 18          | 3 x 49 kWh       |

Bilden nedan är tagen från Volvos hemsida och är den generella specifikationen för FL Electric. Hämtad från <https://www.volvogroup.com/en-en/news/2018/apr/news-2879838.html>

### Facts

- Fully electrically-powered truck for distribution, refuse collection and other applications in urban conditions, GVW 16 tonnes.
- Driveline: 185 kW electric motor, max power/130 kW continuous output, two speed transmission, propeller shaft, rear axle. Max torque electric motor 425 Nm. Max torque rear axle 16 kNm.
- Energy storage: 2-6 lithium-ion batteries, totalling 100–300 kWh.
- Range: Up to 300 km.
- Charging: AC charging via the mains grid (22 kW) or DC fast charge via CCS/Combo2 for up to 150 kW.
- Recharging time: From empty to fully charged batteries: fast charge 1-2 hours (DC charging), night charge up to 10 hours (AC charging) with maximum battery capacity of 300 kWh.



## Bilaga 2

### Mötes- och intervjufrågor

För majoriteten av intervjuerna och mötena fanns ett antal förberedda frågor som grund för diskussion. Samtalen och diskussionerna var dock inte begränsade till de förberedda frågorna utan de kunde utvecklas i den riktning både vi och motparten önskade. Frågorna skickades dessutom till intervjuobjekten på förhand vilket gjorde att de kunde förbereda sig och utforma motfrågor.

#### Gunnar Ohlin, CLOSER

- *Vilken är vår roll i er studie och vilka problem ska undersökas?*
- *Vilka avgränsningar bör vi ha i projektet? Hur långt bak i kedjan ska vi beröra?*
- *Ska vi ta hänsyn till utvecklingen av förarlösa lastbilar?*
- *Hur anser ni att datainsamlingen ska göras och var kan vi hitta relevanta data?*
- *Tycker ni att det är relevant med en totalkostnadsanalys? Bör vi undersöka externa kostnader?*
- *Hur stort teknikfokus bör arbetet ha?*

Till övriga möten med Gunnar Ohlin var endast ämnet som skulle diskuteras förberett på förhand och vad som faktiskt talades om berodde mycket på Gunnar. Stort fokus låg i början på att hitta ett syfte och frågeställningar som både passade oss och intressenterna.

#### Kjell Håkansson, Coop Logistik

- *Vilken är din roll på Coop Logistik?*
- *Vad vill ni ha ut av samarbetet?*
- *Hur ser Coops distributionssystem ut övergripande och vilka huvudsakliga flöden finns?*
- *Vilka butiker och vilket område anser ni är mest intressant att analysera?*
- *Vilka historiska data finns att tillgå, hur är den strukturerad och vad får vi ta del av?*
- *Vilka uppgifter loggas idag för lastbilarna?*
- *Vilka är Coops mål med elektrifieringen?*
- *Hur har ert arbete med elektrifiering sett ut hittills?*

Kjell var med på flera av de andra mötena också men där fanns inga direkta frågor förberedda till honom.

## Christoffer Widegren, Trafikkontoret Göteborg

- *Hur arbetar Trafikkontoret med godsnätverk och samlastning i Göteborg?*
- *Hur samarbetar Trafikkontoret med olika aktörer inom transportbranschen?*
- *Arbetar ni centralt i kommunen med planering för att minska trängsel och onödiga körningar och vilken inverkan har ert arbete?*
- *Hur arbetar Trafikkontoret med ny teknik?*

## Konsult, Transportsamordnare

- *För lastbilar som kör för Coop i Göteborgsområdet:*
  - *Hur långt kör lastbilarna under dagen?*
  - *Under vilka tider är lastbilarna aktiva?*
  - *Hur ser fraktsedlarna ut? Finns tider för på- och avlastning beskrivna?*
  - *Varierar antal körningar, fraktvikter och avstånd från vecka till vecka?*
- *Vad gör ni under övriga tider när ni inte kör för Coop?*

## Fredrik Cederstav, Volvo Group Trucks Technology

- *Vem är du och vad jobbar du med?*
- *Användningen av eldrivna bilar blir allt mer utbredd, medan vi ännu inte ser eldrivna lastbilar i drift: Vad är den största skillnaden mellan eldrivna bilar och lastbilar?*
  - *Vilka faktorer tillkommer i utvecklingen?*
  - *Vilka hinder är svårast att hantera?*
- *Vad innebär de olika tekniska lösningarna för räckvidd, kraft och liknande?*
- *Hur relaterar vikt och räckvidd till eldrivna lastbilars funktion?*
- *Vad blir den relativa förändringen i räckvidd vid en minskad vikt?*
- *Om man inte behöver så lång räckvidd, vad skulle det innebära för Volvo?*
- *Om man inte behöver så mycket kraft, vad skulle det innebära för Volvo?*
- *Om maximal lastvikt hade kunnat begränsas, finns det någon föredragen maxvikt som hade möjliggjort en bättre teknisk lösning för fordonet? Exempelvis 6.5 ton lastvikt, vad skulle det innebära för Volvo?*
- *Hur relaterar laddningstiden till den kraft och räckvidd som ska tillhandahållas?*
- *Hur påverkas lastutrymmet av eldrift, är det möjligt att transportera samma volymer?*
- *Hur mycket väger en eldriven lastbil relativt en traditionell? Har detta någon påverkan på vägunderlag och de regleringar som finns på exempelvis axeltryck?*
- *Hur hanterar ni den snabba utvecklingen av eldrivna fordon och batterikapacitet?*

## VD, Transportör

- Kan olika fraktorder köras tillsammans?
- Kör lastbilarna på de studerade rutterna någon mer körning under dagen? Hur ser i så fall en sådan körning ut?
- Vad avgör om en lastbil kör andra transporter efter Coops eller inte?
- Om en viss körning endast sker under en av de studerade veckorna, är den då extrainsatt?
- Hur behandlas extrainsatta rutter?
- Under en av dagarna körs många olika fraktorder till olika destinationer vid samma tidpunkt. Går de med olika bilar?
- För vissa körningar är stoppen de samma medan ordningen skiljer sig åt, vad beror detta på?
- Hur bör vi hantera den data vi får ta del av?

## Bilaga 3

I tabellen redovisas de transportsträckor som körs under den studerade exempelveckan. De totala sträckorna framgår men även hur stor andel av dem som hör till Coops egna körningar. Denna information baseras på data från Coops transportör.

| Total körsträcka (km) | Körsträcka Coop (km) |
|-----------------------|----------------------|
| 106,9                 | 106,9                |
| 96,8                  | 19,8                 |
| 133,4                 | 13,4                 |
| 95,2                  | 40,2                 |
| 118,4                 | 78,4                 |
| 88,2                  | 28,2                 |
| 102                   | 36                   |
| 94,7                  | 28,7                 |
| 100,55                | 70,3                 |
| 119,1                 | 59,1                 |
| 86                    | 26                   |
| 100,5                 | 60,5                 |
| 101,7                 | 79,7                 |
| 99,3                  | 59,3                 |
| 115,4                 | 50,4                 |
| 122                   | 62                   |
| 73,9                  | 33,9                 |
| 55,2                  | 55,2                 |
| 61,9                  | 61,9                 |
| 125,9                 | 65,9                 |
| 95,6                  | 35,6                 |
| 61,2                  | 21,2                 |
| 131,9                 | 71,9                 |
| 88                    | 33                   |
| 84,6                  | 84,6                 |
| 86,8                  | 16,8                 |
| 82,3                  | 42,3                 |
| 97,31296296           | 49,67407407          |
| Andel Coop            | 51%                  |