

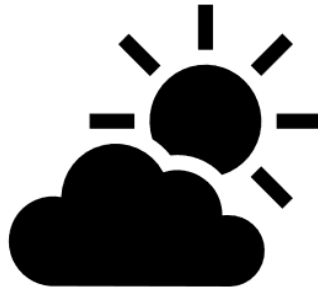


**CHALMERS**

Mindre trafik



Mindre utsläpp



Bättre stadsmiljö



# Vägen till hållbara leveranser i Göteborgs stadskärna

En redogörelse för hur externa kostnader till följd av citylogistik kan minska med hjälp av konsolideringscenter

Kandidatarbete inom Industriell ekonomi

Marcus Edh  
Victor Koch  
Arnes Palalija

Fabien Stadelman  
Ellinor Wagnsson  
Antonia Wise

**INSTITUTIONEN FÖR TEKNIKENS EKONOMI OCH ORGANISATION  
AVDELNINGEN FÖR SCIENCE, TECHNOLOGY AND SOCIETY**

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
Göteborg, Sverige 2021  
www.chalmers.se  
Kandidatarbete TEKX04-21-23

# Vägen till hållbara leveranser i Göteborgs stadskärna

En redogörelse för hur externa kostnader från citylogistik kan minska med hjälp av konsolideringscenter

# Towards sustainable deliveries to the city centre of Gothenburg

A review of the reduction in external costs from urban logistics due to the implementation of consolidation centers

Marcus Edh  
Victor Koch  
Arnes Palalija

Fabien Stadelmann  
Ellinor Wagnsson  
Antonia Wise

Vägen till hållbara leveranser i Göteborgs stadskärna  
En redogörelse för hur externa kostnader från citylogistik kan minska med hjälp av  
konsolideringscenter

Marcus Edh  
Victor Koch  
Arnes Palalija

Fabien Stadelmann  
Ellinor Wagnsson  
Antonia Wise

© Marcus Edh, 2021    © Fabien Stadelmann, 2021  
© Victor Koch, 2021    © Ellinor Wagnsson, 2021  
© Arnes Palalija, 2021    © Antonia Wise, 2021

Kandidatarbete TEKX04-21-23  
Teknikens ekonomi och organisation  
Chalmers tekniska högskola  
412 96 Göteborg  
Sverige  
Telefon + 46 (0)31-772 1000

Omslagsbilden är inspirerad av SMOOTh-projektets övergripande syfte.

Göteborg, Sverige 2021  
Gothenburg, Sweden 2021

## FÖRORD

Rapporten behandlar gruppens kandidatarbete genomfört under vårterminen 2021 på Chalmers Tekniska Högskola vid institutionen för Teknikens ekonomi och organisation. Gruppmedlemmarna läser samtliga till civilingenjörer på Chalmers och representerar programmen Industriell Ekonomi, Maskinteknik och Samhällsbyggnadsteknik.

Vi vill särskilt tacka vår externa handledare Sönke Behrends, Project Manager hos SSPA, som bidragit med viktig erfarenhet och engagemang. Förutom sin goda kunskap inom ämnet har Sönke även tillhandahållit nödvändig information och data, deltagit vid intervjustudier och studiebesök, samt funnits tillgänglig för hjälp och frågor under hela arbetets gång. Vi skickar även tack till Erik Bohlin, biträdande professor vid avdelningen för *Science, Technology and Society*, för värdefulla åsikter och kritik som drivit arbetet i rätt riktning.

Slutligen vill vi dessutom tacka SMOOTh-projektet och ingående partners för att ha fått tagit del av deras arbete samt fått möjlighet att i verkligheten se de grundläggande logistiska principer som kandidatarbetet bygger på.

Towards sustainable deliveries to the city centre of Gothenburg  
A review of the reduction in external costs from urban logistics due to the  
implementation of consolidation centers

|                |                   |
|----------------|-------------------|
| Marcus Edh     | Fabien Stadelmann |
| Victor Koch    | Ellinor Wagnsson  |
| Arnes Palalija | Antonia Wise      |

Department of Technology Management and Economics  
Chalmers University of Technology

## SUMMARY

The urban logistics in cities around the world are becoming more ineffective as the increase in freight demand rises, the number of delivery trucks grows and the amount of cargo in each decrease. This change befalls at the expense of the environment in the form of socio-economical costs, as increased traffic congestion and increased emissions of pollutants among others. Urban consolidation centers have formerly been implemented in cities to improve the urban logistics. By loading freight together and filling the trucks to their maximum load capacity the number of trucks in traffic can be reduced. Thus, increasing the effectiveness of the logistics system and minimizing the socio-economical costs. Earlier implementations and studies surrounding consolidation centers have shown great potential. For instance, in the Dutch city of Nijmegen, the total distance for urban freight deliveries could be reduced by 32 % with the help of an urban consolidation center.

This study is a part of the research project SMOOTH and contributes to the projects overall purpose, to develop Gothenburg's urban logistics, by assessing the theoretical potential of using a freight consolidation system for deliveries to the city. The potential is measured by evaluating the socio-economical costs in present time measured against a proposed perpetration of a freight consolidation system. To assess the costs of urban logistics, freight demand and how the demand is met a case study has been conducted. This study derives from a qualitative research methodology with quantitative elements consisting of a literature study through relevant scientific reports and data sources. The study is enriched with a field survey limited to the area Inom Vallgraven and Nordstan.

Finally, the theoretical scenario was created, in joint consultation with liaisons from the research project SMOOTH, for the purpose of studying the amount of today's freight deliveries that could be consolidated. It turns out that, in theory, the maximum potential in implementing a freight consolidation system gives in terms of socio-economical costs a reduction of 52 %, in comparison with today's urban logistics. The result implies improved health and wellbeing for occupants in metropolitan areas, better sustainable cities, and a reduced environmental impact from urban logistics.

Keywords: Urban consolidation center, urban logistics, external costs

Note: The report is written in Swedish.

## SAMMANDRAG

Logistiksituationen i städer runtom i världen blir alltmer ineffektiv i takt med en ökad efterfrågan på varuleveranser, där leveransfordonen blir fler och fyllnadsgraden lägre. Denna förändring sker på bekostnad av omgivningen i form av samhällsekonomiska kostnader, såsom ökad trängsel i trafiken och ökade utsläpp av emissioner. Urbana konsolideringscenter har tidigare implementerats i städer i hopp om att förbättra logistiksituationen. Detta görs genom att samlasta gods, öka fyllnadsgraden och minska antalet fordon i rörelse för att på så sätt öka effektiviteten och minska de samhällsekonomiska kostnaderna. Tidigare implementeringar och studier av konsolideringssystemet har visat god potential. Exempelvis kunde den totala transportsträckan för urbana varuleveranser reduceras med 32 % i den nederländska staden Nijmegen med hjälp av ett konsolideringscenter.

Denna rapport är en del av forskningsprojektet SMOOTH och bidrar till dess övergripande syfte, att utveckla Göteborgs logistiksituation, vilket möjliggörs genom att teoretiskt bedöma förbättringspotentialen av att fullskaligt implementera ett konsolideringssystem i staden. Potentialen mättes genom att jämföra de samhällsekonomiska kostnaderna i nuläget gentemot ett scenario med en teoretisk implementering av konsolideringssystemet. För att uppskatta kostnaderna för den urbana logistiken så tas efterfrågan av varuleveranser, samt tillgodoseende av denna efterfrågan, fram genom en fallstudie. Denna studie har sin ansats i en kvalitativ metod med kvantitativa inslag bestående av en litteraturstudie genom relevanta vetenskapliga artiklar och datakällor. Studien har kompletterats med en intervjuundersökning avgränsat till området Inom Vallgraven och Nordstan.

Slutligen genomfördes det teoretiska scenariot i samråd med representanter från forskningsprojektet SMOOTH. Det visade sig att den teoretiskt maximala förbättringspotentialen av implementeringen ger en beräknad reduktion av de samhällsekonomiska kostnaderna på 52%, i jämförelse med dagens logistiksystem. Resultatet implicerar förbättrad hälsa och välmående för personer som bor i urbana områden, mer hållbara städer samt en reducerad påverkan av logistiksystemet på miljön.

Nyckelord: Konsolideringscenter, urban logistik och externa kostnader

Notera: Rapporten är skriven på svenska.



## Innehållsförteckning

|   |    |
|---|----|
| Figurförteckning .....  | IV |
| Tabellförteckning .....   | V  |
| Ordlista.....   | VI |
| 1. Inledning .....  | 1  |
| 2. Syfte och frågeställning .....                                   | 3  |
| 3. Hållbar utveckling och etik.....                                 | 4  |
| 3.1 Hållbar utveckling.....   | 4  |
| 3.2 Etik.....   | 6  |
| 4. Problemanalys.....   | 7  |
| 4.1 Citylogistikens samhällsekonomiska effekter.....                | 7  |
| 4.2 Hållbara systemlösningar.....                                   | 8  |
| 5. Teoretiskt ramverk.....  | 12 |
| 5.1 Del I: Logistiska aspekter .....                                | 12 |
| 5.1.1 Modellering av antalet lastenheter och leveransturer .....    | 12 |
| 5.1.2 Citylogistikens problematik .....                             | 13 |
| 5.1.3 Tidigare studier av konsolideringssystem.....                 | 15 |
| 5.2 Del II: Samhällsekonomiska aspekter.....                        | 16 |
| 5.2.1 Externa kostnader och hur de beräknas .....                   | 16 |
| 5.2.2 Trängselkostnader .....                                       | 17 |
| 5.2.3 Olyckskostnader.....  | 18 |
| 5.2.4 Bullerkostnader .....   | 19 |
| 5.2.5 Emissionskostnader för växthusgaser .....                     | 19 |
| 5.2.6 Emissionskostnader för luftföroreningar .....                 | 20 |
| 6. Metod .....  | 22 |
| 6.1 Steg I: Hur ser efterfrågan på leveranser ut i dagsläget? ..... | 23 |
| 6.1.1 Uppskattning av antalet verksamheter inom området.....        | 23 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 6.1.2 | Antalet leveransturer per dag och verksamhet i området.....   | 24 |
| 6.1.3 | Beräkning av antal och fördelning av lastenheter till verksamheter i området.....                                       | 24 |
| 6.2   | Steg II: Hur tillgodoses efterfrågan på leveranser inom området idag? .....   | 28 |
| 6.2.1 | Trafikfördelning och fördelning av miljöklasser .....   | 28 |
| 6.2.2 | Uppskatta antal stopp per leveranstur och transportsträcka.....   | 30 |
| 6.2.3 | Uppskatta antalet leveransenheter per leveranstur.....  | 31 |
| 6.3   | Steg III: Vad kostar de negativa effekterna samhället? .....  | 32 |
| 6.3.1 | Indata för beräkning av externa kostnader.....  | 32 |
| 6.3.2 | Beräkning av kostnader per kilometer .....  | 34 |
| 6.3.3 | Genomsnittliga och totala kostnader för olika lastenheter.....  | 34 |
| 6.4   | Steg IV: Hur kan de negativa effekterna som uppstår av logistik i urban miljö förbättras med konsolideringssystem ..... | 35 |
| 6.5   | Metoddiskussion .....   | 37 |
| 6.5.1 | Datainsamling .....   | 37 |
| 6.5.2 | Antaganden .....  | 38 |
| 7.    | Resultat .....  | 40 |
| 7.1   | Efterfrågan på leveranser Inom Vallgraven och Nordstan .....  | 40 |
| 7.2   | Tillgodosende av efterfrågan.....   | 42 |
| 7.3   | Resultaterande externa kostnader från dagens logistiksystem.....  | 46 |
| 7.4   | Resultat efter implementering av nytt konsolideringscenter .....  | 48 |
| 8.    | Diskussion.....   | 51 |
| 8.1   | Diskussion av resultat och jämförelse med tidigare studier.....   | 51 |
| 8.2   | Resultatet kopplat till hållbarhet och etik .....   | 53 |
| 8.2.1 | Resultatet och hållbarhet.....  | 53 |
| 8.2.2 | Resultatet och etik.....  | 54 |
| 8.3   | Rimlighetsanalys.....   | 55 |
| 8.4   | Rekommendationer för vidare forskning .....   | 56 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| 9. Slutsatser..... | 59 |
| Referenslista..... | 60 |
| Bilagor.....       | 65 |

## Figurförteckning

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figur 1</b> <i>Dagens logistiksystem jämfört med ett konsolideringssystem.</i>   | <b>10</b> |
| <b>Figur 2</b> <i>Konceptuell bild över metodens fyra steg.</i>   | <b>22</b> |
| <b>Figur 3</b> <i>Andelar av efterfrågade lastenhet till varje verksamhet.</i>  | <b>41</b> |
| <b>Figur 4</b> <i>Total körsträcka per dag uppdelat på lastenhet, trafiksituation och vägtyp.</i>   | <b>44</b> |
| <b>Figur 5</b> <i>Totala externa kostnader per dag och lastenhet uttryckt i €.</i>  | <b>47</b> |
| <b>Figur 6</b> <i>Totala externa kostnader per dag uttryckt i €.</i>  | <b>47</b> |
| <b>Figur 7</b> <i>Total körsträcka per dag på motorvägar samt lokala vägar, före respektive efter implementering av konsolideringssystem.</i> | <b>48</b> |
| <b>Figur 8</b> <i>Total skillnad i externa kostnader per dag före och efter implementering av konsolideringssystemet.</i>                     | <b>49</b> |
| <b>Figur 9</b> <i>Skillnad i externa kostnader per dag uppdelat efter kostnadskategori. Fel! Bokmärket är inte definierat.</i>                |           |

## Tabellförteckning

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabell 1</b> <i>Fordonstyper som antas leverera varje typ av lastenhet, samt fordonens miljöklasser och till vilka verksamhetsområden de levererar till.</i> | <b>30</b> |
| <b>Tabell 2</b> <i>Antalet verksamheter och deras leveranser Inom Vallgraven och Nordstan uppdelat efter verksamhetskategori.</i>                               | <b>40</b> |
| <b>Tabell 3</b> <i>Totala antalet lastenheter per dag i området Inom Vallgraven och Nordstan.</i>   | <b>42</b> |
| <b>Tabell 4</b> <i>Fordonsandelar, paket.</i>   | <b>43</b> |
| <b>Tabell 5</b> <i>Fordonsandelar, tempererade paket.</i>   | <b>43</b> |
| <b>Tabell 6</b> <i>Fordonsandelar, pallar/rullburar.</i>  | <b>43</b> |
| <b>Tabell 7</b> <i>Fordonsandelar, tempererade rullburar.</i>   | <b>44</b> |
| <b>Tabell 8</b> <i>Antal levererade lastenheter Inom Vallgraven och Nordstan per leveranstur.</i>   | <b>46</b> |

## Ordlista

*Notera: Första gången följande begrepp används i rapporten markeras ordet i kursiv stil.*

**3PL** – Tredjepartslogistik. Sköter viss del, eller alla logistikfunktioner som annars sköts av säljare eller köpare.

**BEV** - Battery Electric Vehicle. Miljöklass för eldrivna leveransfordon. Kan vara exempelvis en eldriven MDV, LDV, elcykel eller elektrisk dragbil.

**Citylogistik** - Alla godstransporter till, från, genom samt inom urbana områden utförda av tunga eller lätta fordon. Definitionen innefattar även servicetransporter (t.ex. hantverkare), transporter till och från byggarbetsplatser, bulktransporter, avfall och godstransporter som utförs av privatpersoner som till exempel inköpsresor (Lindholm et al 2014).

**Elektrisk dragbil** – Litet eldrivet fordon som typiskt sett levererar paket i städer. Paketerna läggs i ett antal containrar som utgör släp på dragbilen.

**Externa kostnader** – Samhällsekonomiska kostnader för trängsel, buller, olyckor och utsläpp av luftföroreningar och koldioxid.

**FG** – Freight Generation. Innebär de lastenheter som genereras när en verksamhet efterfrågar en viss typ av vara.

**FTG** - Freight Trip Generation. Innebär de leveransturer som genereras när en verksamhet efterfrågar viss typ av vara eller producerar en vara som ska säljas.

**ICE** – Internal Combustion Engine, bränsle driven förbränningsmotor.

**Last-mile transport** – Den sista delen av sträckan som transportören behöver färdas för att leverera till mottagare.

**Lastenhet** – I denna rapport avses lastenheter som pallar, rullburar, små paket och stora paket, tempererade rullburar och tempererade paket. Små paket avser mindre paket som generellt sett levereras till kontor och hushåll. Stora paket levereras huvudsakligen till butiker som därefter levereras till slutkund. Tempererade rullburar och tempererade paket innefattar rullburar och paket som kräver transport med exempelvis kyl- och frysaggregat.

**LDV** – Light Delivery Vehicle. Liten lastbil och skåpbilar (maximal vikt < 3,5 ton).

**LEFV** - Light Electric Freight Vehicle. Avser i rapporten fordon som elektriska cyklar eller elektriska dragfordon.

**MDV** – Medium Delivery Vehicle. Stor lastbil (maximal vikt > 3,5 ton).

**SMOOTH** – System Of systems for sustainable urban gOods Transports. Det övergripande projekt som kandidatarbetet syftar att bidra till.

**SNI-kod** – Aktivitetsindelning enligt EU-standarder för verksamheter. Beskriver vilket verksamhetsområde en verksamhet tillhör och aktiviteten de bedriver.

**Transport för egen räkning** – Transporter som inte sköts av tredjepartslogistikern utan sköts av en verksamhets egna leverantörer eller verksamheten själv.

**UCC** – Urban Consolidation Center. Samlastningsterminal för gods i stadens utkant. Även kallat konsolideringscenter i rapporten.

**Verksamhet** – Leveransslutkund. Här uppdelat efter hushåll, kontor, hotell & restaurang, offentlig sektor, hälsa & sjukvård, sällanköpsvaror, färskvaror.

## 1. Inledning

Dagens samhälle urbaniseras i allt större utsträckning, vilket medför ökat behov och efterfrågan av varuleveranser in till stadskärnorna. Urban logistik är därför en ytterst viktig funktion för att kunna förse invånare med varor och skapa relationer mellan företag och konsumenter (Behrends, 2020). Varuleveranserna sker dock på bekostnad av stadsmiljö och invånarnas livskvalitet eftersom transporter genererar utsläpp av växthusgaser och lokala luftföroreningar, samt ökar trängsel, buller och risk för olyckor. Förutom urbanisering är även ökad e-handel en bidragande faktor till fler varuleveranser i stadskärnorna (Postnord, 2020). Städer förväntas fortsätta växa och därmed kommer efterfrågan fortsatt öka. För att kunna möta framtida behov måste den urbana logistiken utvecklas till ett effektivt system som är hållbart både på global och lokal nivå (Regional Plan Association [RPA] & Volvo Research and Educational Foundations [VREF], 2016).

I dagsläget är den urbana logistiken fragmenterad och ineffektiv, vilket är något som framgått vid tidigare mätningar i Göteborg. En av mätningarna, genomförd i köpcentret Nordstan i centrala Göteborg, visade att cirka 90% av leveransfordonen endast hanterade en tredjedel av godset som levereras till Nordstan (Volvo Group, 2019). Urban Consolidation Centres (*UCC*), urbana konsolideringscenter för samlastning och samfrakt, har tidigare implementerats i andra städer i hopp om att förbättra logistikproblemen, genom att samlasta och därmed öka varje leveransfordons fyllnadsgrad. Således minskar antalet fordon som krävs för att täcka alla leveranser. Implementering av konsolideringscenter har visat god potential och är bakgrunden till uppstartandet av forskningsprojektet *SMOOTH* (System-Of-Systems for sustainable urban Goods Transports). Detta arbete grundar sig i *SMOOTH*-projektet och förväntas bidra till dess övergripande syfte; att utveckla ett så kallat "system av system" i Göteborg där logistiken till stadskärnan sker sömlöst och smidigt för samtliga aktörer i leveranskedjan. Ett sådant system bidrar inte bara till minskade utsläpp och bättre stadsmiljö, utan underlättar även för transportföretagen eftersom leveranserna kan bli mer effektiva samt att servicen för mottagarna kan bli bättre.

En attraktiv stadsmiljö blir allt viktigare eftersom en ökande del av befolkningen bor i urbana miljöer (Persson & Behrends, 2019). Trängsel, buller, risk för olyckor, emissioner av växthusgaser och lokala luftföroreningar (dessa benämns fortsättningsvis som *externa kostnader*) är stora problem som varulogistik medför och har en negativ inverkan på stadsmiljön världen över (Behrends, 2020). Den urbana godstrafiken, tillsammans med

personbilar och andra tjänstefordon är några av de faktorer som bidrar till problemen, och i dagsläget finns få lösningar implementerade. Försök har tidigare gjorts att bygga bort motortrafik från vissa gator och torg för att få bukt med specifika problemområden (European Commission, 2004). På grund av införda trafikrestriktioner ökar kravet på välplanerade transporter och omlastningscentraler där godset kan flyttas till mindre och mer miljövänliga fordon som får röra sig närmare slutkunderna.

Större problem kräver dock större lösningar. Det är därför viktigt att så många parter som möjligt är delaktiga i utvecklingen av framtidens stadskärnor eftersom de största framgångsfaktorerna är kommunikation och en tydlig vision från stadens sida gentemot företag och invånare (European Commission, 2004). Tillsammans med den teknikutveckling som skett finns möjlighet att skapa integrerade och smarta transportlösningar som möter både dagens och framtidens behov på ett hållbart sätt. Lyckas SMOOTH-projektet i Göteborg kommer således en välfungerande logistikmodell att finnas tillgänglig som kan användas som ett ramverk för andra städer runt om i världen.

## 2. Syfte och frågeställning

Syftet med studien är att teoretiskt bedöma vilken samhällsekonomisk förbättringspotential en fullskalig implementering av ett konsolideringssystem har i centrala Göteborg, med det långsiktiga målet att förbättra kvalitet och hållbarhet av varuleveranser till urbana områden. Bedömningsanalysen möjliggörs genom kartläggning av dagens trafik- och leveranssituation till området Inom Vallgraven och Nordstan samt beräkningar över varuleveransernas externa kostnader. För att beskriva implementeringens förbättringspotential framförs ett möjligt scenario, vilket jämförs med dagens logistiklösning.

För att förtydliga rapportens syfte har en övergripande frågeställning formulerats;

- Vilken samhällsekonomisk förbättringspotential, mätt i externa kostnader, kan förväntas om ett konsolideringscenter implementeras i Göteborg jämfört med dagens logistiksystem?

### 3. Hållbar utveckling och etik

För att placera syftet med rapporten i ett större sammanhang relateras det i detta kapitel till hållbar utveckling och etik. Genom en utgångspunkt i FN:s hållbarhetsmål från Agenda 2030, kan en diskussion föras huruvida studien kan skalas upp till att även bidra till fullföljandet av de globala målen. Vidare relateras även etiska aspekter och samtliga inblandande aktörer till syftet, detta för att kunna diskutera hur parterna påverkas vid en faktisk implementering av systemet.

#### 3.1 Hållbar utveckling

För att kunna garantera framtida generationers välbefinnande menar FN att det krävs en gemensam global hållbar utveckling (United Nations Development Programme [UNDP], 2020). FN har konkretiserat detta genom sina 17 globala hållbarhetsmål i Agenda 2030, som är en utveckling av de tidigare Milleniummålen. De globala målen trädde i kraft år 2016 och har sin utgångspunkt i de ekonomiska, sociala och miljömässiga dimensionerna. Målen ligger således till grund för en rättvis och inkluderande plan för hur företag, organisationer och stater kan ställa om för att säkerställa en god levnadsstandard för framtida generationer.

Utifrån projektets långsiktiga mål, att möjliggöra och hållbara transportlösningar, finns en klar koppling till de globala målen. I följande stycken har fem av de 17 globala målen, som anses ligga närmast rapportens tilltänkta syfte, definierats. Nämligen det **tredje, nionde, elfte, tolfte** och **trettonde** målet.

Det **tredje målet** i FN:s globala hållbarhetsplan rör god hälsa och välbefinnande för människor världen över (UNDP, 2020). Inom detta mål finns dessutom delmål som avser konkretisera vad som krävs för att uppnå huvudmålet. Bland delmålen återfinns exempelvis **delmål 3.6**, att minska antalet dödsfall och skador i vägtrafiken. Delmålet har stor betydelse för projektet i helhet eftersom studien strävar efter att effektivisera transporter i en urban miljö och således använda sig av ett mindre antal fordon. Färre transporter leder i sin tur till mindre trafikerade vägar, vilket minskar risken för olyckor i Göteborgs stadstrafik. Även **delmål 3.9** (UNDP, 2020), som innefattar att minska antalet sjukdoms- och dödsfall till följd av skadliga kemikalier och föroreningar, är av intresse. Delmålet knyter väl an till SMOOTH-projektet eftersom effektiviserade transporter medför en reducering av luftföroreningar som enligt

Naturvårdsverket (2020a) har en stor påverkan på människors hälsa genom en ökad risk för hjärt- och kärl- samt luftvägssjukdomar.

Då allt fler människor flyttar till städer, och den stadigt ökande e-handeln resulterar i ökat behov av leveranser, ställs stora krav på dagens infrastruktur (Behrends, 2020). FN:s **nionde mål** berör utvecklingen och skapandet av en hållbar och effektiv infrastruktur (UNDP, 2020). Genom att konsolidera transporter ökar fyllnadsgraden per transport och därmed transportens effektivitet (Jonsson & Mattsson, 2016). Följaktligen leder konsolideringssystem till reducerat antal leveransturer vilket i sin tur resulterar i ett mer hållbart logistiksystem.

Vidare främjar FN:s **elfte mål** hållbara städer och samhällen (UNDP, 2020). För detta projekt omfattas främst städers miljöpåverkan. I relation till projektets syfte kan FN:s elfte mål avgränsas till trafikens bidrag till Göteborgs miljöpåverkan. **Delmålet 11.6** syftar till till år 2030 minska städernas miljöpåverkan genom en förbättrad luftkvalitet samt bättre hantering av kommunalt och annat avfall. Eftersom denna studie och SMOOTH-projektet vill reducera antalet godsleveranser som går i staden kommer detta att ha en positiv påverkan på Göteborgs luftkvalitet. **Delmål 11.2** fokuserar på att tillgängliggöra hållbara transportsystem till hela befolkningen. Här är projektet en bidragande faktor genom att minska trängsel och därmed möjliggöra ett mer attraktivt och hållbart kommunikationssystem i Göteborgs stadskärna.

En stor del av befolkningen har ett konsumentmönster som inte är hållbart, där resurser förbrukas i en sådan mängd som planeten inte klarar av att reproducera. (Världsnaturfonden [WWF], 2019). För att motverka detta strävar FN:s **tolfte mål** mot att förändra konsumtions- och produktionsvanor på ett sådant sätt att fler resurser än vad som är tillgängligt inte används (UNDP, 2020). I dagsläget drivs den absoluta merparten av transporterna som omfattas av SMOOTH-projektet med förbränningsmotorer vilket bidrar till konsumtionen av fossila bränslen, som är en icke-förnybar bränslekälla. Då denna studie och SMOOTH strävar efter att minska antalet transporter in till Göteborgs stadskärna kommer detta medföra ett minskat konsumtionsbehov av fossila bränslen.

I samband med en ökad mängd varutransporter, ökar utsläppen av föroreningar, eftersom fler fordon krävs för att klara av leveransbehovet. FN:s **trettonde mål** vill bekämpa klimatförändringarna (UNDP, 2020). Genom att slå samman olika leveranser till ett färre antal fordon med högre fyllnadsgrad, bidrar SMOOTH till en minskad mängd fordon på vägarna och således färre utsläpp. Göteborg har därmed en stor roll som Sveriges näst största stad för att

påverka hur snabbt målet kan uppnås. Avslutningsvis för att bidra till uppfyllande av FN-målen och målet med SMOOTH-projektet måste först utmaningarna med *citylogistik* kartläggas.

### 3.2 Etik

Vid implementering av ett konsolideringssystem påverkas ett flertal aktörer både positivt och negativt. Transportörerna berörs negativt, då de vid implementering av ett konsolideringssystem, kommer behöva omstrukturera sitt inarbetade arbetssätt för att anpassa sig till det nya systemet. Boende inom det avgränsade området berörs å ena sidan positivt genom en potentiell minskning av antalet leveranser, vilket intuitivt kan leda till en bättre omgivning med färre transportfordon. Å andra sidan kan däremot levnadsmiljön för boende längsmed körsträckor i anslutning till konsolideringscentret bli mindre tillfredställande eftersom fler leveranser till och från centret kommer uppstå. Det sistnämnda kan dock ses som en nödvändighet för att uppnå en bättre levnadsmiljö för en större mängd människor i området Inom Vallgraven.

Transportörerna i samspråk med Göteborgs stad är beslutstagare för projektet eftersom de betalar för genomförandet och står för de ekonomiska risker som medföljer. Deras position kan bli problematisk eftersom främst boende och verksamheter gynnas av implementeringen medan transportörerna förväntas stå för eventuella kostnader (Browne, 2005). Det behövs därför en anledning för transportörerna, så som en ekonomisk vinning, för att upprätta ett konsolideringssystem. Därmed kan det argumenteras för att samhället på något sätt ska bidra till lösningen på problemet, till exempel genom subventioneringar vid upprättandet av konsolideringscentret. Samhället måste dock eventuellt göra en bedömning ifall subventioner för upprättandet av konsolideringscenter är värt att investera i, i förhållande till att spendera pengar på andra samhällsviktiga funktioner. Däremot omfattar inte denna studies syfte att bedöma vem som betalar för en implementering av ett konsolideringssystem, utan att visa att det kan finnas en stor samhällsekonomisk vinst i att göra det.

## 4. Problemanalys

Allt fler människor flyttar till städer vilket medför ett ökat behov för varuleveranser in till stadskärnorna. Det ökade leveransbehovet i kombination med en högre befolkningsmängd på en tätare yta leder till samhällsekonomiska effekter som negativt påverkar både hälsa och miljö. Dessutom resulterar e-handels tillväxt i en ökad efterfrågan på snabba hemleveranser till områden som inte är planerade för leveranstrafik. En konflikt mellan ett effektivt logistiksystem och hållbar stadsutveckling har därigenom uppkommit då transporterna påverkar miljö och samhälle negativt. Det nuvarande systemet anses därmed som ineffektivt, ohållbart och behöver omstruktureras för att en hållbar stadsmiljö och invånarnas krav på leveranstjänster ska kunna bemötas (Behrends, 2020). I kommande delavsnitt beskrivs problemen som identifieras i inledningen och utvecklas ytterligare i avsnitt 5 om det teoretiska ramverket.

### 4.1 Citylogistikens samhällsekonomiska effekter

Problematiken till följd av citylogistik relateras till att varuleveranser i stadskärnor utmanar den hållbara stadsutvecklingen genom att orsaka utsläpp av växthusgaser och lokala luftföroreningar, öka trängsel, buller och risk för olyckor (Behrends, 2020).

Studeras de lokala effekterna i en urban miljö som Göteborg, leder en större mängd transportfordon i trafiken bland annat till **trängsel**, som begränsar framkomlighet i staden. Dels eftersom stora godstransporter tar mycket plats i trafiken, dels vid avlastning av gods i urbana områden på grund av parkeringsbrist och alltför få lastzoner (Cherrett et al.,2012). Det ökade leveransbehovet innebär att godsfordon i större utsträckning blockerar gågator och trottoarer utanför butiker, kontor och i växande takt även bostadsområden. Att avlastning sker mer frekvent i bostadsområden är på grund av den ökade e-handeln, vilket lett till att leveranser går direkt till slutkund i stället för butiker i dedikerade shopping-områden. (Postnord, 2020). Även **riskan för olyckor** ökar då konflikter mellan logistik och medborgarna uppstår eftersom tunga godsfordon behöver dela yta med oskyddade trafikanter såsom cyklister och fotgängare.

Den ökade mängden fordon i urbana miljöer leder också till att många fler påverkas av **trafikbuller**. Långvarig exponering av buller som uppkommer av transportfordon samt vid avlastning av gods kan leda till stora negativa effekter på människors hälsa och välbefinnande

genom hörselskador, sömnstörningar och ökad risk för hjärt- och kärlsjukdomar (Folkhälsomyndigheten, 2019).

Fortsättningsvis har ökad godstrafik en negativ miljöpåverkan sett till **utsläpp av växthusgaser och lokala luftföroreningar**. Globalt sett orsakar fordonstrafik stora utsläpp av exempelvis koldioxid som bidrar till allt varmare klimat, vilket i sin tur orsakar miljö- och hälsoproblem (Statistiska Centralbyrån [SCB], 2021). Dessutom innehåller utsläpp från bränsle drivna fordon farliga ämnen såsom kolväten, NO<sub>x</sub> och partiklar som vid inandning kan ge luftvägsbesvär för känsliga individer (Naturvårdsverket, 2020a). Partiklar bidrar även allmänt till ökad dödlighet då de kan tas upp av blodet via luftvägarna och orsaka hälsoproblem. Vidare bildas även marknära ozon när kolväten i den förorenade luften reagerar med solljus, där ozonet påverkar hälsan negativt genom att ämnet irriterar luftvägarna (Naturvårdsverket, 2020a).

Slutligen, i takt med att fler leveranser går till slutkund i bostadsområden kommer de **samhällesekonomiska kostnaderna** amplifieras och bidra till växande problem för boendes välbefinnande och hälsa, om inte logistiska förändringar sker (Persson & Behrends, 2019). Dessa förändringar bör ta hänsyn till de externa kostnaderna som godstransport orsakar och grundas i hållbara systemlösningar.

## 4.2 Hållbara systemlösningar

En undersökning av leveranstrafiken till köpcentret Nordstan 2018 visade att 10 procent av leveranserna står för hela två tredjedelar av godsvolymen medan den resterande tredjedelen genererar 90 procent av leveranserna (Widegren, 2018). Dagens varubehov förses alltså med en stor mängd mindre leveranser som alla medför externa kostnader i staden. För att effektivisera systemet samt minska antalet transporter kan ett konsolideringssystem implementeras för att ersätta de mindre leveranserna med färre och mer effektiva leveranser.

Konsolidering av leveranser syftar till att samordna många små sändningar till ett mindre antal större sändningar med en högre fyllnadsgrad. Ett fordon's fyllnadsgrad definieras som utnyttjad andel av fordonets totala kapacitet och kan beräknas utefter fordonets lastvolym, lastyta, flakmeter eller maxvikt (Jonsson & Mattsson, 2016).

I Figur 1 nedan har dagens logistiksystem och ett konsolideringssystem visualiserats. Konsolideringssystem fungerar på så vis att det består av en samlastningsterminal i stadens

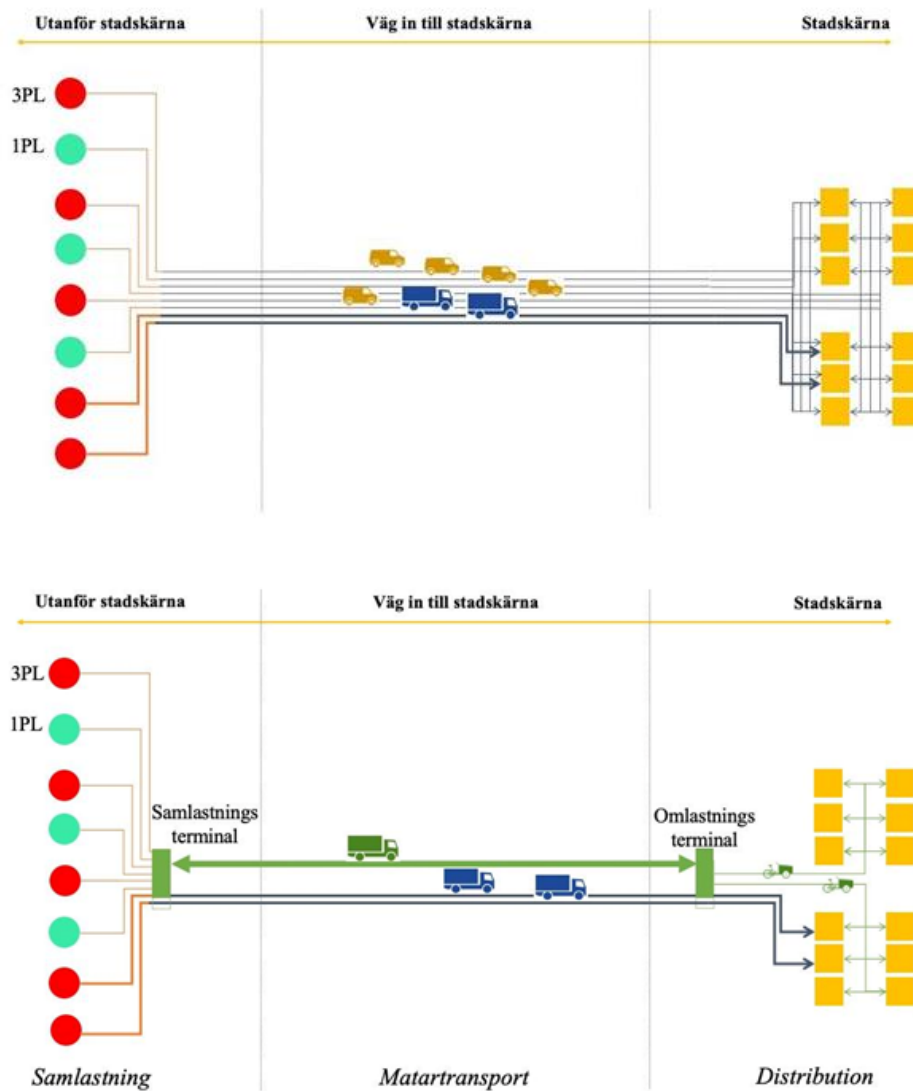
utkant och ofta en omlastningsterminal närmare stadens kärna. Samlastningsterminalen möjliggör för leveranser att konsolideras i närheten till det område de ska transporteras (Cheah et al., 2021). Genom att samlasta leveranser kan kapacitetsutnyttjandet höjas och därmed sänks transportkostnaden per transporterad viktenhet (Jonsson & Mattsson, 2016). Utöver minskade kostnader medför en ökad fyllnadsgrad behov av färre transporter för att leverera samma mängd gods (Cheah et al., 2021).

På grund av regleringar som inte tillåter tunga fordon samt bristen på lastzoner nära mottagare begränsas stora konsoliderade transporters förmåga att smidigt röra sig igenom täta stadsdelar. Transporterna har därmed inte samma möjligheter att på egen hand bemöta kunders efterfrågan på snabba och flexibla hemleveranser. Därför kombineras samlastningsterminalen med en omlastningsterminal lokaliserad centralt i staden. Omlastningsterminalen agerar som en brytpunkt där de konsoliderade transporterna anländer och dessas gods bryts upp och omlastas till mindre fordon som enklare kan färdas genom stadskärnan (Jonsson & Mattsson, 2016). Dessa fordon inkluderar exempelvis lastcyklar som till stor del eliminerar medförandet av de tidigare nämnda externa kostnaderna. Genom användningen av sam- och omlastningsterminaler kan systemet därmed effektiviseras, antalet fordon som färdas in till städerna minska och de externa kostnaderna från last-mile transporter till stor del elimineras (Behrends, 2020).

I Figur 1 nedan har även två blåa fordon som inte stannar vid konsolideringscentret visualiserats. Dessa fordon symboliserar leveranser till stora kedjebutiker som ofta har egna centraliserade distributionssystem och som därmed redan använder sig av stora lastbilar med hög fyllnadsgrad vid leverans in till städer (Behrends, 2020). För dessa transporter skulle det vara ineffektivt att stanna vid en samlastningsterminal och lasta in varor i ett nytt fordon då samlastningen tar tid, resurser och förbättringen i fyllnadsgrad är marginell. Vid implementering av ett konsolideringssystem behöver det därför beaktas att endast mindre transporter eller transporter med låg fyllnadsgrad bör konsolideras (Van Rooijen & Quak, 2010).

**Figur 1**

*Dagens logistiksystem jämfört med ett konsolideringssystem.*



*Kommentar.* Dagens logistiksystem visualiseras överst, med många fordon som levererar in till staden. Nedre bilden visualiserar ett konsolideringssystem där samlastningsterminal och omlastningsterminal implementerats och antalet fordon som kör leveranserna har minskat.

För att beräkna och besvara hur stor den samhällsekonomiska potentialen kan bli vid implementering av konsolideringssystemet, behöver differensen mellan den samhällsekonomiska inverkan från dagens system och konsolideringssystemet undersökas. Målet med konsolideringssystemet är att leverera samma mängd varor på ett effektivare och mer hållbart sätt. Därav måste först mängden varor som ska transporteras fastställas för att

sedan kunna beräkna mängden konsoliderade transporter som ska täcka leveransbehovet. Med underlag gällande varumängd och antal transporter kan sedan samhällsekonomiska skillnader mellan dagens logistiksystem och konsolideringssystemet identifieras.

Denna studie kommer avgränsas till området Inom Vallgraven och Nordstan då dessa områden anses vara representativa för Göteborgs stadskärna. Inom området kommer sedan antalet *verksamheter*, hur många leveranser samt typen och antalet *lastenheter* varje verksamhet tar emot att analyseras, vilket skapar en överskådlig men välgrundad bild av hur behovet och efterfrågan för transporter ser ut i Göteborg i dagsläget.

Behovet kommer även att avgränsas ytterligare och endast avse varuleveranser till området. Enligt Olsson et al. (2018) genereras över hälften av de externa kostnaderna av tjänster, som till exempel hantverkare och fastighetstjänster. Då tjänster inte kan konsolideras påverkas de därmed ej av implementeringen av konsolideringssystemet. Således kommer endast varuleveranser att beaktas vid fastställningen av systemets samhällsekonomiska potential.

## 5. Teoretiskt ramverk

För att kunna förbättra dagens logistiksystem med utgångspunkt i de tidigare beskrivna problemen, krävs underlag och hjälpmedel från tidigare forskning. Jämförelsen mellan det befintliga logistiksystemet och ett konsoliderat system förutsätter förståelse över hur områden och verksamheters särdrag påverkar genererade antal lastenheter och leveransturer. Dessutom är tidigare implementeringar av konsolideringssystem av vikt för bedömningen. Eftersom konsolideringscentrets potential är vald att uppskattas i externa kostnader, krävs dessutom underlag gällande vilka negativa konsekvenser som är mest påtagliga inom citylogistik och hur dessa beräknas. För att på ett så strukturerat sätt som möjligt presentera underlaget, delas det teoretiska ramverket upp i två delar gällande logistiska och samhällsekonomiska aspekter.

### 5.1 Del I: Logistiska aspekter

Det första delavsnittet behandlar de logistiska aspekterna som mer specifikt innefattar modellering av lastenheter och leveransturer. Därefter görs en genomgång om vad som kännetecknar citylogistik, och kan likställas med hur efterfrågan möts och vilka konsekvenser det får för den urbana miljön. Slutligen följer ett delavsnitt som syftar till att beskriva tidigare konsolideringsprojekt samt de lärdomar som de genererat.

#### 5.1.1 Modellering av antalet lastenheter och leveransturer

Freight Trip Generation (*FTG*) modellering används för att uppskatta mängden leveranser en verksamhet eller ett område attraherar eller producerar under en viss tidsperiod. Uppskattningen av antalet leveranser är i sin tur baserad på verksamheten eller områdets karaktäristika, till exempel antalet anställda eller hur stor yta verksamheten innehar och vilken kategori verksamheten arbetar inom. Resultatet som erhålls från uppskattningen är i sin tur till stor del baserat på kontexten, till exempel det område där modellen applicerades (Cheah et al., 2021).

Fortsättningsvis måste kategorisering av verksamheter eller områden utföras noga när man arbetar med *FTG*-modellering, detta eftersom kategoriseringen har en stor påverkan på resultatet vilket dessutom kräver att varje kategori måste vara tydligt befogad. Det är heller inte möjligt att anta att större verksamheter genererar fler leveranser. Forskning inom området visar att större verksamheter visserligen får fler lastenheter per leverans, vilket istället benämns som

Freight Generation (*FG*), men att mindre och specialiserade företag kan få lika många leveranser per dag (Alho & de Abreu e Silva, 2014).

Till skillnad från FTG-modeller beskriver FG-modeller kvantiteten gods i form av vikt eller volym, och kan ses som den efterfrågan leveransturerna ska tillfredsställa. Därmed medför FG-modellering en stark korrelation mellan antalet lastenheter och verksamhetens storlek. Följaktligen kan slutsatsen dras att stora företag efterfrågar större mängder lastenheter. Samma slutsats gällande verksamheternas storlek kan däremot inte dras vid FTG-modellering eftersom små verksamheter fortfarande kan attrahera eller producera väldigt många leveranser, som på grund av sämre logistiska möjligheter, inte är vällastade. Ur modelleringssynpunkt är FG-modellering därför en enklare metod att genomföra eftersom det är svårare att generalisera alla verksamheters logistiska strategier än att generalisera deras storlek. (Pani et al., 2018)

Vad som däremot förespråkar FTG-modellering är att förekomsten av tomma fordon inkluderas. Tomma fordon uppstår som en konsekvens av bristande samordning mellan transporter av gods in och ut ur området i fråga. Samtidigt beror förekomsten av tomma fordon också på typen av verksamhet eftersom vissa sorters gods och lastbärare endast kan transporteras med särskilda fordon (Gonzalez-Calderon et al., 2021). I studier som gjorts tidigare har så höga andelar som 30–40 % tomma fordon uppmätts (Günay et al., 2016). Att fånga upp och modellera tomma fordon är således en viktig aspekt. Sammanfattningsvis finns det alltså fördelar med både FTG- och FG-modellering, vilket motiverar användning av båda.

### 5.1.2 Citylogistikens problematik

Den citylogistik som finns idag med dess tillvägagångssätt medför viss problematik. Den största delen av leveranserna (49%) sker under morgontimmarna vilket sammanfaller med den allmänna trängseln som uppstår i samband med att människor åker till sina jobb (Cherrett et al., 2012). Vidare späds problematiken på genom att en stor del av leveranserna sker på eller i anslutning till de redan trånga gatorna, i stället för att använda de lastzoner och -kajer som finns avsedda lastning och lossning. Enligt Cherrett et al., (2012) sker i snitt 60% av alla leveranser i anknytning till gatan. Leveranser inom citylogistiken sker med flera olika typer av fordon som var och en bidrar med sina respektive externa kostnader, något som diskuteras i senare avsnitt.

Skåpbilar utgör tillsammans med lätta lastbilar fordonskategorin **Light Duty Vehicle (LDV)** som står för största delen av leveranserna inom citylogistiken, nämligen 42 % (Cherrett et al., 2012). Tyngre fordon som **Medium Duty Vehicle (MDV)** är också vanligt förekommande på

grund av deras större kapacitet och möjligheten att transportera gods av andra former. Cherrett et al. (2012) menar vidare att problematiken med leveransfordon på redan belastade gator ökar, då MDV-fordon står parkerade under längre tider och tar upp betydligt större plats än mindre fordon av typ LDV.

Fortsättningsvis belyser MDS Transmodal (2012) en annan aspekt av citylogistik, nämligen tiden det tar att genomföra en leverans. Tiden kan delas in i tre delar: tiden det tar att köra till det urbana området där leveransen ska ske, tiden det tar att köra inom det urbana området till leveransstället, och tiden det tar att lossa respektive lasta godset. I relation till de andra delarna är tiden det tar att köra till det urbana området liten och står för en liten del av transportörens kostnader (MDS Transmodal, 2012). Utfallet beror till stor del på den problematik som finns i dagens stadskärnor med trängsel på gatorna, vilket bidrar till osäkerheter med avseende på det tidsfönster som leveransen sker inom och skapar svårigheter med att koordinera citylogistiken på ett effektivt sätt.

Vidare medför skillnader verksamheter emellan svårigheter att jämföra studier inom citylogistiken enligt Cherrett et al. (2012). Även om jämförda studier använt sig av *SNI-koder* för att dela in verksamheterna, kan indelningarna göras på olika sätt och därför är det svårt att dra definitiva slutsatser. Olika grupperingar kan innebära att slutsatser som dras inte baseras på likvärdiga data och att studierna bidrar med motsägande information i stället för att komplettera varandra.

Politiker och beslutsfattare har en mängd olika verktyg för att ta sig an de problem som finns med citylogistik men det saknas ofta tillförlitliga data på hur dessa verktyg fungerar i praktiken. Därmed är kartläggning av citylogistik viktig för att ge underlag till lämpliga strategier och policys (Cherrett et al., 2012). Exempelvis kan regelverk upprättas för att inskränka tider under vilka leveransfordonen får leverera till verksamheter och på så sätt undvika trängsel mellan leveransfordon och andra trafikanter. En annan typ av åtgärd är införandet av miljözoner, där endast fordon som uppfyller vissa regleringar kring utsläpp får vistas. Dessutom kan politiker och beslutsfattare även använda sig av vissa marknadsåtgärder, som avgifter för utsläpp och trängsel, för att leveransföretagen ska ansvara för den kostnad de orsakar samhället (MDS Transmodal, 2012). Utan information om hur leveranser faktiskt rör sig i ett område blir det däremot svårt att utvärdera och införa dessa förbättringar. Slutligen är ett av de viktigaste verktygen transportsamordnare har att arbeta med är användningen av konsolideringscenter. Denna viktiga åtgärd presenteras vidare i nästa delavsnitt.

### 5.1.3 Tidigare studier av konsolideringssystem

Pågående och tidigare samlastningsprojekt har visat bra resultat och potential, men dessa projekt har haft en begränsad omfattning med avseende på antal mottagare, transportörer eller geografisk täckning. Det råder därför en stor osäkerhet gällande potentialen vid fullskalig implementering av samlastningssystem, det vill säga ett system som omfattar samtliga mottagare och transportörer i ett relativt stort område. Genom att undersöka flertalet tidigare studier av konsolideringssystem kan en ökad förståelse erhållas angående hur stor potentiell förbättring systemen kan åstadkomma.

I Nederländerna implementerades ett konsolideringssystem år 2008 i närheten av staden Nijmegen. Redan efter ett år påvisade systemet lovande resultat då den totala distansen körd av lastbilar i stadskärnan kunde reduceras med 5% (Van Rooijen & Quak, 2010). Enligt Van Rooijen & Quak (2010) förväntas den totala distansen körd av lastbilar i stadskärnan kunna reduceras med hela 32% om systemet skulle omfatta och leverera till samtliga affärer i stadens kärna.

Färre körda kilometer medför intuitivt lägre emissioner. En implementering och utveckling av ovan nämnt system skulle därmed enligt teorin kunna medföra stor samhällsekonomisk potential. Nijmegen är en mindre stad med cirka 160 000 invånare och efter första året levererade konsolideringssystemet endast till ett fåtal affärer lokaliserade i stadens kärna (Van Rooijen & Quak, 2010). På grund av konsolideringssystemets begränsade omfattning råder därför fortfarande en stor osäkerhet kring vilka utmaningar som kan uppstå vid implementering av systemet på stor skala, trots dess teoretiska potential.

Även i Sverige har liknande experiment genomförts. Samlic var ett pilotprojekt för samdistribution av leveranser in till Linköping innerstad (Eriksson et al., 2006). I projektet delades Linköping innerstad upp i tre zoner, av likartad storlek och leveransbehov. För respektive zon etablerades därefter en samlastningsterminal dit allt gods som skulle levereras in till zonen transporterades. Samlastningen av godset visade även i detta fall på lovande resultat då det visade att fordonsbehovet minskade med 33%, totala tiden för utkörning minskade med 20% och den totala körsträckan i city/urbana områdena mer än halverades.

Samlic-projektet hade likt samlastningsprojektet i Nijmegen även det en begränsad omfattning, då pilotprojektet endast innefattade en försöksperiod på nio veckor, samt endast tre distributörer deltog i projektet (Eriksson et al., 2006). Dessa distributörer var, DHL, Schenker och Poståkeriet. Fortsättningsvis tog projektet endast hänsyn till transporter där godset som

levererades utgjordes av stycke gods och paket. Transporter till exempelvis Systembolaget, Apoteket samt leveranser av kläder eller tobak togs inte till hänsyn och antogs inte vara aktuella för projektet.

Vidare har konsolideringscenter även visats bidra med andra direkta fördelar för de inblandade parterna, än de övergripande samhällsekonomiska fördelarna. Enligt en sammanställning av studier på ämnet bidrar konsolideringscenter till mer flexibla och mer pålitliga leveranstider (Browne et al., 2005), vilket kan ha flera fördelar för verksamheterna. Genom att leveranserna är mer pålitliga får verksamheterna möjligheten att planera bättre, och kan då lägga mer fokus på sin kärnverksamhet istället för logistikhantering (Aastrup et al., 2012).

Genom att transporterna går via ett konsolideringscenter finns det även möjligheter att flytta vissa aktiviteter från verksamheten dit, samtidigt som det även går att inkludera andra värdehöjande aktiviteter i transportkedjan. Bland dessa aktiviteter har Browne et al. (2005) identifierat hanteringen av returerna och emballage som en av de största fördelarna verksamheterna upplever.

Slutligen skall det också nämnas att föregående år gjordes en undersökning i samma syfte som denna rapport (Alvbåge et al., 2020). Undersökningen visade då att med ett konsolideringscenter skulle de externa kostnaderna som fanns på grund av citylogistiken i Göteborg år 2020 kunna reduceras med 35%. Sedan dess har inte konsolideringscentret implementerats.

## 5.2 Del II: Samhällsekonomiska aspekter

I andra delen av det teoretiska ramverket behandlas de samhällsekonomiska aspekter som påverkas av urban logistik. Först förklaras begreppet externa kostnader i relation till urban logistik, sedan presenteras mer ingående de externa kostnader som utpekats vara särskilt påtagliga i SMOOTh-projektet och som främst påverkar det undersökta området.

### 5.2.1 Externa kostnader och hur de beräknas

Urbana leveranser är en ytterst viktig funktion eftersom majoriteten av dagens verksamheter är beroende av distribution av varor (RPA & VREF, 2016). Den urbana leveranssektorn möter allt fler utmaningar eftersom e-handeln ökar markant och effektiviteten hos leveranser är avgörande gällande hur nöjd kunden är. Dessa konsumtionsförändringar och den ekonomiska vinningen i att ha mindre lageryta har lett till att många företag skiftat till leveranser enligt just-

in-time principen, vilket kräver mer frekventa leveranser då varor levereras direkt vid efterfrågan. Konsekvenserna blir bland annat ökat antal leveransfordon i stadskärnorna som indirekt påverkar samhället och individer negativt.

För att kunna uppskatta hur stor påverkan urban logistik har, beräknas externa kostnader. Dessa uppskattar vad samhället betalar för att transporter ska kunna ske och ger ett monetärt värde på uppstådda sociala kostnader till följd av urban logistik. Inom transportsektorn specifikt så hänvisar externa kostnader till skillnaden mellan sociala kostnader, vad samhället får betala på grund av anläggning och användande av transportinfrastruktur, och privata kostnader, de som direkt påverkar transportörer (van Essen et al., 2019). Det finns medel för att internalisera dessa externa kostnader, genom exempelvis skatter och avgifter, vilket ses som att transportörer tar ansvar för de negativa samhällseffekterna orsakade av transport (Trafikanalys, 2019).

Externa kostnader kan uppskattas på ett flertal olika sätt, så som ekologiskt fotavtryck eller ett motsvarande värde i pengar som en viss aktivitet ger upphov till. Genom att exempelvis använda LCA-analyser (Life Cycle Assessment) kan det ekologiska fotavtrycket beräknas (Boverket & Naturvårdsverket, 2000). Ett ekologiskt fotavtryck visar hur mycket biokapacitet i form av landareal, uttryckt i antal jordklot, som krävs för att de emissioner en aktivitet genererar ska kunna absorberas. Denna metod används dock främst för att visualisera miljöpåverkan och är inte lika fördelaktig vid scenarioanalyser som detta arbete baseras på. Därav används, i denna studie, metoden att uppskatta externa kostnader i ett monetärt värde eftersom det anses enklare att jämföra och sätter i detta fall en prislapp på vad ökad trängsel, risk för olyckor, buller och emissioner kostar samhället till följd av varulogistik. Externa kostnader beräknas med underlag från van Essen et al. (2019).

### 5.2.2 Trängselkostnader

Externa kostnader som uppstår inom logistik till följd av trängsel beror av att leveransfordonet försenas under sin rutt, då många fordon samsas om samma trafikrum (van Essen et al., 2019). I sin tur leder många fordon i trafiken till sänkta hastigheter och längre transporttider som genererar högre kostnader. För schemalagda transportmedel, som innefattar vägbaserad logistik, beror externa kostnader dessutom av systemets kapacitet och risken att de uppstår ökar i takt med antalet lastplatser. Beroende på vad som orsakar de externa kostnaderna kan de delas upp i två kategorier; trängselkostnader och bristkostnader. Trängselkostnader uppstår när en schemalagd leverans försenas i trafiken och följaktligen försenar ytterligare leveranser.

Bristkostnader uppstår istället när en schemalagd leverans upptar utrymme för en annan leverans och därmed hindrar den senare från att utföra sitt arbete.

För att kunna uppskatta trängselkostnader krävs hänsynstagande gällande om området är urbant eller interurbant (van Essen et al., 2019). Med urbana områden menas tätbebyggda stadsområden och interurbana områden syftar på infrastruktur mellan tätbebyggelse såsom motorvägar och infartsleder. För att kunna värdera externa kostnader inom båda områdena krävs specifik information över det studerade området gällande: trafikbelastning, vägnätets storlek, vägtyp, genomsnittliga förseningar per dag och totala förseningar per år. Uppskattningar av trängselkostnader inom interurbana områden kräver även identifiering av så kallade ”hot-spots”, vilket är punkter i det interurbana vägnätet där risk för trängsel är stor under hög trafikbelastning. För att slutligen kunna uppskatta de totala externa kostnaderna för både urbana och interurbana områden kombineras tidigare nämnd information med följande indata:

- Befolkningsmängd inom studerat område
- Fördelning av fordonstyper
- Vägnätets belastning vid olika tidpunkter
- Vägnätets omfattning
- Värdet av förlorad tid

Generellt sett är trängselkostnader högst i jämförelse med de andra externa kostnaderna (van Essen et al., 2019). Dessutom påverkar trängseln indirekt de övriga externa kostnaderna genom exempelvis ökad risk för olyckor vid varierande trafikbelastning och ökade emissioner och buller vid begränsad framfart på högt belastade vägar.

### 5.2.3 Olyckskostnader

Externa kostnader till följd av trafikolyckor är svåra att kvantifiera, dels på grund av att händelseförloppet i sig kan vara komplext, dels på grund av de omfattande sociala kostnader en olycka för med sig. För att kunna beräkna de externa olyckskostnaderna används en definition enligt van Essen et al (2019): ”trafikolyckors externa kostnader är de kostnader som inte täcks av individens försäkringar” (s. 38). Vidare grundas definitionen i att individer förväntas veta att det är en risk att vara i trafikmiljö och har därmed tecknat en försäkring emot “vanligt förekommande” skador vid trafikolyckor. I detalj så delas olyckskostnader upp i följande sex kategorier; mänskliga, vård-, administrativa, produktions-, materiella och övriga kostnader (van Essen et al., 2019).

Kostnaderna är definierade för varje enskilt olycksfall. Van Essen et al. (2019) använder vid beräkning av de totala externa olyckskostnaderna statistik direkt hämtad från EU:s egen databas över trafikolyckor, kallad CARE. Databasen specificerar fordonstyp, vägtyp och allvarlighetsgrad över de inblandades skador, rangordnat från lindriga skador till allvarliga skador och dödsfall.

#### 5.2.4 Bullerkostnader

Externa kostnader kan förväntas uppstå till följd av buller från transportfordon på vägarna eftersom en ökad bullernivå påverkar hälsan negativt. I EU:s handbok över externa kostnader av transport delas hälsopåverkan på grund av buller upp i två delar; Sjukdomar och irritation (van Essen et al., 2019). Med sjukdomar avses exempelvis astma, hjärt- och kärlsjukdomar, cancer. Irritation avser istället yttre påverkan som kan leda till försämrad arbetsförmåga, sömnsvårigheter, ångest och utmattning.

Mätning av hur stor påverkan buller har på irritationen är subjektiv och för att uppskatta hur stor kostnad en bullerminskning eller ökning har, används betalningsvillighet som metod (van Essen et al., 2019). Betalningsvilligheten beräknas utifrån ett frågeformulär där varje enskild person får säga hur mycket de är villig att betala för att minska ljudnivån.

Ljudnivå mäts i enheten decibel [dB] vilket är en logaritmisk skala (Trafikverket, 2020). För att mäta hur mycket ljudnivån påverkar ett människoöra och uppskatta vilka nivåer som är mest skadliga, viktas ljudnivån för att få ett mer representativt värde. Buller mäts med ett A-viktat värde, då kallat dB(A), där högre ljudnivåer har högre värden eftersom de är mer skadliga för människoörat. Eftersom det är en logaritmisk skala innebär  $\pm 3\text{dB(A)}$  att trafikmängden fördubblats eller halverats. Enligt Plan och bygglagen får inte ljudnivån vid bostadsfasad överstiga 60dB(A) ekvivalent ljudnivå och 50dB(A) ekvivalent ljudnivå vid uteplats (Finansdepartementet, 2015).

#### 5.2.5 Emissionskostnader för växthusgaser

Transportsektorn står i dagsläget för mer än en fjärdedel av EU:s totala utsläpp av växthusgaser (Europeiska miljöbyrån, 2020). Växthusgaser har en stor klimatpåverkan där negativa konsekvenser av dessa utsläpp ter sig i form av bland annat; global uppvärmning, förlust av biologisk mångfald och mer extrema väderförhållanden (van Essen et al., 2019). Växthusgaser som framför allt kommer från transport och tas upp i denna rapport är koldioxid (CO<sub>2</sub>), dikväveoxid (N<sub>2</sub>O) och metan (CH<sub>4</sub>). Olika växthusgaser har olika mycket negativ påverkan och för att kunna mäta dem mot varandra används ett mått på hur stor potentiell inverkan de

kan ha på den globala uppvärmningen. Enheten som används för detta mått är CO<sub>2</sub> ekvivalenter (CO<sub>2</sub>-ekv.) där CO<sub>2</sub> har satts som en standard av 1. N<sub>2</sub>O har ett värde av 298 CO<sub>2</sub>-ekv. och CH<sub>4</sub> ett värde av 34 CO<sub>2</sub>-ekv. Detta innebär alltså att N<sub>2</sub>O och CH<sub>4</sub> har 298 respektive 34 gånger så stor potentiell påverkan på den globala uppvärmningen som CO<sub>2</sub>. Därmed kan de utsläpp som transportfordon genererar räknas om till CO<sub>2</sub> ekvivalenter.

Kostnaden för en CO<sub>2</sub>-ekv. beräknas genom att använda ”Avoidance Cost” metoden (van Essen et al., 2019). Metoden baseras på Parisavtalet som är ett politiskt styrmedel avsedd att motverka fortsatt negativ miljöpåverkan och hålla den globala uppvärmningen under 1,5–2 grader. I metoden jämförs hur mycket det skulle kosta att göra förbättringar för att uppnå avtalets överenskommelse jämfört med att inte göra några förbättringar alls. Kostnaden beräknas i euro för 1g CO<sub>2</sub>-ekv. [€/g CO<sub>2</sub>-ekv.].

#### 5.2.6 Emissionskostnader för luftföroreningar

Transportemissionerna innehåller inte enbart CO<sub>2</sub>-ekv. utan vid ofullständig förbränning av bränsle uppkommer en mängd partiklar i olika storlekar som påverkar människors hälsa och miljö negativt. Dessa partiklar delas i sin tur upp mellan primära och sekundära luftföroreningar. Primära luftföroreningar är de som uppkommer direkt vid förbränningen, där de viktigaste att studera är kväveoxider (NO<sub>x</sub>), svaveldioxider (SO<sub>2</sub>), flyktiga organiska föreningar (NMVOC) och luftburna partiklar i olika storlekar (PM<sub>x</sub>). Sekundära föroreningar är sådant som uppkommer vid kemiska reaktioner i atmosfären i kombination med primära luftföroreningar, men dessa behandlas inte i denna rapport.

De ovannämnda luftföroreningarna påverkar omgivningen negativt i olika omfattning. Van Essen et al. (2019). har delat upp påverkan på hälsa och miljö i följande fyra områden som författaren har möjliggjort att kostnadsuppskatta: Hälsoeffekter vid inandning, negativ påverkan på lantbruk då föroreningarna skadar grödorna i jordbruket, Material- och byggnadsskador samt förlust av biologisk mångfald då utsläppen kan leda till förödande konsekvenser för ekosystem genom övergödning av mark och vatten eller försurning av regn till exempel.

För att summera ihop de ovanstående effekternas kostnader så tillhandahåller (van Essen et al., 2019) kostnadsuppskattningar för varje förorening per viktenhet. Problematik uppstår vid kostnadsuppskattningarna då olika stora fordon släpper ut olika mängd luftföroreningar och somliga bränslen bidrar till mer föroreningar än andra. Till hjälp för att kostnadsuppskatta luftföroreningar per fordon så används emissionsstandarderna. Dessa standarder definierar en

maximal gräns för hur mycket utsläpp av NMVOC, CO, NO<sub>x</sub> och PM<sub>x</sub> som nyproducerade godsfordon får släppa ut. Emissionsstandarderna skiljer sig åt beroende på var i världen man befinner sig och i denna rapport används Europeiska unionens emissionsstandarder. Standarden delar in fordonen i åtta klasser, Euro 0, Euro I, Euro II, Euro III, Euro IV, Euro V, Euro VI och Euro VII. Siffran associerad med varje emissionsklass indikerar vilken version av standarden det är där Euro 0 är äldst. Varje ny version är en vidareutveckling av tidigare standard och innefattar även utökade restriktioner (European Commission, 2021). Vid kostnadsuppskattning identifieras varje fordons euroklass för att kunna beräkna hur mycket av varje luftförorening den släpper ut per körsträcka.

## 6. Metod

För att undersöka dagens varuleveranser till Göteborgs stadskärna och bedöma hur logistiken kan förbättras med hjälp av ett konsolideringssystem har studien primärt haft sin ansats i en kvalitativ metod med kvantitativa inslag. Enligt Weidersheim-Paul & Eriksson (2014) är kvantitativa metoder lämpliga för att fånga frekvenser, omfattning och spridning, vilket utnyttjas för att kunna uppskatta implementeringspotentialen av konsolideringssystemet. Metoden innefattar främst kvantifierbara fallstudier, med huvudsakligt fokus på Göteborgsområdet, där Sánchez-Díaz (2017a, 2017b) och NOVELOG (2016) ses som stora bidragsgivare. Som komplement till de kvantifierbara data har dessutom en litteraturstudie genomförts, innefattande relevanta publikationer och dokument, där van Essen et al., (2019), Ricardo-AEA (2014), Van Rooijen & Quak (2010) och andra publikationer varit av stor vikt.

Mer ingående delades metoden upp i fyra steg. Första steget avsåg att uppskatta efterfrågan av leveranser inom området, med efterföljande steg två som kartlade hur denna efterfrågan tillgodoses med dagens logistiksystem. I det tredje steget kvantifierades de samhällsekonomiska konsekvenser som transporterna medför, uttryckt i externa kostnader. Slutligen genomförs, i det fjärde och sista steget, en scenarioanalys där de tidigare två stegen upprepas med förutsättning att ett konsolideringscenter finns implementerat. Kostnaderna för dagens logistiksystem jämfördes sedan med kostnaderna för det potentiella konsolideringscentret, vilket därigenom fastställde dess potential. Figur 2 illustrerar en övergripande bild av metoden.

### Figur 2

*Konceptuell bild över metodens fyra steg.*



## 6.1 Steg I: Hur ser efterfrågan på leveranser ut i dagsläget?

Metod – Litteraturstudier & Excelberäkningar

Steg I av metoden består av tre delar, vilka alla är baserade på sekundärdata insamlad från relevant litteratur och fallstudier som framför allt är genomförda i Göteborg. Den första delen ämnar bestämma antalet verksamheter i området Nordstan och Inom Vallgraven. Därefter följer en del för att bestämma antalet leveransturer som genereras av de kartlagda verksamheterna inom området. Slutligen följer en del som bestämmer antalet lastenheter som efterfrågas och transporteras genom de beräknade leveransturerna.

I studien kommer lastenheterna att kategoriseras i fyra olika typer, eftersom de har olika storlek och krav på vilka transportfordon som kan användas för att leverera dem. De lastenheter som kommer att undersökas är:

- Paket (stora respektive små)
- Pallar och rullburar
- Tempererade paket för färskvaror
- Tempererade rullburar för färskvaror

### 6.1.1 Uppskattning av antalet verksamheter inom området

Till att börja med uppskattades hur många verksamheter och hushåll som finns i området Inom Vallgraven och Nordstan. Verksamheterna kategoriserades utifrån den uppdelningen Sánchez-Díaz (2020) använt och är således uppdelade i 6 olika verksamhetsområden: färskvaror, sällanköpsvaror, kontor, hotell och restaurang, hälsa och sjukvård, samt offentlig sektor. Med hjälp av Sánchez-Díaz (2017a) beräkningsmodell kunde de aktuella postnummer som gäller Inom Vallgraven och Nordstan väljas ut, nämligen postnumren 411 05 till 411 10 och 411 13 till 411 21 (bilaga A). Modellen redovisade sedan data på hur många verksamheter som fanns inom respektive verksamhetsområde.

En kategori som däremot saknas i en tillhörande artikel till beräkningsmodellen från Sánchez-Díaz (2017b) är hushåll som finns Inom Vallgraven och Nordstan. Hushåll står för en betydande del av den urbana logistiken på grund av deras konsumtion, och de måste därför beaktas för att korrekt uppskatta den totala efterfrågan på leveranser inom området (Postnord, 2020). För att uppskatta hur många hushåll som fanns Inom Vallgraven användes Göteborgs stads statistikdatabas (2019).

### 6.1.2 Antalet leveransturer per dag och verksamhet i området

En väsentlig del av arbetet, för att förstå efterfrågan av transporter i området Inom Vallgraven och Nordstan, bestod av att beräkna hur många leveransturer per dag som sker till en typisk verksamhet i respektive verksamhetsområde. Beräkningarna baserades på information hämtad från Sánchez-Díaz (2017a) beräkningsmodell. Genom att återigen välja de postnummer aktuella för området Inom Vallgraven erhöles data över hur många leveranser per vecka som skedde till respektive verksamhetsområde. För att beräkna antalet leveranser per dag dividerades antalet leveranser per vecka med 5 (ekvation 1), baserat på antagande om att leveranser huvudsakligen sker under vardagar. För att sedan erhålla hur många leveransturer per dag som en typisk verksamhet får, dividerades antalet leveranser per dag med antalet verksamheter inom respektive verksamhetskategori (ekvation 2).

$$\text{Antal leveranser per dag} = \frac{\text{Antal leveranser per vecka}}{5} \quad (1)$$

$$\text{Antal leveranser per dag och verksamhet} = \frac{\text{Antal leveranser per dag}}{\text{Antal verksamheter}} \quad (2)$$

Emellertid ansågs inte data från Sánchez-Díaz (2017a) tillförlitlig gällande beräkningar för verksamhetsområdet kontor. Anledningen till detta var på grund av att angiven data innehöll för få observationer, vilket gjorde det svårt att kunna dra slutsatser kring verksamhetsområdet. I stället användes en studie genomförd i Stockholmsområdet, där författaren uppskattade leveranser som genereras av kontoren i området (Sánchez-Díaz, 2020). Antal leveranser per månad till varje kontor var i studien redan beräknat. Därför behövdes endast antalet leveranser per dag beräknas, detta genom att dividera antalet leveranser per månad med 20 eftersom det antogs att en månad i genomsnitt bestod av 20 arbetsdagar.

### 6.1.3 Beräkning av antal och fördelning av lastenheter till verksamheter i området

För att kunna beräkna antalet enheter levererade till verksamheter i området Inom Vallgraven och Nordstan och hur fördelningen av lastenheter ser ut, användes framför allt en studie från NOVELOG (2016) som underlag. I NOVELOG (2016) har data samlats in över antalet varutransporter som skett till Nordstan samt vilken typ av last transporterna fraktat. Studien avser endast verksamheter inom Nordstan men anses vara representativ för området Inom Vallgraven i sin helhet på grund av områdets likartade karaktär som dedikerat shoppingområde. Fortsättningsvis har verksamheterna kategoriserats efter områdena café och restaurang, kontor,

sällanköpsvaror, konfektion, dagligvaror, och hotell. För att få en enhetlig verksamhetsindelning har kategorin café och restaurang slagits ihop med hotell, samt har kategorin konfektion slagits ihop med verksamheter inom sällanköpsvaror. Dessutom har dagligvaror vidare benämnts som färskvaror. Syftet med att slå ihop kategorier eller döpa om dem har varit att i högre grad kunna relatera till den uppdelning som Sánchez-Díaz (2017b) använt sig av och därför få ett gemensamt språk vad gäller verksamhetsområdena.

Fördelning av lastenheter uppskattades genom att, från NOVELOG (2016), avläsa antalet transporter som levererat till en viss verksamhetskategori samt avläsa vilken typ av last och antalet lastenheter som respektive transport bar på. Därmed kunde antalet leveransturer för varje lastenhet och verksamhetsområde summeras och utifrån denna summa kunde sedan andelar av pall- och rullburstransporter, pakettransporter och så vidare räknas ut (ekvation 3). Därefter kunde det genomsnittliga antalet lastenheter beräknas (ekvation 4), samt det totala antalet lastenheter som levererades till verksamheterna (ekvation 5).

$$\text{Andel leveranser per lastenhet} = \frac{\text{Antal leverans per lastenhet}}{\text{Totala mängden leveranser}} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &\text{Genomsnittligt antal enheter per leverans och lastenhet} \quad (4) \\ &= \frac{\text{Antal lastenheter till respektive verksamhetskategori}}{\text{Mängden leveranser per lastenhet}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &\text{Totalt antal enheter levererade per lastenhet} = \quad (5) \\ &\text{Antal leveranser} \times \text{Genomsnittligt antal enheter per leverans} \end{aligned}$$

Information gällande leveransturer och lastenheter till verksamhetsområdena kontor, hälsa och sjukvård, offentlig sektor samt hushåll kunde inte hämtas från NOVELOG (2016). Fördelning av lastenheter till kontor hämtades direkt från studien av Sánchez-Díaz (2020). För resterande verksamhetskategorier samt hushåll krävdes egna beräkningar som redovisas i följande två delkapitel.

#### *6.1.3.1 Uppskattning av varuleveranser till hälsa och sjukvård, och offentlig sektor i området*

Antal varuleveranser och vilken typ av leverans som ankommer till verksamheter för hälsa och sjukvård, samt offentlig sektor har uppskattats från Sánchez-Díaz (2017b). Författaren har i sin studie beräknat genomsnittliga antalet pallar och rullburar, paket (antogs vara stora paket), och ”annan typ av leverans” (antogs vara små paket) som verksamhetsområdena i Göteborg

generellt får under en vecka. Små paket här definieras som mindre paket och dokument som levereras till framförallt hushåll och kontor medan större paket huvudsakligen levereras till butiker och sedan till slutkund. Här antogs att denna data även är representativ för området Inom Vallgraven och Nordstan. Utifrån Sánchez-Díaz (2017b) data kunde sedan andelen pall- och rullbursleveranser, paketleveranser och andra typer av leveranser räknas ut.

För att sedan, på samma sätt som vid beräkningarna utifrån NOVELOG (2016), uppskatta hur många leveransturer per dag som sker till hälsa och sjukvård samt offentlig sektor användes Sánchez-Díaz (2017a) beräkningsmodell. Genom att återigen välja alla aktuella postnummer för området Inom Vallgraven och Nordstan kunde antalet leveranser som skett i området under en vecka erhållas.

#### *6.1.3.2 Uppskattning av antal efterfrågade leveranser till hushåll Inom Vallgraven*

För att kunna uppskatta antalet leveranser som hushåll Inom Vallgraven genererar krävdes egna beräkningar. Först uppskattades befolkningens mängd Inom Vallgraven baserat på underlag från Göteborgsbladet, publicerad av Göteborgs Stad (2020), där antalet boende Inom Vallgraven listas efter ålder. Följande steg var att beräkna ett genomsnittligt antal leveranser per dag till hushåll inom området med underlag från Postnords E-barometer (2020). Beställningsfrekvenser som e-handeln ger upphov till finns angivna i E-barometern. Genom att använda beställningsfrekvenser i kombination med uppskattad befolkningens mängd kunde antal beställningar per dag beräknas (ekvation 6). För att kunna sammanfoga de beställningsfrekvenser som Postnord (2020) beskriver med motsvarande befolkningens mängd Inom Vallgraven från Göteborgs Stad (2020), krävdes omarbetning av data. E-barometern använde data från befolkningen mellan åldrarna 18 och 79 år, medan Göteborgsbladets motsvarande åldersspann var 16 till 84 år. För att få dessa att överensstämja antogs jämn fördelning av befolkningen mellan åldrarna och befolkningen utanför spannet 18 till 79 år bortsågs från.

Utifrån antalet beställningar beräknades totala antalet enheter som efterfrågas i området, baserat på antagandet om att samtliga beställningar genererade i genomsnitt 1,81 paket (S. Behrends, personlig kommunikation, 20 mars 2021). Genomsnittet multiplicerades sedan med det totala antalet beställningar (ekvation 7), vilket gav det totala antal paket som efterfrågas Inom Vallgraven per dag.

I E-barometern (Postnord, 2020) anges även leveransfördelningar över hur stor andel av beställningarna som levereras till ombud (63 %) respektive hem (37 %) (ekvation 8 och 9).

Samtliga beställningar till hemmet antogs motsvara en leverans och antogs likt tidigare innefatta 1,81 paket per leverans. Därefter antogs att samtliga leveranser till ombud är rullbursleveranser och att varje rullbur rymmer i genomsnitt 25 paket (S. Behrends, personlig kommunikation, 2 mars 2021). Baserat på dessa antaganden kunde det totala antalet leveranser till ombud respektive hem beräknas genom att dividera den totala efterfrågan med 25 (ekvation 10) respektive 1,81 (ekvation 11). Erhållna värden summerades sedan för att få det totala antalet efterfrågade leveranser per dag (ekvation 12). Det slutgiltiga steget för att uppskatta antalet leveranser per hushåll Inom Vallgraven var att dividera det totala antalet genererade leveranser med antalet hushåll i området (ekvation 13). Här antogs även att det inte existerade några hushåll i Nordstan.

$$\textit{Totalt antal beställningar per dag} \quad (6)$$

$$= \sum \textit{Antalet invånare} \times \textit{Beställningsfrekvens} \\ \times \textit{Andel invånare per beställningsfrekvens}$$

$$\textit{Totalt antal paket per dag} \quad (7)$$

$$= \textit{Totalt antal beställningar per dag} \times \textit{Paket per leverans}$$

$$\textit{Totalt antal paket per dag till ombud} = \textit{Totalt antal paket per dag} \times 0,63 \quad (8)$$

$$\textit{Totalt antal paket per dag till hemmet} \quad (9)$$

$$= \textit{Totalt antal paket per dag} \times 0,37$$

$$\textit{Totalt antal leveranser per dag till ombud} \quad (10)$$

$$= \frac{\textit{Totalt antal paket per dag till ombud}}{\textit{Paket per rullbur}}$$

$$\textit{Totalt antal leveranser per dag till hemmet} = \frac{\textit{Totalt antal paket per dag}}{\textit{Paket per leverans}} \quad (11)$$

$$\textit{Totala antal leveranser per dag} \quad (12)$$

$$= \textit{Totalt antal leveranser per dag till ombud}$$

$$+ \textit{Totalt antal leveranser per dag till hemmet}$$

$$\text{Antal leveranser per hushåll och dag} = \frac{\text{Totalt antal leveranser per dag}}{\text{Totalt antal hushåll}} \quad (13)$$

## 6.2 Steg II: Hur tillgodoses efterfrågan på leveranser inom området idag?

Metod – Litteraturstudie & Excelberäkningar

Steg II av metoden är uppdelad i tre delar. I den första delen har en trafikräkning använts (Sánchez-Díaz, 2019), genomförd i området kring Domkyrkan i Göteborg, för att uppskatta fördelningen mellan fordonstyperna LDV, MDV oc som levererar till området. Det har även undersökts ifall dessa transporter kommit från tredjepartslogistik (3PL) eller transporter för egen räkning (“Own account”). Slutligen har fordonens miljöklassificering kartlagts.

Del två av detta steg syftar till att uppskatta hur många stopp chaufförer typiskt gör under en transportrutt till området Inom Vallgraven och Nordstan, hur lång deras transportsträcka varit och under vilka trafikförhållanden resan skett. I detta syfte har information från intervjuer som bedrivits av föregående års kandidatarbete (Alvbåge et al., 2020), på samma tema som denna rapport använts. Föregående årets arbete hade däremot bristfällig mängd data för att representera området, och därför genomfördes fler intervjuer för att utöka underlaget. De nya intervjuerna avsåg att fråga chaufförerna hur många stopp och hur långa sträckor en genomsnittlig rutt innehöll. Intervjuerna innehöll färre frågor än tidigare år för att korta ner längden på intervjuerna eftersom det ansågs påverka svarsfrekvensen positivt och gav mer relevant data för detta projekt. För att se frågeformuläret som användes vid årets chaufförsintervjuer, se Bilaga B.

Tredje och sista delen är ett moment nödvändigt för den slutgiltiga scenarioanalysen i Steg IV av metoden. Delen ämnar bestämma antalet levererade lastenheter per leveranstur inom området och baseras återigen på data från föregående års kandidatarbete (Alvbåge et al., 2020) i kombination med utökade data från de kompletterande intervjuerna.

### 6.2.1 Trafikfördelning och fördelning av miljöklasser

Efter att efterfrågan på transporter Inom Vallgraven och Nordstan uppskattats, beräknades hur efterfrågan tillgodoses. Sánchez-Díaz (2019) hade sedan tidigare gjort en trafikräkning i området kring Domkyrkan där antalet transporter, hur länge dessa uppehöll sig samt när de lämnade området registrerades. Ytterligare information som kunde hämtas från källan var om fordonen klassades som LDV, MDV, personbil eller annat, vilken miljöklass (Euro 4, Euro 5,

Euro 6, eller *BEV*) fordonen hade samt vilket företag som ägde fordonet och verksamhetskategorin företaget tillhörde (Hotell, Sanitet & avfall, Service, Återförsäljare, Transport samt Byggsektor).

För varje typ av lastenhet (se Tabell 1) beräknades fördelningen mellan LDV och MDV som levererar lastenheten, samt förhållandet mellan fordonens miljöklasser. Vidare gjordes även en särskiljning mellan transporter som skedde av stora 3PL-företag, små 3PL-företag och transporter för egen räkning. Anledningen till att särskilja mellan stora och små 3PL-företag är på grund av att de större redan antas konsolidera sina leveranser i högre grad. De företag som kunde anses vara stora tredjepartslogistikere i studien var Postnord, DHL, GB Framåt Transport som kör för DHL och TGM (Transport AB Göteborg Marstrand) som kör för DB Schenkers räkning.

Eftersom trafikräkningen (Sánchez-Díaz, 2019) endast kartlade fordonens rörelser inom området krävdes antaganden gällande lasten. Därför antogs att fordon av typen LDV endast körde paket medan MDV endast körde pallar och rullburar (S. Behrends, personlig kommunikation, 17 mars 2021). Vidare gjordes antagandet att rullburar som transporterades av företag inom verksamhetsområdet hotell och restaurang endast var av typen tempererade rullburar, samt att paketen som levererades av samma verksamheter var av typen tempererade paket.

Fordon tillhörande verksamheter inom kategorierna sanitet & avfall, byggsektorn och service bortsågs från. Detta eftersom leveranser till dessa verksamhetsområden inte går att konsolidera på ett enkelt sätt och hamnar således utom ramarna för denna studie. I Tabell 1 nedan tydliggörs vilken data som hämtades för att göra beräkningarna samt vilka antaganden som gjordes.

**Tabell 1**

*Fordonstyper som antas leverera varje typ av lastenhet, samt fordonens miljöklasser och till vilka verksamhetsområden de levererar till.*

| <b>Lastenhet</b>                          | <b>Paket<br/>(stora/små)</b>   | <b>Paket<br/>(tempererat)</b>       | <b>Pall/Rullbur</b>            | <b>Rullbur<br/>(tempererat)</b>     |
|---|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Fordonstyp<br/>och<br/>transportör</b> | LDV<br>(3PL & Egen<br>räkning) | LDV och MDV<br>(Egen räkning)       | MDV<br>(3PL & Egen<br>räkning) | MDV och LDV<br>(Egen räkning)       |
| <b>Verksamhets-<br/>område</b>            | Transport &<br>Återförsäljare  | Hotell,<br>restaurang &<br>catering | Transport &<br>Återförsäljare  | Hotell,<br>restaurang &<br>catering |
| <b>Miljöklass</b>                         | Euro 4,5,6 och<br>BEV          | Euro 4,5,6 och<br>BEV               | Euro 4,5,6 och<br>BEV          | Euro 4,5,6 och<br>BEV               |

För varje lastenhet beräknades andelarna av varje transportör som levererade lastenheten, det vill säga om transportören var stor respektive liten 3PL, eller en transport för egen räkning. Samtidigt erhöles också fördelning kring fordonens storlek, hur många fordon som var LDV eller MDV. Slutligen kunde fordonsandelarna utefter miljöklass beräknas och därmed ge svar på hur många fordon som tillhörde miljöklass Euro 4, Euro 5 och så vidare. Ett exempel på beräkningarna ges nedan. Ekvation 14 ger svar på andelen av en viss transportör och storleken på det fordon som typiskt används (små 3PL LDV) och ekvation 15 ger svar på hur stor andel av en viss miljöklass som används (i detta fall D-E4).

$$Andel\ små\ 3PL\ LDV = \frac{Antalet\ små\ 3PL\ LDV}{Totala\ antalet\ LDV} \quad (14)$$

$$Andel\ små\ 3PL\ LDV\ D - E4 = \frac{Antalet\ små\ 3PL\ LDV\ D - E4}{Antalet\ små\ 3PL\ LDV} \quad (15)$$

### 6.2.2 Uppskatta antal stopp per leveranstur och transportsträcka

Som en del i att uppskatta hur efterfrågan av varor Inom Vallgraven och Nordstan tillgodoses användes intervjuer från föregående års kandidatarbete av Alvbåge et al. (2020) på samma tema som denna rapport. Det tidigare kandidatarbetet utgör största delen av indata eftersom

intervjuerna i år inte gick att genomföra som planerat, därför används årets intervjuer som kompletterande data. Frågeformuläret använt i år valdes att kortas ned och kompletterande data avser endast att undersöka vilka områden som stopp sker inom samt antalet stopp (lastningar respektive lossningar). Data gällande transportsträckor och trafikbelastning är hämtade från tidigare årets arbete, eftersom pandemin ansågs ha påverkat dessa faktorer så pass mycket att nya uppskattningar istället kunnat leda till större felbedömning gällande förbättringspotentialen av konsolideringscentret istället för att fungera som kompletterande data.

Genomförandet av intervjuerna förra året baserades på intervjuer med chaufförer som levererade till Nordstan (Alvbåge et al., 2020). Chaufförerna fick bland annat frågat hur många stopp de planerade göra under sin leveranstur samt hur många av dessa stopp som skedde i området Inom Vallgraven och Nordstan. Dessa frågor ställdes även i de nya intervjuerna. Alla stopp fick de dessutom markera på en karta som kandidatgruppen hade förberett så att man i efterhand kunde räkna ut hur lång transportsträcka som förarna hade färdats och vilken trafikbelastning de upplevt längs vägen. För att bedöma trafikförhållanden antogs att en transportrutt bestod av antingen motorväg eller lokal väg. På både motorvägar och lokala vägar kunde sedan tre olika typer av trafiksituationer upplevas: ingen trängsel, måttlig trängsel och trängsel. Chaufförernas transportsträckor lades sedan in i Google Maps trafikverktyg och därefter kunde det beräknas hur långt chaufförerna hade färdats på motorvägar respektive lokala vägar samt hur lång sträcka de färdats under rådande trafikbelastning.

### 6.2.3 Uppskatta antalet leveransenheter per leveranstur

Som underlag för kommande scenarioanalys, i metodens Steg IV, behövdes värden på antalet levererade lastenheter per leveranstur till området Inom Vallgraven och Nordstan. Data rörande antalet lastenheter och hur många av dessa som levereras till utmärkta områden utlästes främst från föregående års kandidatgrupp (Alvbåge et al., 2020). Även i detta steg ansågs data behöva kompletteras och frågor gällande antal lastenheter inkluderades därmed i årets nedkortade intervju. Därefter kunde medelvärden för antalet lastenheter per leveranstur beräknas utefter respektive lastenhet, fordonstyp, samt transportör.

### 6.3 Steg III: Vad kostar de negativa effekterna samhället?

Metod – Litteraturstudie & Excelberäkningar

Steg III av metoden delas upp i tre delar. Först genomfördes en litteraturstudie, där indata samlades gällande externa kostnader orsakade av transport. I de efterföljande två delarna beräknades de externa kostnaderna, där först kostnaderna per färdkilometer beräknades, för att slutligen kunna uppskatta kostnaden orsakad av varje lastenhet beroende på transportör och fordonstyp.

#### 6.3.1 Indata för beräkning av externa kostnader

Den indata som sedan Excel-beräkningarna grundas på är hämtade från Ricardo-AEA (2014), vilket är EU:s handbok över externa kostnader orsakade av transport. Kostnaderna beräknas olika beroende på om de orsakas av negativa konsekvenser relaterade till trafik (trängsel, olyckor och buller) eller emissioner (växthusgaser eller lokala luftföroreningar). Detta eftersom indata för trafikrelaterade respektive emissionsrelaterade kostnader presenteras i olika enheter och påverkas av olika faktorer. Gemensamt för båda grupper är nödvändig uppskattning av transportsträcka för respektive transportör (3PL eller för egen räkning) samt information gällande vägtyp och trafiknätets belastning under färdsträckan. Denna information hämtades från tidigare Steg II av metoden.

##### 6.3.1.1 Trafikrelaterade kostnader

De trafikrelaterade externa kostnaderna som uppstår på grund av trängsel, olyckor och buller uppskattas alla i eurocent per transportfordonens färdkilometrar [€-ct./v.km]. För att beräkna dessa kostnader krävdes, utöver uppskattning av transportfordonens färdsträcka, även fordons- och vägkategorisering samt mer specifika kategoriseringar av varje externt kostnadsområde (Ricardo-AEA, 2014). Benämningarna Ricardo-AEA (2014) använder gällande fordonstyper är inte densamma som tidigare presenterats i denna rapport. För att indata skulle kunna användas, likställdes "LCV" med LDV och "HGV" med MDV enligt antaganden baserade på hur de är definierade enligt vikt. Liknande omarbetning av data krävdes för vägkategorisering där "motorway" och "main roads" avser motorväg och infartsled som i beräkningarna sammanställdes till *motorvägar*. "Other roads" beaktades som en egen typ och avser *lokala vägar*. De mer specifika kategoriseringarna avser trafikbelastning, regionstyp, tid på dygnet och flödet. Dessa kategoriseringar krävs dock inte inom alla externa kostnadsområden, exempelvis krävs tids- och flödesindelning endast för bullerkostnader, därav beräknades respektive kostnad var för sig.

Regionindelningen som presenteras av Ricardo-AEA (2014) kräver även den anpassning för att erhålla indata som är applicerbart på studerat område. Göteborg ses som ett storstadsområde vilket kan likställas med regionstypen ”metropolitan” från Ricardo-AEA (2014). Fortsatt indelning rör suburbana områden (”urban”) och landsbygd (”rural”), där suburbana områden avser infrastruktur mellan tätort samt landsbygd. Suburbana områden anses vara representativ för sträckan emellan det urbana området från leveransstället, och i relation till de andra delarna är tiden det tar att köra till det urbana området liten och står för en liten del av transportörens kostnader (MDS Transmodal, 2012). därmed bortses ”suburban” från rapportens beräkningar.

Trafikbelastning delas enligt Ricardo-AEA (2014) in likadant för trängsel och olyckor, och indata gällande ingen trängsel hämtas från ”free flow”, måttlig trafik från ”near capacity” och trafik från ”over capacity”, se Bilaga C.

Olyckskostnader [€ct/v.km] har olika värden beroende på land i Ricardo-AEA (2014) (tabell 12 s. 25 i Ricardo-AEA). Eftersom projektet fokuserar på trafiken i Göteborg hämtades indata över Sveriges olyckskostnader, se Bilaga D.

Trafikbelastning för bullerkostnader kategoriseras i Ricardo-AEA (2014) utefter ”Dense” och ”Thin”. För att kunna genomföra kostnadsberäkningarna i Excel för respektive negativ konsekvens enligt samma beräkningsmetod antogs ”Thin” motsvara både Måttlig trängsel och Ingen trängsel, ”Dense” antogs motsvara Trängsel. Fortsättningsvis krävs för bullerkostnader indelning beroende av tid på dygnet, där för denna rapport endast transporter som sker under dagtid var av intresse. Detta eftersom det är leveranser under dagtid som rapporten främst syftar att undersöka potentialen av att konsolidera.

Fordon har däremot en stor skillnad i ljudnivå beroende på om de är eldrivna eller inte, därav används en extra indelning för eldrivna fordon (BEV) och bränsle drivna fordon (ICE). Då indata gällande bullerkostnader från eldrivna fordon inte fanns angivet antogs att ljudnivån är hälften av vad den är för motsvarande bränsle drivna fordonsklasser (S. Behrends, personlig kommunikation, 9 mars 2021). Detta eftersom det inte bara är motorn som ger upphov till ljud från fordonet utan även ljud från däcken, se Bilaga E.

#### *6.3.1.2 Emissionsrelaterade kostnader*

De emissionsrelaterade kostnaderna beror endast av två faktorer, färdkilometer samt mängden utsläpp, vilka uppskattas i eurocent per gram [€ct/g] (tabell 15 s 37 i Ricardo-AEA). Färdsträckan hämtades som tidigare nämnt från Steg II av metoden, medan kostnader beroende

av mängden utsläpp av växthusgaser och lokala luftföroreningar hämtades från Ricardo-AEA (2014). Mängden utsläpp beror på fordonets miljöklass där EU:s miljöklasser för fordon användes som underlag (European commission, 2021).

Vid beräkning av externa kostnader för växthusgaser, i form av koldioxidekvivalenter [€ct/g], används ett extremvärde för den högsta möjliga kostnaden (s. 56 i Ricardo-AEA). Dessa värden är endast representativa för bruksfasen av fordonet och inte produktionsfasen (S. Behrends, personlig kommunikation, 9 mars 2021).

Luftföroreningarna (NMVOC, NO<sub>x</sub> PM och SO<sub>2</sub>) som berörs i denna rapport har alla specifika indata som hämtades för ett urbant område. Gällande PM (luftburna partiklar) hämtades indata för en partikelstorlek på 2,5 mikrometer (PM<sub>2,5</sub>) eftersom det är den partikelstorlek som uppkommer vid förbränningsprocesser från transportfordons motorer (Naturvårdsverket, 2020b). Dessutom är partiklar den luftförorening i stadsmiljö som har starkast koppling till negativa hälsoeffekter och PM<sub>2,5</sub> är så pass små att de kan andas in och skada organen. Indata gällande luftföroreningarna hämtades från Ricardo-AEA (2014) med Sverige som databas, se Bilaga F.

Data gällande mängder [g/km] luftföroreningar av NMVOC, NO<sub>x</sub>, PM och SO<sub>2</sub>, som respektive miljöklass släpper ut, hämtas direkt från databasen HBEFA (<https://www.hbefa.net/e/index.html>). Däremot finns i databasen inga tillgängliga indata över kostnader för CO<sub>2</sub>-ekv. Dessa beräknades istället fram beroende på energianvändningen av fordonet [MJ/km], multiplicerat med en emissionsfaktor [g CO<sub>2</sub>-ekv /MJ] hämtad från naturvårdsverket (2020c). En sammanslagen tabell med framtagna värden för miljöklassen D6 för fordonstypen LDV återfinns i Bilaga G.

### 6.3.2 Beräkning av kostnader per kilometer

Kostnader per kilometer [€/km] beräknades genom att multiplicera respektive mängd utsläpp, för varje typ av emission, i gram per kilometer [g/km] med kostnaderna per gram [€ct/g]. Data för kostnader per kilometer för CO<sub>2</sub>-ekv., NMVOC, NO<sub>x</sub>, PM, SO<sub>2</sub>, trängsel, olyckor och buller sammanställdes från delavsnitten ovan för olika vägtyper och flöden. Exempel på en sammanslagen tabell med värden från LDV-D6 visas i Bilaga H.

### 6.3.3 Genomsnittliga och totala kostnader för olika lastenheter

Den genomsnittliga kostnaden för varje transportör och fordonstyp beräknades för att slutligen kunna beräkna den totala kostnaden i euro för alla typer av lastenheter.

Genomsnittliga kostnaden för varje transportör och fordonstyp erhöles genom att använda den tidigare beräknade miljöklassuppdelningen från Steg II, som anger i andelar vilken euroklass transportfordonen som fraktar godset tillhör (D-E6, D-E5 etc.). Andelen multiplicerades sedan med kostnaden för respektive euroklass uträknat i 6.3.2, vilket upprepas för varje fordonstyp och transportör, se Bilaga I för ett exempel över värden på Truck BIG 3PL.

För att sedan beräkna den totala kostnaden [€ct] för olika lastenheter multiplicerades den genomsnittliga kostnaden per kilometer med den totala sträckan transportfordonen färdats. Sträckan som fordonen färdats hämtas från tidigare beräkningar i Steg II.

Därefter adderades värdena för alla vägtyper och flöden för att ge en tydligare och mer övergripande bild över vilka kostnader som orsakas av varje lastenhet. Kostnader orsakade av lokala luftföroreningar, det vill säga NMVOC, NO<sub>x</sub>, PM och SO<sub>2</sub>, kan summeras. Kostnader relaterade till utsläpp av koldioxidekvivalenter CO<sub>2</sub>-ekv. ses som en egen klass benämnt Klimat, eftersom dessa emissioner är kopplade till klimatpåverkan. Den totala kostnaden i euro [€] för alla negativa konsekvenser för varje lastenhet kan sedan beräknas och presenteras i Bilaga J. Där presenteras ett exempel på hur resultatet ser ut för lastenheten pallar och rullburar.

#### 6.4 Steg IV: Hur kan de negativa effekterna som uppstår av logistik i urban miljö förbättras med konsolideringssystem

##### Metod - Scenarioanalys

I sista delen av metoden har en scenarioanalys upprättats för att undersöka den maximala potentialen av konsoliderade leveranser till området Inom Vallgraven och Nordstan. Inledningsvis undersöktes indata från Steg II av metoden gällande hur många stopp som sker inom området under en leveranstur. Andelen stopp inom området är viktig för att kunna dra slutsatser rörande konsolideringsmöjligheten av leveransturen och kan ses som ett gränsvärde. Detta gränsvärde skiljer sig beroende på viken transportör som i dagsläget ansvarar för leveransturen, det vill säga små respektive stora 3PL-företag eller företag för egen räkning. Enligt representanter från SMOOTH uppskattades att för stora 3PL krävdes att 70% av stoppen skedde inom området (S. Behrends, personlig kommunikation, 26 april 2021). Motsvarande andel för små 3PL var 80% samt 90% för transportörer för egen räkning, för att leveransturerna ska kunna konsolideras. Gränsvärdena skiljer sig beroende på antaganden om att exempelvis

stora 3PL aktörer har fler fordon som kan täcka de resterande 30% som sker utanför området. För transporter för egen räkning och små 3PL-företag, som generellt har en mindre fordonsflotta, är det inte rimligt att anta att dessa ska kunna täcka lika hög andel leveranser utanför området. Således har olika gränsvärden tillämpats.

Efter att antalet leveransturer som kan konsolideras undersökts, påbörjades en definition av nya transportrutter. Genom att återigen använda indata från Steg II av metoden fast denna gång gällande de transportsträckor som chaufförerna typiskt kör under en leveranstur. Om en transport ansågs kunna konsolideras antogs det att transportsträckan halverades på samtliga typer av vägar, efter samråd med SMOOTH-representanter (S. Behrends, personlig kommunikation, 29 mars 2021). Anledningen till en 50 % reduktion av transportsträckan är på grund av att transportfordonet i scenariot endast färdas från konsolideringscentret till en omlastningsterminal belägen Inom Vallgraven. Dessutom antogs att ingen del av transportsträckan sker på lokala vägar eftersom den sträcka chauffören färdas från att ha kommit in i området till omlastningsterminalen är förhållandevis liten. Gällande de transportrutter som inte kunde konsolideras till fullo, antogs att transportsträckan förblir densamma för färd på motorväg. Antagandet baseras på att transporten delvis är konsoliderad och behöver göra färre stopp, men att chauffören dessutom behöver göra ett stopp vid omlastningsterminalen vilket kan innebära en omväg ifall denne även ska leverera till andra platser. För lokala vägar antas SMOOTH-transporter endast kunna ersätta den del av den ursprungliga transportsträckan som sker inom området, medan andra transporter fortfarande får täcka leveranserna utanför området.

Fortsättningsvis krävdes en uppskattning kring antalet lastenheter som samlastningsterminalen kommer vara tvungen att hantera. För lastenheterna pallar och rullburar (ej tempererade) kunde denna indata hämtas direkt från Steg I av metoden som visade hur mycket verksamheterna inom området efterfrågar. För lastenheten paket räknades dessa om till att förläggas till pallar där det antogs gå 30 små respektive 10 stora paket på en pall. Tempererade paket antogs i stället rymmas 20 stycken på en pall. Dessutom gick det 2 tempererade rullburar på 1 pall (S. Behrends, personlig kommunikation, 29 mars 2021). Genom att uttrycka alla lastenheter i form av pallar kunde enklare en tolkning göras kring hur dessa bör konsolideras.

Slutligen gjordes bedömningen att konsoliderade transporter skulle ske med hjälp av fyra olika typer av fordon efter möte med representanter från SMOOTH (S. Behrends, personlig kommunikation, 26 april 2021). Första fordonstypen är MDV av miljöklass Euro 6 för transport

av lastenheterna pallar och rullburar som kan undvika omlastningsterminalen och transporteras direkt till verksamheterna från konsolideringscentret. Den andra typen av transportfordon är elektriska fordon (BEV) av typ MDV som kör mellan konsolideringscentret och omlastningsterminalen och hanterar resterande lastenheter. De sista två typerna av fordon är elektriska lastcyklar och små elektriska dragbilar (LEFV) som står för “*last-mile*” transporten. MDV-fordonen antogs hantera 20 pallar medan el-cyklarna och de elektriska dragbilarna antogs ha kapacitet för 1 respektive 2 pallar (S. Behrends, personlig kommunikation, 29 mars 2021). Genom att kombinera efterfrågan Inom Vallgraven och Nordstan med de konsoliderade fordonens kapacitet gavs ett svar på hur många leveransturer de konsoliderade fordonen behöver göra. Tillsammans med data angående hur långt de genomsnittligt kör under en leveranstur kunde sedan nya externa kostnader som uppstår räknas fram och jämföras med ursprungsläget.

## 6.5 Metoddiskussion

I denna del kommer den utvalda metoden och dess genomförande kritiskt analyseras utifrån dess effektivitet och tillförlitlighet. Framst kommer två aspekter av metoden att ses över, då dessa anses vara metodens främsta felkällor. Felkällorna anses vara den kvantitativa datainsamlingen, i form av intervjuer, samt de antaganden som gjorts igenom studien.

### 6.5.1 Datainsamling

För att analysera hur leveransbehovet in till Inom Vallgraven förses av dagens logistiksystem genomfördes intervjuer av lastbilschaufförer inom det avgränsade området. Intervjuerna syftade till att samla data kring transportsträckor, antal stopp för respektive transport samt dess fyllnadsgrad. För samtliga av dessa datapunkter skulle i teorin faktiska värden kunna tas fram, men på grund av den valda metoden baseras all data på antaganden gjorda av chaufförerna. Antagandena resulterade i en generalisering av den data som samlades in, då chaufförerna ofta valde att avrunda sina svar eller svara i form av ett spann. Om de faktiska värdena för samtliga data istället varit möjliga att samla in, hade en mer verklighetstrogen och exakt bild av hur leveransbehovet förses av dagens logistiksystem kunnat tas fram. Intervjuerna skedde också ofta i kombination med att chaufförerna lastade gods, vilket betydde att intervjun behövde gå fort och ytterligare bidrog till en generalisering av svaren.

På grund av den rådande pandemin, och då intervjuerna inte kunde ske digitalt, var antalet insamlingstillfällen av data begränsade. För att minimera antalet vistelser i Göteborg

stadskärna, både för författarnas samt chaufförernas säkerhet, skedde samtliga intervjuer endast under ett tillfälle. Problemet med att genomföra samtliga intervjuer på samma dag var att det gjorde studien känslig för avvikelser. Exempelvis, om det under insamlingstillfället skedde en mindre andel leveranser av en viss fordonskategori. Ett ökat antal insamlingstillfällen hade reducerat studiens känslighet mot avvikelser samt resulterat i ett ökat antal datapunkter, vilket hade kunnat användas för att skapa en mer verklighetstrogen bild av dagens logistiksystem.

### 6.5.2 Antaganden

Metoden innehåller en stor mängd antaganden vilka påverkar slutresultatet i olika grad. Därmed är det viktigt att se över och diskutera trovärdigheten bakom dessa antaganden för varje metodsteg. I Steg I, då antalet lastenheter till verksamheter inom området beräknades, gjordes antagandet att studien från NOVELOG (2016), som avsåg verksamheter inom Nordstan, också ansågs vara representativ för området Inom Vallgraven i sin helhet. Antagandet ansågs vara acceptabelt i detta fall eftersom de två områdena har likartad karaktär som dedikerade shoppingområden. Genom att anta att verksamhetsfördelningen, och därmed fördelningen av lastenheter, ser likadan ut i både Nordstan och Inom Vallgraven finns en eventuell felmarginal av den efterfrågan som finns inom området i sin helhet. I och med att resterande steg grundar sig i den beräknade efterfrågan hade ett mindre fel i Steg I kunnat vara en bidragande faktor till att även det slutgiltiga resultatet uppvisar en viss felmarginal.

Ytterligare antagande rörande indata från NOVELOG var att tveksamheter som upptäckts i indatat kunde tas bort för att erhålla en så verklighetstrogen uppskattning av efterfrågan som möjligt. Ansvariga för NOVELOG hade lämnat kommentarer där de uppmärksammat brister i den rådata de samlat in. Kommentarererna innebar bland annat stora korrigeringar i den insamlade rådata men med bristande förklaring till varför korrigeringarna genomförts. Därmed gjordes bedömningen att den data inte bör beaktas. Rådatan som bortsågs från uppgick till 9 % totalt och 20 % för vissa verksamhetsområden. Likt föregående antagande kan diskussion föras kring hur mycket uteslutandet av rådata påverkade slutresultatet. Eventuellt gav det en missvisande bild över fördelningen av lastenheter, särskilt i kombination med föregående antagande.

I Steg II av metoden beräknades trafikfördelningen för varje typ av lastenhet, där trafikräkningen från Sanchez Diaz (2019) användes som källa. Trafikräkningen hade bristfällig information kring fördelning av lastenheter i varje fordon och därför krävdes antaganden att respektive fordonstyp enbart levererar en typ av lastenhet. Till exempel antogs fordonstypen

LDV endast leverera paket, medan MDV antogs enbart leverera pallar och rullburar. I verkligheten förekommer däremot pakettleveranser av MDV och palleveranser av LDV. En effekt av denna förenkling innebär att uppskattandet hur efterfrågan tillgodosetts, delvis kan vara missvisande gällande med vilka fordon efterfrågan tillgodoses och vad de lastar. För att kunna generalisera data från trafikräkningen ansågs det tidigare nämnda antagandet nödvändigt, eftersom det fanns brist på andra sekundärkällor med likartad information gällande fordon i området och deras tillhörande lastenheter.

I Steg III, antogs alla de externa kostnaderna orsakade av LEFV vara lika med noll. Antagandet baserades på att de emissionsrelaterade kostnaderna kan anses vara försumbara för LEFV jämfört med de kostnader orsakade av LDV och MDV. Eftersom elfordon inte bidrar till några emissioner vid drift anses antagandet vara rimligt. Däremot finns ännu inte tillräckliga indata gällande trafikrelaterade kostnader för LEFV och därav kan antagandet bidra till viss felmarginal vid beräkning av trängsel- och olyckskostnader. Fortsättningsvis har antagandet en påverkan på genomförd scenarioanalys eftersom en del av dagens transportfordon ersätts med LEFV, vilket intuitivt innebär att potentialen kan överskattas.

Slutligen, i Steg IV av metoden, bör det beaktas att analysen bygger på ett potentiellt scenario i en ny logistiksituation. Uppbyggnaden av scenariot krävde generella antaganden gällande hur stor andel av dagens leveranser som kan konsolideras. Antaganden gjordes i samråd med SMOOTH-representanter och är därmed stödda av överordnade i projektet. Detta gav en ökad validitet till antagandena, men eftersom det kvarstår att scenariot är teoretiskt kan antagandena därmed inte fastställas i praktiken.

## 7. Resultat

I detta kapitel presenteras rapportens resultat. Syftet med studien var att bedöma den samhällsekonomiska förbättringspotentialen av att fullskaligt implementera ett konsolideringssystem i centrala Göteborg. Resultatet av beräkningarna för att uppskatta förbättringspotentialen presenteras i siffror som beräknats fram stegvis enligt studiens metod. Dessa presenteras överskådligt i tabeller och diagram. Sammanfattningsvis visade det sig att förbättringspotentialen av att implementera ett konsolideringssystem ger en beräknad reduktion av de samhällsekonomiska kostnaderna på 52% i jämförelse med hur mycket dagens logistiksituation kostar.

### 7.1 Efterfrågan på leveranser Inom Vallgraven och Nordstan

Inledningsvis uppskattades hur många verksamheter som fanns Inom Vallgraven och Nordstan. Verksamheterna är som tidigare nämnt uppdelade efter kategorierna hotell och restaurang, hälsa och sjukvård, kontor, offentlig sektor, färskvaror, sällanköpsvaror samt hushåll. Dessutom beräknades hur många leveranser per dag och verksamhet som sker i området. Resultatet återfinns i Tabell 2 nedan.

**Tabell 2**

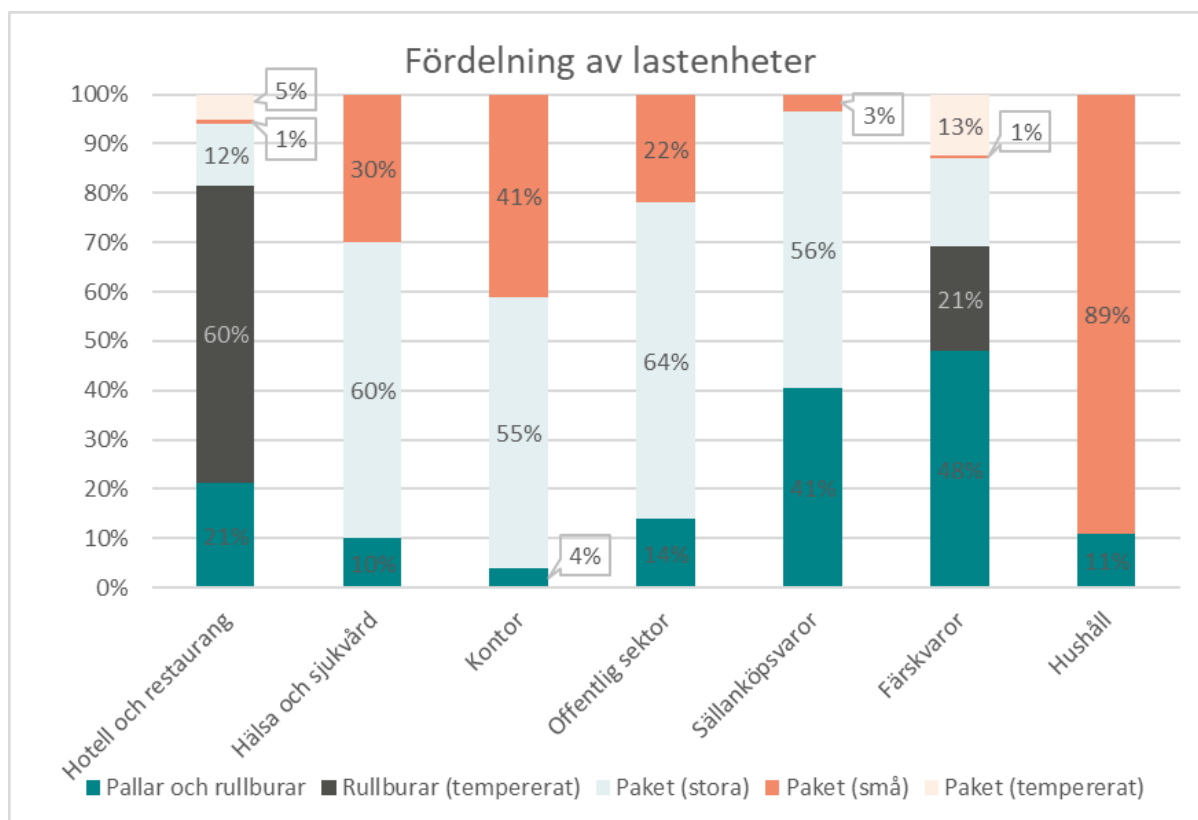
*Antalet verksamheter och deras antal leveranser Inom Vallgraven och Nordstan uppdelat efter verksamhetskategori.*

| <b>Typ av verksamhet</b> | <b>Antal verksamheter</b> | <b>Antal leveranser per dag och verksamhet</b> |
|--------------------------|---------------------------|--|
| Hotell och restaurang    | 242                       | 1,76   |
| Hälsa och sjukvård       | 360                       | 0,3  |
| Kontor                   | 1670                      | 0,595  |
| Offentlig sektor         | 117                       | 0,82   |
| Sällanköpsvaror          | 466                       | 2,52   |
| Färskvaror               | 83                        | 2,98   |
| Hushåll                  | 2366                      | 0,036  |

Fortsättningsvis erhöills information om hur fördelningen av lastenheter till de olika verksamheterna såg ut och redovisas i Figur 3.

**Figur 3**

*Andelar av efterfrågade lastenheter till varje verksamhet.*



Med hjälp av resultaten från de tre föregående beräkningsstegen kunde sedan det totala antalet leveranser i området, fördelat på alla kategorier av lastenheter, beräknas och redovisas i nästkommande Tabell 3.

### Tabell 3

*Totala antalet lastenheter per dag i området Inom Vallgraven och Nordstan.*

| <b>Typ av verksamhet</b> | <b>Pallar/rullburar</b> | <b>Rullburar (tempererat)</b> | <b>Paket (tempererat)</b> | <b>Paket (stora)</b> | <b>Paket (små)</b> |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------|
| Hotell och restaurang    | 90,3                    | 255,6                         | 21,3                      | 52,8                 | 4,3                |
| Hälsa och sjukvård       | 10,8                    | 0                             | 0                         | 64,8                 | 32,4               |
| Kontor                   | 39,7                    | 0                             | 0                         | 546,5                | 407,4              |
| Offentlig sektor         | 13,4                    | 0                             | 0                         | 61,4                 | 21,1               |
| Sällanköpsvaror          | 475,6                   | 0                             | 0                         | 656,4                | 39,9               |
| Färskvaror               | 118,7                   | 51,9                          | 30,9                      | 44,0                 | 1,2                |
| Hushåll                  | 9,4                     | 0                             | 0                         | 0                    | 75,8               |
| <b>SUMMA</b>             | <b>758</b>              | <b>307</b>                    | <b>52</b>                 | <b>1426</b>          | <b>582</b>         |

#### 7.2 Tillgodoseende av efterfrågan

Vidare beräknades för lastenheterna paket, pallar och rullburar, se Tabell 4 - Tabell 7, hur stora andelar LDV- och MDV-fordon som rör sig i området en typisk dag. Dessutom beräknades vilken fördelning av miljöklasser fordonen hade. Sedan delades fordonen in utefter om de ansågs vara stora eller små 3PL-företag, eller om transporten skedde för egen räkning. Tabell 4 och Tabell 5 nedan beskriver fordonsandelarna för paket respektive tempererade paket.

**Tabell 4***Fordonsandelar, paket.*

| Leveransfordon   | Trafikfördelning | D-E4 | D-E5 | D-E6 | BEV   |
|------------------|------------------|------|------|------|-------|
| LDV Stora 3PL    | 28 %             | 0 %  | 79 % | 21 % | 0 %   |
| LDV Små 3PL      | 56 %             | 3 %  | 26 % | 68 % | 3 %   |
| LDV Egen räkning | 13 %             | 11 % | 33 % | 56 % | 0 %   |
| LEFV             | 3 %              | 0 %  | 0 %  | 0 %  | 100 % |

**Tabell 5***Fordonsandelar, tempererade paket.*

| Leveransfordon   | Trafikfördelning | D-E4 | D-E5 | D-E6  | BEV  |
|------------------|------------------|------|------|-------|------|
| LDV Egen räkning | 88 %             | 4 %  | 22 % | 61 %  | 13 % |
| MDV Egen räkning | 12 %             | 0 %  | 0 %  | 100 % | 0%   |

Fortsättningsvis beskriver Tabell 6 trafikfördelningen samt andelarna av alla miljöklasser vad gäller leveranser av pallar och rullburar.

**Tabell 6***Fordonsandelar, pallar/rullburar.*

| Leveransfordon   | Trafikfördelning | D-E4 | D-E5  | D-E6 | BEV |
|------------------|------------------|------|-------|------|-----|
| MDV Stora 3PL    | 54 %             | 14 % | 14 %  | 72 % | 0 % |
| MDV Små 3PL      | 31 %             | 0 %  | 50 %  | 50 % | 0 % |
| MDV Egen räkning | 15 %             | 0 %  | 100 % | 0 %  | 0 % |

Slutligen visar Tabell 7 samma data som ovanstående tabeller men för leveranser av tempererade rullburar.

### Tabell 7

*Fordonsandelar, tempererade rullburar.*

| Leveransfordon   | Trafikfördelning | D-E4 | D-E5 | D-E6  | BEV  |
|------------------|------------------|------|------|-------|------|
| LDV Egen räkning | 88 %             | 4 %  | 22 % | 61 %  | 13 % |
| MDV Egen räkning | 12 %             | 0 %  | 0 %  | 100 % | 0%   |

Vidare undersöktes trafikförhållandena som rådde under de transportsträckor som chaufförerna körde för att tillfredsställa efterfrågan, och sammanfattas i Figur 4. I rapporten antogs att körsträckor bestod av motorvägar och lokala vägar och att trafiksituationen sträckte sig från ingen trängsel till måttlig trängsel och trängsel. För samtliga lastenheter kan det ses i Figur 4 att chaufförerna sammanlagt kör majoriteten av sträckan på motorväg och utan trängsel på vägarna. På lokala vägar upplevs ungefär lika mycket måttlig trängsel som ingen trängsel alls för samtliga typer av lastenheter, förutom för pall och rullburar då transporter huvudsakligen sker under måttlig trängsel.

**Figur 4**

*Total körsträcka per dag uppdelat på lastenhet, trafiksituation och vägtyp.*



Genom data insamlad från chaufförsintervjuerna kunde ett snitt gällande antalet lastenheter som levererades per leveranstur Inom Vallgraven och Nordstan beräknas, och redovisas nedan i Tabell 8.

**Tabell 8**

*Antal levererade lastenheter Inom Vallgraven och Nordstan per leveranstur.*

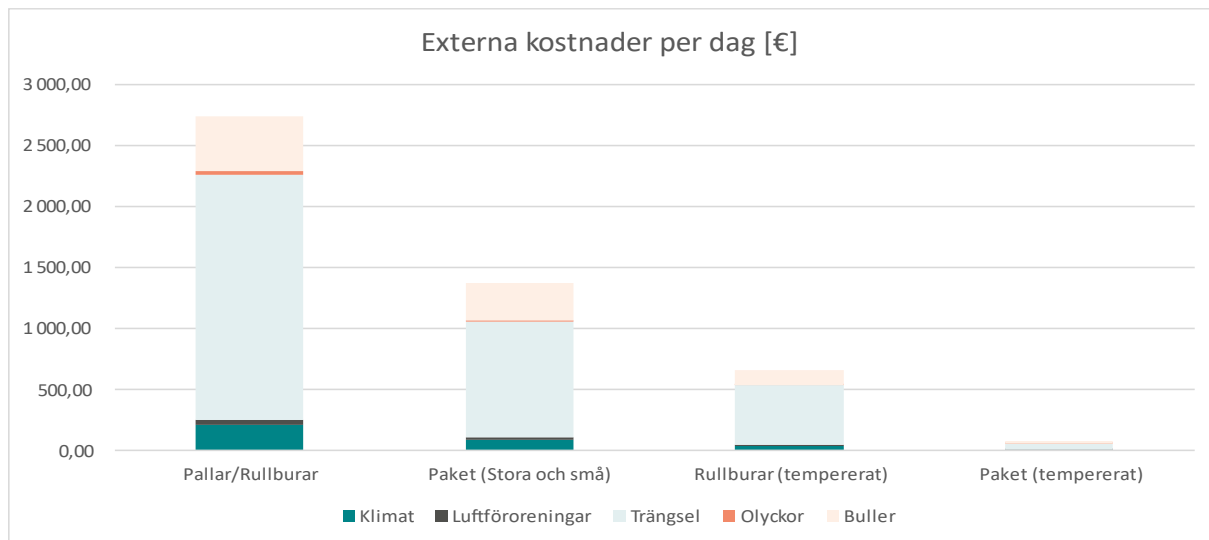
| <b>Transportör</b>      | <b>Fordonsklass</b> | <b>Pall/rullburar</b> | <b>Paket</b> | <b>Rullburar<br/>(tempererat)</b> | <b>Paket<br/>(tempererat)</b> |
|-------------------------|---------------------|-----------------------|--------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| <b>Stor 3PL</b>         | LDV                 | -                     | 132,33       | -                                 | -                             |
|                         | MDV                 | 11,75                 | -            | -                                 | -                             |
| <b>Liten 3PL</b>        | LDV                 | -                     | 204          | -                                 | -                             |
|                         | MDV                 | 6                     | -            | -                                 | -                             |
|                         | LEFV                | -                     | 250          | -                                 | -                             |
| <b>Egen<br/>räkning</b> | LDV                 | -                     | 50           | 3,4985                            | 20                            |
|                         | MDV                 | 15                    | -            | 9,33                              | 420                           |

### 7.3 Resultande externa kostnader från dagens logistiksystem

Slutligen kunde resultatet gällande de externa kostnaderna från dagens logistiksystem erhållas, som är totalt 4 850 € per dag. Fördelningen av externa kostnaderna går att avläsas på två sätt. I Figur 5 fördelas kostnaden över lastenheter, och visar att kategorierna pallar och rullburar (56%) samt paket (28%) står för den allra största andelen av dessa kostnader, medan bidraget från tempererade rullburar (14%) och paket (2%) är relativt litet.

**Figur 5**

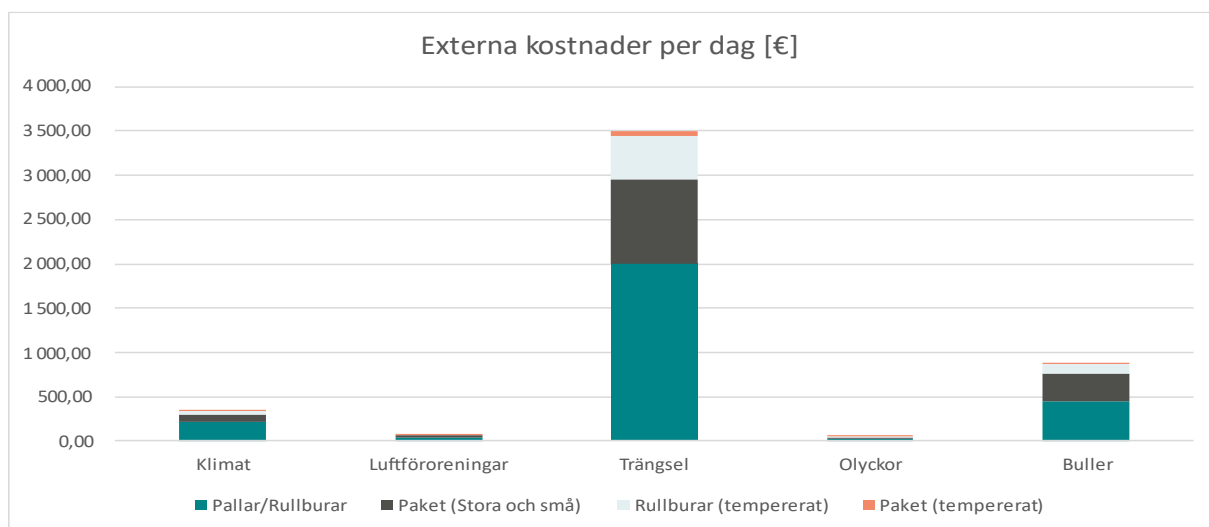
*Totala externa kostnader per dag och lastenhet uttryckt i €.*



Ett annat sätt att redovisa resultatet är att dela dem efter typ av extern kostnad vilket presenteras i Figur 6. Diagrammet illustrerar att kostnaden för trängsel är störst (72%) och ligger på 3 496 € per dag. Även buller (18%) och klimat (7%) är väsentliga medan kostnaderna för luftföroreningar (1%) och olyckor (1%) är försumbara.

**Figur 6**

*Totala externa kostnader per dag uttryckt i €.*

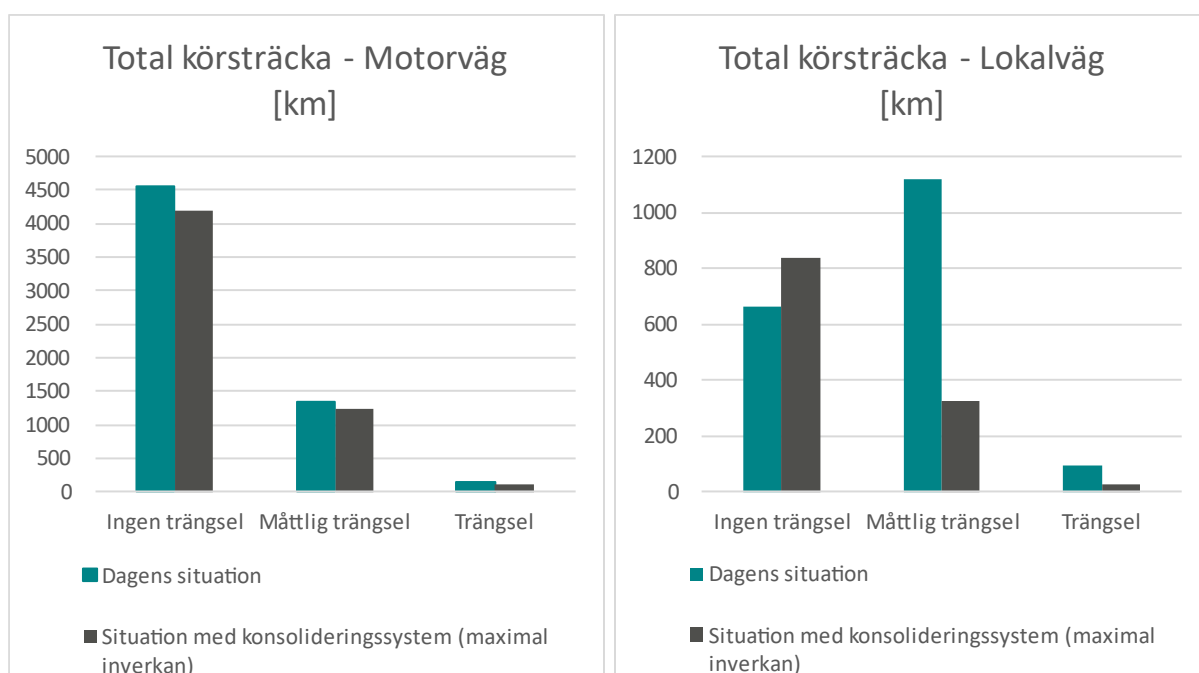


## 7.4 Resultat efter implementering av nytt konsolideringscenter

Med alla beräkningar genomförda kunde slutligen potentialen hos konsolideringssystemet uppskattas. Genom en implementering av konsolideringssystemet sker en mindre reduktion av den totala körsträckan för de transporter som är verksamma inom området, och illustreras nedan i Figur 7. Vid dagens situation kör transportererna en total sträcka på 6 050 km på motorvägar, och 1 879 km på lokala vägar. Med ett konsolideringssystem blir dessa sträckor i stället 5 536 km respektive 1 190 km, vilket totalt sett innebär en reduktion på 15 %. På motorvägar uppgår reduktionen till 8 % och lokala vägar cirka 37 %.

**Figur 7**

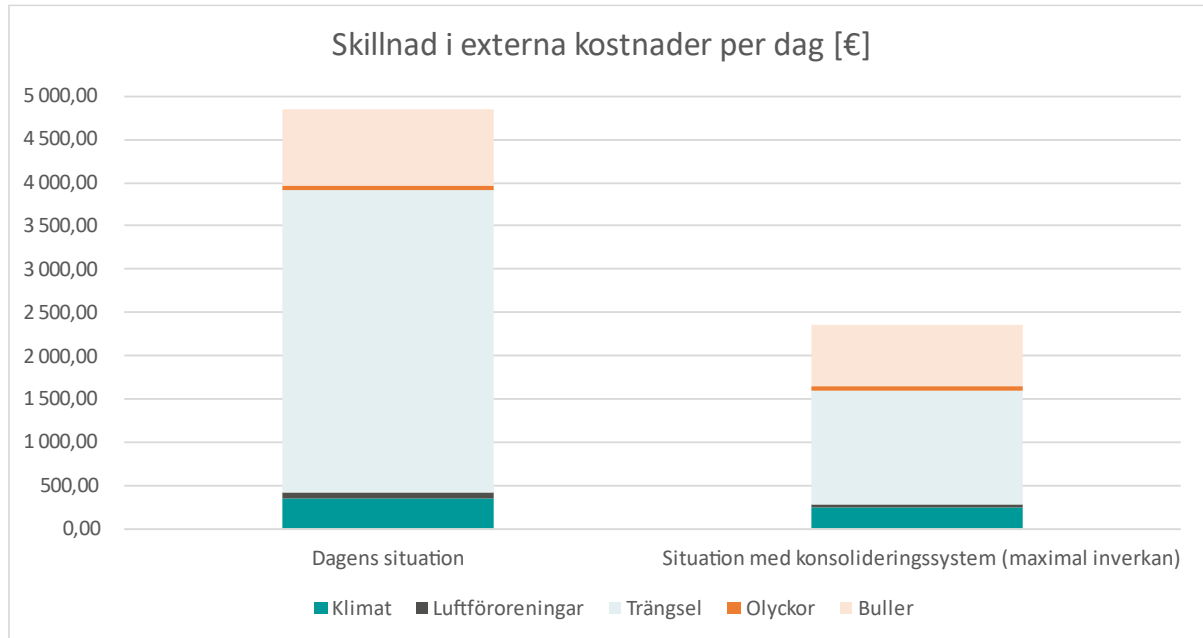
*Total körsträcka per dag på motorvägar samt lokala vägar, före respektive efter implementering av konsolideringssystem.*



Vidare kvantifierades förbättringspotentialen i form av externa kostnader, och ställs mot de kostnader dagens citylogistik medför (Figur 8). Vid en implementering av konsolideringssystem i Göteborg beräknas detta medföra en reduktion av de externa kostnaderna från dagens nivå på 4 850 € per dag till 2 350 € per dag, vilket innebär en minskning med 52%.

## Figur 8

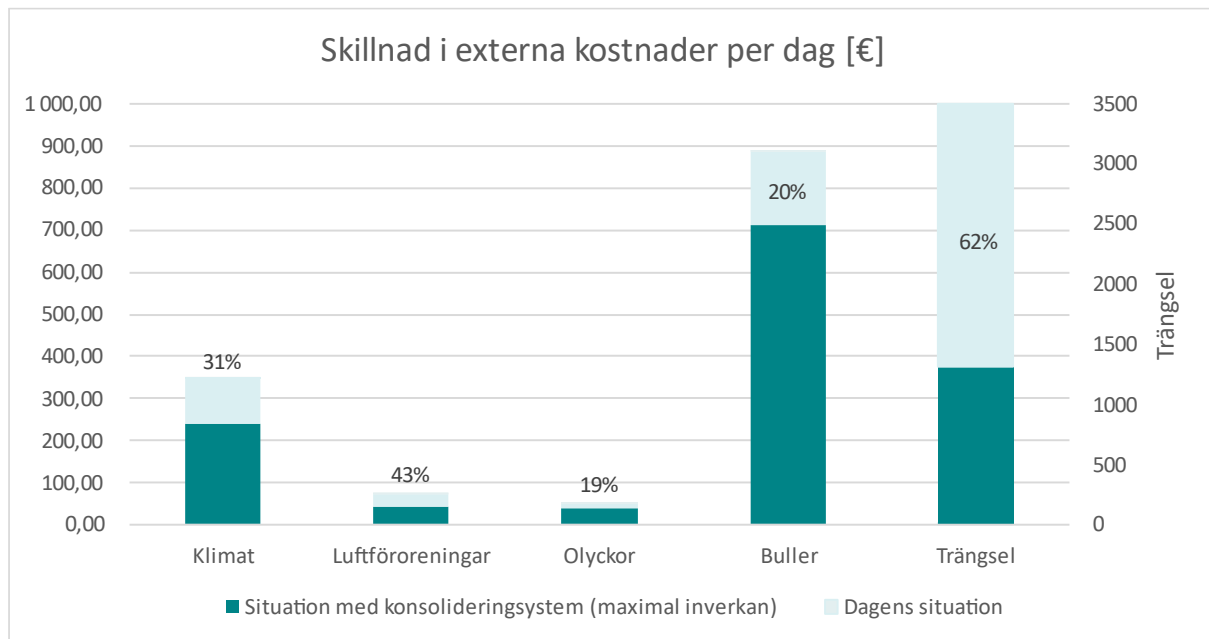
Total skillnad i externa kostnader per dag före och efter implementering av konsolideringssystemet.



Alla kostnadskategorier minskar vid en implementering av konsolideringssystemet. I Figur 9 nedan illustreras detta uppdelat på respektive extern kostnadskategori. Den största reduktionen sker i kategorin trängsel, både procentuellt (62 %), och i absoluta monetära termer (2 179 €).

**Figur 9**

*Skillnad i externa kostnader per dag uppdelat efter kostnadskategori.*



*Kommentar. Procentsatsen anger hur mycket den externa kostnaden minskat efter implementering av ett konsolideringssystem. Notera att trängsel har en egen axel till höger.*

## 8. Diskussion

Rapportens resultat står inte för sig själv, utan behöver sättas i perspektiv. Därför kommer följande kapitel att diskutera och analysera det resultat som presenterats i relation till den ställda frågeställningen, det teoretiska ramverket, samt rapportens etik- och hållbarhetskapitel. Vidare görs en rimlighetsanalys av resultatet, och kapitlet avslutas med författarnas rekommendationer för fortsatta studier relaterade till ämnet.

### 8.1 Diskussion av resultat och jämförelse med tidigare studier

Genom insamlade data och de beräkningar som genomförts visade scenarioanalysen att med hjälp av ett konsolideringscenter kunde de externa kostnaderna reduceras med 52 %. Den största bidragande faktorn till förbättringen beror på att trängselkostnaderna minskade med 62 %. Van Essen et al. (2019) nämner att trängselkostnader i regel är högre än övriga externa kostnader, något som stämmer överens med det resultat som erhållits. Anledningen till att trängselkostnaderna reduceras kan sannolikt härledas till att den totala körsträckan på lokala vägar minskade drastiskt (37 %) efter implementering av ett konsolideringssystem. Trängselkostnader på lokala vägar värderas högre än för motorvägar på grund av begränsad framkomlighet. Det medför att kostnaden avtagit när större, men betydligt färre fordon med konsoliderade leveranser används, och i sin tur leder till ökad framkomlighet.

Vidare kan resultatet jämföras med tidigare projekts samlastningspotential. I Nijmegen förväntade sig Van Rooijen & Quak (2010) att den totala distansen körd av lastbilar i stadskärnan av staden kunde reduceras med 32 %. I projektet i Linköping, som även det redovisas i det teoretiska ramverket, fann man att den totala sträckan körd av leveransfordon på lokala vägar kunde halveras (Eriksson et al., 2006). Reduktionerna i transportsträckor från tidigare samlastningsprojekt kan jämföras med de som erhöles på lokala vägar i denna studie, nämligen 37 %. Samtidigt visade resultatet att reduktionen av körsträckor på motorvägar inte är lika påtaglig som de reduktioner som skedde på lokala vägar, både jämfört med detta projekt samt tidigare studier, men de kunde ändå reduceras med 8 %. En anledning till att en mindre förbättring skedde på motorvägar är troligen att konsoliderade transporter fortfarande behöver leverera godset in till staden, vilket huvudsakligen sker via motorväg. Ytterligare anledning för den mindre reduktionen på motorvägar är att leveranser som inte kan konsolideras, även de behöver transportera via motorvägar och infartsleder.

Fordonen som tar över last-mile transporten inne i staden framförs på tidigare nämnda lokala vägar. Vad gäller fordonen har ett kritiskt antagande gjorts om att en del av dem består av elektriska cyklar och dragbilar, som kan använda sig av cykelvägar, gågator samt lokala vägar, och som jämfört med en större lastbil inte tar lika mycket plats. Antagandet som gjordes var att dessa fordon inte kommer bidra till trängsel och att deras trängselkostnad således är noll. Antagandet är inte helt korrekt eftersom fordonen tar upp en faktisk fysisk yta och även om antagandet varit nödvändigt, på grund av brist på indata för dessa fordon, kan man onekligen bortse från deras inverkan på slutgiltig uppskattad potential.

Ytterligare en aspekt som är intressant att jämföra förbättringen på 52 % med är det resultat Alvbåge et al. (2020) presenterade i sin rapport som hade precis samma syfte som denna, men som på grund av pandemin inte kunde slutföra insamlingen av empiriska data. Det resultat som rapporten från förra året kom fram till var att konsolideringscentret kunde bidra med en reduktion upp till 35 % av de externa kostnaderna. Skillnaden i potentialen är därmed avsevärt högre i årets upplaga. Möjliga skillnader i det högre resultatet skulle kunna förklaras av att årets upplaga använt sig av föregående års rapporters indata och utökat denna med exempelvis egna intervjuer och därmed erhållit en större datamängd. Det finns däremot risker med att blanda datamängderna som till exempel att förra årets grupp gjorde antaganden som inte beaktats i år, vilket skulle kunna leda till missvisande resultat när datamängderna blandas.

Fortsättningsvis bör det hållas i åtanke att det scenario som undersökts är den teoretiska maximala potentialen av att använda sig av ett konsolideringscenter. Rimligtvis kommer förbättringen vara något lägre vid en praktisk tillämpning av systemet. Den mindre potentiella förbättringen i verkligheten skulle kunna härledas till exempelvis att alla aktörer eventuellt inte skulle vara intresserade av att samlasta sitt gods. Det kan finnas viss oro att samlastningen skulle innebära längre leveranstid för ett företags kunder, vilket i sin tur skulle kunna leda till en försämrad konkurrenskraft hos företagen. Vidare är det för flera företag avgörande att behålla kontroll över kontakten med mottagaren, vilket är inte möjligt om leveranserna lämnas över till ett konsolideringscenter. Företagen skulle också kunna bli avskräckta av de omställningskostnader det skulle kunna innebära att ställa om till ett system där man använder sig av samlastning i ett konsolideringscenter, jämfört med att bara använda sig av deras redan inarbetade system. Dessutom förutsätter den maximala förbättringspotentialen att det exempelvis finns sådan tillgång av elektriska cyklar och dragbilar i omlastningsterminalen att de direkt kan ersätta de leveranser som finns inom centrala Göteborg, något som troligtvis inte

finns i dagsläget. Därför skulle bristen på fordon, åtminstone initialt, göra att den maximala förbättringspotentialen inte kan uppnås.

## 8.2 Resultatet kopplat till hållbarhet och etik

I det tredje kapitlet presenterades hur syftet med denna rapport kan kopplas till FN:s globala hållbarhetsmål samt vilka etiska aspekter som kan vara relevanta att ta hänsyn till vid ett försök att implementera ett konsolideringssystem. Resultatet av sambandet mellan syftet, de globala hållbarhetsmålen samt etik presenteras i det här avsnittet.

### 8.2.1 Resultatet och hållbarhet

Bland FN målen presenterades det **tredje, nionde, elfte, tolfte** och **trettonde** målet (UNDP, 2020) som särskilt intressanta. Av dessa kan resultatet med störst sannolikhet bidra till fullföljandet av mål tre och elva samt ur ett större perspektiv även det trettonde målet. Det tredje målet ämnade nämligen till att främja människors hälsa och välbefinnande. I det tredje målet ingick även delmål där till exempel skador och olyckor i trafiken ska bekämpas samt att färre människor dör eller skadas till följd av skadliga kemikalier och föroreningar. Resultatet i denna rapport visar att olyckor och luftföroreningar skulle kunna minska med 19 % respektive 43 % vid implementeringen av ett konsolideringscenter. Reduceringen av olyckor bidrar alltså direkt till det förstnämnda delmålet. Luftföroreningars påverkan på människan har sedan redovisats i problemanalysen och således kan en minskning av dessa härledas till en förbättring av människors hälsa och välbefinnande.

Vidare behandlade det elfte delmålet att främja hållbara städer och samhällen medan mål tretton syftade till att bekämpa klimatförändringar. Bland annat innehöll mål elva diverse delmål, som att förbättra luftkvaliteten i städer samt tillgängliggöra hållbara transportsystem till stadernas befolkning. Återigen bidrar reduktionen av luftföroreningar till att luftkvaliteten i Göteborg potentiellt kan förbättras. Dessutom kan den tidigare nämnda minskningen av trängsel även bidra till att transportsystemet i staden blir mer hållbart än det varit tidigare. Trafikanter skulle då exempelvis inte behöva trängas med de stora och tunga fordon som finns i dagens läge på stadens trånga gator, vilket återigen ökar risken för olyckor. Kopplat till det trettonde målet kan en reduktion av klimatpåverkan göras med potentiellt 31 % vid implementering av ett konsolideringscenter.

Däremot kan inte lika tydlig koppling dras mellan resultatet och det nionde samt tolfte målet. Resultatet kan inte entydigt säga att Göteborg kommer få en mer hållbar och effektiv infrastruktur. Anledningen är att implementeringen reducerar antalet LDV och MDV på lokala vägar, men samtidigt förutsätter ett större användande av elfordon och cyklar. Det stora inflödet av elektriska cyklar och dragbilar som behövs för att sköta last-mile transportererna stör framkomligheten för trafikanter, andra cyklister och fotgängare. För att inte skapa ett nytt problem där elektriska cyklar och dragbilar trängs med andra cyklister och trafikanter krävs en infrastrukturell förändring. Bidraget till fullföljandet av mål nio är därmed starkt kopplat till kvaliteten på den infrastrukturella förändringen, och eftersom denna studie inte syftar till att undersöka hur förändringen ska ske kan inte studiens bidrag till mål nio garanteras. Dessutom kan resultatet inte heller påvisa en förbättring vad gäller mål tolv som handlar om att förändra konsumtions- och produktionsvanor. Naturligtvis kommer mindre fossila bränslen gå åt ifall färre dieseldrivna LDV och MDV används för att leverera till Göteborgs stadskärna. Emellertid går det inte att påstå, utifrån studiens resultat, med självklarhet att det kommer innebära någon större förändring gällande produktionsvanor för fossila bränslen.

### 8.2.2 Resultatet och etik

Resultatet av denna rapport kan även diskuteras ur en etisk synvinkel. I dagsläget uppskattas stadens invånare betala en teoretisk summa på nästan 5000 € per dag för de externa kostnader som de utsätts för på grund av citylogistik. Med hjälp av konsoliderade leveranser kan denna summa potentiellt halveras till att istället kosta samhället 2500 € per dag. Följaktligen, genom implementering av konsolideringscenter, blir dessa externa kostnader internaliserade och någon blir därmed ansvarig för dem. Utformningen för konsolideringssystemets affärsmodell kommer därmed bidra till att fastställa vem det är som egentligen internaliserar de externa kostnaderna.

Ur ett etiskt perspektiv kanske det exempelvis inte är rätt att låta transportörerna helt och hållet stå för kostnader som tillkommer vid upprättande av konsolideringscentret, även om de har ekonomiska vinningar att göra. I slutändan är det ändå konsumenterna som har gett upphov till transportererna när de efterfrågar sina varor. Därmed är det eventuellt inte helt rätt att låta enbart transportörerna stå för internaliseringen av de externa kostnaderna. Samhället bör också möjligen bistå med sin beskärda del genom exempelvis diverse subventioner vid upprättandet av konsolideringscentret. Då uppstår också en annan typ av etisk debatt då det bör diskuteras om det är rimligt att samhället bör delvis finansiera konsolideringscentret, istället för att investera sina pengar i andra samhällsnyttiga funktioner.

En analys av möjliga affärsmodeller för konsolideringscentret är bortom ramarna för denna rapport men att försöka föra en diskussion kring etiken att låta någon betala för ett problem man inte ensam skapat anses viktigt och därmed har detta avsnitt tagits med som underlag för diskussionen.

### 8.3 Rimlighetsanalys

I och med att beräkningsmodellen innehåller flertalet parametrar och antaganden, är resultatet sannolikt känsligt för förändringar i indata. Innan årets intervjuer kunde genomföras användes indata från föregående årets kandidatarbete av Alvbåge et al. (2020). Indata applicerades i denna studies primära beräkningar, vilket initialt resulterade i en potential för konsolideringssystemet på cirka 20 %. Resultatet ändrades sedan till 52 % i och med den kompletterande data som samlats in genom årets intervjuer. Jämförs resultatet dessutom med föregående årets resultat på 35 %, kan en markant skillnad urskiljas även här. Anledning till att skillnaden är så pass påtaglig mellan de 20 % och 35 % är att indata från NOVELOG (2016), som tidigare nämnts, omarbetats under detta år. Den senare skillnaden i slutresultat mellan 35 % och 52 % beror på att tidigare intervjuer hade begränsat antal observationer samt endast genomfördes på lastgatan i Nordstan. När indata senare utökades under årets studie, med ytterligare observationer, påvisar det resultatets känslighet i och med den stora procentuella skillnaden. Att göra en rimlighetsbedömning av resultatet är därmed svårt, vilket innebär att den i stället bör göras på indata.

Vad gäller antalet verksamheter och deras efterfrågan på leveranser visar Tabell 2 att antal hushåll är störst (2 366), följt av kontor (1 670). Kategorin färskvaror är minst (83), men dessa verksamheter får den största andelen leveranser per dag (2,98), vilket är rimligt eftersom produkterna som säljs av dessa verksamheter inte kan lagras allt för länge. Hushållen har i stället minst andel leveranser per dag (0,036), vilket också kan ses som rimligt eftersom boende i ett shoppingområde, som Inom Vallgraven, i större utsträckning kan köpa de varor de efterfrågar utan att få de levererade. Samma resonemang skulle eventuellt inte kunna tillämpas ifall ett utpräglat bostadsområde studerades, exempelvis Majorna.

Vidare visar Figur 3 fördelningen av de olika typerna av lastenheter till verksamheterna. Rullburar av den tempererade typen levereras till verksamheter inom hotell och restaurang (60 %), samt färskvaror (21 %). Vad gäller den förstnämnda verksamhetstypen får dessa en övervägande del av sina leveranser med tempererade rullburar, vilket kan vara rimligt eftersom

kategorin innefattar verksamheter som exempelvis tar emot färdiglagad mat. Denna lastenhet är intressant eftersom den är känslig för värme och kyla, vilket gör den svår att konsolidera på ett effektivt sätt. Kategorin hushåll tar endast emot två typer av lastenheter (små paket 89 % och rullburar 11 %). Det är en begränsning i den beräkningsmodell som gjorts, vilket innebär att hushållens fördelning inte representerar verkligheten fullt ut eftersom dessa faktiskt får leveranser av andra slag. De rullburar som efterfrågas av hushållen går inte direkt till slutkund utan används för att leverera paket till ombud som sedan hämtas ut av hushållen själva.

Gällande kategorin pall och rullbur levererar de större 3PL-företagen ungefär dubbelt så många lastenheter per leveranstur som de mindre, 11,75 jämfört med 6 pallar och rullburar. För kategorin paket visar dock resultatet det omvända, där de större 3PL-företagen levererar 204 paket och de mindre 3PL-företagen levererar 132 paket. Samtidigt visar resultatet också att företag som levererar för egen räkning har betydligt färre paket per leveranstur än de mindre 3PL-företagen, ungefär en femtedel. Allt detta är intressant eftersom det, gällande paket, bekräftar de antagande som gjorts tidigare i rapporten om att 3PL-företagen redan är relativt konsoliderade. Implementeringen av ett konsolideringssystem kommer således inte ha någon större effekt på dessa leveranser.

#### 8.4 Rekommendationer för vidare forskning

Under arbetsprocessen har vissa brister upptäckts som gör att det slutgiltiga resultatet möjligtvis inte speglar konsolideringssystemets potential helt korrekt. Därmed presenteras i följande stycken rekommendationer som kan vara fördelaktiga att ta till hänsyn vid vidare forskning eller liknande studier.

Eftersom mycket av underlaget för studiens resultat har varit indata som krävt antaganden, är utökade datainsamlingar nödvändiga för att erhålla en mer exakt potential. Under arbetet med denna rapport syftade chaufförsintervjuerna till att utöka intervjuunderlaget och indata från föregående år (Alvbåge et al., 2020), men i likhet uppnådde insamlingen inte önskad svarsfrekvens. Dessutom finns som tidigare nämnt även brister i frekvent använt underlag från Sanchez-Diaz (2019, 2017a) och NOVELOG (2016). Främst ansågs underlaget, likt intervjuerna, brista gällande mängden insamlade data vilket också påvisar vikten av att genomföra fler och mer omfattande datainsamlingar. Sedan finns även brister gällande data över fyllnadsgrader och lastbärare, som lett till antaganden om att LDV endast kör paket och MDV rullburar, vilket inte är helt verklighetsförankrat och är faktorer som bör inkluderas.

Fallstudiens geografiska undersökningsområde är avgränsat till Inom Vallgraven och Nordstan vilket bör utökas för att få en mer representativ bild över hela stadens möjlighet att konsolidera sina urbana leveranser. Dessutom bör liknande studier genomföras i andra städer för att ge ett bredare underlag för utveckling av generella konsolideringsmodeller.

Som tidigare nämnt är genomförd scenarioanalys endast för ett teoretiskt maximalt scenario, där det antagits att alla leveranser som kan konsolideras gör det. Vid en implementering av konsolideringssystem inom snar framtid är det troligt att alla leveranser inte konsolideras till fullo. Därav finns utrymme för att undersöka potentialen för olika konsolideringsgrader, det vill säga att olika stora delmängder av leveranserna konsolideras. Förutom att möjligtvis ge en mer verklighetstrogen bild kan olika grader spegla den successiva samhällsekonomiska förbättringen en implementering kan ge. Fortsättningsvis kan även scenarioanalysen genomföras för olika lokaliseringar av konsolideringscentren, samt olika antal konsolideringscenter, för att optimera sträckorna transportfordonen färdas på lokala vägar.

En pågående trend som kan ses i samhället är elektrifiering av fordon, vilket är en utveckling som även förutspås i större utsträckning inom transportsektorn. I rapporten har LEFV tagits till hänsyn vid last-mile transporter. En vidare undersökningsmöjlighet är en scenarioanalys där alla ingående transportfordon elektrifieras. Det som måste beaktas i ett sådant scenario är de externa kostnaderna orsakade av LEFV. Kostnaderna har som nämnt antagits vara noll, vilket inte anses korrekt, men det finns inga tillräckliga data för göra rimliga uppskattningar över dessa.

Gällande uppskattning av citylogistikens samhällsekonomiska effekter i externa kostnader bör nämnas att detta endast är en av möjliga metoder. Dessutom är kostnaderna endast representativa för konsekvenser till följd av godstransport via konsolideringssystemet och tar inte hänsyn till kostnader som uppstår vid implementering av nya konsolideringscenter. Exempelvis tillkommer kostnader relaterade till behov av lagerhållning vid terminalerna, personalkostnader eller eventuella produktionskostnader av nya elfordon. Därmed är det inte säkert att den 52 procentiga samhällsekonomiska förbättringspotentialen täcker tillkommande implementeringskostnader.

Slutligen, för SMOOTH-projektet, som arbetet har tagit del av och ämnar bidra till, finns den affärsmässiga synvinkeln kvar att beakta. Som nämnt i de etiska aspekterna, kvarstår frågan vem som ska betala för implementeringen av konsolideringssystemet, där transportörerna riskerar att få täcka en stor del av kostnaderna. För att transportörerna ska ingå i SMOOTH, i

samarbete mot en mer hållbar urban logistik, krävs en mer övergripande totalkostnadsanalys som uppskattar mer än den samhällsekonomiska vinningen av ett konsolideringssystem. Dessa aspekter är utom ramen för detta arbete men är i framtiden viktiga att beakta för att kunna verkställa SMOOTh och liknande logistikmodeller.

## 9. Slutsatser

Rapportens övergripande syfte var att bedöma förbättringspotentialen vid fullskalig implementering av ett konsolideringssystem för godsleveranser in till Göteborg stad. Målet var att på lång sikt kunna bidra till ökad kvalitet och hållbarhet av varuleveranser och levnadsförhållanden i urbana områden. Det slutgiltiga resultatet för implementeringen av konsolideringssystemet visade att, jämfört med dagens logistiksystem, kunde de externa kostnaderna reduceras med 52%, där minskad trängsel var den största bidragande faktorn. Denna reduktion skulle därmed direkt bidra till förbättrad hälsa och välmående för personer som bor i urbana områden. Dessutom bidrar minskade samhällsekonomiska kostnader till mer hållbara städer samt reducerar logistiksystemets påverkan på miljön.

SMOOTH-projektet har varit en central del i studien, i och med det långsiktiga målet att bidra till förbättring av den urbana logistikens kvalitet och hållbarhet. Trots att rapporten och tidigare forskning visat att konsolideringssystem kan innebära en samhällsekonomisk förbättring, kvarstår att det krävs fler studier och mer omfattande indata för att erhålla mer tillförlitliga resultat. Men genom att påvisa den positiva inverkan konsolideringssystemet medför, kan rapporten utgöra del av beslutsunderlag som gör att fler transportörer och företag ingår i partnerskap med SMOOTH, samt bidra till infrastrukturella förändringar och regleringar där konsolideringssystem förespråkas.

## Referenslista

- Aastrup, J., Gammelgaard, B., & Prockl, G. (2012). 3PL Services in City Logistics: A User's Perspective. In J. Töyli, L. Johansson, H. Lorentz, L. Ojala, & S. Laari (Eds.), Proceedings of the 24th Annual Nordic Logistics Research Network Conference: NOFOMA 2012 (pp. 2-20). Turku School of Economics and Business Administration.
- Alho, A. R., de Abreu e Silva, J. (2014). Freight-Trip Generation Model: Predicting Urban Freight Weekly Parking Demand from Retail Establishment Characteristics [Godstransportsgenereringsmodell: Förutsägelse av urban transport per vecka parkerings efterfrågan från detaljhandelsföretags karaktäristika]. Transportation Reserach Record: Journal of the Transportation Research Board, 2411(1), 45-54. <https://doi.org/10.3141/2411-06>
- Alvbåge, V., Cederqvist, M., Welander, D., Bai, W., Ericsson, R., Zingmark, W. (2020). Potentialen hos konsoliderade logistikflöden i urbana områden: En jämförelse av externa kostnader mellan nutidens och ett potentiellt framtida logistiksystem i Göteborg. Chalmers tekniska högskola. <https://odr.chalmers.se/bitstream/20.500.12380/301472/1/TEKX04-20-23.pdf>
- Behrends, S. (2020). Framtidens Varulogistik I Städer (C 515). IVL Svenska Miljöinstitutet AB. <http://www.sou.gov.se/wp-content/uploads/2020/04/Framtidens-varulogistik-i-st%C3%A4der-IVL.pdf>
- Boverket. Naturvårdsverket. (2000). Ekologiska fotavtryck och biokapacitet– verktyg för planering och utvärdering av hållbar utveckling i ett internationellt perspektiv. <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5123-7.pdf?pid=2836>
- Browne, M., Sweet, M., Woodburn, A., & Allen, J. (2005). Urban freight consolidation centres final report. Transport Studies Group, University of Westminster, 10. [https://ukerc.rl.ac.uk/pdf/RR3\\_Urban\\_Freight\\_Consolidation\\_Centre\\_Report.pdf](https://ukerc.rl.ac.uk/pdf/RR3_Urban_Freight_Consolidation_Centre_Report.pdf).
- Cheah, L., Mepparambath, R. M., Ricart Surribas, G. M. (2021). Freight trips generated at retail malls in dense urban areas [Godstransport genererade av köpcentrum i tätbyggda stadsområden]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 145, 118-131. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.01.015>

- Cherrett, T., Allen, J., McLeod, F., Maynard, S., Hickford, A., Browne, M. (2012). Understanding urban freight activity – key issues for freight planning [Förståelse av urban transportaktivitet - nyckelfrågor för godsplanering]. *Journal of Transport Geography*, 24, 22-32. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.05.008>
- Eriksson, J., Karlsson, R., Fors, T., Fredholm, O., Lång, A., Svensson, T. (2006). SAMLIC Pilotförsöket (536). VTI. <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:675274/FULLTEXT01.pdf>
- European Commission. (2004). Reclaiming City Streets for People: Chaos or Quality of Life?. [https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/streets\\_people.pdf](https://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/streets_people.pdf)
- European Commission. (2021). Emissions in the automotive sector. [https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/environment-protection/emissions\\_en](https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/environment-protection/emissions_en)
- Europeiska miljöbyrån. (2020, 3 maj). Transport. <https://www.eea.europa.eu/sv/themes/transport/intro>
- Folkhälsomyndigheten. (2019, 13 maj). Hälsoeffekter av buller och höga ljudnivåer. (18070-1). <https://www.folkhalsomyndigheten.se/publicerat-material/publikationsarkiv/h/halsoeffekter-av-buller-och-hoga-ljudnivaer/?pub=60532>
- Gonzalez-Calderon, C. A., Holguín-Veras, J., Amaya, J., Sánchez-Díaz, I., Sarmiento, I. (2021). Generalized noortman and van es' empty trips model [Generaliserad noortman och van es' tomma transporter modell]. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 145, 260-268. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.01.005>
- Günay, G., Ergün, G., Gökaşar, I. (2016). Conditional Freight Trip Generation modelling [Modellering av villkorlig godstransportgenerering]. *Journal of Transport Geography*, 54, 102-111. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.05.013>
- Göteborgs Stad. (2020). Göteborgsbladet. [https://goteborg.se/wps/wcm/connect/5f9aefa5-2cfe-4f51-86ad-43689380cf42/134+SDN+Centrum+2020.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT\\_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-5f9aefa5-2cfe-4f51-86ad-43689380cf42-ncafzst](https://goteborg.se/wps/wcm/connect/5f9aefa5-2cfe-4f51-86ad-43689380cf42/134+SDN+Centrum+2020.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=ROOTWORKSPACE-5f9aefa5-2cfe-4f51-86ad-43689380cf42-ncafzst)
- Göteborgs Stad. (2019). Statistikdatabasen [Dataset]. <https://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/statistik-och-analys/goteborgsbladet/hamta-statistik/statistikdatabas?uri=gbglnk%3A201883152926117>

- Jonsson, P., Mattsson, S. (2016). Logistik: läran om effektiva materialflöden. Studentlitteratur.
- MDS Transmodal. (2012). DG MOVE European Commission: Study on Urban Freight Transport (210041R4\_final report). European Commission.  
<https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/themes/urban/studies/doc/2012-04-urban-freight-transport.pdf>
- Lindholm et al 2014
- Världsnaturfonden [WWF]. (2019, 29 juli). Overshoot Day 29 juli: Jordens förnybara resurser slut för i år. <https://www.wwf.se/pressmeddelande/overshoot-day-29-juli-jordens-fornybara-resurser-slut-for-i-ar-3373236/>.
- Naturvårdsverket. (2020a, 1 juni). Luftföroreningar och dess effekter.  
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/>
- Naturvårdsverket. (2020b, 4 juni). Fakta om partiklar i luft.  
<https://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Klimat-och-luft/Luftfororeningar/Partiklar/>
- Naturvårdsverket. (2020c, 14 december). Genomsnittliga emissionsfaktorer för luftföroreningar och värmevärden för Sveriges bränsleanvändning [Dataset].  
<https://www.naturvardsverket.se/Stod-i-miljoarbetet/Vagledning/Luft-och-klimat/Berakna-dina-utslapp-av-luftfororeningar/>
- NOVELOG. (2016) [Opublicerad rådata om transportfordon in till Nordstan i Göteborg].
- Olsson, L., Behrends, S., Collado, M., Cederstav, F., Elander, R., Karlsson, E., Bolminger, S., Svanberg, M., Andersson, L., Wilhelmsson, J., Lindkvist, J., Backelin, D. (2018). Final Report DenCity UDI Phase 2. CLOSER.  
[https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/dencity\\_-\\_final\\_report\\_2018\\_0.pdf](https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/dencity_-_final_report_2018_0.pdf)
- Pani, A., Sahu, P. K., Patil, G. R., Sarkar, A. K. (2018). Modelling urban freight generation: A case study of seven cities in Kerala, India [Modellering av urban transportgenerering: En fallstudie av sju städer i Kerala, Indien]. Transport Policy, 69, 49-64. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2018.05.013>

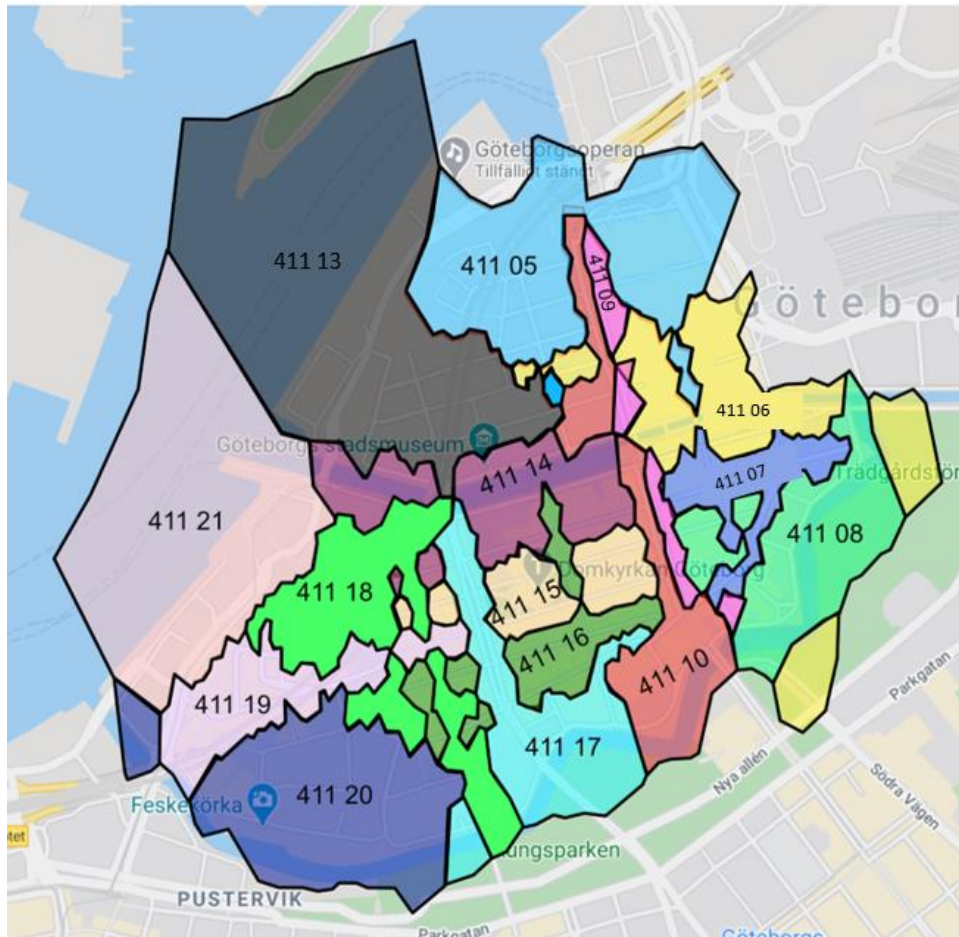
- Persson, M., Behrends, S. (2019). Potential av digitala lås för hållbara e-handelsleveranser – Slutrapport av delprojekt inom GrönBostad Stockholm (C423). IVL Svenska miljöinstitutet. <https://www.ivl.se/publikationer/publikation.html?id=5755>.
- Postnord. (2020). E-barometern (Årsrapport 2020). <https://www.postnord.se/vara-losningar/e-handel/e-handelsrapporter/e-barometern>
- Regional Plan Association [RPA] & Volvo Research and Educational Foundations [VREF] (2016). Why Goods Movement Matters: Strategies for Moving Goods in Metropolitan Areas. <http://www.vref.se/download/18.1ffaa2af156b50867485a21/1471930162785/Why-Goods-Movement-Matters-ENG%20-%20June%202016.pdf>
- Ricardo-AEA. (2014). Update of the Handbook on External Costs of Transport (MOVE/D3/2011/571). Europeiska kommissionen. [https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/handbook\\_on\\_external\\_costs\\_of\\_transport\\_2014\\_0.pdf](https://ec.europa.eu/transport/sites/transport/files/handbook_on_external_costs_of_transport_2014_0.pdf)
- Sánchez-Díaz, I. (2017a). FTG model – All establishments in Göteborg v2 [Opublicerad rådata om antal versakmheter och de lastenheter de får i området Inom Vallgraven i Göteborg].
- Sánchez-Díaz, I. (2017b). Modeling urban freight generation: A study of commercial establishments' freight needs [Modellering av urban transportgenerering: En studie av kommersiella anläggningars godsbehov]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 102. 3-17. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2016.06.035>
- Sánchez-Díaz, I. (2019). Traffic Count 2019 [Opublicerad rådata om transportfordon i området Inom Vallgraven i Göteborg].
- Sánchez-Díaz, I. (2020). Assessing the magnitude of freight traffic generated by office deliveries [Bedöma omfattningen av godstrafik som genereras av kontorsleveranser]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 142. 279-289. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.11.003>
- SFS 2015:216. Förordning om trafikbuller vid bostadsbyggnader 3 §. Finansdepartementet SPN. [https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015216-om-trafikbuller-vid\\_sfs-2015-216](https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/svensk-forfattningssamling/forordning-2015216-om-trafikbuller-vid_sfs-2015-216)

- Statistiska Centralbyrån. (2021, 25 mars). Utsläpp av växthusgaser. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/utslapp-av-vaxthusgaser/>
- Trafikanalys. (2019). Transportsektorns samhällsekonomiska kostnader (2019:4). [https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2019/rapport-2019\\_4-transportsektorns-samhallsekonomiska-kostnader.pdf](https://www.trafa.se/globalassets/rapporter/2019/rapport-2019_4-transportsektorns-samhallsekonomiska-kostnader.pdf)
- Trafikverket. (2020). Mått för ljudnivåer. <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/miljo---for-dig-i-branschen/buller-och-vibrationer---for-dig-i-branschen/Fakta-om-buller-och-vibrationer/matt-for-ljudnivaer/>
- United Nations Development Programme [UNDP]. (2020). The Sustainable Development Goals Report 2020. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020.pdf>.
- van Essen, H., van Wijngaarden, L., Schrotten, A., Sutter, D., Bieler, C., Maffii, S., Brambilla, M., Fiorello, D., Fermi, F., Parolin, R., El Beyrouty, K. (2019). Handbook on the external costs of transport Version 2019 – 1.1. CE Delft. <https://op.europa.eu/sv/publication-detail/-/publication/9781f65f-8448-11ea-bf12-01aa75ed71a1>
- Van Rooijen, T., Quak, H. (2010). Local impacts of a new urban consolidation centre – the case of Binnenstadservice.nl [Lokala effekter av ett nytt urbant konsolideringscenter – fallet med Binnenstadservice.nl]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(3), 5967-5979. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.04.011>
- Volvo Group. (2019, 8 november). Volvo minskar transporter med digitaliserat system. <https://www.volvogroup.com/se/news-and-media/news/2019/nov/volvo-reduces-transport-using-a-digitalized-system.html>
- Weidersheim-Paul, F., & Torsten Eriksson, L. (2014). Rapportboken - hur man skriver uppsatser, artiklar och examensarbeten. Liber.
- Widegren, C. (2018). Freight analysis, and development of a c/o address solution to the Nordstan shopping center in Gothenburg, NOVELOG, 3rd Conference on Urban Freight, 17-19 October, Gothenburg, Sweden.

## Bilagor

### Bilaga A

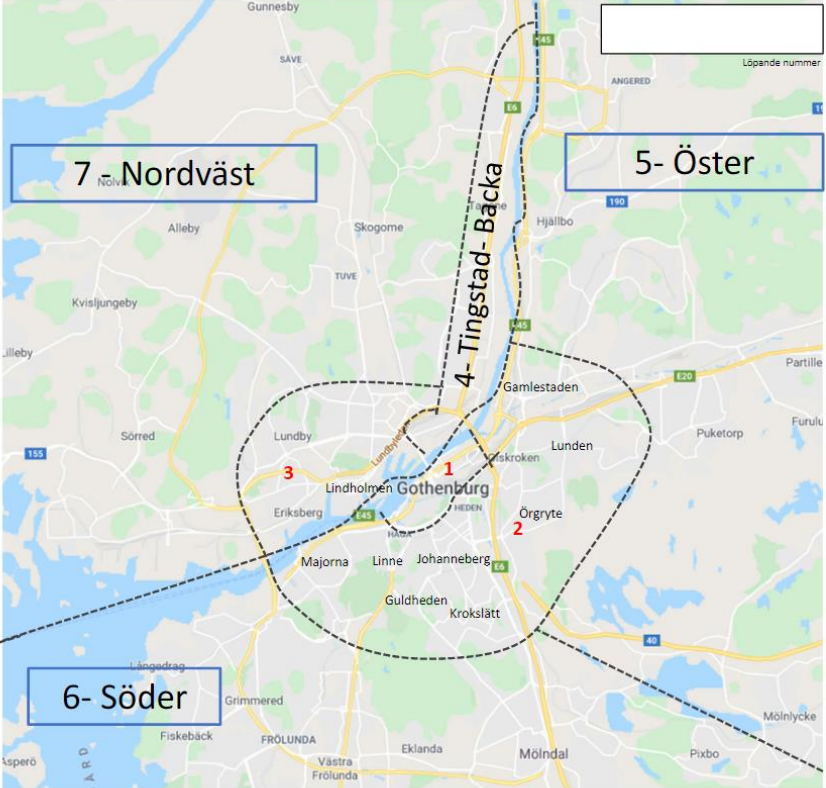
*Karta över området med postnummer.*



## Bilaga B

### Intervjumall.

|                            |            |            |            |             |       |
|----------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------|
| Reg-Nr                     | Fordon     |            |            |             |       |
| Företag                    |            |            |            |             |       |
| Lastenhet                  | Pall       | Paket      | Bur (stor) | Bur (liten) | Annat |
| Antal lastenheter på turen |            |            |            |             |       |
| Lastfaktor (%)             |            |            |            |             |       |
| Antal stopp på turen       |            |            |            |             |       |
| Antal km                   |            | Timmar     |            |             |       |
| Start och slutpunkt (Zon)  |            |            |            |             |       |
| Zon                        | Lastningar | Lossningar |            |             |       |
| 1                          |            |            |            |             |       |
| 2                          |            |            |            |             |       |
| 3                          |            |            |            |             |       |
| 4 5 6 7                    |            |            |            |             |       |
|                            |            |            |            |             |       |



**Fordon:** HDV (H), MDV (M), LDV (L), Cykel (C), ANNAT (A: beskriv)

**Lastenheter:** Bur (stor) = pallstorlek, bur (liten) = halv pall, annat:beskriv

## Bilaga C

*Trängselkostnader för respektive fordonsklass beroende på vägnätets belastning.*

|                               | Trängsel   |            |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
|                               | MDV        | LDV        | LEFV       |
|                               | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] |
| Motorväg - Ingen trängsel     | 0          | 0          | 0          |
| Motorväg - Måttlig trängsel   | 50,9       | 26,8       | 0          |
| Motorväg - Trängsel           | 116,9      | 61,5       | 0          |
| Infartsled - Ingen trängsel   | 1,8        | 0,9        | 0          |
| Infartsled - Måttlig trängsel | 268,5      | 141,3      | 0          |
| Infartsled - Trängsel         | 344,4      | 181,3      | 0          |
| Lokal väg - Ingen trängsel    | 4,7        | 2,5        | 0          |
| Lokal väg - Måttlig trängsel  | 303        | 159,5      | 0          |
| Lokal väg - Trängsel          | 460,9      | 242,6      | 0          |

## Bilaga D

*Olyckskostnader för respektive fordonsklass beroende på vägnätets belastning.*

|                               | Olyckor    |            |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
|                               | MDV        | LDV        | LEFV       |
|                               | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] |
| Motorväg – Ingen trängsel     | 1,2        | 0,3        | 0          |
| Motorväg - Måttlig trängsel   | 1,2        | 0,3        | 0          |
| Motorväg - Trängsel           | 1,2        | 0,3        | 0          |
| Infartsled – Ingen trängsel   | 1          | 0,3        | 0          |
| Infartsled - Måttlig trängsel | 1          | 0,3        | 0          |
| Infartsled - Trängsel         | 1          | 0,3        | 0          |
| Lokal väg – Ingen trängsel    | 0,9        | 0,3        | 0          |
| Lokal väg - Måttlig trängsel  | 0,9        | 0,3        | 0          |
| Lokal väg - Trängsel          | 0,9        | 0,3        | 0          |

## Bilaga E

*Bullerkostnader för respektive fordonsklass beroende på vägnätets belastning.*

|                               | Buller     |            |            |            |            |
|-------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                               | MDV-ICE    | MDV-BEV    | LDV-ICE    | LDV-BEV    | LEFV       |
|                               | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] | [€ct/v.km] |
| Motorväg - Ingen trängsel     | 19,7       | 9,83       | 10,7       | 5,35       | 0          |
| Motorväg – Måttlig trängsel   | 8,1        | 4,05       | 4,4        | 2,2        | 0          |
| Motorväg - Trängsel           | 8,1        | 4,05       | 4,4        | 2,2        | 0          |
| Infartsled – Ingen trängsel   | 19,7       | 9,83       | 10,7       | 5,35       | 0          |
| Infartsled – Måttlig trängsel | 8,1        | 4,05       | 4,4        | 2,2        | 0          |
| Infartsled - Trängsel         | 8,1        | 4,05       | 4,4        | 2,2        | 0          |
| Lokal väg - Ingen trängsel    | 19,7       | 9,83       | 10,7       | 5,35       | 0          |
| Lokal väg – Måttlig trängsel  | 8,1        | 4,05       | 4,4        | 2,2        | 0          |
| Lokal väg - Trängsel          | 8,1        | 4,05       | 4,4        | 2,2        | 0          |

## Bilaga F

*Kostnader för respektive emission beroende på vägnätets belastning.*

|                               | Emissioner           |                   |                 |         |                 |
|-------------------------------|----------------------|-------------------|-----------------|---------|-----------------|
|                               | CO <sub>2</sub> -ekv | NM <sub>VOC</sub> | NO <sub>x</sub> | PM      | SO <sub>2</sub> |
|                               | [€ct/g]              | [€ct/g]           | [€ct/g]         | [€ct/g] | [€ct/g]         |
| Motorväg - Ingen trängsel     | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Motorväg - Måttlig trängsel   | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Motorväg - Trängsel           | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Infartsled - Ingen trängsel   | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Infartsled - Måttlig trängsel | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Infartsled - Trängsel         | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Lokal väg - Ingen trängsel    | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Lokal väg - Måttlig trängsel  | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |
| Lokal väg - Trängsel          | 0,0168               | 0,0974            | 0,5247          | 19,7450 | 0,5389          |

## Bilaga G

*Kostnader för respektive emission per kilometer beroende på vägnätets belastning för miljöklass D6.*

|                               | Emissioner per km    |        |                 |        |                 |
|-------------------------------|----------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|
|                               | CO <sub>2</sub> -ekv | NM VOC | NO <sub>x</sub> | PM     | SO <sub>2</sub> |
|                               | [g/km]               | [g/km] | [g/km]          | [g/km] | [g/km]          |
| Motorväg - Ingen trängsel     | 134                  | 0,0001 | 0,4226          | 0,0011 | 0,0002          |
| Motorväg - Måttlig trängsel   | 150                  | 0,0002 | 0,4386          | 0,0014 | 0,0003          |
| Motorväg - Trängsel           | 208                  | 0,0003 | 0,5889          | 0,0031 | 0,0004          |
| Infartsled - Ingen trängsel   | 131                  | 0,0002 | 0,3927          | 0,0012 | 0,0002          |
| Infartsled - Måttlig trängsel | 160                  | 0,0002 | 0,4419          | 0,0015 | 0,0003          |
| Infartsled - Trängsel         | 205                  | 0,0004 | 0,4591          | 0,0028 | 0,0004          |
| Lokal väg - Ingen trängsel    | 125                  | 0,0002 | 0,3101          | 0,0012 | 0,0002          |
| Lokal väg - Måttlig trängsel  | 176                  | 0,0003 | 0,4212          | 0,0021 | 0,0003          |
| Lokal väg - Trängsel          | 198                  | 0,0004 | 0,4182          | 0,0030 | 0,0003          |

## Bilaga H

Externa kostnader för fordonstypen LDV-D6.

| LDV-D6                           | CO <sub>2</sub> -ekv | NMVOC  | NO <sub>x</sub> | PM     | SO <sub>2</sub> | Trängsel | Olycka | Buller |
|----------------------------------|----------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|----------|--------|--------|
|                                  | €ct/km               | €ct/km | €ct/km          | €ct/km | €ct/km          | €ct/km   | €ct/km | €ct/km |
| Motorväg -<br>Ingen trängsel     | 2,25                 | 0,00   | 0,22            | 0,02   | 0,00            | 0        | 0,3    | 10,7   |
| Motorväg -<br>Måttlig trängsel   | 2,52                 | 0,00   | 0,23            | 0,03   | 0,00            | 26,8     | 0,3    | 4,4    |
| Motorväg -<br>Trängsel           | 3,50                 | 0,00   | 0,31            | 0,06   | 0,00            | 61,5     | 0,3    | 4,4    |
| Infartsled -<br>Ingen trängsel   | 2,20                 | 0,00   | 0,21            | 0,02   | 0,00            | 0,9      | 0,3    | 10,7   |
| Infartsled -<br>Måttlig trängsel | 2,69                 | 0,00   | 0,23            | 0,03   | 0,00            | 141,3    | 0,3    | 4,4    |
| Infartsled -<br>Trängsel         | 3,45                 | 0,00   | 0,24            | 0,05   | 0,00            | 181,3    | 0,3    | 4,4    |
| Lokal väg - Ingen<br>trängsel    | 2,10                 | 0,00   | 0,16            | 0,02   | 0,00            | 2,5      | 0,3    | 10,7   |
| Lokal väg -<br>Måttlig trängsel  | 2,96                 | 0,00   | 0,22            | 0,04   | 0,00            | 159,5    | 0,3    | 4,4    |
| Lokal väg -<br>Trängsel          | 3,33                 | 0,00   | 0,22            | 0,06   | 0,00            | 242,6    | 0,3    | 4,4    |

## Bilaga I

Värden på Truck Big 3PL.

| Truck big 3PL                    | CO <sub>2</sub> -ekv | NMVOC  | NO <sub>x</sub> | PM     | SO <sub>2</sub> | Trängsel | Olycka | Buller |
|----------------------------------|----------------------|--------|-----------------|--------|-----------------|----------|--------|--------|
|                                  | €ct/km               | €ct/km | €ct/km          | €ct/km | €ct/km          | €ct/km   | €ct/km | €ct/km |
| Motorväg -<br>Ingen trängsel     | 5.68                 | 0,00   | 0,37            | 0,34   | 0,00            | 0        | 0,3    | 10,7   |
| Motorväg -<br>Måttlig trängsel   | 8.50                 | 0,00   | 0.88            | 0,40   | 0,00            | 50.90    | 0,3    | 4,4    |
| Motorväg -<br>Trängsel           | 13.74                | 0,00   | 2.20            | 0,66   | 0,00            | 116.90   | 0,3    | 4,4    |
| Infartsled –<br>Ingen trängsel   | 5.45                 | 0,00   | 0,59            | 0,31   | 0,00            | 1.80     | 0,3    | 10,7   |
| Infartsled -<br>Måttlig trängsel | 9.59                 | 0,00   | 1.35            | 0,47   | 0,00            | 268.50   | 0,3    | 4,4    |
| Infartsled -<br>Trängsel         | 13.55                | 0,00   | 2.34            | 0,84   | 0,00            | 344.40   | 0,3    | 4,4    |
| Lokal väg - Ingen<br>trängsel    | 7.38                 | 0,00   | 1.23            | 0,46   | 0,00            | 2,5      | 0,3    | 10,7   |
| Lokal väg -<br>Måttlig trängsel  | 10.69                | 0,00   | 2.12            | 0,71   | 0,00            | 159,5    | 0,3    | 4,4    |
| Lokal väg -<br>Trängsel          | 12.61                | 0,00   | 2.79            | 0,88   | 0,00            | 242,6    | 0,3    | 4,4    |

## Bilaga J

Total kostnad för lastenheten Pallar och rullburar.

| <b>Pallar och Rullburar</b> |               |                         |                 |                |               |                 |
|-----------------------------|---------------|-------------------------|-----------------|----------------|---------------|-----------------|
|                             | <b>Klimat</b> | <b>Luftföroreningar</b> | <b>Trängsel</b> | <b>Olyckor</b> | <b>Buller</b> | <b>Total</b>    |
|                             | <b>€</b>      | <b>€</b>                | <b>€</b>        | <b>€</b>       | <b>€</b>      | <b>€</b>        |
| <b>Stor lastbil 3PL</b>     | 990,50        | 3,12                    | 144,28          | 2,73           | 37,20         | <b>1 177,84</b> |
| <b>Liten lastbil 3PL</b>    | 568,62        | 1,79                    | 82,83           | 1,57           | 21,36         | <b>676,17</b>   |
| <b>Lastbil egen räkning</b> | 469,50        | 3,83                    | 44,77           | 1,14           | 15,99         | <b>535,22</b>   |
| <b>Total</b>                | 2 028,62      | 8,74                    | 271,88          | 5,44           | 74,55         | <b>2 389,22</b> |





**CHALMERS**