

InterCityLog

Interoperabel samlogistiklösning med mindre fordon



Författare:

Roland Elander, Sustainable Innovation

Gyozo Gidofalvi, KTH

Clarence Ström, Ragn-Sells

Catherine Löfquist, Bring

Ehsan Saqib, KTH

Utgiven i juni 2022 av Sustainable Innovation

www.sust.se

Innehåll

1	Sammanfattning	4
2	Summary	7
3	Bakgrund	10
3.1	Omvärldsanalys	11
3.2	Tidigare forskning	13
3.3	återvinningsbranschen	14
3.3.1	återvinningstransporter-Nuläge	14
3.3.2	Utvecklingsmöjlighet	16
4	Projektets genomförande	18
4.1	Ingående parter, deras roller och ansvarsområden	18
4.2	Projektets syfte och mål	19
4.3	Metod	20
4.3.1	Systemanalys	25
4.3.2	Datainsamling	28
4.4	Nuläge	28
4.5	Projektets logistiklösning	29
4.6	Resultatredovisning	32
4.6.1	Media	33
4.6.2	Film producerad för projektet	33
4.6.3	Nyttiggörande/exploatering	33
5	Resultat och slutsatser	34
5.1	Genomförbarhet - Intercitylog-projektet samt kommersiell drift	34
5.2	Analys av Potentialen	36
5.2.1	Tät stadsmiljö	36
5.2.2	Samlastning och samverkan återvinning- och godsdistributionsföretag	36
5.2.3	Identifierade ICL-resursnyjjande- och processförbättringspotential	37
5.3	syntes av intervjuer av användare	37
5.4	Analys av transport-effektiviteten	39
5.5	Energibesparingspotential vid uppskalning	42
5.6	konceptutveckling – möjlig fortsättning inom programmet	43
5.7	Diskussion och slutsatser	43

6	Rekommendationer	46
7	Referenser	47

1 SAMMANFATTNING

Tillväxten i redan täta städer, ökningen av e-handel samt fokus på återanvändning och återbruk av allt fler material innebär allt större utmaningar för distribution av gods och återvinning. Trängseln i trafiken minskar framkomligheten samtidigt som kraven ökar på snabba godsleveranser och effektiv insamling av återvinningsfraktioner. Transporterna i städerna också anpassas till att vi skapar levande städer med god framkomlighet, luftkvalitet och minimalt buller. Detta är sammantaget utgångspunkten för InterCityLog som kommersialiserats som konceptet Älskade Stad i Stockholm City, Triangeln i Malmö och i Oslo under namnet Älskade By.

Grunden i konceptet är att ändra den traditionella lösningen där en baklastare, sopbil, samlar in 1 - 2 fraktioner hos en mängd kontor blir ineffektiv i tät stadsmiljö då den har dålig framkomlighet, måste dubbelparkera och därmed också vara dubbelbemannad. Vidare har kontor idag flera återvinningsfraktioner vilket innebär flera rutter för insamling av samtliga återvinningsfraktioner där varje enskild rutt också omfattar sträckan till återvinningsstation för tömning. Sammantaget ger detta en låg energieffektivitet och en hög produktionskostnad för fordon och personal. Fordonet bidrar även till trängsel och buller.

Godsdistributionen sker idag med distributionsbilar från terminaler eller ett par mil utanför city enligt en rutt som liknar den för återvinning. Detta sker vanligtvis med dieseldrivna distributionsfordon som även de uppvisar låg energieffektivitet i tät stadsmiljö samt buller och utsläpp.

InterCityLog-projektet har demonstrerat och utvärderat en lösning där både baklastaren och distributionsbilen ersätts med ett mindre eldragfordon med en specialbyggd lastbärare. Lösningen är en kombinerad konsolidering i tre steg:

1. Insamling av återvinningen sker med omvänd samlastning där fraktionerna efter rutt i city komprimeras och samlas i samlastningscentraler i city vilket möjliggör fulla transporter på lastväxlare från city ut ur staden till återvinningsstationen.
2. Godset omlastas från distributionsbil till det eldrivna specialfordonet i samlastningscentral i city.
3. Gods och återvinning samlas så att insamling av återvinning och distribution av gods sker under samma rutt. Den nya lastbäraren möjliggör även att samtliga fraktioner kan samlas in under ruten.

Nuläge

I dagsläget utförs återvinningshanteringen av en lastbil, en s.k. baklastare (se bild nedan). Dessa baklastare används vid tömning av sopkärl (190, 370 och 660 L), fraktionerna som

samlas in är wellpapp, brännbart och kontorspapp. Lastbilen används vid tömning av elva (11) olika mellanlagringsstationer i Stockholms innerstad, en lastbil för varje fraktion (t.ex. om en station har tre fraktioner, wellpapp, brännbart och kontorspapp, då åker alltså tre olika lastbilar dit för tömning). Dessa lastbilar är endast tillverkade för hantering av återvinningsfraktioner.



Demonstration

Målsättningen är att kunna använda mindre elfordon (t.ex. Linde P250) med specialbyggd lastbärare, släpkärra, för att åka runt och samla in sopfraktioner från de elva mellanlagringsstationerna till större samlastningscentraler (Zenit, Hötorget och MOOD-garaget). Därefter kommer de s.k. baklastarna och hämtar in större mängd återvinningsfraktioner från färre antal (tre) inhämtningsställen.

Vidare finns möjligheter att samlasta paketgoods i detta flöde. Vid installation av ett låsbart skåp på fordonet går det att med fördel distribuera t.ex. paket och kontorsmateriel till samma kontorsbyggnad där det ska hämtas in återvinning. På detta sätt sammanförs och samlastas två för varandra helt skilda världar av logistikflödet: godsdistribution och återvinningshantering.



Distributionsfordonen har idag också begränsningar när det gäller att till exempel utnyttja samma fordon och rutt för samtidig distribution och insamling av återvinningsfraktioner. Med mindre elfordon är det fullt möjligt att samlasta paketgoods med flödet av återvinningen. Detta skulle innebära en optimering av fyllnadsgraden över hela rutten. Faller detta väl ut så sammanförs och samlastas två för varandra idag helt skilda världar av logistikflödet: godsdistribution och återvinningshanteringen.

Demonstrationens frågeställning är huruvida lösningen möjliggör högre energieffektivitet genom ökad fyllnadsgrad under hela rutten och ett effektivare transportarbete genom samlastningen och det nya elfordonet. Avgörande för skalbarhet är om lösningen är ekonomiskt likvärdig eller kostnadseffektivare än traditionell lösning för motsvarande transportarbete, vilket också utvärderats.

Resultaten visar att den nya lösningen möjliggör en radikal energieffektivisering. Dels är energiförbrukningen hos ett mindre elfordon betydligt lägre per kilo och dels så kan yttransporterna ske med en betydligt högre fyllnadsgrad jämfört med genomsnittliga fyllnadsgraden som har typiskt observerats i baklastare som hantera återvinning i centrala delar av Stockholm. För Ragn-Sells (återvinning) och Bring (godsleveranser) har ekonomin beskrivits som rimlig. Med ytterligare utveckling, där en ökad digitalisering blir avgörande, anses det vara möjligt att ytterligare öka fyllnadsgraden med befintliga fordon och resurser och även hantera fler typer av material från nya aktörer som kan knytas till konceptet.

Helhetsbedömningen av InterCityLog-konceptet är positiv bland de interna aktörerna och konceptet lever vidare efter projektets slut i det lanserade kommersiella samarbetet "Älskade Stad" och "Älskade By".

En datamodell har byggts upp för analyser och modellering gällande effektivisering och möjligheter till nya materialflöden i lösningen. Detta har givit gynnsamma resultat vilket också möjliggör nya partners och därmed en stärkt ekonomi för lösningen, vilket talar för att en digital lösning för multi-aktörer kan vara motiverad för fortsatt expansion i både nya städer, stadsdelar samt med fler materialflöden och därmed fler aktörer.

2 SUMMARY

The growth in already dense cities, the increase in e-commerce and the focus on reusing and reusing more and more materials mean greater challenges for the distribution of goods and recycling. Traffic congestion reduces passability while increasing demands on fast goods deliveries and efficient collection of recycling fractions. The transports in the cities are also adapted to the fact that we create living cities with good accessibility, air quality and minimal noise. This is the starting point for InterCityLog, which has been commercialized as the concept Älskade Stad in Stockholm City, Triangeln in Malmö and in Oslo under the name Älskade By.

Existing solutions for the collection of recyclables use back-loader waste collection trucks that collect 1 - 2 types of recyclables from a variety of offices. This has become inefficient in dense urban environments due to poor accessibility, the need to double-park and hence double-manning. Also, many commercial premises have several recyclables resulting in multiple routes for the collection of all recyclables, and where each individual route is the distance to the recycling station for disposal. All in all, this produces low energy efficiency and high production costs for vehicles and staff. The vehicle itself contributes to emissions and noise.

Goods distribution today occurs with distribution vehicles from terminals located a few miles outside the city but using routes similar to those for recycling. Diesel-powered distribution vehicles are invariably used, also exhibiting low energy efficiency in dense urban environments, as well as contributing to noise and emissions.

The InterCityLog demonstration project evaluated a solution where the recycling back-loader and the distribution vehicle are replaced by a smaller electric-powered truck with a custom-built load carrier. The solution is based on a combined consolidation scheme in three steps:

1. The collection of recyclables are collected by city route and consolidated and compressed in city loading centres, enabling fully laden transportation from the loading centres out to the recycling station.
2. Goods are reloaded from the distribution vehicle to the customized electric vehicle in to loading centres located in the city.
3. Goods and recyclables are collected together so that collection of recyclables and distribution of goods is done for the same route. The new customized distribution vehicle enables all types of recyclables to be collected for that route.

Current state

At present, waste and recyclables collection carried out by trucks, so-called back loaders (see picture below). These back loaders are used for emptying the waste bins (190, 370 and 660 L), and collecting recyclables such as corrugated board, flammables and office paper. A truck is used for emptying eleven (11) different storage stations in the inner city of Stockholm, one truck for each recyclable (e.g. if a station manages three recyclables - corrugated board, flammables and office paper - then three different trucks will be sent). These trucks are manufactured purely for waste management.



Demonstration

The goal is to use a smaller electric vehicle (e.g. Linde P250) with a purpose-built cargo carrier or trailer, to collect recyclables from the 11 intermediate storage stations and deliver them to larger collection centers (Zenit, Hötorget and MOOD garage). There, the so-called back-loaders will come and fetch larger quantities of recyclables from a fewer number (three) collection locations.

Further, there are opportunities to load packages at the same time in this flow. By hitching a lockable trailer to the truck, packages and office material can be delivered to the same office buildings where waste was collected. In this way, these two completely different worlds of logistics flow are combined and coordinated: distribution of goods and waste management.



Current distribution vehicles have limitations when, for example, using the same vehicle and route for simultaneous distribution and collection of recyclables. With a smaller electric vehicle, it is fully possible to merge goods delivery with recycling flows. This would mean an optimization of fill rates for the entire route. Should this succeed, the logistics flows distribution of goods and waste/refuse management which currently are worlds apart may be combined and load coordinated.

The demonstration addresses the question of whether the new solution enables higher energy efficiency through increased load rates across the entire route and through a more efficient transport network with joint loading and a new electric vehicle. Scalability determines whether the solution is equally viable economically or more cost-effective than traditional solutions for corresponding transport networks, which have also been evaluated.

The results show that the new solution enables radical energy efficiency. On the one hand, the energy consumption of a smaller electric vehicle is significantly lower per kilo and on the other hand, surface transports can take place with a significantly higher degree of filling compared to the average degree of filling that has typically been observed in backhoes that handle recycling in central parts of Stockholm. For Ragn-Sells (recycling) and Bring (goods deliveries), the economy has been described as reasonable. With further development, where increased digitization becomes crucial, it is considered possible to further increase the degree of filling with existing vehicles and resources and also handle more types of material from new players that can be linked to the concept.

The overall assessment of the InterCityLog concept is positive among the internal actors and the concept lives on after the end of the project in the launched commercial collaboration "Älskade Stad" and "Älskade By".

A data model has been built up for analyzes and modeling regarding efficiency and opportunities for new material flows in the solution. This has given favorable results, which also enables new partners and thus a stronger economy for the solution, which suggests that a digital solution for multi-players can be justified for continued expansion in both new cities, districts and with more material flows and thus more players.

3 BAKGRUND

Förutsättningarna gällande godstransporter är likartade jämfört med under det föregående projektet InterCityLog, men två undantag: den kraftfullt ökande e-handeln och samt pandemin. E-handels ökning är något som också Stockholms Stads Trafikkontor uppmärksammar. E-handeln förutspås öka kraftigt vilket i sin tur ökar antalet transporter. Framförallt märks en ökning av mindre transportfordon som levererar färre varor per tillfälle i takt med att hemleveranser på kvällar och helger ökar. Till följd av en högre takt på bostadsbyggandet ökar även behovet av bygg- och masstransporter. Ökad förtätning och ökade godsvolymer med små leveranser till många mottagare innebär ny potential och nytta för projektets lösning i täta städer, särskilt i kombination med paketboxar.

Däremot orsakade pandemin en kraftfull nedgång (upp mot 80% av volymerna både gods och återvinning). Pandemin var en avvikelse under vilken produktionen inte fungerade normalt och projektet gjorde uppehåll i mätningar och modelleringar under pandemin. Dessa aktiviteter senarelades och var orsaken till att projektet förlängdes.

Projektet bygger i övrigt vidare på bakgrunden från föregående projekt: Godstransporter motsvarar idag cirka 20 procent av totala antalet fordonskilometer i urbana områden, men utsläppen och energianvändningen motsvarar en betydligt större andel [1].

Transporteffektiviteten är låg på grund av trängsel och begränsad framkomlighet i det begränsade gatuutrymmet. Detta leder till att städer får problem med emissioner, dålig energieffektivitet i godstransporterna, ökade kostnader och trängsel på gatorna. Säkerhet är en annan aspekt som måste tas hänsyn till då tunga transporter ska samsas med personer som rör sig på gator. Det finns många ansatser till att lösa problemen inom godsområdet såsom samlastning, omläggning av rutter och leverans nattetid [2].

Färdplanen för Citylogistik har pekat ut att "utveckla logistiktjänster för hela dygnet" som en prioriterad aktivitet för att nå hållbara och attraktiva städer [3]. Stockholm stads godsrelaterade arbete bedrivs inom ramen för "En strategisk inriktning för bättre leveranstrafik 2014 - 2017" där lösningen inom projektet lyfts fram som ett gott exempel på yteffektiv citylogistik som ska vidareutvecklas, vilket sker inom detta projekt.

Staden har långsiktigt bedrivit samverkan med marknadens aktörer för att etablera effektiva citylogistiklösningar och affärsmodeller för dessa. Detta resulterade i en samverkam mellan Vasakronan och Ragn-Sells och senare även Bring. Vasakronan i rollen som fastighetsägare för en samlastningscentral på Klara Norra Kyrkogata och Ragn-Sells i rollen som operatör med bemannad hantering av återvinningsmaterial och Bring med verksamhet inom av godsleveranser i staden. Under arbetets gång öppnades möjligheten att följa upp och utvärdera samlastningens potential inom projektet InterCityLog.

Modellen med att kombinera leverans av varor till mottagare med returflöden av återvinningsmaterial fanns sedan tidigare i drift inom slutna fastigheter som ex Stockholms central och Gallerian/Hamngatan. Målet blev i detta projekt var att vidareutveckla modellen

för att även fungera för en stadsdel. Affärsmodellen bygger på att Bring ser ett mervärde i att slippa använda sina fordon för att cirkulera i City i jakten på ledig lastplats och istället betalar Ragn-Sells för att utföra sista sträckan till mottagare av gods. Genom att inte behöva utföra den sista kilometern av leveransen i City fanns det potential att utnyttja fordonsflottan och personal mer effektivt. Affärsuppgörelsen är strikt kommersiell och staden har ingen insyn i dess detaljer.

Mötet med kunden var en viktig knäckfråga och ett gemensamt kommunikationskoncept arbetades fram i form av #ÄLSKADESTAD med syfte att samla deltagarna under ett varumärke och samtidigt framhålla parternas gemensamma intresse om att bidra till en attraktiv stad. Konceptet ska även vara inkluderande eftersom målet hela tiden har varit att vidareutveckla samarbetet med fler aktörer, fler flöden och större områden vilket nu delvis sker. Identifierade hinder i denna utveckling är dock låg grad av digitalisering och behov av ytterligare utveckling av affärsmodeller och flöden, vilket nu avses utvecklas.

Samarbetet kunde slutligen invigas formellt av trafikborgarråd Daniel Helldén i mars 2017. Viktiga lärdomar från arbetet har varit att det tar tid att bygga relationer och förtroende för ett hållbart och varaktigt samarbete. Det faktum att samarbetet är egenfinansierat gör det unikt och #ÄLSKADESTAD har rönt stor uppmärksamhet såväl nationellt som internationellt.

3.1 OMVÄRLDSANALYS

Den tilltagande e-handeln samt fokus på hållbara och levande städer har medfört att intresset kring sista milens distribution, samlastning och samordnad varudistribution är stort. Det blir allt mer tydligt att berörda aktörer inser utmaningarna med framtida transporter.

När det gäller samordnad varudistribution av gods så driver städer och kommunerna på utvecklingen genom att göra transportupphandlingar där samlastning ingår. Exempel på detta är Södertörns Kommunerna som gemensamt gjort upphandling för det kommunala godset. Stockholm Kommun förbereder för upphandling av sina transporter där det förväntas ingå någon form av samlastning.

Projektet är unikt i avseende att det hanterar både omvänd samdistribution av återvinning och godsleveranser under samma rutt i en stadsdel. Däremot sker ett projekt kopplade till samdistribution, samdistributionscentraler, utjämnande av belastningstoppar sk "peak"-problematik, mindre distributionsfordon, eldrift mm. Nedan är relaterade projekt nationellt listade, där erfarenheter och samverkan är bidragande till projektet på olika sätt och omfattning.

I Malmö (2015) genomfördes en pilot under namnet SamCity med syfte att försöka samordna transporterna till Triangeln området. Piloten var bidragsfinansierad och avslutades efter projektiden.

I Göteborg finns ett exempel som påminner om #ÄLSKADESTAD i form av stadsleveransen. Stadsleveransen omfattas av ett gemensamt godsmottag för del av området inom vallgraven

belägen i Gullbergsvass. Flöden som omfattas är i dagsläget främst paketgods för Postnord och DHL. Dessa transporteras sedan ut sista sträckan till butiker och företag med ett långsamtgående elfordon. Stadsleveransen utvecklades 2011 - 2012 med Lindholmsleveransen, ett liknande koncept för området Lindholmen som inspiration.

För Arenastaden i Stockholm har Ragn-Sells, Fabege, Catena och Servistik under 2017 startat ett fristående Joint Venture-bolag med syfte att hantera transporter i den nya stadsdelen som växer fram. I konceptet ingår både en mindre samlastnings- och servicecentral i området samt möjlighet till större samlastning utanför Stockholm.

Även i EU och Nordamerika sker större samlastningsprojekt och även helt implementerade lösningar för samordnad citylogistik. Förutsättningarna är ofta annorlunda men ett flertal projekt ger viktig information. De längre komna projekten har slutsatser om marknadsacceptans för olika lösningar beroende på grad av frivillighet mm. Nedan är ett urval av relevanta projekt listade:

Stockholm:

- EU-projekt Frevue: Eldrift med större lastbärare för last mile access
- Nattleveranser: Off peak Lidl Sveavägen

Sverige:

- Samordnad varudistribution Södertörn:
<https://sodertornskommunerna.se/verksamhet/fast-samarbeten-pa-sodertorn/samordnad-varudistribution.html>
- Österlen: Kommuner driver samlastning. Tvingande för Österlen-kommunerna: Ystad, Tommelilla. Transportbehovet har minskat med 75% efter drygt 1 år. Dock andra förutsättningar, färre aktörer samt svårare med fyllnadsgraden.
- Closer/Lindholmsleveransen: Samlastning, urbans hållbara godstransporter, Vinnova.
- ITRL [ITRL Activity Report 2021](#), återfinns forskningsresultat i närliggande projekt, intervjuer med experter samt simuleringar genomförda av IVL

Norge:

- Oslo: Älskade By där Norska Posten/Bring etablerat lösningen Älskade Stad i centrala Oslo i sin produktion. Detta är utvärderat av TØI rapport 1870/2022.

Övriga:

- Holland: Binnenstadservice, 15 holländska städer, 40 % reducerad CO2. Ett center har etablerats utanför staden för stora lastbilar, omlastning och samdistribution till city. Detta är ett EU-projekt som bygger på en frivillig tjänst med en "start up"-subvention. Det heter service, inte "consolidation", för att profilera frivillighet.
- Paris: Samdistribution av livsmedel och retur av emballage.
- New York: Nattleveranser för peak-hantering.

3.2 TIDIGARE FORSKNING

Forskning inom godsområdet omfattar flera olika delområden: logistik, fraktbeteende och affärs- och samverkansmodeller, policy och regelverk, logistikkoncept, mätning och analys av effekter med avseende på aspekter såsom transporteffektivitet, trafikarbete, aktörskedjor och beteende förändring och acceptans.

I en forskningspublikation från 2005 av Geroliminis och Daganzo [4] från UC Berkeley forskningscentrum för "Future Urban Transport" sammanfattas "Green logistics schemes" satsningar internationellt. Man påvisar de olika satsningar och försök som gjorts för att förbättra städernas logistik med olika fokus: allt ifrån policyförsök, elfordon, samlastning och vägnyttjande till IT-lösningar. Satsningarna har haft olika framgång och effekt, ofta beroende på bakomliggande konsortiets sammansättning. Ofta bestod den "nya lösningen" som testades av en enskild komponent i godshanteringen: fordonet, policyn och omlastningscentralen.

Vid förändringar av godslogistiken i städer har forskning påvisat att det finns en inbyggd paradox, där en förbättring i ett avseende ("Dimension") med en positiv primär konsekvens ("Outcome") ofta leder till negativa konsekvenser i andra avseenden ("Paradox"), sammanfattat i tabell 1 nedan, vilket är hämtat från [5]:

Tabell 1

Dimension	Outcomes	Paradox
Costs	Reduction of costs through improvement in packaging and reduction of wastes. Benefits are derived by the distributors	Environmental costs are often externalized
Time/ Flexibility	Integrated supply chain. Provide flexible and efficient physical distribution systems	Extended production, distribution and retailing structures consuming more space, more energy and producing more emissions
Network	Increasing system-wide efficiency of the distribution system through network changes (Hub and Spoke Structure)	Concentration of environmental impacts next of major hubs and along corridors. Pressure on local communities
Reliability	Reliable and on-time distribution of freight and passengers	Modes used, trucking and air transportation are the least environmentally efficient
Warehousing	Reducing the needs for private warehousing facilities	Inventory shifted in part to public roads, contributing to congestion and space consumption
E-commerce	Increased business opportunities and diversification of the supply chains	Changes in physical distribution systems towards higher levels of energy consumption

Table 1: The paradoxes of green logistics (Rodrigue et al., 2001)

En intressant föregångare till just det här rapporterade projektet är den satsning som gjordes i Rotterdam inom ramen för EU-projektet ELCIDIS [6] där just godslösningar med elfordon, mindre lastbilar, i samverkan med samlastningslösningar, testades under åren 1998 - 2002. Fokus var dock distribution i det projektet, till skillnad från det vi rapporterar här som utgår från återvinningsflödena.

Forskningen inom området har över tid utvecklats för att bättre förstå de komplexa samband som ligger bakom förändringar och förbättringar inom området Citylogistik. Metodiken har över tid utvecklats från detaljerade studier med fokus på en komponent, tex fordonsteknik, trafikeffekter, emissioner, till att numera vara av "integral karaktär" dvs spänna över flera områden. Först när helheten studeras kan de större orsak/verkan-sambanden klarläggas. Denna typ av forskning kräver dock samarbetande forskare från flera discipliner samt ett välutvecklat samarbete med lokala myndigheter och transportindustrin, i Sverige ofta samlat i forsknings- eller kompetenscentra (KTH: Integrated Transport Research Lab; Chalmers: Urban Freight Platform; CLOSER) Några internationella spelare med liknande förmåga och kompetens är UCB "Center for Future Urban Transport", NY Renseller Polytechnique "Center for Sustainable Urban Freight System". Det sistnämnda centret leds av professor José Holguin Veras. Hans forskningsområde är "Freight transport behaviour research", vilket påvisar att det är med en bred forskningsapproach som nya resultat kan uppnås.

Europa kan anses leda utvecklingen av hållbar citylogistik och urban mobilitet generellt, mycket på grund av den samarbetskultur som finns och de statliga Fol stöd som driver den utvecklingen. En nylig påbörjad storsatsning sker i EU-projektet ECCENTRIC [7] inom ramen för EUs satsning Civitas Initiative. Projektet är ett 4-årigt samarbete lett av 5 större EU-städer: Stockholm, Madrid, München, Åbo och Ruse, och respektive stad med ett konsortium av näringsliv, myndigheter och akademi. Målet är förbättrad och mer hållbar mobilitet i städer och åtgärder inom alla delar av mobilitetssystemet testas i nya varianter och effekter studeras. Den forskningsmetodik för utvärdering av effekter som Civitas Intitaitve utvecklat över tid sammanfattas väl i en nylig publikation av Töpfer 2012 [8] från TU Berlin vilket är en bra bas för utvärdering även av detta projekt.

3.3 ÅTERVINNINGSTRANSPORTER-NULÄGE

3.3.1 ÅTERVINNINGSTRANSPORTER-NULÄGE

Eftersom all återvinningshantering kräver någon form av transport har återvinningsbranschen på samma sätt som transportbranschen ställts inför betydande utmaningar när det gäller framkomlighet i starkt trafikerade eller på annat sätt begränsande områden. Att kunna parkera ett tungt fordon vid en fastighet är långt ifrån en självklarhet. Vilket innebär att man ofta väljer att felparkera för att kunna utföra sitt uppdrag. Transportbranschen pratar om "last mile logistics" och återvinningsbranschen borde prata mer om "first mile logistics".

Återvinningsbranschen har fokuserat på materialen och utveckling av nya behandlingstekniker. Branschen har generellt blivit bättre på att sortera återvinningen vilket är bra ur flera aspekter och detta är en av utmaningarna för att skapa ett mer cirkulärt samhälle. Men när det kommer till transporten och insamlandet av materialen så ser man sällan några rekommendationer eller krav förutom gällande miljökrav för själva fordonen. När det gäller insamlandet av materialen så har det inte skett speciellt mycket de senaste 20 åren. Undantag är:

- Införandet av djupbehållare i områden med flerfamiljsbostäder har haft stor genomslagskraft och har ur arbetsmiljösynpunkt varit positivt.
- Sopsugssystemen har fått en renässans men är fortfarande bara aktuella vid etablering av helt nya bostadsområden.

Insamlingen sker i huvudsak på traditionellt sätt där man försöker ruttoptimera varje slinga på ett så bra sätt som möjligt. Fordon som kan ta fler än två materialfraktioner används i huvudsak utanför stadskärnorna eftersom det är oftast är betydligt svårare hämtförhållanden i citykärnor t.ex. källare, låga takhöjder och begränsad framkomlighet. Det är fortfarande så att det flesta hämtningarna körs på fasta intervaller och dagar vilket innebär att man utför transporten oavsett om det finns något att hämta eller ej. Konsekvensen av detta har blivit att desto fler material vi sorterar, desto fler transporter genereras. Ur enbart transportsynpunkt så var det gamla arbetssättet bättre när "sopgubben" tog all återvinning på en gång.

Vid insamling med traditionell sopbil i t.ex. Stockholms centrala delar är det ett vanligt arbetssätt att dubbelparkera. Chauffören får sitta kvar i bilen medan medhjälparen hämtar och tömmer kärlen. Detta medför att hela körbanan blir blockerad och övriga trafikanter tvingas över i mötande körfält för att kunna köra förbi. Här uppstår ofta en situation då det lätt kan bli irritation mellan trafikanterna och även risk för olyckstillbud.

Återvinningsbranschen har hanterat transportutmaningen på liknande sätt som distributionsbranschen - att skaffa mindre bilar vilket medfört att antalet mindre fordon, typ lätta lastbilar 3,5 ton, ökat markant. Det gäller i synnerhet i de fall då uppdraget är att hämta och växla kärl hos kunden. Denna hantering skiljer sig mot den traditionella hämtningen då man tömmer kärlet i sopbilen och sedan ställer tillbaka det tömda kärlet där det hämtades. Eftersom arbetssättet med att växla kärl samt användandet av mindre fordon ger en betydligt sämre lastkapacitet så har priset för slutkunden ökat pga ökad transportkostnad. Hanteringen blir ineffektiv eftersom fordonet utgår ifrån sin uppställningsplats, vanligtvis utanför staden. Man startar med tomma kärl i skåpet, kör sin slinga där man skiftar de fulla kärlen mot tomma. Därefter skall man köra till någon av behandlingsanläggningarna utanför staden för att tömma kärlen och därefter köra in till staden igen.

Konkurrensen kring återvinningsmaterial från verksamheter (ex. papper, trä och plast) har ökat och det är då oftast mindre åkerier som med hjälp av webbplattformer erbjuder sina tjänster. Snabba transporter till lågt pris är ett vanligt säljargument. På samma sätt som

transportbranschen har även återvinningsbranschen märkt av ökningen av "White vans" som utför hämtningar av återvinningsmaterial. Dessa fordon ser man oftast i samband med hämtningar från restauranger.

Fastighetsägarna har olika förhållningssätt till återvinningshanteringen och detta är oftast kopplat till hyreskontrakten som man tecknat med hyresgästen. När det gäller monopolåtervinningen (hushållsavfallet) så har fastighetsägaren ett myndighetskrav att ordna så att detta fungerar. När det gäller verksamhetsavfallet så kan fastighetsägaren lägga detta ansvar helt på hyresgästen. Vissa fastighetsägare har valt samordna detta i sina fastigheter medan andra låter hyresgästerna sköta allt själva. Komplexiteten i detta skall man inte underskatta och variationen på lösningar är stor.

Fastighetsägarnas och återvinningslämnarnas intresse och kunskap för hanteringen av återvinningen har ökat markant de senaste åren och ligger i linje med förflyttningen mot ett mer hållbart samhälle. Fastighetsägaren är ofta mån om att ha en tydlig miljöprofil och man är medveten om vikten av att ha en fungerande återvinningshantering gentemot fastigheten. Här har olika typer av miljöcertifieringar för fastigheter bidragit till ökat engagemang från fastighetsägarna. Kraven på entreprenörerna som skall utföra hanteringen av återvinningsmaterialen har också ökat och innehåller ofta krav på ständiga förbättringar och måltal.

3.3.2 UTVECKLINGSMÖJLIGHET

Det första InterCityLog-projektet visar på möjligheten att det går att göra förändringar både i affärsmodellen där nu ett återvinningsföretag och ett godsdistibutionsföretag etablerat samarbete och även en gemensam process för sin produktion som är radikalt annorlunda än deras ursprungliga.

Samordningen av godstransporter med insamling av återvinningsmaterial är produktionsmodellen i Älskade Stad. I den lösningen har vi kunnat påvisa att mindre anpassade elfordon kan klara att ersätta traditionella insamlingstransporter i avgränsade områden i city vilket nu även expanderat till Triangeln i Malmö och till Oslo som Älskade By i Norska Postens/Brings verksamhet.

För att ytterligare kunna öka effektiviteten och samtidigt förbättra framkomligheten genom minskat körande så behöver vi få möjlighet att jobba med off-peak-transporter under reglerade former. I den här affärsmodellen som innebär att vi samlar återvinningsmaterialen i komprimatorer och som är en förutsättning för de små elfordonen, skulle det i första hand medföra att vi skulle kunna transportera återvinningsmaterialen ut från city nattetid. Även godsflöden skulle kunna styras om till off-peak där man leverera in gods till samlastningscentralen under nattetid.

Digitaliseringen kommer att kunna positivt förändra insamlingen av återvinning och det kommer att ges helt nya möjligheter att kunna styra och optimera transporterna och framförallt kunna möjliggöra att flera aktörer samverkan inom konceptet Älskade Stad. Med

standardisering och delade data kan antalet aktörer öka med ett gemensamt systemstöd för den samlade produktionen, både terminaldriften och ruttplaneringen. Omvänt kan konceptet på ett rimligt sätt inte utökas med nya aktörer utan ett gemensamt digitalt stöd.

Att digitalt kunna koppla samman gods- och återvinningstransporten samt andra materialflöden ger helt nya möjligheter till att nyttja resurserna på ett optimerat sätt och samtidigt minska transportrörelserna. Här krävs även vidareutveckling av samverkans- och affärsmodeller. Ett exempel är också sortering för distributionen för att undvika tidskrävande omlastning.

Analyserna i detta projekt visar på god potential att omfatta ytterligare aktörer och materialflöden.

4 PROJEKTETS GENOMFÖRANDE

4.1 INGÅENDE PARTER, DERAS ROLLER OCH ANSVARSOMRÅDEN

Projektet har genomförts i samverkan mellan Stockholm Stad/Trafikkontoret, Ragn-Sells, KTH, Bring och Sustainable Innovation. Frågeställningarna är komplexa och täcker flera kompetensområden och huvudmannaskap. Projektets konsortium återspeglar detta:

- Stockholm Stad: Stadens planering och strategier inom godsdistributionen och samordnade part för samverkan och kommersiell lösning i staden.
- Ragn-Sells: Företag detaljerad kunskap inom återvinning, gods och samlastningscentraler. Har ett ansvar i projektet för lösningen baserad på samlastning av återvinning och gods samt nyutveckling och investering av specialfordon för projektets demonstration.
- Bring: Har omfattande distribution i Stockholm Stad och levererar paketflöden genom projektets lösning samt har omfattande erfarenhet genom Älskade Stad samt Älskade By i Oslo och annan innovationsverksamhet samt analys av transportdata förutom omfattande praktiskt arbete med innovativa koncept för täta städer.
- Itid: Gedigen erfarenhet inom logistik, samdistribution, transportbranschens förutsättningar och affärsmodeller. Ansvarar i projektet för kartläggning av rutter, analys av insamlad data och sammanställning av resultat. Dessa delar i projektet har i sin helhet genomförts av övriga projektparter. Itid har inte deltagit i projektet.
- KTH: Integrated Transport Research Lab, har styrkeområde Urbana godstransporter med erfarenhet av transporteffektivitet och trafikflöden, policyeffekter, beteende, affärsmodeller, samt hållbarhetsanalys. Ansvarar i projektet för forskningsmetod, systemgränser och analysmetod, analys och energiberäkningar, resultat samt intervjuer med verksamhetsansvariga och användande av fordonen.
- Sustainable Innovation är en projektorganisation inom Energi- och resurseffektiva samhällen med fokus på hållbar mobilitet, samhällsbyggande och energilösningar. Ansvarar i projektet för övergripande projektledning, administration samt insamling av analysdata och kommunikation/spridning.

För att koordinera insatser och driva projektet har parterna under projektet haft en gemensam projektgrupp. Projektgruppen har haft möten 2 gånger i månaden under projektperioden med undantag under delar av pandemin samt ett antal workshops för utveckling av tester, lösningar och för modellering av resultat från demonstrationen. Särskilt har förankring av ingångsvärden och verifiering av datamodellering inneburit omfattande arbete.

4.2 PROJEKTETS SYFTE OCH MÅL

I Energimyndighetens beslut anges följande mål:

Mål

Projektets övergripande mål är att erhålla kunskap som möjliggör att bedöma energieffektiviseringspotentialen i lösningar som identifierats som outnyttjad potential för transportlösningar i städer. Genom att etablera djupare samverkan mellan transportörer, som idag hanterar olika flöden t ex återvinning och gods, stimuleras innovativa samverkansformer och affärsmodeller som bidrar till energieffektivitet och transporteffektivitet.

- Projektets delmål:
Demonstration av nya transportlösningar vilka kan komma att ge en ytterligare energieffektiviseringspotential med 50% jämfört med det tidigare projektet InterLogCity.
- Redovisa nyckeltal för de nya lösningarna (Wh/kg) insamlad återvinning/distribuerad godsvolym i respektive demonstration jämfört med befintlig InterCityLog-produktion.
- En kommersiell bedömning av Ragn-Sells och Bring gällande kommersialisering och spridning av de nya lösningarna omfattande kostnadsanalys jämfört med dagens produktion tex genom total kostnad i SEK per kg material.
- Redovisa godsets påverkan på energieffektiviteten i rutten vilket inte genomförts i tidigare projekt.

4.3 METOD

Detta uppföljande projekt har framförallt byggt en datamodell och lagt vikt vid att modellen återspeglar produktionen samt att modellens ingångsparametrar och antaganden är av god kvalitet. Genom datamodellering har projektet haft möjlighet att identifiera outnyttjad kapacitet, ruttoptimera samt optimera lastkapaciteten - transportarbetet - i befintlig produktion.

Vidare har vi genom datainsamling från Brings och Ragn Sells system till datamodellen möjliggjort att båda flödena (goods och återvinning) omfattas av samtliga analyser och simuleringar. Detta var ett mål med projektet då transportarbetet av godset inte omfattades i projektresultaten i föregående projekt.

Genom datamodelleringen har också potentialbedömningar gällande utökad geografisk område för cityhubben kunnat simuleras liksom potential att etablera nya cityhubbar. Datamodelleringar såsom modellen är utvecklad inom projektet kräver djupare kunskap om datamodellen, vilket innebär att vi har en fungerande metod för analys och simuleringar men den är inte anpassad för generellt användande av icke experter.

Arbetet i projektet började med att kartlägga befintliga situationen och skapa en jämförelsemodell med den i projektet testade nya lösningen. Det aktuella logistiksystemet inne i city (inre systemet) är nära kopplat till ett yttre system med till- och fråntransporter. Bägge påverkas med den nya logistiklösningen, vilket gjort det svårare att jämföra energibehov och utsläpp före och efter införandet av den nya logistiklösningen.

Det finns god data över både paket- och återvinningsflödena och mätningar har genomförts vid två tillfällen av fordonen i cityhubben, dock finns brister i dessa loggade transportdata vilket innebär att dessa är begränsade men istället säkerställda och jämförda med loggade data över andra perioder för att säkerställa att analyser sker under en normaldag gällande data för både transport-, paket- och återvinningsflödena.

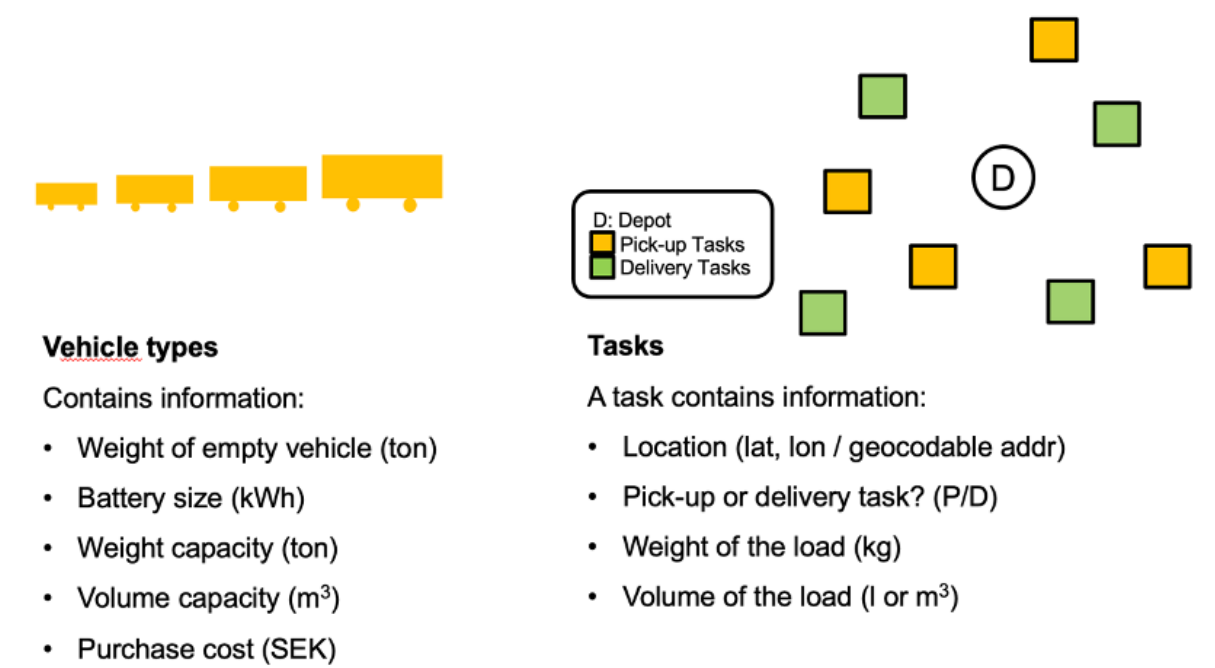
Baserat på de dagar där data har samlats in för baklastaren respektive trailern har genomsnittsvärden använts för att ta fram nyckeltal med hänsyn till transporteffektivitet och energianvändning.

ICL konceptmodellering och optimering

Följande underavsnitt beskriver ICL-modellen som ett applikationsspecifikt ruttoptimeringsproblem i termer av dess indata, utdata och optimeringsmodellen inklusive optimeringsmetodik, mål och begränsningar.

ICL-modellering indata

ICL-modellen för optimering av verksamheten har två typer av indata: möjliga fordonstyper i en fordonsflotta och en uppsättning data (upphämtning och leveranser) som flottan behöver serva. De viktigaste attributen för en fordonstyp är: vikten av det tomma fordonet (ton eller kg), batteristorlek (kWh), lastvikt och volymkapacitet (ton och m³) och inköpskostnad (SEK). De viktigaste attributen för en uppgift är: plats (lat, long eller geokodbar-adress), en boolesk indikator om uppgiften är en hämtning eller leverans (P/D), och uppgiftens vikt och volym (kg och l eller m³). Dessa indata till ICL-modellen visas grafiskt nedan.



Indata i modellen: Fordonsdata, tider och uppgifter om gods/återvinning

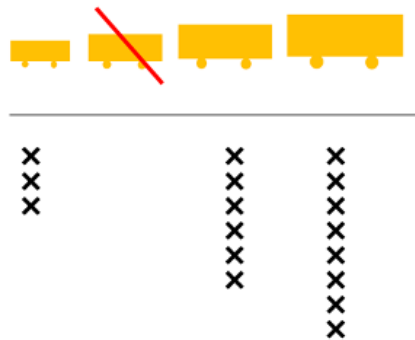
ICL optimeringsmodell funktionalitet och resultat

ICL-modellen för optimering av verksamheten har två typer av resultat: en optimal/optimerad fordonsflotta och en uppsättning planerade rutter för varje fordon med en sekvens av hämtnings- eller leveransuppgifter som ska servas på den givna rutten. Detta är avbildat i figuren nedan. Anmärkningsvärt är att denna bild av de planerade rutterna endast visar sekvensen av unika platser som besökts på rutten, men utdata från modellen är en sekvens av kundplatser som ska besökas på den givna rutten. Denna distinktion är viktig eftersom i verklig verksamhet och i modellen kan flera förpackningar/återvinningskärl eller containrar behöva levereras till/hämtas från en viss kundplats. En plats kan ha flera kunder och en enda kund kan ha både leveranser och pickuper. Det bör också noteras att, precis som i verkligheten, även i ICL-modellen på grund av fordonens räckvidd och lastkapacitetsbegränsningar kan fordon behöva återvända till stadens nav för att tömma den insamlade återvinningen eller ladda om fordonen för nya leveranser. Därför kan ICL-modellen tilldela flera rutter till ett enda fordon om begränsningen för "maximal restid" tillåter detta (se detaljer under "Begränsningar för ICL-modellen"). Med tanke på kostnadsmodellen för fordonen och förarna (detaljerad under "ICL-modellens målfunktion" senare) beaktar ICL-modellen optimering av fordonsflottans sammansättning och

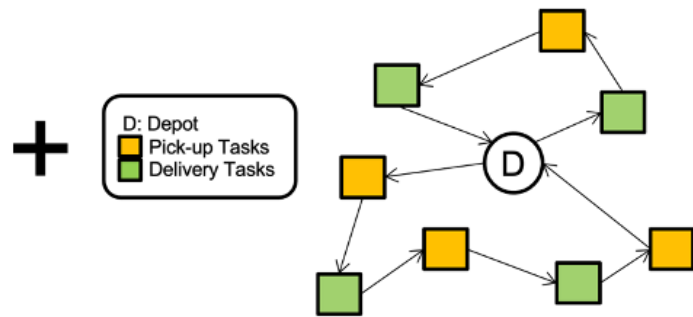
ruttplanerna gemensamt, dvs. en lösning med mer eller en annan uppsättning fordon väljs endast över en tidigare hittad lösning om lösningen med den nya fordonsflottans sammansättning (inklusive rutttilldelningarna) har bättre prestanda när det gäller den objektiva funktionen (se detaljer under "ICL:s målfunktion" modell" senare).

1) Decide fleet configuration

- Choose some/all vehicle types
- Decide number of each vehicle type in fleet



2) Plan vehicle routes



Functionalities 1) and 2) are **jointly addressed**
Finds near-optimal solutions **efficiently**

ICL-modellens resultat: optimerad sammansättning/konfiguration av fordonsflottan och en rutttilldelning för vart och ett av fordonen i flottan.

Kort introduktion av ALNS och optimeringsmodellen

Huvudidé:

Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS) är en berömd variant av Large Neighborhood Search (LNS), som används flitigt för optimering av fordonsdirigeringsproblem (VRP). Olika versioner av VRP tillhör en berömd klass av kombinatoriska optimeringsproblem (kända som NP-hårda problem) till vilka att hitta bevisligen optimala lösningar för ganska stora probleminstanser är beräkningsmässigt svårhanterligt med dagens datorteknik inklusive superdatorer. I synnerhet kan metoder som hittar bevisligen optimala lösningar uttryckas i termer av optimeringsmål och begränsningar som linjära, heltals- och blandade heltalsprogram som kan lösas exakt av lösare. Tiden för att lösa problemen ökar dock exponentiellt med storleken på probleminstansen, vilket i fallet med VRP:erna vanligtvis är i termer av antalet leverans-/upphämtningsuppgifter. För att ge en uppfattning om tillväxten av beräkningstiden som en funktion av probleminstansens storlek, kan dagens persondatorer lösa en ganska komplex VRP-probleminstans med 15 uppgifter på några minuter, men en uppgift med 20 uppgifter skulle sannolikt ta månader eller år. För att lösa VRP-problem med realistisk storlek, återgår lösningarna idag till heuristiska optimeringsmetoder som hittar nästan optimala lösningar inom rimlig tid. ALNS är en metaheuristisk optimeringsmetod som har visat sig vara särskilt användbar för att lösa olika versioner av VRP. Från den initiala lösningen kommer en ALNS-algoritm iterativt att förstöra

och reparera den aktuella problemlösningen för att få en ny lösning. Till exempel, i en iteration, kommer algoritmen att radera (dvs förstöra) vissa uppgifter som ger stora avståndsökningar och sedan infoga (dvs reparera) dessa uppgifter i mer lämpliga fordon och positioner. Den allmänna principen vid utformning av operatörer är att ta bort uppgifter/rutter med dålig prestanda och reparera lösningen till en genomförbar lösning med bra prestanda genom att infoga borttagna uppgifter i mer korrekta positioner.

Det finns flera operatörer för både förstörelse och reparationsåtgärder. Normalt utformar man dessa operatörer enligt intuitioner och tidigare forskning. För varje iteration kommer algoritmen att välja en förstörelseoperatör och en reparationsoperatör. Normalt är en operatör inte alltid effektiv i hela sökprocessen. För att lösa detta registrerar ALNS alla operatörers prestationer under en period och tilldelar dynamiskt möjligheterna att välja operatörer efter deras tidigare prestation. Samtidigt använder den föreslagna algoritmen simulerad glödning för att undvika lokalt optimum. Simulerad glödning undviker att fastna vid ett lokalt optimum genom att utforska sökutrymmet för lösningar genom att med gradvis minskande sannolikhet starta om sökningen efter en optimal lösning från en slumpmässig plats i sökutrymmet även om denna nya plats är sämre än den hittills hittade bästa lösningen.

ICL-modellens målfunktion:

För varje rutt som börjar från och återvänder till depån, beräknas dess objektiva värde som:

$$\text{Objective} = (\text{para.ecofe} * \text{para.eprice} + \text{para.emcofe}) * \text{tonkm} + \text{para.timeCost} * \text{WorkingTime} + \text{para.VV}(\text{VehicleType}) * \text{DrivingTime}$$

Förklaringar av variabler:

- "para.ecofe": parameter för el, [kWh/ton*km]
- "para.pris": pris för el; enheter kr/kWh
- "para.emcofe": parameter för emission, kr/ton*km
- "para.timeCost": parameter för arbetskostnad, kr/min
- "para.VV": den rörliga kostnaden för olika fordonstyper, enhet: kr/min
- WorkingTime = DrivingTime + HandlingTime (dvs. antal hämtnings-/leveransåtgärder på ruten)

Begränsningar för ICL-modellen:

- Maximal viktkapacitet: Lasterna på ett fordon får inte väga mer än fordonets viktkapacitet.
- Maximal volymkapacitet: Volymen av lasterna i ett fordon bör vara mindre än fordonets volymkapacitet.
- Maximal batterikapacitet: Rutten som tilldelas för ett fordon bör ligga inom batteriets räckvidd.

- Maximal restid: En resa kan inte ta mer än en angiven tid, vilken är satt till arbetsdagens längd (8 timmar) minus tiden för sorteringsverksamheten i cityhub (2 timmar).

Maximal flotta (valfritt, om en fast fordonsflotta anges och flottans sammansättning inte är en beslutsparameter): Antalet fordon av varje typ får inte överstiga ett användardefinierat maximalt antal fordon.

Varje begränsning upprätthålls i optimeringen genom att associera ett specifikt fel och straff med överträdelsen av en begränsning som läggs till ruttens objektiva funktion. Specifika värden för begränsningsöverträdelsepåföljder ändrar inte optimeringsmetoden logiskt men kan ge snabbare konvergens till en nästan optimal lösning. Ideala värden för begränsningsstraffen hittas genom att testa flera värden och välja de värden som ger den snabbaste och mest stabila konvergens till den optimala lösningen för små probleminstanser där en optimal lösning kan hittas inom rimlig tid med hjälp av en exakt optimeringsmetod.

I de praktiska testerna av ICL-optimeringsmodellen fann man att upprätthållandet av alla begränsningar leder till alltför lång beräkningstid som krävs för en stabil konvergens till en nästan optimal lösning. Därför modifieras ICL-optimeringsmodellen för att följa de hårda begränsningarna (1) till (4) och begränsningen (5) ändras till en mjuk begränsning med en relativt hög fel-/straffterm. Med denna modifiering av begränsningsupprätthållandet i modellen reduceras beräkningstiderna med ap till en storleksordning och praktiskt taget ingen lösning som hittas överträtts någon av begränsningarna, inklusive mjuk begränsning (5).

Beslutsvariabler för ICL-modellen:

- Hur många fordon av varje fordonstyp ska användas i den optimerade driften?
- Vilka uppgifter utförs för varje fordon? Vad är serviceordern och vägen?

Hur uppnår man CVRP för leveranser och upphämtning "samtidigt"?

ICL-optimeringsmodellen är utformad på ett allmänt sätt för både hämtnings- och leveransuppgifter genom att införa negativa volym- och viktvärden för leveranser som representerar det faktum att tillsats av negativ volym/vikt till lasten ökar den tillgängliga lastkapaciteten för fordonen på rutten. Därför kan man ange både leverans- och hämtningsuppgifter i enlighet med skyltkonventionerna för att optimera den samtidiga servicen av hämtningarna och leveranserna på samma rutt. Naturligtvis kan ICL-optimeringen också användas för att optimera leveranser och hämtningar på separata rutten, men att tillskriva leverans- och hämtningsuppgifterna separat till modellen som två separata optimering (med respekt för teckenkonventionerna för uppgifternas vikter och volymer).

Praktisk modifiering av standard ICL-modellen

Ungefärlig kapacitet för fordonsvolymen med standardstorlekar för papperskorgar

Eftersom en stor del av ICLs verksamhet består av transport av olika typer av återvinningsmaterial i standardstorlekar för rullande kärl (660 liters kärl, 190 liters kärl, etc.) som inte alltid är fulla och inte kan staplas i ett fordon, kommer volymkapaciteterna av fordonen är övre gränsen för volymen av det maximala antalet standardkärlstorlekar som passar en viss fordonstyp. Observera att ICL-verksamheten är mer volym än viktbunden, d.v.s. på alla möjliga vägar (upphämnings- och leveranssekvenser) överskrider ett fordon volymkapacitet före dess viktkapacitet.

Gruppering av uppgifter efter kundplatser

För att göra modelleringen av service-/hanteringstiden för flera uppgifter till samma kundplats korrekt och optimeringshastigheten genom att effektivt minska problemstorleken, grupperas internt under optimeringen flera uppgifter till samma kundplats i en enda uppgift genom att summera de enskilda uppgifternas vikter och volymer. Empiriska utvärderingar av verkliga data har funnit att sådan gruppering 1) minskar problemstorleken med 50 % och 2) probleminstanserna fortfarande är genomförbara i termer av aggregerade uppgiftsvikter/volymer med avseende på fordonskapacitet. Samtidigt har utvärderingarna också visat att i optimerade lösningar de enskilda uppgifterna till samma kundplats praktiskt taget alltid servas av samma fordon på samma sträcka i en batch. Därför förändrar inte grupperingen av uppgifter efter kundplatser kvaliteten / optimaliteten hos lösningarna utan möjliggör en mer realistisk representation av service / hanteringstid (dvs en 5-minuters konstant hanteringstid per kundplats oberoende av antalet individuella uppgifter plus 1 minuts extra hanteringstid per enskild uppgift till samma kundplats).

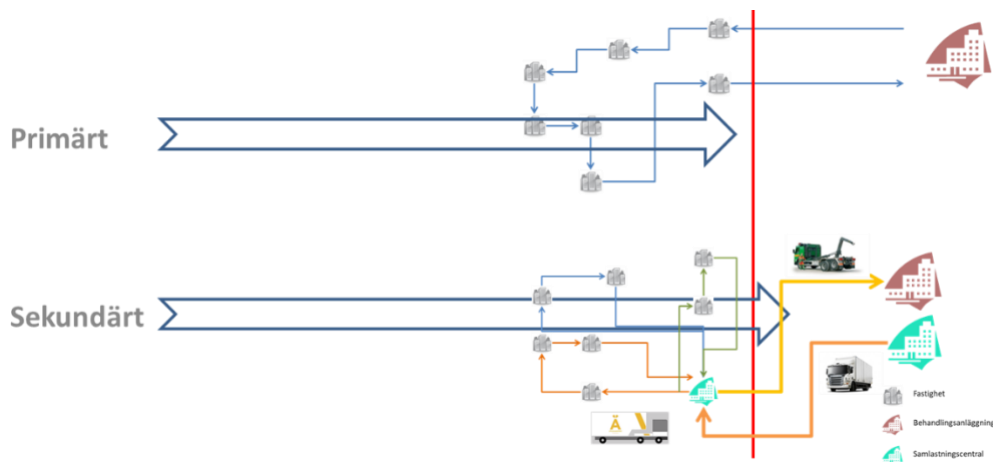
Byte av återvinningskärl

En betydande och icke-standardiserad modifiering av ICL-modellen är representationen av utbyte av återvinningskärl som används i verkliga verksamheter för att samla in en del (inte allt) av återvinningsavfallet. I verksamheten transporteras en del av återvinningen i rullande standardkärl i olika storlekar. För att säkerställa att kunderna kan sortera och placera sitt återvinningsavfall i lämpliga kärl måste varje rullkärl bytas ut mot en motsvarande tom kärl. Dessa byteskrav är markerade i hämtningsuppgiftens inmatning och transporten av de tomma kärlen till kunderna behandlas som en kopplad leverans till samma kund.

4.3.1 Systemanalys

Vid ett tidigt skede i projektet InterCityLog1 projektet identifierades vissa svårigheter i jämförelsen mellan de två logistikuppläggen: före projektet och under projektet. De två rutterna, nuläge och demonstration, är inte exakt lika och därmed ersätts inte hela "före demonstrationen"-rutten utan endast den del av rutten som berör de stadsnära tjänsterna (innanför tullarna). Detta belyses och förklaras i Figur 1 som följer. Med hjälp av en uppdelning av hela transportkedjan i "inre" och "yttre" system kan de två logistik koncepten

jämföras. Därför jämförs inte rutterna direkt mot varandra utan snarare systemupplägg mot systemupplägg med nyckeltalet: kg återvinning/kWh energi för transportarbetet.



Figur 1. Systemanalys för transporterna åskådliggjort med en avgränsande röd linje som skiljer "det inre systemet", transporter lokalt i city, och det yttre systemet, transporter till och från city. Med "Primärt" avses de kortare lokala transporter i den inre avgränsningen och med "Sekundärt" avses transporter på längre avstånd till och från cityområdet.

Kvantitativt utvärderingsramverk

ICL-konceptet kan tänkas som en samling av sammanlänkade åtgärdsåtgärder (för sorteringsåtgärder) som tillsammans ger en effektiv lösning på de växande utmaningarna med distribution av varor i städer. Några av de mest relevanta utmaningarna inkluderar: begränsat leveransutrymme och tidsfönster, osäker leveransarbetsmiljö, trafikstockningar som resulterar i ökade restider och driftskostnader, oförutsägbara servicetider, minskad servicekvalitet, ökade utsläpp av växthusgaser och buller, stress etc. och separerade/okoordinerade fram- och returflöden (linjära i motsats till cirkulära transportflöden) som alltmer blir ett stort problem med tillväxten av e-handel och dess ohållbara konsumentbeteende.

På toppnivå kan logistikverksamheten och åtgärderna delas in i två logistikben: 1) transportflödena mellan gods- och återvinningsterminalerna utanför staden och stadsnav och 2) den sista milen godsdistribution (framåtflöde) och återvinningsinsamling (omvänt/returflöde) mellan stadsnav och kunderna. Åtgärderna möjliggörs generellt av: 1) mer energieffektiva och miljövänliga elfordonsdesigner, 2) delande av logistikresurser (förare, fordon, stadsnav(er)), 3) transportkonsolidering inklusive ruttoptimering av fordonsflottor, och 4) sist men inte minst horisontell samverkan mellan aktörer när det gäller samordnad verksamhet, affärsmodeller och datadelning. Logistikbenen och ICL-måtten i var och en av benen visas i radrubrikerna i tabellen nedan.

I enlighet med projektförslaget är de mest relevanta kvantitativa utvärderingsmått för ICL-verksamheten i dimensionerna energieffektivitet, miljöeffektivitet och kommersiell/företagseffektivitet. Dessutom kan man utvärdera variabiliteten/stabiliteten hos dessa mått under varierande förhållanden, till exempel under tidsmässiga förändringar i mängder och rumsliga mönster av transportefterfrågan i ett givet serviceområde eller i olika geografiska omfattningar, skalor och regioner som har olika bygg- och leveranstider miljöegenskaper och motsvarande efterfrågemönster för transporter. Mätvärdena kan normaliseras av levererade vikter (eller volymer). Föreslagna enheter för de normaliserade måtten är följande: energieffektivitet [kWh/kg], miljöeffektivitet (utsläpp) [CO₂/kg], kommersiell / företagseffektivitet (OPEX) SEK/kg]. Måttet kan också utvärderas i en relativ mening jämfört med Business As Usual-scenariot (BAU) och förändringen i måtten eller effekten av ICL-verksamheten kan uttryckas som en procentuell förändring jämfört med BAU. De föreslagna effektivitetsmåtten och deras normaliserade och relativa enheter visas i kolumnrubriken i tabellen nedan.

Efficiency impact	Logistics leg (subsystem)								
	Terminal - city hub flow (aka secondary or outer system)			Last mile distribution (aka primary or inner system)					
	Action measure								
	Consolidation	BEV/PHEV truck	Off-peak	Small BEV trucks	Sharing of vehicles	Sharing of hub	Sharing of drivers	Route optimization	Sharing of routes
Energy (kWh/kg or %)									
Emission (CO2/kg or %)									
OPEX (SEK/kg or %)									
Variability over time									

Tabell: Teoretisk kvantitativ utvärderingsram för ICL-konceptet: mått i logistikben och effektivitetsmått (KPI) för ICL-verksamheten.

För att ha en djup förståelse av effektivitetseffekterna av ICL-verksamheten skulle man helst vilja utvärdera effektivitetsmått för varje åtgärd och del jämfört med en relevant BAU. Tabell X föreslår ett sådant ramverk för effektivitetsutvärdering. Denna teoretiska ram har dock två praktiska problem. För det första är inte alla åtgärder lätta och meningsfullt separerade när det gäller verksamhet och effekter. Mer konkret är en godtycklig delmängd av åtgärderna antingen omöjlig att implementera i termer av operationer (dvs. vissa åtgärder utesluter inte varandra) eller skulle medföra logistikverksamhet som skiljer sig mycket från nuvarande ICL-verksamhet, och effekterna av individuella åtgärder är ganska svårt att avgränsa. För det andra är ett vettigt val av BAU annorlunda för olika urval av åtgärder. Dessa praktiska problem skulle inte bara överdrivet komplicera utvärderingen av ICL-verksamheten, utan de komplexa resultaten skulle hindra intressenter att få den önskade insikten om effektiviteten i ICL-verksamheten. Därför gjordes i projektet en förenklad kvantitativ analys av ICL-verksamheten enligt följande.

Om det inte är särskilt angivet, förutsätter BAU-verksamheten 1) separat transport av gods (och Round Trip (RT) förflyttning av fordon) mellan godsterminalen som (ofta) är belägen i utkanten av staden och kunderna och 2) den separata transporten av återvinningsmaterialen

(och RT-förflyttning av fordon) mellan återvinningsterminal/anläggning som (ofta) är belägen i utkanten av staden och kunderna. Vidare antar BAU att de två separata transportflödena betjänas av HVO-drivna fordon som traditionellt används för pakettleverans och återvinning av avfallshämtning inom stadslogistik. I synnerhet i fallet med den uppmätta och representativa dagen för ICL-verksamheten skulle paketen levereras med två lätta lastbilar som förbrukar cirka 10 liter HVO per 100 km och släpper ut 1 kg CO₂ per liter och återvinningsavfallet skulle plockas (på grund av det begränsade antalet materialsorteringsfack på återvinningsbilar) på 6 olika vägar av 6 olika lastbilar som var och en kräver 2 personal och förbrukar cirka 30 liter HVO per 100 km. Dessutom, eftersom analysen primärt är fokuserad på effektivitetseffekterna av ruttoptimeringen och delande av ruttåtgärder som i första hand möjliggörs av de delade logistikresurserna (förare, fordon, stadsnav(er)) och konsolidering av framåt-bakåtförflöde som möjliggörs av de horisontella samarbeten mellan logistik tjänsteleverantörerna Bring och Ragn-Sells som inte utvärderades i InterCityLog2-projektet. För dessa fokuserade utvärderingar är baslinjen för utvärderingar av förbättringar/effekter logiskt begränsade till den geografiska omfattningen/området för den sista milen (dvs. innerstaden) och jämförs med värdena för måtvärdena för den aktuella verkliga verksamheten (som serverar framåt och omvända flöden separat med delade logistikresurser där fordonsvägarna är ad-hoc konstruerade av den tysta kunskapen hos leveranspersonalen/förarna) under specifika testperioder.

4.3.2 DATAINSAMLING

Data för nuläget har samlats in via Ragn-Sells affärssystem. Fordon har valts utifrån de som används i dagens produktion i stadsmiljö (delar som inte omfattas av Älskade Stad). Arbetad tid i rutt, mängd insamlad återvinning och data på genomsnittlig drivmedelsförbrukning per timme är nyckeltal som erhållits från Bring respektive Ragn Sells. För in- och uttransporterna har beräkningarna utförts med hjälp av schablonvärden.

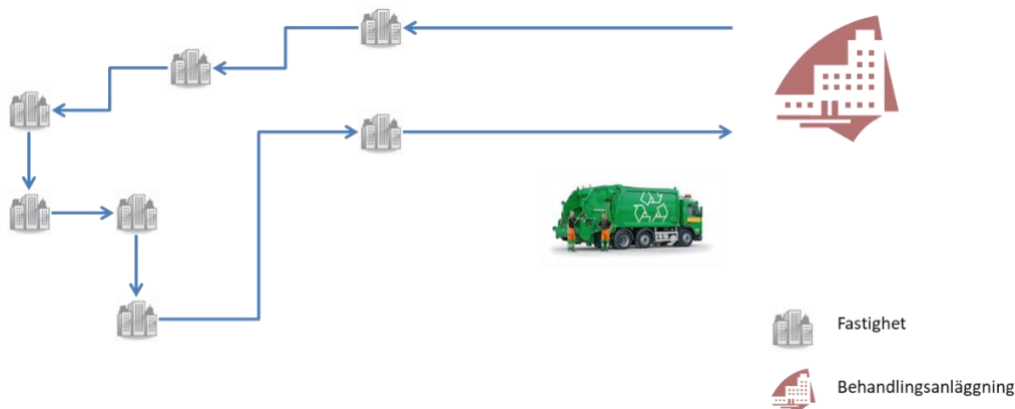
Data för den i projektet nya logistiklösningen har samlats in via energimätare vid laddstationen för elfordonet, arbetade kilometer genom i fordonen placerade loggers, samt återvinningsdata från Ragn-Sells affärssystem som baseras på uppmätta vikter och paketvolym och respektive pakets volym och vikt från Brings system.

4.4 NULÄGE

I nuläget hanteras samtliga delar av rutterna för insamling av återvinning av en s.k. baklastare. Denna baklastare hanterar en till två återvinningsfraktioner av antingen brännbart, wellpapp, plast, metall eller papper. Det innebär i praktiken att flera baklastare krävs betjäna samma kund för att hantera de olika återvinningsfraktionerna vid en enskild fastighet (en baklastare för varje två fraktioner som källsorteras i fastigheten).

Rutterna för insamling av återvinning utgår från behandlingsanläggning och en normal tur hanterar mellan 10 – 15 fastigheter per dag och rutt. På väg in till staden hanteras ett antal fastigheter (utanför tullarna), i staden hanteras majoriteten av fastigheter (innanför tullarna) och på väg ut från staden hanteras resterande fastigheter (utanför tullarna) i planlagd rutt.

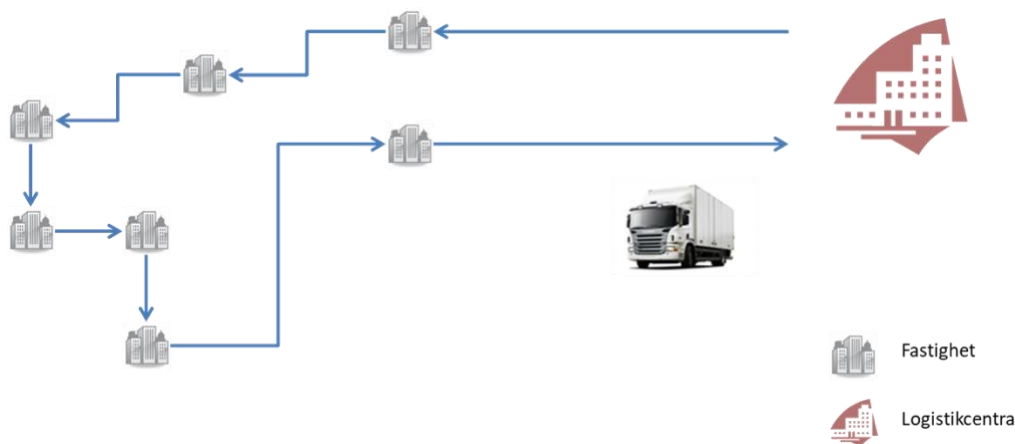
Se figur 2 nedan. När baklastaren startar sin rutt är behållaren tom och när baklastaren avslutar sin rutt är den, i bästa fall, fylld.



Figur 2. Ursprunglig logistikmodell för återvinning före demonstrationen.

Det arbete som idag utförs gällande distribution av Brings paketleveranser motsvarar i traditionell distribution två st 3,5-tons distributionsfordons kapacitet.

När det gäller godsdistribution så är rutterna planerade på liknande sätt. Med skillnaden att distributionsfordonet startar lastad och lämnar staden tömd. Ytterligare skillnad är också att all distribution sker innanför tullarna. Se figur 3 nedan.

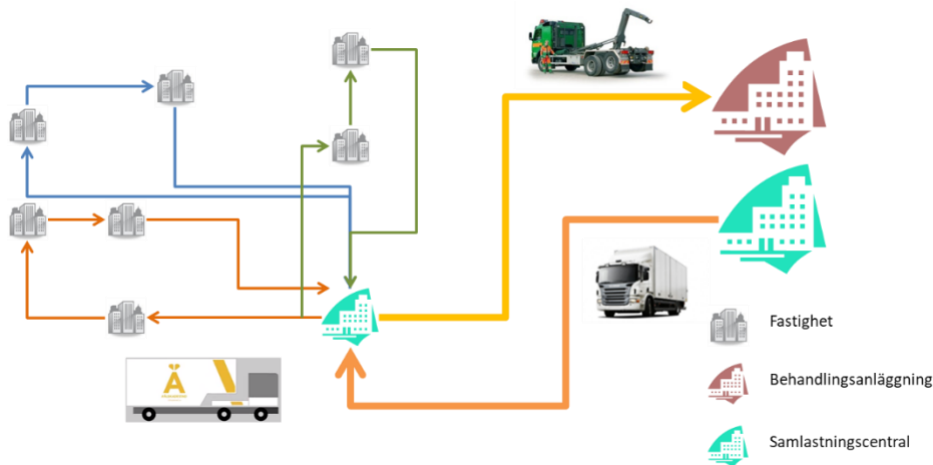


Figur 3. Paketdistribution enligt ursprunglig logistikmodell före demonstrationen.

4.5 PROJEKTETS LOGISTIKLÖSNING

I projektet förändras hela flödets upplägg från grunden. Vi byter ut befintliga fordon, baklastare och distributionslastbil mot ett elfordon med specialanpassad trailer. För att möjliggöra detta logistikupplägg upprättas en liten samlastningscentral, mikroterminal, centralt belägen i Stockholms innerstad vid Klara Zenit. Här samlas återvinningsfraktionerna och godset som kunderna i fastigheterna genererar. I praktiken innebär detta att distributionslastbilen levererar allt sitt paketgodis till mikroterminalen istället för att leverera direkt till kunderna i innerstaden. Eltrailern tar med paketgodis till kunderna i fastigheterna för leverans och när leveransen är genomförd så tar fordonet med

sig återvinningsfraktionerna som genererats. För en grafisk förklaring av flödet, se figur 4 nedan.



Figur 4. Projektets testade logistiklösning med en centralt placerad samlastningscentral som separerar och effektiviserar det inre och yttre transportflödet.

I och med att det logistiska flödet förändras och befintliga fordon byts ut mot eltrailer kan vi samlasta två logistiskt separerade flöden av gods och återvinningsfraktioner.

Målsättningen är att kunna använda mindre elfordon med släpkärra (t.ex. Linde P250) för att åka runt och samla in sopfraktioner från de elva mellanlagringsstationerna till större samlastningscentraler (Zenit, Hötorget och MOOD-garaget). Därefter kommer de s.k. lastväxlarna och hämtar in större mängd komprimerade återvinningsfraktioner från färre antal (tre) inhämtningsställen för transport till behandlingsanläggning.

Vidare finns möjligheter att samlasta paketgods i detta flöde. Vid installation av ett låsbart skåp på fordonet går det att med fördel distribuera t.ex. paket och kontorsmateriel till samma kontorsbyggnad där det ska samlas in återvinning. På detta sätt sammanförs och samlastas två för varandra helt skilda världar av logistikflödet: godsdistribution och återvinningsinsamling.

Distributionsfordonen har idag också begränsningar när det gäller att till exempel utnyttja samma fordon och rutt för samtidig distribution och insamling av återvinningsfraktioner. Med mindre elfordon är det fullt möjligt att samlasta paketgods med flödet av återvinningen. Detta skulle innebära en optimering av fyllnadsgraden över hela ruten.

Översiktlig projektplan

Sustainable Innovation ansvarar för övergripande projektledning och arbetet genomförs i arbetspaket (AP) av samtliga projektpartners:

AP 1: Analys och optimering av godscedjan

Godskedjan kartläggs i traditionell rutt samt rutt med befintlig lösning. Rutter kartläggs och därefter genomförs nulägesmätningar. Data som omfattas; Energi: Diesel (konverteras till kWh), Utsläpp: CO2 ekvivalens, total körsträcka och tid för gods/återvinning rutter (km och min). Analys och koncept för optimering sett till hela godskedjan utarbetas. Arbetet möjliggörs genom att studera befintliga datasystem hos Bring och Ragn-Sells samt att definiera relevanta KPI-er. Ansvarig: KTH

AP 2: Analys och konceptutveckling av nya flöden

Val av fordon och lastbärare utefter lösning som ska demonstreras. Datainsamlingen sker genom tillgång till transportörernas och logistikpartners uppföljningsdata samt att energi/bränsle mäts i fordonen samt under laddning av elfordon. Ansvarig: Sustainable Innovation

AP 3: Demonstrationer

Demonstrationer genomförs av samordning/samlastning av olika gods- och materialflöden, ellastcykel i produktion samt off peak nattdistribution av återvinningsflöden. Dessa koncept kan effektivt demonstreras genom InterCityLogs befintliga infrastruktur och driftsatta produktion. Ansvarig: Ragn Sells

AP 4: Forskning och analys av data

Systemgränserna och mätmetoder förfinas för att analysera samlastning av godsdistribution. Följande forskningsfrågor kommer studeras med hjälp av KPIerna från AP1:

- Energi- och transporteffektivitet (kWh), reduktionen av fossilt bränsle (kWh diesel) samt reduktionen av CO2 (ton). Nyckeltal framtagna i InterCityLog tillämpas: kWh/kg återvinning/gods.
- Klimatpåverkan vid uppskalad implementering.
- Energieffektiviseringspotential med ellastcyklar.
- Beteendeförändringar hos personal/kunder under pilotförsöken.
- Behov av förändringar i policy och regelverk främst lokala trafikföreskrifter.

Ansvarig: KTH

AP 5: Bedömning av energieffektiviseringspotential samt slutrapport

Detta arbetspaket sammanväger resultat och utvärderingar av de analyser och demonstrationer som genomförts i arbetspaketen ovan. Nya nyckeltal tas fram som ska kunna bli användbara verktyg vid t ex upphandlingar av urbana godstransporttjänster. Skrivande av slutrapport till Energimyndigheten. Ansvarig: Sustainable Innovation/KTH

AP 6: Projektledning, kommunikation och resultatspridning

Detta arbetspaket löper parallellt med övriga delar och innefattar projektmöten och avstämnings samt framtagning av kommunikationsplan, seminarier, spridning av resultat. Även vetenskaplig publicering av resultaten eftersträvas. Ansvarig: Sustainable Innovation

4.6 RESULTATREDOVISNING

Intresset för InterCityLog och #ÄLSKADESTAD är stort både nationellt och internationellt. Resultaten har och kommer att uppmärksammas i en rad olika sammanhang. Här följer en lista på exempel:

- C40. Stockholms stad deltog på nätverksworkshop i Wuhan, Kina, i september 2017 och presenterade stadens godsrelaterade arbete med bland annat #ÄLSKADESTAD och InterCityLog.
- EU-kommissionens SUMP Awards 2017. Stockholms stad var en av tre finalister för sitt godsrelaterade arbete med bland annat #ÄLSKADESTAD
- Frevue EU-projekt, London, 2017. Stockholms stad presenterade arbetet med #ÄLSKADESTAD och InterCityLog på slutkonferensen i EU-projektet Frevue i London, juni 2017.
- Studiebesök City of London, 2017. I oktober 2017 tog Stockholms stad emot en delegation med chefstjänstemän och politiker från City of London. Besöket omfattade bland annat en visning av #ÄLSKADESTAD med en presentation av samarbetets aktörer.
- Studiebesök EU-projektet Eccentric, 2017. I september 2017 tog Stockholms stad emot en delegation med tjänstemän från fyra länder kopplat till EU-projektet Eccentric. Besöket omfattade bland annat en visning av #ÄLSKADESTAD med en presentation av samarbetets aktörer.
- Transportforum 2018. Stockholms stad kommer att hålla en presentation om erfarenheter med ett år av kommersiell samlastning inom #ÄLSKADESTAD.
- Transportföretagens hållbarhetspris 2017. #ÄLSKADESTAD tilldelades första pris.
- Seminarium som del av EU-projektet CIVIC
- Regionala miljödagen i Stockholm
- Godsmöte med infrastrukturministern
- EUROCITIES-möte i Lissabon
- Möte med Scania i Södertälje då trafikborgarrådet närvarade
- Besök av infrastrukturministern i samlastningscentralen
- Logistikpodden
- Seminarium i Almedalen
- Godsstrategimöte på näringsdepartementet
- Studiebesök älskade stad av representanter från Europa inom EU-projekt Eccentric
- I stan utan bil - Älskade stad ställer ut som en del av dagsevenemang i Stockholm
- Studiebesök av representanter för strategiska frågor från City of London samt transportföretag
- Klimatpakten och Fossilfritt Sverige Konferens i Blå Hallen
- **Vinnare av Transportföretagens Hållbarhetspris**
- The interCityLog2 project has also been showcased in several external presentations of the Integrated Transport Research Lab at KTH. One recent example of such a showcase on June 29, 2022 was in the form of a 20-minute presentation in the 3rd Circle of Logistics Workshop that was led by VW innovation and partners such as Scania, MAN and TRATOR.

4.6.1 MEDIA

Recycling och Miljöteknik (12/12-17) - De blir finalister på Återvinningsgalan!

Transport idag (20/11-17) - Åtråvärt hållbarhetspris till Älskade stad

[StockholmDirekt.se](http://www.stockholmdirekt.se/nyheter/ramat-for-stockholms-klimatsatsning/repqki!GTtw5oAcqjnxnNNTr@TwA/) (9/11-17) - <http://www.stockholmdirekt.se/nyheter/ramat-for-stockholms-klimatsatsning/repqki!GTtw5oAcqjnxnNNTr@TwA/>

Svensk Åkeritidning (8/11-17) - Hållbarhetspris till Älskade

stad, <http://www.akeritidning.se/svensk-akeritidning/nyheter/2017/10/20/hallbarhetspris-till-samlastningskoncept>

Motor-Magasinet (1/11-17) - Älskade stad är vinnare av Hållbarhetspriset 2017

Entreprenör (20/10-17) - https://www.entreprenor.se/nyheter/klimatsmart-succe-med-gemensamma-transporter_687590.html

Fastighetstidningen (14/4-17): <http://fastighetstidningen.se/samlastning-och-el-trailer-bidrar-till-mindre-trafik-i-city/>

Dagens Handel (20/10-

17): https://www.dagenshandel.se/article/view/562002/initiativet_far_transportforetagens_hallbarhetspris

Dagens Infrastruktur (20/10-17): <http://dagensinfrastruktur.se/alskade-stad-far-transportforetagens-hallbarhetspris/>

Transport och Logistik (20/10-17): <http://www.transportochlogistik.se/20171020/6198/de-vann-hallbarhetspriset-2017>

4.6.2 FILM PRODUCERAD FÖR PROJEKTET

InterCityLog film: <https://youtu.be/ZITGRjTn0Zo>.

4.6.3 NYTTIGGÖRANDE/EXPLOATERING

Ambitionen i InterCityLog var att projektets resultat sammantaget skulle utgöra ett beslutsunderlag för kommersiella aktörer att tillämpa lösningen och dess affärsmodell. Detta har nu skett i Stockholm, Malmö och Oslo.

Intressant är att lösningen varit i kommersiell drift i tre större städer under flera år.

Dock var konceptet i behov av att effektiviseras och skalas upp ytterligare, vilket är vad InterCityLog 2 fokuserat på. Det finns avsevärda möjligheter till effektivisering samtidigt som godset nu omfattas av hela modelleringen och utvärderingen. InterCityLog 2 visar även på potentialen att omfatta större geografisk yta samt att omfatta flera parter och därmed fler typer av material i befintlig produktion och med befintlig transportkapacitet.

För att nå sin fulla potential krävs dock en digitalisering som samordnar de olika aktörernas affärs/logistik-system så att hela produktionen med ruttplanering/optimering, omlastning samt kapacitetsoptimering kan hanteras samordnat. Med en sådan lösning ökar exploateringspotentialen avsevärt till flera materialflöden och flera städer.

5 RESULTAT OCH SLUTSATSER

5.1 GENOMFÖRBARHET - INTERCITYLOG-PROJEKTET SAMT KOMMERSIELL DRIFT

Möjligheterna att genomföra projektets koncept praktiskt har i projektet utvärderats genom en ettårig demonstration inom InterCityLog-projektet och därefter fortlöpande kommersiell drift enligt konceptet.

- En ny lastbärare tillverkats specifikt för projektet och en eltruck från Lindhe köpts in som dragfordon. Dessa är fortsatt i drift enligt InterCityLog-konceptet.



InterCityLog-demonstration under verkliga driftsförhållanden i Stockholm City.

- Samlastningscentralen etablerades i Klara Zenit och Hötorgsgaraget.
- Befintliga komprimatorer med återvinningscontainrar servade av lastväxlare kunde användas för återvinningsflödet.
- Pakethantering etablerades i samlastningscentralen så att paketleveranser från Bring till projektets servade fastigheter avlämnades till samlastningscentralen och vidaretransporterades med projektets eltrailer.

Första steget var att visa att fordon och lastbärare effektivt kunde användas för insamling och "omvänds samlastning" av återvinningsfraktioner i city från kunder till omlastningscentral i Klara Zenit och Hötorgsgaraget där komprimatorer finns.

I ett andra steg utökades demonstrationen till att inkludera även pakethantering i samma cityrutt med projektets eltrailer.

Detta andra steg var InterCityLog-projektets mål och demonstrationen har pågått under alla årstider med gott resultat sett ur de perspektiv som projektet utvärderar och som framkommit av insamlade och analyserade data samt intervjuer. Generellt har eltrailern fungerat smidigt i staden, löst transportarbetet och handhavandet i drift fungerat väl. Det är denna lösning som nu är i kommersiell drift i tre städer (Stockholm, Malmö och Oslo).

Fordonet visar under sin rutt också ett exempel på en bättre stadsmiljö ur perspektiven en levande stad genom att lokala utsläpp och buller undanröjts samt att framkomligheten jämfört med traditionell lösning är väsentligt bättre. Tex kan detta fordon köra ned i garage och distribuera paket och samla in återvinningskärl i hissarna istället för att traditionellt som sopbilar gör ofta stå dubbelparkerad i gaturummet.

Vidare visar sig lösningen personaleffektiv genom att dubbelbemanning ej krävs, något som också innebär en betydande kostnadsbesparing. Detta är en avgörande aspekt när det gäller genomförbarhet och skalbarhet för konceptet i kommersiell konkurrens med traditionella alternativ.

Övergripande projektmål - InterCitylog2-projektet

Projektets övergripande mål att bygga upp kunskap som identifierar outnyttjad potential samt potential för energieffektivisering samt transporteffektivitet har varit i fokus. Arbetet har även omfattat potentialen gällande skalbarhetsmodeller för konceptet geografiskt dvs möjligheten att etablera nya cityhubbar samt öka aktionsradien på befintliga.

Datamodelleringen och verifiering av ingångsvärden och antaganden samt hur modellens uppbyggnad återspeglar produktionen har varit huvudaktiviteten i detta arbete.

Detta uppföljningsprojekt har genomfört en omfattande datamodellering som omfattar hela verksamheten inklusive godset vilket var en brist i föregående projekt.

Resultaten från denna modellering

De allmänna lärdomarna under modellarbetet var följande. Det är utmanande att exakt uppskatta och därmed modellera hur effektivt man kan använda fordonens lastkapacitet. Uppgiften med optimal lastning av fordon är känd som "binpackningsproblemet" i beräknings-/optimeringslitteraturen och är lika utmanande som klassiska kombinatoriska problem som den resande försäljaren eller fordonsdirigeringsproblemet. Dessa uppgifter är ännu mer utmanande när vissa av paketen i lasten har en stel form (dvs en låda) med ibland okänd längd, bredd och höjddimensioner medan annan last har flexibla former (t.ex. säckar) som kan användas lättare för att fylla lastutrymmet. Från de fältbesök som genomfördes under projektet blev det tydligt att fyllnadsgraden för fordonen (även vid avgång från eller ankomst till stadens nav, inte är 100 % och varierar mycket från dag till dag (varor) och rutter. modellen konstruerades så att rutter endast fick använda maximalt 50 % av lastutrymmet i flytande volymenheter (liter eller m³), vilket förklarade det faktum att optimeringsproblem inte kunde lösa problemet med soptunna packning med 100 % fyllningshastighet och 100 % fyllning priser uppnås nästan aldrig i verkliga operationer eftersom last ofta inte kan staplas för högt ovanpå varandra i fordonens lastutrymme. En annan allmän läxa som man har lärt sig är att noggrann modellering av kör- och hanteringstiderna är utmanande. Framför allt verkade modellen med 5 minuter per kundplatsbesök plus 1 minut för varje vara rimlig utifrån de uppskattningar som beräknats

från leveransloggar, men det är tydligt att inte alla kundplatser och inte alla paket är lika när det gäller dockningstider och hanteringstid. Följaktligen kan man generellt säga att avståndsmätningarna av de optimerade rutterna ger en mer realistisk uppskattning av de besparingar och effekter som kan erhållas från ICL-konceptet. Lärdomar relaterade till de faktiska besparingarna i termer av energieffektivitet, utsläppseffektivitet och OPEX-effektivitet för ICL-konceptet rapporteras i detalj i avsnitt 5.4.

Delmål nattleveranser-InterCitylog2-projektet

I det sekundära systemet (transporter till/från cityhubben med material och gods in/ut ur staden) energieffektiviseras och förbättrar samtidigt framkomligheten i staden genom off-peak-transporter/nattleveranser under reglerade former.

De insamlade återvinningsmaterialen samlas i cityhubben och för att fraktioner då det är möjligt komprimerats i komprimatorer i cityhubben och därefter transporteras återvinningsmaterialen ut från city nattetid på lastväxlare till behandlingsanläggningar. Detta har genomförts under projektet och är nu en etablerad process i Älskade Stads produktion.

Även godsflöden skulle kunna styras om till off-peak där man leverera in gods till samlastningscentralen under nattetid. Detta har inte omfattats av projektet.

5.2 ANALYS AV POTENTIALEN

Potentialen med omvänd samlastning av återvinning och godsdistribution i samma rutt med eltrailer beror på många lokala faktorer. I detta avsnitt undersöks några av dessa.

5.2.1 TÄT STADSMILJÖ

Hantering av återvinning och godsdistribution med ett mindre elfordon har fördelar som är som störst i tät stadsmiljö. Delvis beror detta på att större fordon inte har tillgång till vissa fastigheter i samma grad som trailern har. Viktigast är dock det faktum att mindre elfordon som har en lägre hastighet anses bidra till en tryggare och trevligare stadsmiljö. Trailern har en maximal hastighet på ungefär 20 kilometer i timmen, släpper inte ut avgaser och bullrar mycket mindre än en större baklastare.

5.2.2 SAMLASTNING OCH SAMVERKAN ÅTERVINNING- OCH GODSDISTRIBUTIONSFÖRETAG

Ett flertal tidigare forskningsprojekt i Sverige och internationellt har efter genomförd demonstration lagts ned då merkostnaden för omlastning samt kostnaderna för själva omlastningscentralen genom bemanning och hyra av denna inneburit kostnadsökningar som inte någon part varit villig att bära. Denna utmaning har varit känd i konceptutvecklingen och inneburit att affärsmodellen i andra delar i värdekedjan behövt visa vinster som

kompenserar dessa kostnader. Detta har varit den avgörande faktorn för den kommersialisering som skett.

En stor utmaning är att traditionellt hanteras återvinning och godsdistribution som två helt separata flöden som traditionellt inte har någon samverkan med varandra.

5.2.3 IDENTIFIERADE ICL-RESURSNYJJANDE- OCH PROCESSFÖRBÄTRINGSPOTENTIAL

Modellerings- och optimeringsresultaten som presenteras i detalj i avsnitt 5.4 visar att åtgärderna för ruttoptimering och framåtriktad flödeskonsolidering (alias delning av rutter) tillsammans kan spara cirka 5 arbetstimmar (eller cirka 11 %) av arbete som är kopplat till leveranser, hämtning och hantering av varor och återvinning på kundplatserna.

Konsekvensbedömningen av åtgärderna isolerat visar att merparten av besparingarna kommer från sträckningsoptimering. Denna inverkan/effektdominans bör utvärderas ytterligare med fler testperioder innan ruttkonsolideringen förkastas som en ineffektiv åtgärd för att förbättra verksamheten. Det bör också noteras att konsekvensskattningarna också är känsliga för de rese- och handläggningstidskostnadsuppskattningar som modellen använder, vilket har visat sig vara en stor utmaning i modelleringsarbetet.

Fältstudierna har också visat att en stor del av det dagliga arbetet (ca 3-4 arbetstimmar) går åt till att manuellt återställa den implicita och in-the-head-planeringen av leveransvägarna och omlastning. En möjlig förbättring för att eliminera detta tillträdesarbete är att skicka rutterna (för framåtflödet eller de konsoliderade framåt-bakåtflödena till sorteringsmaskinerna på den externa godsterminalen och låta maskinerna sortera paketen baserat på rutterna. Även om detta tekniskt sett skulle vara möjligt operativ personal var skeptisk till hur effektiv denna försortering skulle vara. Särskilt har förarna genom att manuellt sortera och lasta fordonen en mycket god mental bild av pakethantering på den planerade rutten, varav de flesta sannolikt skulle gå förlorade via den automatiserade sorteringen baserad på optimerade rutter vid den externa godsterminalen. Skepsisen för ruttbaserad försortering är ännu högre för konsoliderade framåt-bakåtgående flöden. Icke desto mindre skulle teoretisk ruttbaserad försortering potentiellt kunna eliminera cirka 4 timmars manuell sortering.

Tillsammans är de två identifierade potentialerna cirka 9 arbetstimmar vilket är cirka 20 % av den totala dagliga arbetstiden inklusive manuell sortering och omlastning. Dessa resurser tillsammans med de cirka 24 % besparingar på fordonskilometer som mestadels beror på optimering av vägen skulle kunna innebära att det med samma resurser (förare, fordon, energi, utsläpp, kostnader) finns en outnyttjad potential att tillgodose 20 % mer transportefterfrågan.

5.3 SYNTES AV INTERVJUER AV ANVÄNDARE

För att få en bättre inblick i hur projektet InterCityLog upplevs av de interna aktörerna har fem aktörer som är direkt involverade i projektet intervjuats. Det handlar om fyra aktörer på

Ragn-Sells och en aktör som jobbar på Bring. I följande avsnitt framläggs en syntes av dessa intervjuer.

I allmänhet tycker samtliga intervjupersoner att projektet InterCityLog har gått bra och det finns en positiv stämning. En bidragande faktor till en hög grad av öppenhet mellan Ragn-Sells och Bring är att de företagen inte säljer samma produkt och att de inte konkurrerar med varandra på något sätt.

I början har bägge parter gått igenom en lärandeprocess, där praktiska problem har mötts och där företagen har fått lära sig om varandras arbetskultur. Det faktum att Ragn-Sells anställde en person med erfarenhet inom logistikbranschen underlättade samarbetet i början. Viktiga faktorer som Ragn-Sells skulle anpassa sig efter var en större tidspress och därmed minskad flexibilitet jämfört med vad man var van vid. En annan viktig faktor var godsets värde och hur det ska hanteras av Ragn-Sells.

Intertransporten till Hötorget, där mellanlagringar togs bort, påbörjades redan innan projekts start. Komprimatorn anses vara väldigt mycket mer effektiv än baklastaren, därför att den töms när den är full. Ytterligare effektivitetsökning har åstadkommits genom samarbetet mellan Ragn-Sells och Bring. Syftet med detta samarbete är att minska antalet tomma kilometer så mycket det går.

Positiva sidoeffekter som har nämnts är att fordonet är lugnare och tystare. Fordonet anses inte som lika aggressivt på grund av dess begränsade hastighet på kring 20 km i timmen. Det är lättare att ta sig fram på trånga gator. Fordonet fungerar bra, men räckvidden är begränsad och det finns inga snabbbladdningsmöjligheter. Bakgavellyften har inget varningssystem och har ett eget batteri som ibland laddas ur, vilket har mycket negativa konsekvenser för dagens effektivitet. Bättre prestanda önskas för att möjliggöra lite längre avstånd såsom från och till Gamla Stan.

I den närmaste framtiden kommer samarbetet att utöka genom att nya områden kommer att tas i bruk. Gamla Stan kommer att betjänas från och med februari 2018, i början från och till samma samlastningscentral som används i nuvarande situation. Tillväxt av systemet anses vara begränsat på grund av samlastningscentralens utrymme. Både garaget och lastkajen har en begränsad yta som anses vara en begränsande faktor för en utökning av mängden paket. En annan begränsning som har upplevts är att paketen kommer in ganska sent. Fler paket skulle kunna lämnas ifall de skulle lämnas till samlastningscentralen tidigare på dagen. Det visar sig dock svårt att realisera på kort sikt.

Angående uppskalning av projektet till andra typer av områden så är det tydligt att det inte finns en standardlösning. I vissa områden anses liknande lösningar fungera bra, till exempel Hammarby Sjöstad har nämnts och även Norra Djurgårdsstaden. Det är lite oklart om lösningen skulle fungera lika väl i förorter. Först och främst behövs i så fall ett annat fordon som klarar av högre hastigheter. För det andra så har Bring yttrat bekymmer kring huruvida de kan använda deras nuvarande nätverkstänk. I mer glesbebyggda urbana områden skulle

Bring vilja kombinera hämtning och lämning av gods, medan Ragn-Sells skulle föredra att lämna gods och hämta återvinningsmaterial. Just i city fungerar upplägget väl på grund av bland annat framkomlighetsproblemen. De städer som tillkommit använder liknande fordon som i Stockholm City men ändå specialanpassade för de unika förutsättningarna tex i Oslo.

Möjligheterna för maximala effekter av samarbetet skulle kunna uppnås ifall en digitalisering skulle ske som kan hantera de två flödena gemensamt. Just nu finns inte sådan ett gemensamt system. Skulle Ragn-Sells veta vilka paket som ska köras ut en bestämd dag på förhand skulle planeringen för Ragn-Sells kunna integreras på ett helt annat sätt. I nuvarande situation får inte Ragn-Sells någon information om dagens paket innan paketen kommer fram till samlastningscentralen. Även digitaliserade återvinningskärl anses kunna öka effektiviteten ytterligare.

5.4 ANALYS AV TRANSPORT-EFFEKTIVITETEN

Fem olika fordon användes i experimentet. Typerna av fordon och deras relaterade attribut visas i tabellen nedan. Experimentet genomfördes från 15 december till 23 december 2021.

Vehicle type	Vehicle Weight (kg)	Cargo Volume (m3)	Cargo Weight (kg)	Energy use (kWh/hr)
Big Truck	2000	5280	2000	22
Small Truck	1400	3300	1250	20
700111	1400	3300	1250	20
704002	1200	2640	1000	18
704602	1000	1980	750	16

För att beräkna energianvändning, CO2-utsläpp och OPEX görs följande antaganden:

Cost variable	value	unit
Energy use of big electric truck	22	kWh/hr
gram CO2-ekvivalenter per kWh	13	kWh
Cost per hour (vehicle + 2 person)	1100	Sek / hr

Effektivitetseffekter av ruttoptimering

Som beskrivs i avsnittet om kvantitativ utvärderingsram, utfördes experiment för att utvärdera effekten av ruttoptimering. Effektiviteten av uppmätt kontra ruttoptimerad för

leverans- och upphämningsflödet beräknas och rapporteras separat. Nyckeltalen finns representerade i tabellen nedan:

Efficiency impacts of route optimization										
	Pickup					Delivery				
	volume(m3)	weight(kg)	km	time(hrs)	fleet usage (km)	volume(m3)	weight(kg)	km	time(hrs)	fleet usage (km)
Baseline - BAU	87806	4445	86	30,13	0*0*27*28*31	10745	1156	19	10,70	7*8*0*0*0
ICL Optimized Model	87806	4445	63	26,10	58,50*0*4,49*0*0	10745	1156	17,65	10,32	8,27*0*9,72*0*0
Percent reduction			26,74	13,37				7,11	3,55	

För baslinjen eller business as usual (BAU) registrerades en vägmätarebaserad mätning för de avstånd som tillryggalagts av varje typ av fordon. Förarna rapporterade också om drifttiden med hjälp av google-formulären. Vikten och volymen för pickupuppgifterna var 4445 kg respektive 87806 m3. Vad gäller leveranserna var vikten och volymen 1156 kg respektive 10745m3. I verkliga operationer, för pickuperna, användes en flotta på tre fordon (700111, 704002 och 704602) för att slutföra operationen på 30,13 timmar efter att ha rest totalt 86 km. Den ICL-optimerade modellen för ruttoptimering modellerade samma operation med olika fordon (Big truck och 700111) för att vara klar på 26,10 timmar medan den reste totalt 63 km. Detta innebär en minskning med 26,74 % i tillryggalagd sträcka och 13,37 % i tid. När det gäller leveranserna var den procentuella minskningen av avståndet 7,11 % (19 km uppmätt mot 17,67 km optimeringsmodell) och den procentuella minskningen i tid var 3,55 % (10,70 h uppmätt vs 10,32 h optimeringsmodell).

Den totala påverkan beräknades också för operationen och de data som är relaterade till den visas i tabellen nedan:

Efficiency impacts of route optimization								
	Overall							
	volume(m3)	weight(kg)	km	time(hrs)	fleet usage (km)	Energy use (kWh / kg)	Emissions(CO2/kg)	OPEX (SEK/kg)
Baseline - BAU	98551	5601	105	40,83	7*8*27*28*31	0,1365	1,775	8,02
ICL Optimized Model	98551	5601	81	36,42	66,78*0*14,21*0*0	0,1408	1,830	7,15
Percent reduction			23,19	10,80		-3,13	-3,13	10,80

Totalt sett är den procentuella minskningen av avståndet 23,19 % (105 km vs 81 km) och den procentuella minskningen i tid är 10,8 % (från 40,83 till 36,42 timmar). Det är viktigt att notera att den procentuella minskningen av energianvändningen och CO2-utsläppen är något negativ på grund av användningen av större fordon i optimeringsmodellen. Det finns dock en ökning med 10,8% i OPEX som går från 8,02 SEK/kg i verkligheten till 7,15 SEK/kg i den optimerade modellen.

Effektivitetseffekter av ruttdelning alias framåt-bakåt flödeskonsolidering + ruttoptimering

En annan uppsättning experiment genomfördes för att utvärdera effekten av ruttdelning, även kallat framåt-bakåt flödeskonsolidering tillsammans med ruttoptimeringen. Samma fem olika fordon användes i experimentet. Detta är fallet när samma rutt användes för både hämtning och leverans. Effektiviteten för uppmätt kontra konsolidering + ruttoptimering för leverans- och upphämningsflödet presenteras i tabellen nedan:

Efficiency impacts of route sharing aka forward-reverse flow consolidation + Route optimization								
	Overall							
	volume(m3)	weight(kg)	km	time(hrs)	fleet usage (km)	Energy use (kWh / kg)	Emissions(CO2/kg)	OPEX (SEK/kg)
Baseline - BAU	98551	5601	101	40,83	7*8*27*28*31	0,1365	1,775	8,02
ICL Optimized Model	98551	5601	77	35,98	54,72*9,68*0*0*12,59	0,1334	1,734	7,07
Percent reduction			23,76	11,88		2,29	2,29	11,88

The same baseline was used as in the previous experiment where there is no route optimization, and the deliveries and packages are handled separately. The ICL optimized model for consolidation and the route optimization model used three different vehicles (Big truck, Small truck and 704602) to complete the operation in a total of 35,98 hours while traveling a total of 77 km. This means a reduction of 23,19% in distance traveled and 10,38% in time. Contrary to the previous case, there is a 2,29 % positive percentage reduction in the energy use and CO2 emissions. There is also an increase of 11,88% in the OPEX moving from 8,02 SEK/kg in reality to 7,07 SEK/kg in the optimized model.

Effektivitetseffekter av ruttdelning, alias endast framåt-bakåt flödeskonsolidering

Det är viktigt att beräkna effekten av att endast använda ruttkonsolidering. Inga nya experiment utfördes för denna beräkning, istället antogs baslinjen -BAU vara värdena för ruttoptimering. Denna baslinje antas ta bort effekterna av ruttoptimering. Effektiviteten av endast flödeskonsolidering för leverans- och upphämningsflödet presenteras i tabellen nedan.

Efficiency impacts of route sharing aka forward-reverse flow consolidation								
	Overall							
	volume(m3)	weight(kg)	km	time(hrs)	fleet usage (km)	Energy use (kWh / kg)	Emissions(CO2/kg)	OPEX (SEK/kg)
Baseline - BAU	98551	5601	81	36,42	66,78*0*14,21*0*0	0,1408	1,830	7,15
ICL Optimized Model	98551	5601	77	35,98	54,72*9,68*0*0*12,59	0,1334	1,734	7,07
Percent reduction			4,53	1,21		5,25	5,25	1,21

När det gäller tillryggalagd sträcka är det en minskning med 4,53 % och i termer av tid är det endast 1,21 % minskning. På samma sätt finns det endast en positiv procentuell minskning av energianvändningen och koldioxidutsläppen med 5,25 %. Det finns också en minimal ökning på 1,21 % i OPEX som går från 7,15 SEK/kg till 7,07 SEK/kg i scenariot med endast flödeskonsolidering.

Kartan visar en optimal rutt för flödeskonsolidering för ett av fordonen. Information om spenderad tid(minuter) och laddad volym på en viss plats visas också. Det var 8 leveranser och 4 hämtningar på rutten.



5.5 ENERGIBESPARINGSPOTENTIAL VID UPPSKALNING

Hur stor är då potentialen till energibesparing vid en storskalig implementering om man ser till en stad, ett län eller hela riket?

Om man utgår från mängden återvinning som hanteras kan detta uppskattas.

Enligt Naturvårdverket genererade svenska hushåll 4,2 miljoner ton återvinning år 2014, omräknat blir det 430kg/person och år [10].

Enligt statistik från Stockholms stad [11], så bor det (sista dec 2016) ca 235 00 personer i den täta innerstaden och 935 000 personer i kommunen som helhet.

Enligt SCB statistik bor 8,7 miljoner personer i tätorter (större än 200pers).

Maximal Energibesparingspotential, hela Sverige: $111\text{kWh/ton återvinning} \times 4\,200\,000\text{ ton återvinning/år} = 466\,200\,000\text{ kWh} = 466,2\text{ GWh/år}$ besparingspotential. Det ger en fingervisning om att potentialen är stor. Dock är den analysen relativt orimlig eftersom konceptets energibesparing beräknats för en storstad med de sträckor och den befolkningstäthet som det inbegriper.

En rimligare bedömning fås om man betraktar hela Stockholm stad. Det ger att 935 000 personer som genererar 430kg återvinning/person och år ger en total återvinningsmängd om 402 050 ton/år. Det i projektet testade logistikkoncept skulle då ha en energibesparingspotential om $111\text{kWh/ton} \times 402\,050\text{ ton/år} = 44,6\text{ GWh/år}$ baserat på återvinningsmängden för privatpersoner.

För Stockholms innerstad är motsvarande siffra för energibesparingspotential 11,2 GWh/år baserat på återvinningsmängden för privatpersoner.

5.6 KONCEPTUTVECKLING – MÖJLIG FORTSÄTTNING INOM PROGRAMMET

Projektets demonstration och analys av energi och ekonomi samt sekundära effekter som undanröjande av lokala utsläpp och buller samt framförallt demonstrationens kommersiella utveckling som nu är i drift i Stockholm, Malmö och Oslo under konceptet "Älskade Stad" och "Älskade By" visar att konceptet idag är kommersiellt realiserat.

Analyserna visar också att betydande utvecklingsmöjligheter finns för att uppnå väsentligt större nyttor och transporteffektivitet i den täta staden.

- 1) IT-stöd för fler aktörer och materialflöden. Idag sker detta manuellt med Excel-kalkyl vilket fungerar i liten skala men för en bredare implementation krävs IT-stöd där distributörernas värld möter återvinningsindustrin och nya aktörers materialflöden. Modelleringen och analyserna i InterCityLog2 visar på god kapacitet att omfatta mer material i befintlig produktion med befintlig kapacitet, men samordnat IT-stöd krävs för sådan produktion.
- 2) Den geografiska aktionsradien kan utökas baserat på att kapaciteten i dagens produktion och resurser i form av elfordon inte nyttjas fullt ut. Simuleringsverktygen kan användas för att göra bedömningar för hur mycket den geografiska ytan kan ökas från respektive cityhub. Detta varierar kraftigt då förutsättningarna i varje stadsdel är unika gällande bebyggelsen, framkomligheten och volymerna material, varför simulering är nödvändig och till exempel skulle kunna tillämpas i nytt projekt då Posten Norge ska övergå från central stor cityhub till flera småhubbar.
- 3) Affärs- och samverkansmodeller behöver utvecklas för fler aktörer och även för hur kostnader samt samordningsvinster för hubb-driften och produktionen fördelas i en skalbar modell.
- 4) IoT-lösningar i återvinningskärl. I branschen pågår utredning av hur stor effektivisering IoT-sensorer i återvinningskärl kan innebära. Tal på upp till 50% nämns. I just InterCityLog är vinsten stor att inför rutt få information om vilka kärl som är halvtomma och kan tas nästkommande dag. Dels kan rutten optimeras och pakethantering med krav på snabb leveranstid prioriteras, dels kan fyllnadsgraden i eltrailern optimeras om endast nästan fulla kärl tas med.
- 5) Vidareutveckling av eltrailern och fler eltrailers. Demonstrationen har indikerat på behov av mindre och ännu smidigare eltrailers. Vidare möjliggör flera eltrailers i en större del i en stad även en utvärdering av skalbarhetspotentialen med InterCityLog genom att detta projekts problem med systemgränserna före och under demonstration kan minimeras.

5.7 DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Energieffektivitet

Energieffektiviteten av ett system, InterCityLog, där en baklastare ersätts av ett mindre elfordon, en samlastningscentral och en lastväxlare är högre. Det beror dels på att elfordonet har en högre energieffektivitet för inre slingan och dels har lastväxlaren på grund av dess högre fyllnadsgrad också en högre energieffektivitet. Dessutom har paketleverans lagts till. Även godsdistributionen har blivit mer effektiv genom att Bring-lastbilen endast kör till samlastningscentralen (och tar med sig återvinningsmaterial tillbaka) varifrån godset distribueras under samma rutt som eltrailern samlar in återvinning. En positiv effekt som är säker är att färre stora fordon behöver ta sig in till Stockholm City för att leverera paket vilket bidrar till en tryggare och mer levande stadsmiljö med minimalt buller, bättre framkomlighet samt nollutsläpp.

Samarbetet

De interna aktörerna har hittat ett bra arbetssätt och har utökat samarbetet med ytterligare geografiska områden såsom Malmö och Oslo, i det senare fallet är rollerna är omvända genom att Posten Norge står för fordon och personal för rutterna. Det finns bra kommunikation mellan Bring och Ragn-Sells och eventuella problem kan lösas på ett bra sätt. Traditionell har återvinning och godsdistribution inte samverkat och inte heller de olika transportföretagen i större utsträckning. Av dessa skäl var det under en längre tid i projektet svårigheter att hitta en samverkanspart innan avtalet med Bring kom till stånd. Under projektets gång har dock detta börjat förändras varför vi kan se nya möjligheter till effektivisering framförallt inom sista milens distribution.

Legala hinder

De lokala trafikföreskrifterna i Stockholm Stad innebär att fordonet inte är berättigat att parkera i lastzonerna i Stockholm City därför att den lätta el-trailern inte är registrerad som en tung lastbil. El-trailern är inte registrerad som fordon utan arbetsredskap. Finns tillägsskylt för tunga fordon, över 3,5 ton, så får el-trailern inte stå där. Detta är innebär en diskriminering av ett mindre effektivt distributionsfordon.

Framkomlighet

Intervjustudien visar att trailern har förhållandevis bra framkomlighet därför att den är mindre och därmed fungerar bättre i tät stadsmiljö. Användning av mindre fordon såsom eltrailern kan även påverka framkomligheten positivt när trängseln är stor tack vare fordonets mindre storlek.

Vinterunderhåll

Generellt är vinterunderhåll viktigt för fordonsflottor av yt- och energieffektiva lättare elfordon i staden. Specifikt för eltrailern i InterCityLog har inga problem rapporterats med hänsyn till användandet under vintern. Varken väglaget eller räckvidden har ställt till problem. Problem på grund av kraftigt snöfall är väldigt lika för eltrailern som för övriga fordon i Stockholm City.

Säkerhet – Terrorism

Demonstrationen pågick i de delar av Stockholm City som drabbades av en terroristattack. Denna händelse väckte frågan om säkerhet och möjligheter att minska riskerna för befolkningen vid situationer av detta slag. Betydande fördelar för InterCityLog-lösningen är fordonets storlek i kombination med fartbegränsningen (20 km/h) väsentligt reducerar den potentiella skadan i händelse av kapning av fordonet. Dock är fordonet tystare vilket kan innebära en nackdel. Fördelar är att fordonet går att springa ifatt och förarhytten har lågt insteg. Vidare då fordonet ofta parkeras i garage under lastning/lossning under rutt minskar risken för kapning.

6 REKOMMENDATIONER

Baserat på resultat och kommersialisering kan det konkluderas att InterCityLog-projekten anses vara ett framgångsrikt projekt s. Konceptet kommer att användas i nya områden framöver, vilket förstärker samarbetet mellan Ragn-Sells, Bring och Vasakronan. Baserat på projektets lärdomar kan det rekommenderas att få in resurser från logistikbranschen när framtida samarbetsprojekt mellan återvinningshantering och godsdistribution planeras. Det visade sig vara en kritisk framgångsfaktor att ha med sig kunskap om logistik när projektet började. Olika arbetskulturer möter varandra som måste få förståelse för varandras utmaningar och förutsättningar.

För det andra rekommenderas det att få en bra förståelse av dagsläget då nya områden väljs för framtida samlastningsprojekt. Detta koncept är utvecklat specifikt för mycket tät citymiljö och är framförallt överförbart i motsvarande miljöer. Även i dessa har det i projektet framkommit att eltrailers i olika varianter kan behövas.

En framgångsfaktor är att skapa samarbeten under gemensamma koncept, som i exemplet "Älskade Stad", som enar parterna kring ett syfte och där samverkansprojektets varumärke förs fram. Detta möjliggör även för fler parter att samverka vilket nyligen även sker på liknande sätt inom andra delar av sista milens distribution.

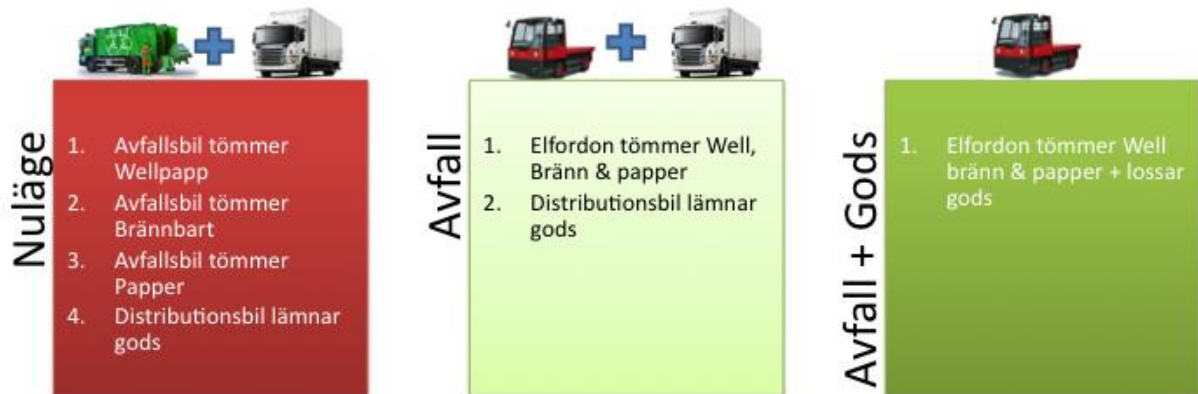
Bättre samordning mellan gods och återvinning kan uppnås med ett gemensamt digitalt system. Digitalisering är avgörande för att de positiva effekterna av ett sådant samarbete kan utnyttjas och är en förutsättning för expansion både geografiskt samt med nya materialflöden och partners, något som skulle vara gynnsamt för konstnadsfördelningen inom konceptet. I detta sammanhang bör även affärsmodellen utvecklas.

Till sist rekommenderar vi att upphandling av gods och återvinning bör ta med nyckeltal för energieffektivitet. Detta kan tex vara energiförbrukning (kWh) per insamlad vikt (kg) återvinning och distribuerad vikt (kg) gods. Energieffektiviteten stimulerar lösningar som även är transporteffektiva på annat sätt såsom samlastning, elfordon och inte minst innovativa lösningar mellan godsdistributions- och återvinningsbranscherna.

7 REFERENSER

- [1] Dablanc L (2007) Goods transport in large European cities: Difficult to organize, difficult to modernize, Transportation Research Part A 41, 2007
- [2] O.Jonsson, K. Nilsson, och B. Östlund, (2009), Strategisk hantering av varudistribution i tätort– Litteraturstudie, Vägverket och Uppsala kommun 2009:68, ISSN: 1401-9612
- [3] Forum för innovation inom Transportsektorn (2014) Färdplan för Citylogistik – urbana godstransporter i städer.
- [4] <https://cloudfront.escholarship.org/dist/prd/content/qt4x89p485/qt4x89p485.pdf>
- [5] Slack,B., Comtois C., pp 339-351, Handbook of Logistics and Supply Chain Management, Eds. Brewer, A. et al, Pergamon, 2001
- [6] www.elcidis.org
- [7] <http://civitas.eu/eccentric>
- [8] http://civitas.eu/sites/default/files/20120703_civitas_freight_measures_evaluation.pdf
- [9] Energimyndigheten, Rapport Bränslen 2016, <https://energimyndigheten.sw2m.se/FolderContents.mvc/Download?ResourceId=5675%5d%5d>
- [10] <http://www.naturvardsverket.se/Sa-mar-miljon/Mark/Avfall/>
- [11] <http://statistik.stockholm.se/detaljerad-statistik>

Koncept och utmaningar



Projektets ansats är att samordna både återvinning och gods under en transport. Detta är möjligt genom samsyn mellan de olika aktörerna gällande både återvinningen och godstransporterna, något som projektets parter Ragn-Sells och LTU AB har utarbetat tillsammans logistikföretagen. Även mindre fordon och de nya lastbärare som utvecklas i projektet är nödvändiga för lösningen. Lastbärarna byggs på befintliga grundkomponenter, men anpassas för denna uppgift.

Förutsättningarna är goda i och med att stora lastbilar är dyra per timme och är ineffektiva i transportarbetet i city, nya lösningar krävs. Affärsmodellen bygger på att leverantörerna syr ihop transportkedjan med totalt hög rutteffektivitet och fyllnadsgrad, bland annat genom "omvänd samdistribution" av återvinningsfraktionerna. Flera kunder och fraktioner i returflödet per transport ger hög fyllnadsgrad och få transporter.

Utmaningar

Säkerhet och arbetsmiljö är ett område som innebär hänsynstaganden och utmaningar:

- Bakgavellyft för godset som ger god arbetsmiljöhänsyn.
- Saktgående fordon, begränsas till 30 km/h.
- Installerar backkameror för gågator.
- Underkörningsskydd, täckta sidor.

Att köra gods och återvinning samtidigt har inte tidigare testats. En utmaning är kundacceptans. Vi arbetar på en öppen marknad, kunderna behöver övertygas. Dock ser kunderna Ragn-Sells som en pålitlig leverantör och kundrelationerna är goda samtidigt som kunderna inte ser någon förändring i sin ända av hanteringen. De vinner också en möjlighet till profilering av resurssnåla transporter till sin verksamhet.

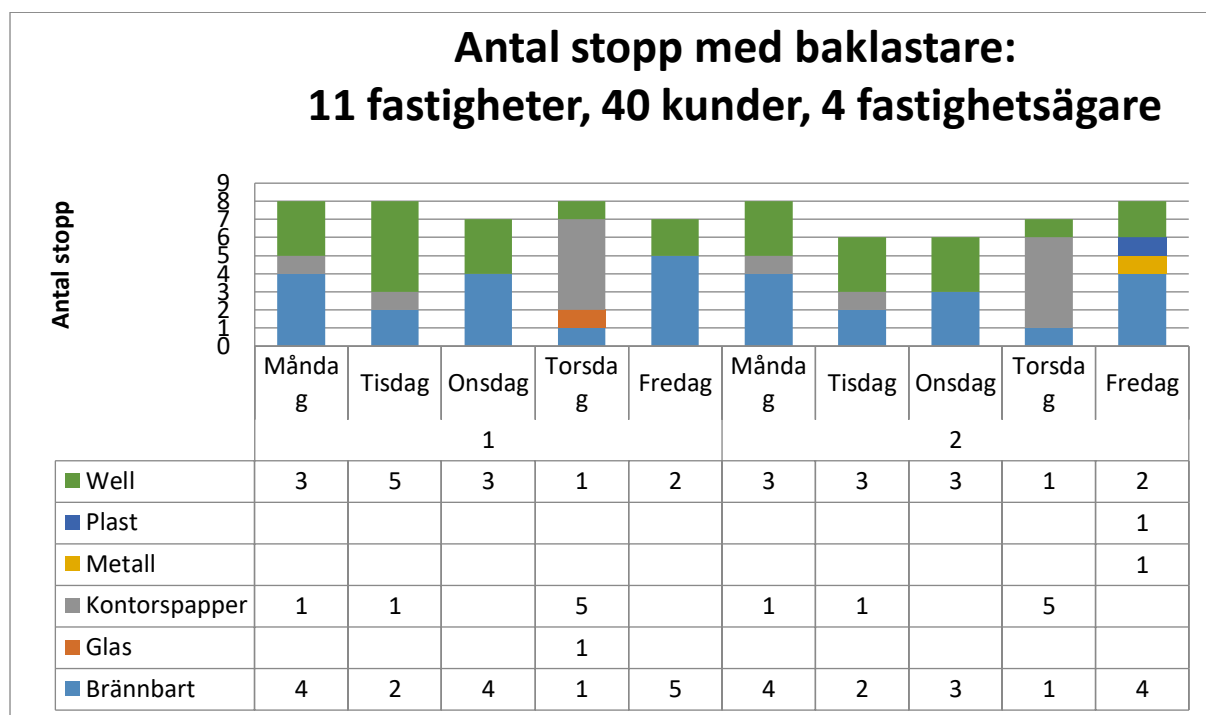
En ytterligare utmaning är att hitta rätt typ av fordon som erbjuder bästa effektivitet baserat på framkomlighet och lastkapacitet. För bästa resultat kommer en ny typ av lastbärare byggas. Grunden är befintliga komponenter som kombineras på nytt sätt. Här är påbyggnationen en utmaning, höjden i garage är dimensionerande och lastbäraren behöver passa alla uppdrag och förhållanden.

Vi kan inte samtidigt hantera livsmedelsleveranser och återvinning, här finns reglering enligt lag.

Att hitta rätt typ av fordon som ger bästa effektivitet, baserat på framkomlighet och lastkapacitet för aktuella uppdrag, är också en utmaning.

Laddning av elfordonen sker normalt under natten, vilket är fullt tillräckligt vid nuvarande driftsfall. Vid utökad drift kan byte av batteripack krävas alternativt snabbladdning.

Beskrivning av fordonsrörelser och energieffektivisering



Bilden ovan visar antalet stopp med baklastare, "sopbil", som sker idag inom området där demon är tänkt att genomföras. Rutten utförs av 5 - 6 baklastare som var och en hanterar en eller två av följande fraktioner (brännbart, wellpapp, kontorspapp, glas, metall och plast) per rutt. Detta innebär totalt 37 stopp per vecka med baklastare.

Till detta kommer godstransporterna som idag sker utan samordning där projektets demo hanterar till exempel kontorsmateriel och annan förbrukningsmateriel, vilket reducerar både transportsträckor och transporterna med lastbilar och skåpbilar.

Effektiviseringen bygger på tre delar:

- Minskade körsträckor genom omvänd samdistribution för återvinning. 37 stopp vid elva (11) adresser i City med baklastare ersätts med radikalt färre stopp, antagande är 26 stopp, vid två samlastningscentraler, Zenit eller Hötorget. Detta innebär en effektivisering med ca 30 %.
- Reduktion av godstransporter genom att varuleveranser sker samordnat med återvinningen. Godsleveranser av de varor som sker genom samordningen bedöms stå för ca 10 % av totala godsleveranserna till aktuella kunder och blir genom projektet InterCityLog bortrationaliserade.

- Mindre fordon med eldrivlina ger en högre energieffektivitet per km i citytrafiken. En baklastare eller lastbil drar ca 5 liter (MK1 5 % RME: 9,77 kWh källa Energimyndigheten) diesel per timme, vilket per rutt och samtliga fraktioner (1 tim 15 min) innebär 6,25 liter diesel motsvarande ca 61 kWh. Med elfordon blir motsvarande energiförbrukning ca 22 kWh/timme, vilket per rutt innebär ca 27,5 kWh. En effektivisering sker med drygt 50 %.
- Den sammantagna effektiviseringspotentialen bedöms till 65-70 %.

Bilaga 3

Underlag för konceptutveckling

InterCityLog

Underlag för konceptutveckling

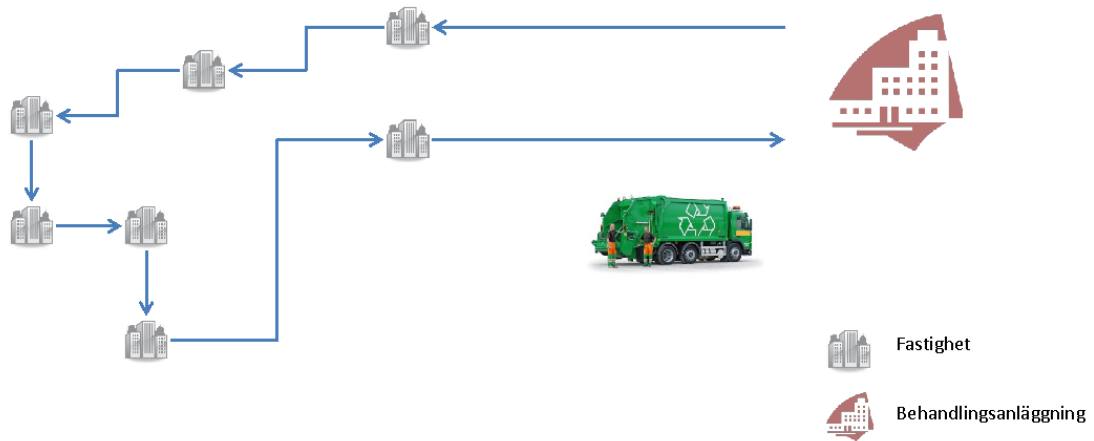
2017-12-29



1

InterCityLog

Nuläget – Exempel 1, processkarta för baklastaren

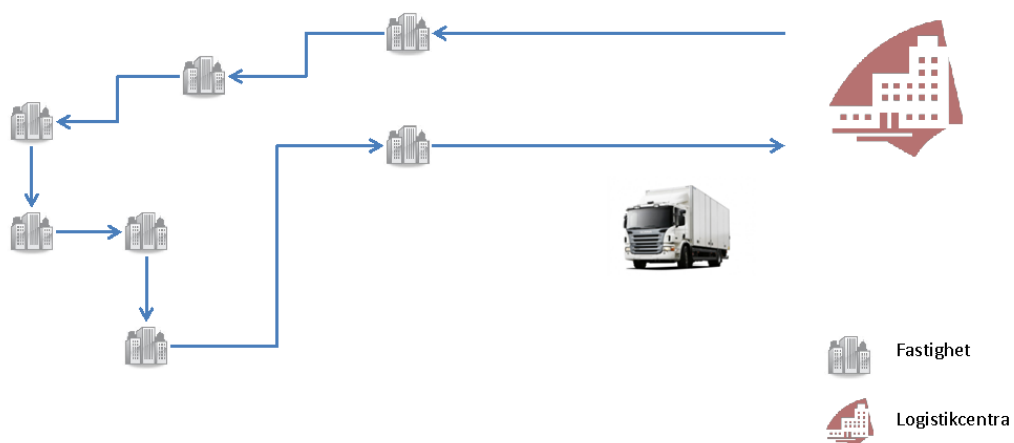


2017-12-29

3

InterCityLog

Nuläget – Exempel 2, processkarta för godsdistribution

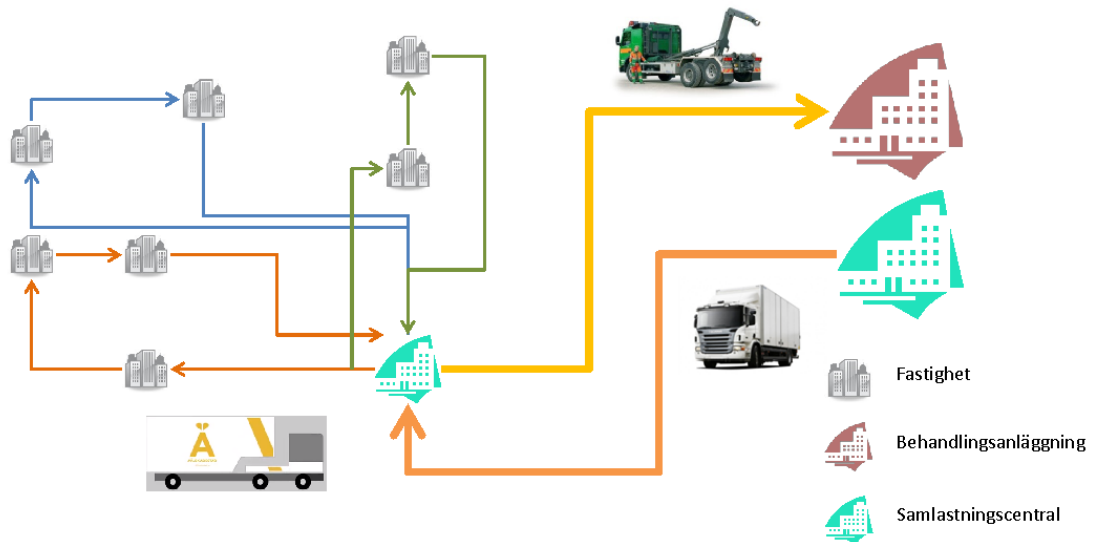


2017-12-29

4

InterCityLog

Demonstration – Exempel, processkarta för el-trailern

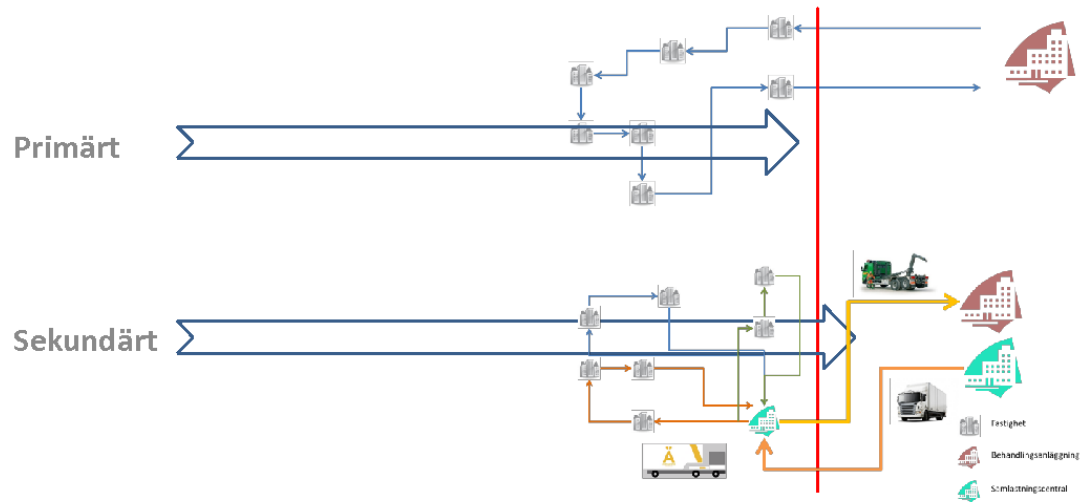


2017-12-29

5

InterCityLog

Nuläge och Pilot – Processbeskrivning med avgränsning



2017-12-29

6

Bilaga 4

Ordlista

Benämning	Förklaring
Baklastare	Fordonet som nyttjas i nuläget, drivs av diesel med möjlighet att tanka biodrivmedel. I baklastaren finns ett till två fack avfallsfack som således gör att fordonet kan hantera en till två avfallsfraktioner. Lastning och tömning sker bakifrån fordonet.
Eltrailer	Dragfordon med släp som nyttjas i demonstrationen för att samlasta återvinning och gods.
Eltruck	Dragfordon som är av modell Linde P250
Specialpåbyggnad	Släpvagnen som dras av eltruck
Lastväxlare	Fordonet som nyttjas i demonstrationen för att transportera det samlastade avfallet ut från staden till avfallsstation
Återvinningskärl	Nyttjas i flödet och är av storlekarna 190 L, 370 L och 660 L
Återvinning	Fraktioner av återvunnet material. T ex. Plast, Wellpapp, Papper, etc.
Rutt	Transportflödet från återvinningsstation/logistikcentra till kunder/fastigheter och tillbaka
Samlastningscentral	Plats för samlastning av gods och avfall
Lastfar	Underjordiskt garage med lastkaj
Logistikcentra	Plats för gods utanför staden