

Thesis 289

Kollektivtrafik och autonoma fordon. A match made in heaven?

Alexine Wirén

Trafik och Väg
Institutionen för Teknik och Samhälle
Lunds Tekniska Högskola
Lunds Universitet



Copyright © Alexine Wirén

LTH, Institutionen för Teknik och samhälle
CODEN: LUTVDG/(TVTT-5256)/1-108/2016
ISSN 1653-1922

Tryckt i Sverige av Media-Tryck, Lunds universitet
Lund 2016

Examensarbete

CODEN: LUTVDG/(TVTT-5256)/1-108/2016

Thesis / Lunds Tekniska Högskola,
Institutionen för Teknik och samhälle,
Trafik och väg, 289

ISSN 1653-1922

Author: Alexine Wirén
Title: Kollektivtrafik och autonoma fordon - A match made in heaven?
English title: Public Transport and Autonomous vehicles - A match made in heaven?
Language: Swedish
Year: 2016
Keywords: Autonomous vehicles, public transport, driverless cars, city planning, parking.
Citation: Alexine Wirén. Autonoma fordon och kollektivtrafik – A match made in heaven? Lund, Lunds universitet, LTH, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2016. Thesis. 289

Abstract:

In an attempt to at the same time introduce new technology into the existing public transport network, investigate the impact of this technology on street space in cities and present a solution to the problem with congestion in dense city centers a model is introduced. This model demonstrates one way to implement autonomous vehicles in the public transport network in dense city centers. The results indicate that autonomous vehicles may have a positive effect on the public transport demand and reduce the travel time used for public transport, thus increasing the competitiveness of public transport to private car usage. The result is analyzed in regard to sustainable city planning, parking policies and reduction of parking places in streets as well as traffic planning and transport policies. This analysis shows that the implementation of autonomous vehicles in public transport networks could have positive effects regarding sustainable city planning primarily related to freed street space and reduced speed. The literature shows that similar implementations may lead to reductions of parking spaces in cities, which might lead to projects that further increases the density in the cities. This in turn might increase the usage of public transport, thus creating a positive spiral. In regard to traffic planning the implementation of the model might contribute to fulfilling the Swedish transport policy goal.

Trafik och väg
Institutionen för Teknik och samhälle
Lunds Tekniska Högskola, LTH
Lunds Universitet
Box 118, 221 00 LUND

Transport and Roads
Department of Technology and Society
Faculty of Engineering, LTH
Lund University
Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden

Innehållsförteckning

Förord	10
Sammanfattning	11
Summary	13
1 Inledning	15
1.1 Bakgrund	15
1.2 Potential för nya system	15
1.3 Syfte	16
1.4 Process och empiri	16
1.5 Avgränsning	17
1.6 Rapportens disposition	17
2 Stadsmiljö	18
2.1 Urbanisering	18
2.2 Trafik i en urban miljö	19
2.3 Utvärdering av en god stadsmiljö	19
2.3.1 Tillräckligt utrymme för gator och ett effektivt gatunät	20
2.3.2 Hög täthet	20
2.3.3 Funktionsblandning	21
2.3.4 Social blandning	21
2.3.5 Begränsad markanvändningsspecialisering	22
3 Autonoma fordon	23
3.1 Delningsekonomis intåg på bilmarknaden	23
3.2 Fördelar med delat bilägande	24
3.3 Jämförelse mellan olika typer av bilresor	25
3.4 Den självkörande bilen	27
3.4.1 Helautomatisering	27
3.4.2 Tekniken i de helautomatiska fordonen	28

3.4.3	Hinder på vägen	28
3.4.4	Fördelar med helautomation	29
3.4.5	Nackdelar med helautomation	30
3.5	Autonoma fordon i stadstrafik	30
3.5.1	Olika tekniker och system	30
3.5.2	Förutsättningar för implementering	31
4	Trafikplanering	33
4.1	Transportpolitik	33
4.1.1	Funktionsmål - tillgänglighet	33
4.1.2	Hänsynsmålet – Säkerhet, miljö och hälsa	34
4.2	Trafiksäkerhet	34
4.3	Kollektivtrafik som styrmedel	35
4.4	Utbud och efterfrågan	37
4.5	Att planera för kollektivtrafik	38
4.5.1	Marknadsanalys	38
4.5.2	Kollektivtrafiksystemets struktur	39
4.5.3	Ekonomi och betalsystem	42
5	Modell för systemsamverkan	43
5.1	Marknadsanalys och demografi	43
5.1.1	Färdmedelstillgång	43
5.1.2	Reserelationer	43
5.1.3	Kollektivtrafiken i Malmö idag	45
5.1.4	Malmö i framtiden	47
5.2	Undersökningsområde	48
5.2.1	Färdmedelsfördelning	48
5.2.2	Bilnehav	48
5.3	Systemets uppbyggnad	49
5.3.1	Samåkning och optimerat fordonsutnyttjande	50
5.3.2	Stationer	50
5.3.3	Service och underhåll	51
5.3.4	Betalsystem	52
5.4	Modellutformning	52
5.4.1	Reserelationer	52
5.4.2	Dimensionering av antal autonoma fordon	58

5.5	Beräkningar	59
5.5.1	Restidskvot	59
5.5.2	Efterfrågan	72
6	Markanvändning och parkering	74
6.1	Parkering i stadsmiljö	74
6.1.1	Parkeringspolicy	74
6.1.2	Parkering i Malmö	75
6.1.3	Olika typer av parkeringslösningar boendeparkering	76
6.1.4	Parkeringspolitik	76
6.2	Markanalys	77
7	Ekonomi	80
7.1	Kostnader	80
7.2	Nyttor	82
7.2.1	Markvärde	82
7.2.2	Ökad tillgänglighet	83
7.2.3	Förbättrat flöde	83
7.3	Värdering	84
8	Diskussion och slutsatser	86
8.1	Resultatdiskussion	86
8.1.1	Stadsmiljö	86
8.1.2	Trafikplanering	87
8.1.3	Kollektivtrafik	88
8.2	Metoddiskussion	89
8.2.1	Litteraturstudie	89
8.2.2	Modell	89
8.3	Slutsatser	90
8.3.1	Rekommendationer	90
9	Referenser	91
10	Bilagor	95
	Bilaga 1. Restidskvotsberäkningar	95
	Bilaga 2. Beräkning av förändrad efterfrågan	105

Förord

Detta examensarbete är en uppsats på masternivå och representerar det sista momentet i civilingenjörsutbildningen inom Väg- och Vattenbyggnad med inriktning Trafik och Väg på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet har genomförts under vårterminen 2016 vid institutionen för Trafik och Samhälle samt i samarbete med Sweco i Malmö.

Jag vill rikta ett stort tack till mina engagerade handledare, Anders Wretstrand vid Lunds Tekniska Högskola och Henrik Andersson vid Sweco i Malmö. Jag vill också tacka medarbetarna på Sweco i Malmö som har välkomnat mig samt bistått med hjälp när det behövts och visat ett intresse kring ämnet autonoma fordon. Tack också till Nils Edfast hos Sweco i Göteborg för inspirerande samtal och Csaba Gyarmati vid Trafikregleringsenheten hos Malmö Stad för information om parkeringsplatser i Malmö.

Malmö, maj 2016

Sammanfattning

Bakgrund: Urbaniseringen i världen är ett faktum (United Nations, 2014) och i Sverige bodde år 2010 cirka 85 procent av världens invånare i städer (Svanström, 2015). För att skapa en hållbar stadsstruktur och möjlighet för ett gott liv inne i städerna krävs att städerna växer tätare. Detta förkortar avstånd mellan målpunkter och underlättar för transport med hållbara trafikslag såsom gång, cykling och kollektivtrafik (UN Habitat, 2014). Att bygga tätare städer ställer krav på fri tillgänglig markyta, vilket är en relativt ovanlig produkt i urbaniserade städer, vilket leder till frågeställningen: vilka funktioner i staden är såväl skrymmande som möjliga att ersätta med hjälp av ny teknik med resultatet att frigjord markyta skapas? Svaret som undersöks i denna rapport är de privata bilarna. En privatägd bil används 3-4 procent av sin livstid, vilket innebär att den står parkerad någonstans 96-97 procent av tiden (Bates & Leibling, 2012). Som ett resultat av gällande parkeringsnormer skapas mellan 0,5 och 1,0 parkeringsplatser för varje planerad bostad i Malmö (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a). Den nya teknik som utvecklas med potentialen att tackla dessa problem är de autonoma fordonen eller som de också kallas, de självkörande bilarna. De autonoma fordon som utvecklas av bland annat teknikföretaget Google kan vara en del i denna lösning och studier (ex ITF, 2015) har visat att denna fordonstyp har potential att med samma eller förbättrad tillgänglighet motsvara efterfrågan på resor i städerna samt att minska andelen fordon i fordonsflottan och således även behovet av parkeringsplatser. Systemet av autonoma fordon når sin största potential när det kombineras med högkvalitativ kollektivtrafik.

Syfte: Syftet med detta arbete är att undersöka hur autonoma fordon kan användas i samarbete med och implementeras i det rådande kollektivtrafiksystemet i en stadskärna. Genom att skapa en modell för detta kan slutsatser dras för de eventuella vinster ett sådant samarbete kan generera.

Metod: Idén för hur implementeringen av autonoma fordon i det rådande kollektivtrafiksystemet kan åstadkommas presenteras i en modell. Denna modell är skapad med förslaget att varje gångresa till en busstation som överstiger 2,5 minuters gångtid ersätts av ett autonomt fordon. Om restiden ombord på bussen överstiger bytesstraffen (5 minuter) används bussen för resan. I annat fall används de autonoma fordonen för hela resan. Dessa regler är applicerade i modellen som ligger till grund för de beräkningar som utförs i arbetet. Beräkningarna är baserade på dagens restider med två olika busslinjer i Malmö. Beräkningarna avgränsas till att gälla resor med syfte inköp. Detta syfte valdes på grund av att dessa resor hade en stor andel bilanvändning i förhållande till medelreslängd. Dessa beräkningar har sedan kvantifierats med underlag från en resvaneundersökning genomförd i Malmö år 2013. En litteraturstudie har också genomförts.

Resultat: Resultatet visar att det finns en möjlighet till implementering av autonoma fordon i den rådande kollektivtrafiken i en tät stad med potential till goda effekter gällande efterfrågan och restider. Det är även möjligt att detta system skulle kunna bidra till uppfyllandet av de transportpolitiska målen samt generera positiva samhällsekonomiska nyttor. I och med den ökade efterfrågan på kollektivtrafiken kan det antas att en del resenärer flyttas över från bilanvändning till kollektivtrafik. Slutsatser har även kunnat dras gällande den eventuella markvinning som kan göras efter systemets implementering. Dessa slutsatser baseras på resultat från en studie av ITF (2015). Markvinningen är beroende av

om fordonsflottan består endast av autonoma fordon eller om det finns en blandning av autonoma fordon och privata bilar. Består fordonsflottan endast av autonoma fordon är potentialen stor för frigörande av markyta. Tekniken i de autonoma fordonen möjliggör kommunikation dem emellan, något som kan skapa ett jämnare flöde på vägarna.

Diskussion: Den modell som har skapats är grov och de resultat och beräkningar som görs med grund i modellen behöver analyseras med detta i åtanke. Dock pekar resultaten mot samma slutsats – modellen kan generera nytta. Förhoppningen är därmed att modellen kan generera ett intresse som resulterar i en vidareutveckling och ytterligare, mer gedigna studier med förfinade metoder och kvantitativ data, exempelvis med hjälp av dynamiska simuleringsprogram.

Summary

Background: The urbanization in the world is a fact (United Nations, 2014) and in the year of 2010 the percentage of people in Sweden who lived in cities was 85 (Svanström, 2015). To be able to create a sustainable city structure with possibility for the inhabitants to conduct a good life, the cities need to grow denser. In a dense city the destinations are situated in proximity to each other which increases the possibility for transport with sustainable transport modes such as cycling, walking and public transport (UN Habitat, 2014). A requirement for creating this densified city is available space. This is a rare produce in the urbanized cities which creates the question: what functions in the city is both space consuming and has the potential of being replaced with new technology with the result of freeing up space? The answer to this question that is evaluated in this paper is private cars. A privately owned car is used approximately 3-4 percent of its life span. This means that it is parked, somewhere, for 96-97 percent of the time (Bates & Leibling, 2012). As a result of parking policies in Malmö there are 0,5 to 1,0 parking spaces created for each apartment that is planned (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a). The new technology that is being developed with the potential of tackling these problems is the autonomous vehicle, or as it is also called, the self-driving car. Various studies (e.g. ITF, 2015) has shown that these vehicles have the potential to reduce the number of vehicles travelling the roads with the result of less demand for parking spaces. This is achieved with a sustained or improved availability to the transport network. The system reaches its highest potential when combined with high quality public transport.

Purpose: The purpose of this report is to investigate in what way autonomous vehicles can be used in collaboration with and be implemented into the existing public transport system in a city center. Conclusions regarding improvements in travel time and public transport travel demand can be calculated through the model that is presented.

Method: The idea for how the implementation of autonomous vehicles into the public transport network can be achieved is presented in a model. This model is based upon the suggestion that if the walking distance to or from a bus stop succeeds 2,5 minutes, the trip can be conducted in an autonomous vehicle. If the travel time aboard the bus succeeds the estimated time-punishment for changing vehicles (5 min in Sweden) the bus is used for the next part of the trip. If not the autonomous vehicle is used of the entire trip. These rules are applied for the suggested model which is the basis for the calculations that are performed. These calculations are based upon existing travel times for two different bus routes in Malmö, Sweden. One limitation for these calculations is that they are only performed for trips with the purpose of shopping. This purpose was chosen in regard to the vast percentage of trips made by cars for the relatively short distance travelled. The calculations performed are generalized for Malmö city center on the basis of a travel survey from 2013. A literature review was conducted which provided the theoretical basis to the paper.

Result: There is a possibility for autonomous vehicles to be implemented in the existing public transport network in dense cities. The results from the calculations showed that the public transport travel demand increased and the travel time by public transport decreased following the implementation. There is also a possibility that the model may contribute to achieving the Swedish transport policy goal as well as generate socioeconomic benefits. The technology in the autonomous vehicles creates the possibility for communication

between them. This could result in a traffic flow that is more even, which may have a positive effect regarding congestion.

Discussion: The created model is unrefined and the results and calculations that has been performed on the basis of the model need to be analyzed with that in mind. However, the benefits that has been found are all pointing towards the same conclusion - that the model can generate benefits. The hope is therefore that the model may generate an interest which results in further, more elaborate studies with refined methods and quantitative data, for example in a dynamic simulation program.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

“We need innovative models built on public transport with supplementary services that give access to a car when necessary/..I suggest we look at public transport, cykling and walking as basic modes and then supplement them with a “car-on-call” through the service of modern car-sharing. Its a win-win situation” (Glotz-Richter, 2012 ss 1455)

Den privata bilen har setts som det primära privata transportsättet under den andra halvan av 1900-talet. Det har orsakat att bilen har stått i centrum för planeringen av städerna under samma tid. Denna typ av stadsplanering ledde till att städerna blev glesare med följden att reseavstånden blev längre. En brytpunkt i denna trend noterades kring millennieskiftet (UITP, 2015).

Ökad inflyttning till städerna genererar en ökning i trafikarbete för samtliga trafikslag. Den ökande andelen personbilar orsakar en trängselproblematik på städernas gator. Den markyta som används av personbilar ökar och även stadsbilden påverkas. Problem som dessa kan avhjälpas genom en förändrad utformning av transportsystemen och stadsstrukturen (Svensson, 2001).

I sin bok *Cities for People* argumenterar Jan Gehl för att en ökad användning av de hållbara transportsätten gång, cykel och kollektivtrafik förbättrar stadsmiljön med avseende på emissioner, buller och resursutnyttjande (Gehl, 2010). För att dessa transportsätt ska bli konkurrenskraftiga relativt den privata bilen krävs att transportsträckorna är korta. När inflyttningen till städerna ökar, kommer förtätning att bli ledordet, dels på grund av att avstånden inom staden måste hållas hanterbart korta och dels på grund av att marken kring städerna i många fall är värdefull som åkermark och rekreation. Ju fler personer som flyttar in till städerna desto fler är det som behöver dela på det begränsade stadsrummet. Detta leder oss vidare till frågan om vilka element i den täta staden som ska prioriteras i framtiden för att främja en hållbar stadsmiljö för en ständigt ökande mängd människor.

Historiskt har problem med trängsel på vägar och trafikstockningar i städer hanterats genom byggnationen av nya vägar eller genom att bredda de befintliga. Detta har orsakat ett ökat flöde av trafiken på gatorna (Gehl, 2010). Genom att istället bygga och planera för andra typer av hållbara transporter kan samma tillgänglighet nås, men med en mindre negativ påverkan.

1.2 Potential för nya system

Ju tätare städerna blir desto större blir kollektivtrafikens utnyttjandegrad (UITP, 2015). Samtidigt ställs större krav på dess kapacitet och effektivitet, något som borgar för nya, innovativa lösningar.

Förelösa bilar, självkörande bilar, autonoma fordon - detta är alla beteckningar på samma teknik, en teknik som har potentialen att revolutionera hela transportsystemet under 2000-talets första halva. I ett makroperspektiv kan tekniken leda till en förbättrad fördelning av trafikarbetet på vägarna, minska behovet av parkeringsplatser och effektivisera markanvändningen inne i städerna. I ett mikroperspektiv kan tekniken förbättra vardagen för trafikanterna. De som tidigare såg sig som förare kan nu sitta och läsa, arbeta med datorn, sms:a eller ringa i telefon etc, allt medan bilen tryggt och säkert kör till begärd destination. Människor som tidigare inte kunnat transportera sig fritt på grund av olika begränsningar såsom synnedsättningar kan nu röra sig mer fritt i samhället (Fagnant & Kockelman, 2013).

Problemen som vi står inför med en ökande befolkning, en pågående urbanisering samt olika miljöproblem leder oss in på frågan hur samhället kan utformas för att svara på dessa ökande behov och påtryckningar. En del i detta kan vara att bryta barriärer för framtida stadsplanering och våga utnyttja den teknikutveckling som finns. Detta leder till syftet med detta examensarbete.

1.3 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka hur autonoma fordon kan användas i samverkan med och implementeras i det rådande kollektivtrafiksystemet i en stadskärna. Genom att skapa en modell för detta är förhoppningen att slutsatser kan dras gällande de eventuella vinsterna som ett sådant samarbete kan generera. Mer specifika studieområden för dessa eventuella effekter specificeras i målformuleringarna nedan.

- Hur skulle ett system av autonoma fordon kunna implementeras i det rådande kollektivtrafiksystemet i en tät stad?
- Hur skulle detta system påverka resandet i staden?
- Hur skulle ett sådant utvecklat kollektivtrafiksystem påverka möjligheterna för framtida stadsplanering?
- Vilka samhällsekonomiska effekter skulle detta system kunna leda till?
- Svarar denna typ av system mot de transportpolitiska målen?

1.4 Process och empiri

Arbetet med denna rapport påbörjades i januari 2016 med formuleringen av ett måldokument. Efter en tid av litteraturstudie av de ingående ämnesområdena påbörjades arbetet med modellen. Denna process utvecklades i takt med genomförandet och idéerna mognade och konkretiserades utefter arbetets gång.

Den litteratursökning som ligger till grund för den teoretiska anknytningen i detta arbete är utförd i olika webbaserade databaser. På grund av att tekniken kring de autonoma fordonen är relativt ny har sökningar gjorts dels i databaser riktade mot vetenskapliga publikationer såsom LUBsearch men även via sökmotorn Google för att ta del av ett mer populärvetenskapligt underlag.

Inspiration och underlag för den modell som har skapats kommer till stor del från KolTRAST, en handbok i trafikplanering för kollektivtrafik. Denna har sedan använts för beräkningar där en del av underlaget har hämtats från en resvaneundersökning genomförd i

Skåne år 2013. Detta underlag har även använts för att kvantifiera de resultat som modellberäkningarna genererat.

1.5 Avgränsning

Tekniken med autonoma fordon är i sin linda och många frågetecken finns som behöver rätas ut innan tekniken till fullo kan släppas ut på marknaden. Dessa frågor rör till stor del fordonstekniska och juridiska aspekter, vilka inte kommer hanteras i detta arbete.

För att omfattningen på arbetet ska vara rimligt har studien begränsats till en tät stadskärna och ett område i Malmö har valts ut i studiesyfte. Generaliseringar kan möjligtvis göras med avseende på andra städer av liknande struktur och storlek. Autonoma fordons funktion i en landsorts- eller förortsmiljö kommer inte undersökas här.

1.6 Rapportens disposition

I nästa kapitel presenteras arbetsprocessen med rapporten och den empiriska grund rapporten har.

I kapitel tre till fem presenteras de olika delområden som används som grund för utformandet av den modell som presenteras i det sjätte kapitlet. Här presenteras även det underlag som ligger till grund för analysen.

En modell för implementering av autonoma fordon i befintlig kollektivtrafik kommer att presenteras i kapitel sex. Detta kapitel inleds med en markanalys och beskrivning av demografiska förhållanden i Malmö varefter en beskrivning av modellen ges.

I det sjunde kapitlet presenteras frågan om parkering i täta städer. Här diskuteras bland annat parkeringsnormer och effekter av parkeringspolitik. Det görs även en bedömning av hur parkeringsförhållanden i en stad kan förändras till följd av de autonoma fordonens inträde.

I det åttonde kapitlet ges en beskrivning av de kostnader som finns kopplade till modellen och de samhällsekonomiska vinster som bedöms kunna göras genom modellens implementering.

I rapportens nionde kapitel diskuteras resultat och metod. Här presenteras även slutsatser och rekommendationer.

2 Stadsmiljö

Detta kapitel syftar till att ge en introduktion till stadsutveckling och urbanisering samt utvecklingen av en god stadsmiljö. Det som presenteras i detta kapitel kommer senare i rapporten ligga till grund för analysen av de effekter som genereras av ett kollektivtrafiksystem med kompletterande autonoma fordon.

2.1 Urbanisering

Hur människor bor och lever har förändrats under 1900-talets andra halva. Inflyttningen till städerna har ökat och det som vi kallar urbanisering är nu ett faktum. Svanström (2015) talar om urbanisering som en förflyttning av människor från landsbygden in till städer. En milstolpe uppstod år 2007 då det för första gången i världens historia var fler personer världen över som bodde i städer än på landsbygden (United Nations, 2014). Denna utveckling förväntas fortsätta och år 2050 antas 66 procent av världens befolkning bo i städer. I Sverige har denna utveckling skett något snabbare och brytpunkten för när lika många människor levde i städer som på landsbygden inföll redan år 1930 (Svanström, 2015). I Sverige bodde år 2010 ca 85 procent av befolkningen i urbaniserade områden (Svanström, 2015). Dragningskraften till att bo i städer kan associeras historiskt med en högre levnadsstandard som i sin tur beror av den större närheten till service och hälsovård, utbildning och kultur (United Nations, 2014).

År 2014 fanns det 28 så kallade megastäder i världen med en befolkning som överstiger 10 miljoner invånare. Detta är en ökning med 18 städer sedan 1990. År 2030 förväntas 41 städer falla in under denna definition. Även antalet stora städer med ett invånarantal mellan fem och tio miljoner invånare förväntas öka från dagens 43 till 64 städer år 2030. Den största tillväxttakten kan dock ses gälla för medelstora städer med ett invånarantal mellan en och fem miljoner invånare och städer med färre än en miljon invånare. Denna utveckling är tydligast i Afrika och Asien (United Nations, 2014).

Den snabba urbaniseringen ställer krav på planering och utförande av infrastrukturprojekt och samhällsbyggnad. En för snabb inflyttning till städer har bidragit till en oplanerad stadsutveckling med stadsutbredning, ohållbara konsumtionsmönster och ökad förorening som resultat. Världens urbana befolkning beräknas öka från dagens 3,9 miljarder personer till 6,3 miljarder år 2050 (United Nations, 2014). Enligt Svanström (2015) är Sverige dock inne i det som kallas stabiliseringsfasen där inflyttningstakten från landsbygden till städerna har avtagit.

Befolkningen i Sverige har ökat stadigt under en lång tid och befolkningmängden har nästintill fördubblats under 1900-talet. Prognoser utförda av Statistiska Centralbyrån förutspår att denna befolkningsökning kommer fortsätta även under 2000-talet. I april 2016 var invånarantalet i Sverige ca 9,9 miljoner (SCB, 2016). År 2025 beräknas befolkningen uppgå till 11 miljoner invånare och år 2042 beräknas Sveriges befolkning uppgå till 12 miljoner (SCB, 2015a). Denna befolkningsökning beräknas inte fördela sig jämnt över landet utan en större tillväxt av befolkningen förväntas ske i storstadsregionerna

Stockholm, Göteborg och Malmö. Den näst snabbaste ökningen av befolkning beräknas ske i förortskommuner (SCB, 2015b).

2.2 Trafik i en urban miljö

Trender inom stadsplanering har påverkat hur städerna har utvecklats under urbaniseringen. Från mitten på 1900-talet har bilens närvaro i städerna påverkat stadsplaneringen och städernas utveckling. Att planera med bilen i fokus har lett till det som på engelska kallas ”urban sprawl” vilket innebär att städernas gränser har breddats och att den nya bebyggelsen har tillåtits att växa på ett luftigt sätt. Detta leder till en mindre tät stadsbebyggelse med längre reseavstånd vilket i sin tur uppmuntrar till ökad bilanvändning. Från år 2001 har en förändring i denna trend registrerats och år 2012 var stadstätheten jämförbar med 1995 för industrialiserade länder (UITP, 2015).

Ett samband har kunnat registreras mellan invånarens färdmedelsval och stadens täthet. En större andel av populationen väljer alternativa transportmedel och väljer bort den privata bilen ju tätare staden är. Inom en tät stad kommer avstånden mellan målpunkterna att bli kortare vilket inbjuder invånarna till att gå och cykla. Kollektivtrafikens utnyttjandegrad blir större i en tät stad då fler målpunkter koncentreras kring kollektivtrafikens stationer (UITP, 2015).

En annan iakttagelse i samband med tät stadsbebyggelse är att graden av motorisering i städer förefaller minska med en ökande täthet. I industrialiserade länder har motoriseringsgraden gått från att i medeltal öka med 2,3 procent per år mellan 1995 och 2001 till att i medeltal öka 0,5 procent per år mellan år 2001 och 2012. Detta kan ses som ett samband med att städerna har blivit tätare från år 2001 (UITP, 2015).

Diskussioner förs på många håll om bilberoendet håller på att minska. Trafikverket har i sin trafikprognos för år 2015 uppmärksammat att ökningen av biltransportarbetet har planat ut något under 2000-talet. Det diskuteras dock huruvida denna utplaning beror av en ändrad inställning till bilresande hos befolkningen eller om det kan bero av den lågkonjunktur som har präglat 2000-talets början. Prognosen för 2030 tyder på att bilresandet kommer att fortsätta öka med ca 1,14 procent per år. Detta är en lägre ökning än vad som visats i tidigare prognoser, vilket dels beror på att tidigare års prognoser har visat sig överskatta bilanvändningen (Trafikverket, 2015a).

Även inflyttningen till städerna har en betydelse då biltransportarbetet är lägre inne i städerna än på landsbygden (Trafikverket, 2015a). En analys genomförd av UITP visar å andra sidan att medelsträckan som förare eller passagerare per år transporterad i privata personbilar har minskat kontinuerligt sedan 1995. Den resta medelsträckan per person i privata personbilar var 4700 km år 1995, 4400 km år 2001 och 3800 km år 2012 (UITP, 2015). Det bör uppmärksammas att denna data är inhämtad från ett stort antal länder vilket gör den mindre generaliserbar för just Sverige.

2.3 Utvärdering av en god stadsmiljö

Oberoendet av bilen, täta städer och en god stadsmiljö är nära sammankopplade begrepp. UN Habitat har tagit fram fem strategier, som genom implementering i stadsplanering ska bidra till att skapa hållbara städer. Dessa strategier har bl.a. som mål att maximera yteffektiviteten i städerna, att uppmuntra till ökad gångtrafik och att minska bilberoendet. (UN Habitat, 2014).

Med hjälp av dessa fem principer kan en stad eller stadsdel analyseras varefter en bedömning göras kring var staden eller stadsdelen står i utvecklingen mot hållbarhet (UN Habitat, 2014).

2.3.1 Tillräckligt utrymme för gator och ett effektivt gatunät

Den första principen i Habitats strategi berör rekommenderad vägyta per kvadratkilometer. I strategin anges att minst 30 procent av markytan ska bestå av vägar. Vägarna som finns i en stad ska vara attraktiva för gång och cykeltrafik och ska uppmuntra användandet av kollektivtrafik. Vägarna i nätet ska i så hög grad som möjligt vara sammankopplade och tillräcklig yta för parkering ska tillhandahållas. Att vägarna är sammankopplade ökar antalet målpunkter som kan nås genom samma tillryggalagda avstånd (UN Habitat, 2014).

Det engelska begreppet ”walkability” används för att beskriva hur väl anpassat ett område är för gångtrafik. Många parametrar kan tas med i en bedömning av detta i en stadsdel där en av dessa parametrar är gångavstånd till givna målpunkter. Enligt denna första princip i UN Habitats strategi nås en god ”walkability” i ett område om gångavståndet till målpunkter understiger 450 meter (UN Habitat, 2014).

För att skapa en attraktiv stad är det dock inte endast möjligheten att promenera som är avgörande. Enligt Yeang (2000) måste så många alternativa transportsätt som möjligt finnas och en fördel är om merparten av alternativen består av gång, cykel och kollektivtrafik. Nyckelpunkten vid god planering av transport i en stad är att skapa transportmöjligheter med en mycket hög tillgänglighet som dessutom bemöter samtliga invånares behov.

Genom att hålla nere hastigheterna på gatorna kan de olika transportsätten integreras med varandra (Yeang, 2000) vilket gör att en högre nyttjandegrad uppnås i det befintliga gatunätet när gång- och cykeltrafikanter kan åtnjuta gatunätet parallellt med bilar och kollektivtrafik. Yeang (2000) påpekar i sin rapport att gator utformade med traffic calming-åtgärder, det vill säga olika åtgärder för att hålla ner biltrafiken i det befintliga gatunätet (Trafikverket & SKL, 2012) är ideala för cyklister. Detta är ytterligare ett exempel på att samutnyttjande av det befintliga gatunätet kan erhållas om hastigheterna och närvaron av privata fordon hålls nere.

2.3.2 Hög täthet

Den andra planeringsprincipen som tas upp i Habitats rapport är hög populationsdensitet. Det värde som rekommenderas i principen är 1500 personer per kvadratkilometer, vilket är jämförbart med México City i México. Betydligt högre densitet kan dock uppnås - en jämförelse kan göras med Dhaka i Bangladesh och Hong Kong i China som båda uppnår ca 55 000 personer per kvadratkilometer. De positiva effekter som tas upp i rapporten kopplade till en hög densitet är ett mer effektivt landutnyttjande vilket bland annat förhindrar att värdefull, obebyggd mark tas i anspråk vid nyexploatering. Ytterligare en viktig effekt är minskat bilberoende och ökad stöd för kollektivtrafiken. Övriga vinster är bland andra en ökad energieffektivitet, minskad förorening, ökade möjligheter att uppnå social jämlikhet, minskade kostnader och större möjligheter för samhällsservice (UN Habitat, 2014).

2.3.3 Funktionsblandning

I den tredje principen förespråkas att staden ska planeras för ett varierat landutnyttjande, det vill säga att en yta i staden ska rymma många olika funktioner som blandas med varandra (UN Habitat, 2014). Detta kan till exempel vara bostäder, handel och kontor. Fördelarna med denna typ av bebyggelseprincip, som kallas blandstad, är att ett stadsområde blir utnyttjat under en större del av dygnets timmar. I ett område där endast bostäder finns kommer området vara mer eller mindre avfolkat under arbetstid. Det kan bidra till en ökad otrygghet hos den befolkning som vistas där (Jacobs, 2011).

Genom att skapa möjligheter för kontor och skola i samma område kommer människor att röra sig i den allmänna miljön även under dagtid. Detta stärks ytterligare av att olika verksamheter ges möjlighet att verka i området. Finns det butiker, restauranger och caféer är sannolikheten större att människor rör sig ut i det allmänna rummet under dagtid. Detta ökar utnyttjandegraden av stadsrummen och bidrar till en ökad trygghet bland befolkningen. Denna trygghet baseras på att fler människor finns på platsen som ser det som händer. Genom att fler personer finns på gatorna blir dessa mer intressanta att iakttas varför människor i byggnaderna runt om i större utsträckning ser ut på gatan (Jacobs, 2011). Genom denna typ av stadsplanering kommer även olika grupper av samhället att integreras med varandra. En viktig aspekt av detta påpekas av Gehl (2010). Det är inte mängden personer som rör sig i gaturummet som talar om att gaturummet är attraktivt och att stadsplaneringen är god. Kvalitén på gaturummet bedöms utifrån andra faktorer där den upplevda känslan av att stadsrummet är välkomnande och populärt är avgörande.

Jacobs (2011) diskuterar även hur ekonomin i en stadsdel är beroende av blandstaden. Genom att olika grupper vistas i stadsdelen under olika tider på dygnet kommer konsumtionen också att spridas över dygnet. De som arbetar i området söker exempelvis ställen att äta på under lunchen och de boende i området söker ställen att handla på efter jobbet, eller att vistas på. Genom denna blandning av konsumenter kommer ett varierat konsumtionsmönster att följa vilket driver öppnandet av olika typer av verksamheter. De boende kan således dra nytta av de verksamheter som öppnar till följd av arbetarnas konsumtion och vice versa.

UN Habitat har utformat sin tredje princip för att främja att staden utvecklas mot en blandstad. Riktlinjerna som skapats rekommenderar att utnyttjanden av markyta fördelas enligt följande: 40-60 procent av markytan ska användas för ekonomiska verksamheter (affärer, kontor, restauranger m.fl.), 30-50 procent av markytan ska användas till boende och 10 procent ska användas till olika samhällsfunktioner (UN Habitat, 2014).

2.3.4 Social blandning

Den fjärde principen uppmanar till en social blandning inom staden. Detta är ett fenomen som är kopplat till blandstaden. Genom att utveckla en blandstad kommer även människor med olika social bakgrund att känna sig välkomna i staden vilket ökar integrationen. Detta i sin tur är viktigt då det genererar arbete och ökar tillgängligheten i staden (UN Habitat, 2014). För att stödja denna utveckling har UN Habitat (2014) i den fjärde principen angett ett antal kriterier för stadsplanering. Det rekommenderas att mellan 20-50 procent av bostäderna som byggs ska vara ekonomiskt tillgängliga för alla, samt att en bostadstyp eller upplåtelseform inte ska uppta mer än 50 procent av markytan för bostäder.

2.3.5 Begränsad markanvändningsspecialisering

Den femte och sista principen för planeringen av en hållbar stad är sammankopplad med den tredje och fjärde principen. Här förespråkas att ytor/kvarter med endast en funktion ska begränsas. I stadsplanerings-sammanhang används ibland zonindelning som ett verktyg. Detta innebär att vissa zoner underkastas särskilda krav, exempelvis höjd på husen eller liknande. För att skapa en blandad stad kan zonindelningen användas som ett verktyg där kravet är att bebyggelsen ska vara blandad. Här påpekas vikten av att låta zonindelningens krav spegla de behov som finns inom området. Det mätbara målet för den femte principen är att max 10 procent av bebyggelsen ska täckas av ytor med endast en funktion (UN Habitat, 2014).

3 Autonoma fordon

Detta kapitel syftar till att förtydliga begreppet autonoma fordon samt att tydliggöra vilken typ av autonomt fordon som antas för användning i detta arbete. Vidare förs en diskussion kring de olika typerna av biläggande som finns samt vilka för- och nackdelar de har, kopplat dels till samhället i stort men även till den privata användningen och ekonomin. Kapitlet avslutas med att introducera läsaren till en del av de studier som gjorts på implementering av autonoma fordon i stadsmiljö.

3.1 Delningsekonomins intåg på bilmarknaden

I inledningen till sin artikel ”How Carsharing Can Reduce the ’Drive to Drive’ and Improve Walkability” argumenterar Chris Bradshaw (2007) för att bilen är ett transportmedel som motsätter sig den så kallade gröna fordonshierarkin, vilket innebär att rätt fordon ska matchas till rätt resa. Enligt denna hierarki görs korta resor med hjälp av gång och cykel och längre resor med buss, spårvagn, tåg eller flygplan. Alla dessa resor kan även göras med en bil vilket är en av anledningarna till att detta transportmedel har marknadsförts så kraftigt och fått den genomslagskraft i dagligt liv såväl som planering som den har. Bilen är det fordon som passar bra för alla dessa typer av resor men det är inte det fordon som passar bäst till någon av de specifika resorna. Vidare argumenterar Bradshaw (2007) för det ologiska i att äga en bil för att tillfredsställa behovet av att göra ett par resor per vecka. Dock är tillgång till en bil ett behov för många och bristen på bra alternativa lösningar leder till att fler väljer alternativet att äga en bil till förlust för kollektivtrafik, cykling och gång. Som ett svar på detta behov har ett nytt sätt att hyra bilar uppkommit framförallt under de senaste 15 åren (Bradshaw, 2007).

”Car-sharing” är en medlemstjänst där varje medlem får tillgång till att hyra en bil när som helst under dygnets timmar. Genom ett medlemskap behövs inget specifikt avtal för varje resa utan den bil som är ledig är fri att hyra. Bilarna finns utplacerade på olika platser och åtkomst sker med olika självbetjäningslösningar. Systemet är framförallt utvecklat för att tillfredsställa behovet av kortare resor och förhoppningen är att medlemmarna ska kunna spara pengar genom att inte köpa en bil. Samtidigt uppmuntrar systemet medlemmarna till att använda alternativa transportlösningar såsom kollektivtrafik och gång och cykel, att dela fordon för att spara bränsle samt att bättre planera sina resor (Carsharing Association (CSA), 2016)

Bradshaw (2007) presenterar två typer av synsätt relaterat till biläggande. Den första är de som han kallar för MASC. MASC står för Metered Access to Shared Cars och är ett samlingsbegrepp för de olika typer av delat biläggande som finns. Han menar att denna typ av bilanvändare strävar efter att använda bilen så lite som möjligt. De kostnader som MASC-användare betalar för är till stor del rörliga och direkt kopplade till själva användningen av bilen. Den andra typen av synsätt kallar Bradshaw för One Person One Car Orientation (OPOCO). OPOCO-användare äger sin egen bil, har investerat pengar i denna samt betalar olika fasta kostnader för bilen. Detta motiverar till användning av bilen då varje användningstillfälle kan ses som en amortering på den investerade summan. Summeringen blir då att MASC-användare strävar efter att använda bilen så lite som

möjligt och att OPOCO-användare strävar efter att använda sin bil så mycket som möjligt. Detta beror givetvis på flertalet faktorer och inte endast ekonomiska. MASC kräver att en bil bokas och ofta finns inte den bokade bilen parkerad i användarens omedelbara närhet vilket kräver en promenad. OPOCO-användaren är sällan långt ifrån sin bil vilket uppmuntrar användning (Bradshaw, 2007).

I enlighet med Bradshaws resonemang skulle taxiverksamheter kunna tolkas som ”car-sharing”-verksamheter. När resan är avslutad kan taxin användas av en annan resenär vilket innebär att användningsgraden av ett taxifordon blir långt mycket större än en privat bil. De negativa aspekterna av ett taxisystem är att det på grund av exklusiviteten i resandet och behovet av en förare blir ett dyrt sätt att resa, vilket gör att denna typ av resor sker i betydligt lägre utsträckning än andra resealternativ.

3.2 Fördelar med delat bilägande

En fördel med MASC-systemet är att varje resa kan göras med ett anpassat fordon. Om mycket saker ska transporteras väljs en större bil, om det gäller en stadsresa kan en mindre bil väljas etc. Privat bilägande kräver att bilen passar samtliga aktiviteter som planeras vilket kan leda till att en större bil än vad som krävs för merparten av resorna inhandlas (Bradshaw, 2007).

När bilförekomsten i täta städer ökar uppstår problem med framkomlighet och parkering. Med en begränsad framkomlighet kan fordon kopplade till livsviktiga samhällsfunktioner såsom ambulanser och brandbilar hindras i sin framfart vilket kan få ödesdigra konsekvenser (Glötz-Richter, 2012). Att ersätta den privata bilen med ”car-sharing” kan reducera antalet privata bilar på gatorna, minska mängden parkeringsplatser som krävs samt öka framkomligheten. I staden Bremen finns ett ”car-sharing”-system kallat Cambio. Förutom att erbjuda ”car-sharing”-lösningen mäter de även bilägandet hos sina användare. Det visar sig att 43 procent av medlemmarna ägde en bil vid medlemskapets början, en siffra som minskade till 12 procent efter ett års medlemskap. Detta motsvarar 1500 bilar som har försvunnit från Bremens vägnät. Varje ”car-sharing”-bil ersätter fyra till tio privata bilar (Glötz-Richter, 2012).

Trafikverket och SKL (2012) skriver om att bilpooler kan bidra till en lägre bilanvändning och ett högre kollektivtrafikutnyttjande jämfört med ett eget bilägande. Här diskuteras att bilpooler främst finns i städer där ett stort användarunderlag motiverar etableringen. Dock kan denna typ av lösning även användas för att trafikera områden med ett litet resandeunderlag under lågtrafik där linjetrafik inte är motiverat.

I ett EU-projekt kallat MOSES (Mobility Services for Urban Sustainability) har ett antal framgångsfaktorer för bilpooler tagits fram (managenergy):

- Ett samarbete med den lokala kollektivtrafikmyndigheten förbättrar möjligheterna för bilpooler att konkurrera med den privata bilen.
- Ökad kunskap om de aktuella systemen och deras funktion hos allmänheten. Detta kan åstadkommas genom olika informationskampanjer men även genom ett positivt intresse från myndigheter och politiker.
- Fortsatt utvecklings- och förbättringsarbete av de befintliga ”car-sharing”-organisationerna för att fortsätta uppbyggandet av synen på dessa som ett attraktivt och konkurrenskraftigt färdmedelsval kontra den privata bilen.
- Implementering av bilpools-modellen i den aktuella stadsplaneringen, framförallt så kan bilpooler användas för att minska behovet av privata parkeringsplatser.

De positiva effekter som synliggörs i MOSES-projektet som en följd av bilpooler är bland andra (managenergy):

- Andelen bilar i staden minskar. En bilpoolsbil kan ersätta mellan 4 och 10 privata bilar.
- Antalet bilkilometer minskar till följd av systemet där betalning sker kopplad till körd sträcka. I Bremen har en minskning med 5 miljoner bilkilometer setts efter inträdet av bilpool.
- Stadsmiljön förbättras sett ur ett miljöperspektiv.
- De bilar som finns i systemet är ofta nyare än privata bilar vilket bidrar till minskade emissioner.

3.3 Jämförelse mellan olika typer av bilresor

Figur 1 på nästa sida sammanfattar de positiva och negativa aspekterna av samtliga alternativ för bilresor. Det visar sig att ”car-sharing” kan bidra till många positiva effekter men som nämns i MOSES-projektet krävs att detta system kopplas samman med och existerar parallellt med kollektivtrafiken. Ett förslag på hur detta kan åstadkommas med hjälp av autonoma fordon presenteras senare i detta arbete under rubriken Modell för systemsamverkan.

	Taxi		Car-sharing		Privatägad bil	
	Positivt	Negativt	Positivt	Negativt	Positivt	Negativt
Privata effekter	Bra komplement för otillgängliga resor när det ej går att köra	Dyrt på grund av förarkostnader	Inga fasta kostnader Minskad (materiellet) ansvar Biltyp efter användning Variabla kostnader	Mindre fri rörlighet	Fri rörlighet Attraktivt	Fasta kostnader Stort ansvar även då bilen inte används
Samhällets effekter	Genererar arbete Styrt av efterfrågan	Fler bilar på vägarna (taxi minimerar inte det privata bilägandet) Minimerar ej p-platser	Minskade kostnader ex färre p-platser Går att koordinera med kollektivtrafiken så att systemen stöttar varandra Vunnen markyta Nyare fordonsflotta		Inköp gynnar bilföretagen och stärker den svenska arbetsmarknaden	Ytineffektivt Krav på p-platser Bidrar till ensamkörning Ökade utsläpp Ökade bullernivåer Ökade samhällskostnader Äldre fordonsflotta

Figur 1: Sammanfattning av olika resealternativ med bil, ordnat efter ökande grad av privatisering

3.4 Den självkörande bilen

Tekniken för den självkörande bilen sattes på kartan när DARPA's Grand Challenge startades år 2004. I denna tävling deltog olika lag med självkörande bilar med målet att slutföra en 150 miles (ca 240 km) lång rutt. Trots att ingen av de deltagande bilarna klarade utmaningen detta första år (den bil som klarade sig bäst slutförde 7 miles \approx 11 km) slutförde sju självkörande bilar samma rutt året efter. År 2007 genomfördes DARPA's Urban Challenge där självkörande bilar skulle navigera genom en bana med olika hinder som gjorde miljön i banan så lik stadsmiljö som möjligt (Fagnant & Kockelman, 2013). Tekniken för självkörande bilar utvecklas nu i snabb takt och många av de stora bilföretagen arbetar med att förfina tekniken (Bierstedt et al., 2014).

Bierstedt et al., (2014) förutser att det inom en 40-års period kommer finnas bilar utan legala förare som framförs på offentliga gator och parkeringar. Utvecklingen kommer enligt prognosen att ske stegvis där det första steget beräknas bli att förarlösa bilar får förekomma på speciellt utformade och exklusiva motorvägskörfält.

Fordonsindustrin har enligt Bierstedt et al., (2014) skapat en modell för klassificering av bilens grad av automatisering:

Grad 0: Bilen framförs helt manuellt. Vissa varningssystem kan finnas i bilen såsom detektering av fordon i döda vinkeln.

Grad 1: Funktionsspecifik automatisering. Exempelvis bromshjälpmiddel eller stabilisering.

Grad 2: Funktionskombinerad automation. Bilen har förmågan att kontrollera två specifika funktioner parallellt såsom hastighetskontroll och position i körfält i tungt trafikerade vägsituationer.

Grad 3: Begränsad självkörning. Bilen kan själv köra under vissa förhållanden men föraren kan återta kontrollen vid behov.

Grad 4: Fullt självkörande bilar. Föraren behöver bara ange destination eller navigeringsinformation.

Grad 5: Självkörande taxi/"elektronisk chaufför". Ett system av samverkande bilar med förmågan att kommunicera sinsemellan.

I detta projektarbete kommer de autonoma fordonen antas uppnå grad 5 i automatiseringsgrad.

3.4.1 Helautomatisering

Marknaden för automatiserade bilar växer snabbt och många av de stora bilföretagen, bland andra BMW, Mercedes-Benz, Nissan, Volvo och Audi arbetar med att utveckla en teknik för helautomatisering. Google planerar att sälja självkörande bilar år 2018 och övriga företag nämnda ovan räknar med att påbörja försäljningen av helautomatiserade bilar under 2020 (Bierstedt et al., 2014).

Trots att tekniken kommer finnas tillgänglig kommer den självkörande bilen vara långt ifrån konventionell vid dessa angivna årtal. Efterfrågan är beroende av konsumenternas bytestakt av fordon, de gamla bilarna kommer inte att bytas ut förrän ett behov finns. Som all ny teknik kommer de första utgåvorna att vara dyra och olika legala, sociala och tekniska svårigheter behöver övervinnas innan efterfrågan ökar och den självkörande bilen blir marknadsdominerande (Bierstedt et al., 2014). En prognos antyder att det kan dröja upp till 20 år innan tekniken blir kostnadseffektiv (Bierstedt et al., 2014).

En svårighet kopplad till teknologin kan särskilt utrönas. Då många olika företag arbetar parallellt med att utveckla en liknande teknologi kommer en mängd liknande produkter att lanseras nära varandra i tiden. För att tekniken med de självkörande bilarna ska nå sin fulla potential enligt Nivå 5 (se ovan) krävs dock att bilarna kan kommunicera med varandra. Detta kräver i sin tur ett samarbete mellan samtliga utvecklare som då behöver implementera ett gemensamt kommunikationssystem i sina bilar (Bierstedt et al., 2014).

3.4.2 Tekniken i de helautomatiska fordonen

De autonoma fordon som hänvisas till i denna rapport är sådana som antas nå grad 5 av automation samt antas likna de självkörande bilar som Google utvecklar. Dessa fordon är små och har en rundad form vilken ökar sikten för de sensorer som omringar bilen. De sensorer som finns i samt utanpå bilen består av radar, lasrar och kameror vilka kan identifiera objekt i 360 grader runt fordonet. Bilens drivs med elektricitet och har ett batteri som kan laddas upp. I bilen finns även en kraftfull dator som sköter framförandet av fordonet. Inuti bilen finns varken ratt eller pedaler. Ungefär såhär uttrycker Google det på sin hemsida för den självkörande bilen: den är designad för att åka med i och inte för att köras. Bilen har även ett system för back-up om tekniken skulle falla. Detta system kan bland annat styra bilen och bromsa den om behovet skulle uppstå (Google Self-Driving Car Project, 2016).

3.4.3 Hinder på vägen

Många hinder behöver övervinnas innan den självkörande bilen kan bli licensierad att köra på vägarna. I många avseenden kan den självkörande bilen anses vara säkrare än en vanlig bil då den självkörande bilen har en sikt på 360 grader kring bilen, har en snabbare reaktionstid, inte kan vara drog- eller alkoholpåverkad samt är programmerad att utan avsteg följa gällande lagstiftning. En mänsklig förare har dock möjlighet att göra bedömningar utifrån komplexa situationer, något som även den autonoma bilen behöver lära sig (Bierstedt et al., 2014 och Gills, 2015).

Tekniken utvecklas dock i enlighet med dessa svårigheter. Charlie Gills fick under 2015 förmånen att följa med under en av Googles testturer med deras autonoma bil. Förutom att uppleva hur bilen agerade i olika situationer kunde intressanta samtal hållas med de medföljande Google-kontrollanterna. Där påtalades att bilen kan detektera olika föremål i sin omgivning, även små föremål i bilens körfält. I och med den konstanta kartläggningen av omgivningen kring bilen menar en av kontrollanterna att bilen är benägen att göra mer informerade val och således agera säkrare än vad en människa skulle göra i samma situation. Skulle exempelvis en papperspåse dyka upp på vägen skulle bilen kunna bedöma hur den skulle agera utifrån den kompletta bild över omgivningen som den har registrerat. Om en människa skulle ha kört bilen skulle reaktionen endast baseras på det föraren ser och reaktionstiden skulle bli långsammare (Gills, 2015).

Det står dock klart att mängder av tester är nödvändiga innan den autonoma bilen kan tillåtas operera självständigt på offentliga vägar. Hur allmänheten ställer sig till denna nya teknik kan vara avgörande för dess genomslagskraft och framtida marknadsandel. En barriär är att den traditionella bilen håller ett visst affektionsvärde på grund av körglädje (Bierstedt et al., 2014).

Flera faktorer som berör den självkörande bilens framtid är de juridiska svårigheterna och hanteringen av insamlad data. Dessa områden innehåller erkänt problem som behöver lösas

innan bilen kan framföras autonomt på vägarna. Dock kommer ingen djupdykning av dessa ämnen göras i detta arbete.

3.4.4 Fördelar med helautomation

Den helautomatiserade bilen innebär många fördelar för användaren. De som reser med denna typ av bil kan använda tiden i bilen till andra aktiviteter än att vara bilförare. Bilen kan agera chaufför åt personer som annars inte kan köra på egen hand (pga. funktionsnedsättning eller sjukdom), men även köra utan att någon är ombord vilket möjliggör parkering på annan plats än vid destinationen. Framgången för denna typ av bil är dock beroende av hanteringen av ett par olika faktorer (Bierstedt et al., 2014).

- Körupplevelse kopplad till komfort, upplevelse av trygghet och lugn samt möjlighet att utnyttja restiden till andra aktiviteter.
- Storleken på vägnätet som bilen tryggt kan manövrera i.
- Kvaliteten på övriga transportalternativ.
- Kostnad för fordon eller kostnad för medlemskap/deläggande.
- Möjligheten för dem utan körkort att använda tjänsten.
- Ekonomiska vinster.
- Minskat antal olyckor/ säkerhet.

I en översikt genomförd av Fagnant & Kockelman (2013) har det utkristalliserats i vilken utsträckning antalet olyckor i USA skulle kunna reduceras samt vilken samhällsekonomisk nytta detta skulle få. Ca 40 procent av det totala antalet olyckor i USA förekommer på grund av alkohol eller droger, ouppmärksamhet och/eller trötthet. Dessa olyckor uppstår på grund av mänskliga faktorer och skulle inte behöva ske utifall bilarna vore självkörande. Även andra mänskliga faktorer spelar in i många körsituationer som leder till olyckor, exempelvis långsamma reaktionstider, aggressiv körning, fortkörning eller bristande erfarenhet.

Vid en studie av möjliga ekonomiska vinster som kan göras genom implementeringen av självkörande bilar i samhället använder Fagnant & Kockelman (2013) data från National Motor Vehicle Crash Causation Survey utförd av National Highway Traffic Safety Administration 2008. Utifrån dessa data antas att ca 90 procent av samtliga olyckor i USA kan bero på olika fel gjorda av föraren i körsituationen. Idag uppgår kostnaderna för trafikolyckor till ca 300 miljarder USD per år i USA där över 30 000 personer per år dör i trafikolyckor och över 2.2 miljoner trafikolyckor resulterar i skador (Fagnant & Kockelman, 2013).

I Sverige beräknas kostnaderna för vägtrafikolyckor (olyckor med minst ett fordon inblandat) uppgå till totalt 21 miljarder kronor i 2005 års penningvärde. Beräkningen är gjord med olycksstatistik från 2005 som underlag (MSB, 2011). I Sverige beräknas det att ca 300 personer per år dör i trafiken och att antalet personer som skadas i trafiken enligt en nationell uppskattning uppgår till 62 900 (MSB, 2012).

Slutsatsen blir att ett införande av den självkörande bilen har potential till att nära nog eliminera de olyckor som kan kopplas till den mänskliga faktorn och således kraftigt reducera antalet olyckor och de kostnader som uppstår för samhället vid hanteringen av dessa olyckor (Fagnant & Kockelman, 2013).

3.4.5 Nackdelar med helautomation

Givetvis finns även nackdelar med de helautomatiska fordonen. Den mest uppenbara nackdelen är förlusten av kontroll som en förare känner över sitt fordon. Detta kan bidra till en upplevd förlust av frihet. En annan nackdel med denna teknik är att den initialt kommer att vara mycket kostsam vilket begränsar konsumenterna till de som har råd att investera.

En potentiell nackdel är även den konkurrens mot övriga hållbara transportslag som denna typ av fordon kan innebära. Det finns en uppenbar risk att de resor som idag görs med gång och cykel kan tas över av de autonoma fordonen, framförallt i de fall då det upplevs som obekvämt att resa med dessa trafikslag. Denna ökade tillgänglighet till ett fordon kan således leda till en ökad andel resande med ett icke hållbart fordon till förlust för de hållbara transportslagen. Detta är en risk som kräver noggrant övervägande och innovativ planering för att undvikas. Senare i detta arbete kommer en modell att presenteras där hänsyn är tagen till denna risk och där implementeringen av autonoma fordon strävar efter att öka resandet med hållbara transportslag snarare än motsatsen.

3.5 Autonoma fordon i stadstrafik

3.5.1 Olika tekniker och system

Den teknik som medföljer de självkörande bilarna innebär att de kan framföras smidigare, följa trafiken bättre genom att använda sensorer för att mäta avstånd till framförvarande bilar, få förbättrade bromsmönster mm. Dessa faktorer kan även påverka hur stora utsläpp som genereras av den självkörande bilen. De stora vinsterna kan dock göras när bilarna börjar kommunicera med varandra med tekniken som kallas Vehicle-to-Vehicle Communication (V2V) och med infrastrukturen med så kallad Vehicle-to-Infrastructure Communication (V2I) (Fagnant & Kockelman, 2013). För att ett sådant system ska kunna fungera väl i praktiken krävs dock en stor marknadsandel av självkörande bilar (Fagnant & Kockelman, 2013).

Lind, et al. (2015) har genomfört en simuleringsstudie för helt automatiserade självkörande bilar i en del av Stockholms stadskärna som ställdes mot ett jämförelsealternativ baserat på trafiksituationen 2014 under morgontimmarna. De parametrar som studerades var restid med bil, kötid med bil samt den genomsnittliga hastigheten. Simuleringen visade att ett system där alla bilar är självkörande kan generera en fördubblad kapacitet av trafiksituationen i en innerstadsmiljö. Skulle efterfrågan öka med det dubbla skulle kapaciteten av ett trafiksystem med endast självkörande bilar fortfarande överstiga den kapacitet som finns på vägnätet idag.

I en studie genomförd av International Transport Forum har olika möjligheter för implementering av självkörande fordon i stadstrafik genomförts och simulerats. Staden som använts som testmiljö är Lissabon i Portugal och de olika modellerna som har testats är ett system som tillåter samåkning (kallat TaxiBot) och ett system där de autonoma fordonen transporterar en passagerare i taget (kallat AutoBot). Simuleringarna med dessa system genomfördes med en strävan att undersöka hur flöde, antal fordon på stadens gator samt frigjord parkeringsyta förändras med olika typer av implementering. Fyra möjliga alternativ undersöktes för respektive system (TaxiBot och AutoBot) (ITF, 2015):

1. Staden där implementeringen sker har en högkvalitativ kollektivtrafik och fordonsflottan i staden antas utgöras till 100 procent av självkörande fordon.

2. Staden där implementeringen sker har en högkvalitativ kollektivtrafik och fordonsflottan i staden antas utgöras till 50 procent av självkörande fordon och till 50 procent av privatägda bilar.
3. Staden där implementeringen sker har ingen kollektivtrafik och fordonsflottan i staden antas utgöras till 100 procent av självkörande fordon.
4. Staden där implementeringen sker har ingen kollektivtrafik och fordonsflottan i staden antas utgöras till 50 procent av självkörande fordon och till 50 procent av privatägda bilar.

De resultat från denna studie som kommer att återges här berör TaxiBot systemet samt de undersökningsalternativ där en högkvalitativ kollektivtrafik antas finnas då dessa scenarier bäst överensstämmer med den modell som presenteras i detta arbete samt med förutsättningarna för Malmö stad (alt 1 och 2).

Studien visade att ett system av TaxiBots (100 procent av fordonsflottan) kombinerat med högkvalitativ kollektivtrafik kan reducera antalet fordon som behövs för stadens transporter till 10 procent. Detta innebär en markant reduktion av behovet av parkeringsplatser och i de fall då samtliga fordon i staden ingår i den självkörande fordonsflottan kan samtliga parkeringsplatser på mark elimineras med mycket stora ytvinster som följd. I de fall då flottan av självkörande bilar kombineras med privatägda bilar är resultatet mindre gynnsamt om än fortsatt positivt och visar att ca 25 procent av de totala parkeringsytorna i staden kan elimineras (ITF, 2015).

3.5.2 Förutsättningar för implementering

Resultatet från denna studie visar således att de allra största positiva effekterna nås genom att implementera en flotta som till 100 procent består av självkörande fordon i en stad där det finns ett högkvalitativt kollektivtrafikutbud. Studien pekar även på ett par möjligheter och risker för denna typ av system samt pekar på en del krav som behöver uppfyllas för att implementeringen ska fungera väl (ITF, 2015).

3.5.2.1 Möjligheter

- Systemet skulle med stor sannolikhet innebära en minskad risk för att en olycka kopplad till trafiken ska inträffa samt minska allvarlighetsgraden i de konsekvenser som följer på en trafikolycka (ITF, 2015).
- På grund av att fordonen används under en betydligt större del av dagen än de privata bilar som finns på vägnätet idag kommer fordonen i en snabbare takt behöva bytas ut mot nya. Detta bidrar till en överlag yngre fordonsflotta vilket innebär att ny teknik snabbare kan göra inträde. Ny teknik innebär ofta minskad energiförbrukning vilket kan få positiva effekter för miljön (ITF, 2015).
- Systemet kan bidra till att all markparkering i en stad kan elimineras samt att 80 procent av samtlig övrig parkering elimineras. Detta kräver dock att fordonsflottan i staden består till 100 procent av autonoma bilar samt kompletteras av högkvalitativ kollektivtrafik (Alt 1 föregående sida). Även om fordonsflottan är blandad (Alt 2 föregående sida) kan antalet parkeringsplatser i staden minskas med ca 25 procent. (ITF, 2015)
- Antalet bilar som rör sig på vägarna kan minska under morgonens maxtimme (veckodag). För alternativ 1 minskade antalet bilar till 35,2 procent och för alternativ 2 till 90,9 procent av dagens värde (International Transport Forum, 2015).

3.5.2.2 Risker

- Om samordning mellan kollektivtrafiken och autonoma fordon inte sker kan det finnas en risk att de autonoma fordonen tar över kollektivtrafikens resenärer (ITF, 2015).
- Mängden resande (antalet resta kilometer) kan öka under morgonens maxtimme för båda alternativen. För alt 1 beräknades ökningen till 108,8 procent av dagsvärdet och för alternativ 2 var motsvarande värde 135,8 procent. (ITF, 2015).

3.5.2.3 Krav

- För att systemet ska kunna implementeras på ett bra sätt som gynnar staden och stadstrafiken krävs en god planering och vidare undersökning kring hur autonoma fordon och kollektivtrafiken bäst kan kombineras (ITF, 2015).
- För att en lyckad implementering ska kunna göras krävs att kollektivtrafiken i staden håller en hög standard (ITF, 2015). Detta kan ses som ett incitament för städerna att fortsätta med utvecklingen av kollektivtrafiken.

3.5.2.4 Efterfrågan - ekonomin

I en rapport skriven av Burns, et al., (2013) undersöktes hur självkörande bilar kan användas som ett taxisystem på Manhattan i New York och en jämförelse gjordes mot dagens taxinätverk i staden. Det visade sig att antalet fordon som behövdes för att tillfredsställa efterfrågan uppgick till 9000, vilket jämförs med de 13 000 fordon som har samma uppgift i dagens Manhattan. Det visade sig även att denna reducerade fordonsflotta inte bara uppfyllde efterfrågekraven utan gjorde detta med kortare väntetider och ökad utnyttjandegrad för fordonen. De väntetider som beräknats i denna studie uppgick i snitt till 0,6 minuter.

När det studerades hur kostnaderna för en resa med detta system skulle ställa sig mot de nuvarande kostnaderna för samma resa framkom att en resa skulle kosta ca 0,50 \$/mile jämfört med dagens ca 4 \$/mile (1 \$ borträknat vilket antas vara förarens vinst). Denna kostnadsreduktion grundas i den minskade fordonsflottan samt en mer effektiv organisation av resor där fordonen färdas tomma en minskad andel av tiden (Burns, Jordan, & Scarborough, 2013).

4 Trafikplanering

Detta kapitel syftar till att presentera bakgrund till och modeller för trafikplanering i Sverige idag. Denna bakgrund kommer sedan i analysen att delvis användas som argument för utvecklandet av systemet med autonoma fordon i som en del i kollektivtrafiken samt användas för att beskriva några av de positiva samhällsekonomiska effekterna som detta system har potential att generera.

Kapitlet syftar vidare till att introducera läsaren i kollektivtrafikens utformning och centrala begrepp. Det syftar även till att presentera ett antal av de modeller som finns för beräkning av kollektivtrafiksystemets utnyttjandegrad med avsikt att genomföra dessa beräkningar på systemet med autonoma fordon. Dessa beräkningar kommer sedan att användas för att bedöma hur färdmedelsfördelning och efterfrågan inom kollektivtrafiksystemet skulle kunna förändras efter att autonoma fordon har implementerats.

4.1 Transportpolitik

Trafikutvecklingen i Sverige utgår idag från det övergripande transportpolitiska målet som lyder:

”Det övergripande transportpolitiska målet är att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet.” (Regeringskansliet, 2015)

Det övergripande transportpolitiska målet delas sedan in i ett funktionsmål och ett hänsynsmål. Dessa mål anges nedan:

4.1.1 Funktionsmål - tillgänglighet

”Transportsystemets utformning, funktion och användning ska medverka till att ge alla en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet och användbarhet samt bidra till utvecklingskraft i hela landet. Transportsystemet ska vara jämställt, dvs. likvärdigt svara mot kvinnors respektive mäns transportbehov.” (Näringsdepartementet, 2008, ss 16)

Funktionsmålet bygger på inställningen att tillgängligheten inom samhället är en grundpelare för en god levnadsstandard och en god samhällsekonomisk tillväxt samt ekonomisk tillväxt. Tillgänglighet inom transportsystemet handlar om att med olika metoder överbrygga geografiska avstånd (Näringsdepartementet, 2008). Funktionsmålet specificeras med ett antal olika punkter av vilka ett par kan kopplas särskilt till utvecklingen av kollektivtrafiken:

- “Medborgarnas resor förbättras genom ökad tillförlitlighet, trygghet och bekvämlighet”
- “Transportsystemet utformas så att det är användbart för personer med funktionsnedsättning”

-
- “Barns möjligheter att själva på ett säkert sätt använda transportsystemet och vistas i trafikmiljöer ökar”
 - ”Förutsättningarna att välja kollektivtrafik, gång och cykel förbättras”

(Näringsdepartementet, 2008, ss 18)

Att skapa tillgänglighet inom ett transportsystem beror i stor grad av vad användarna av transportsystemet ställer för krav på detsamma. Enligt Regeringens bedömningar framstår tre faktorer som särskilt viktiga: tillförlitlighet, bekvämlighet och trygghet. De som använder sig av transportsystemet behöver kunna lita på att det fungerar enligt angiven plan, att resan kan genomföras på ett säkert sätt samt att komforten är god. Att transportsystemet fungerar väl ökar också möjligheten för näringslivet att utvecklas. Genom att utveckla och satsa extra på utvecklingen av transporter inom storstäderna är förhoppningen att resorna i dessa områden ska gå mot en ökad hållbarhet. Att utveckla kollektivtrafiken inom städerna bidrar även till att minska trängseln. I sin proposition nämner Regeringen att ett led i att skapa ett konkurrenskraftigt och hållbart transportsystem i Sverige är att utnyttja forskning och nya ITS-lösningar. (Näringsdepartementet, 2008).

4.1.2 Hänsynsmålet – Säkerhet, miljö och hälsa

”Transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt samt bidra till att miljö kvalitetsmålen uppnås och till ökad hälsa.” (Näringsdepartementet, 2008, ss 30)

I Sverige finns en nollvision som säger att ingen ska dödas eller skadas allvarligt i trafiken (Trafikverket, 2014b). Denna vision uppnås stegvis genom uppfyllandet av etappmål. Det etappmål som föreslås av Regeringen är att det fram till år 2020 ska dö och skadas hälften så många som år 2007. För att uppnå nollvisionen och det delmål som angavs ovan krävs att samtliga aktörer samarbetar. De som planerar för vägar och infrastruktur ska se till att förutsättningarna för en säker trafikmiljö finns, samhällets invånare ska följa de trafikregler som finns uppsatta och fordonsindustrin ska verka för att de fordon som används inom transportsektorn är utformade på ett säkert sätt (Näringsdepartementet, 2008).

4.2 Trafiksäkerhet

I Regeringens proposition framhävs vikten av att arbeta med alkohol och hastighet som ett steg mot en förbättrad trafiksäkerhet. Här påtalas särskilt trafikantens eget ansvar då Regeringen i sin proposition påpekar att hälften av alla trafikolyckor skulle kunna undvikas om samtliga trafikanter följde trafikreglerna (Näringsdepartementet, 2008).

Hastighetens betydelse för trafiksäkerheten kan beskrivas med hjälp av potensmodellen som har tagits fram av Nilsson (2004). Denna beskriver förhållandet mellan en hastighetssänkning och antalet skadade eller dödade i trafiken. Kvoten mellan medelhastigheten efter och medelhastigheten före i kvadrat multiplicerat med antalet skadade vid medelhastigheten före anger hur många antal skadade som drabbas i trafiken efter hastighetssänkningen.

Potensmodellen visar på ett tydligt sätt hur trafiksäkerheten beror av medelhastigheten. I linje med nollvisionen kan en sänkt medelhastighet vara ett viktigt medel mot att minska antalet olyckor i trafiken.

Alkohol har en påverkan på trafiksäkerheten. Trots att antalet personer som kör rattfulla (med en promillehalt som överstiger 0,2 i blodet) är få visar statistiken att en relativt stor andel av de som omkommer i trafiken är påverkade av alkohol. År 2013 klassades 19 % av dödsolyckorna i trafiken som alkoholrelaterade, men endast 0,2 procent av trafikens förare hade en för hög promillehalt. Merparten av de omkomna färdades i bil, men trafikslagen cykel/moped, gående och MC finns representerade bland de omkomna år 2013. Över tid kan ses att antalet alkoholrelaterade olyckor har ökat, samtidigt som det totala trafikarbetet har minskat (Trafikverket, 2014a). Även påverkan av andra droger än alkohol kan bidra till en minskad trafiksäkerhet. Sju procent av de omkomna i trafiken mellan åren 2005-2010 var påverkade av andra droger än alkohol. Prevalensen var störst bland personbilsförare och motorcyklister och den vanligaste olycksformen var singelolyckor (Trafikverket, 2014a).

4.3 Kollektivtrafik som styrmedel

En sammanställning av UITP har visat på vilken kombination av effekter och åtgärder som leder till bättre mobilitet i städer. De städer som bäst har utvecklat mobiliteten för sina invånare mellan åren 1995 och 2012 är Wien, Paris, London, Oslo, Prag och Geneve. Andelen resor som är genomförda med kollektivtrafik av den totala mängden motoriserade transporter har ökat med 20 procent eller mer i samtliga av dessa städer. Dessa städer har även upplevt en förtätning samt genomfört aktiva åtgärder för att minska mängden privata fordon på stadens gator. Alla dessa faktorer har tillsammans bidragit till en ökning av användandet av kollektivtrafiken och en minskning i användningen av den privata bilen (UITP, 2015). Ytterligare en intressant aspekt kan utrönas ur studien från UITP. Kollektivtrafiken bidrar till ett mer effektivt utnyttjande av landyta. I städer där en stor andel av resorna genomförs med kollektivtrafiken tas en mindre yta i anspråk av transportsystemet (transporter på land) (UITP, 2015).

I en studie genomförd av Stradling et al (2000) undersöktes vilken vilja till att minska användningen av den privata bilen samt att öka användningen av kollektivtrafik som fanns bland engelska bilförare. Resultatet visar att en femtedel av respondenterna önskar att såväl minska sin bilanvändning som öka användningen av kollektivtrafiken. Trots att viljan till förändring fanns bland respondenterna tvivlade de flesta på att förändringen skulle kunna genomföras beroende på att omständigheterna upplevdes som för begränsande. I en resvaneundersökning genomförd av Trafikverket i sydöstra Sverige år 2012 uppgav 30 procent av de tillfrågade att de vill minska sin bilanvändning.

I Kol-Trast presenteras ett antal faktorer som genom uppfyllande kan resultera i att bilresenärer övergår till kollektivtrafiken (Trafikverket & SKL, 2012):

1. Resan med kollektivtrafiken ska erbjuda korta restider och få byten.
2. Restidskvoten mellan bilen och kollektivtrafiken ska vara låg.
3. Kollektivtrafiken ska vara pålitlig.
4. Kollektivtrafikresan ska upplevas som säker och trygg.
5. En hög turtäthet ska uppfyllas.
6. En god komfort ska erbjudas med attraktiva fordon och tillgängliga och attraktiva bytespunkter.
7. En enkelhet i trafiksystemet ska erbjudas med logiska biljettsystem och byten.
8. Rimliga biljettpriser.

I denna rapport kommer utvärderingen av överflyttningen av resenärer från den privata bilen till kollektivtrafiken inte endast vara beroende av faktorer så som restid och kostnad utan även psykologiska aspekter måste behandlas kring ägande av en bil samt inställningar till gemensamt ägande eller delad ekonomi.

Bil användning och bilägande är bland annat knutna till olika psykologiska aspekter, något som påpekas av Gatersleben (2014). Tre olika psykologiska aspekter kan framförallt kopplas till bilen och dess användning; instrumentala, symboliska samt känslomässiga.

Bilen är ett hjälpmedel som på många sätt underlättar livet genom att den erbjuder en möjlighet till transport. Detta menar Dittmar (2004) är exempel på instrumentala värden. Det finns dock andra aspekter som påverkar användandet och ägandet av en bil. Bilen representerar, som andra materiella ting och ägodelar, på många sätt en persons ekonomiska ställning och kulturella tillhörighet. Materiella ting kan även ha olika symboliska värden i form av affektion eller som tröst (Dittmar, 2004). Detta indikerar att övergången från att äga en bil till att inte göra det är komplex, individuell och inte endast beroende av ekonomi och tillgänglighet till övriga färdmedel.

I en studie av Jakobsson (2003) visas att det finns en skillnad mellan hur många resor med bil som planeras i förväg och hur många resor med bil som faktiskt utförs. Det visade sig i denna studie, som genomfördes i Göteborg, att antalet resor som faktiskt genomfördes översteg antalet planerade resor med bil med 80 procent. Detta kopplades sedan till olika faktorer där bland annat tillgång till fler bilar i hushållet ledde till att fler inköpsresor genomfördes. Det visades även att inköpsresor var den typ av resa som till största delen underskattades då de resor som genomfördes översteg de planerade med 200 procent (Jakobsson, 2003).

I en studie genomförd av Hensher et al (2003) undersöktes vilka aspekter av kollektivtrafikresan som gav positiv respektive negativ påverkan på upplevelsen av kollektivtrafiken. Missnöjet hade främst sitt ursprung i åktid och biljettpriser och nöjdheten kom främst av lediga platser på färdmedlet samt täta avgångar. Några av dessa aspekter av resan med kollektivtrafiken står under kollektivtrafikansvarigas makt att påverka, bland andra nämns här tillgång till sittplats under hela resan, täthet i avgångar och tid som det tar att komma till en busshållplats.

Steg et al. (1995) delade in motivationsfaktorer för att minska bil användningen i två grupper – push (tryck) och pull (dra). Dra-faktorerna innebär att alternativen till bilen förbättrades genom att exempelvis öka kvaliteten på kollektivtrafiken. Tryck-faktorerna innebär att minska bilresans attraktivitet genom att exempelvis öka priset på bensin. Studien visade att metoder som innebär att förbättra alternativen till bilen (dra) ansågs vara acceptabla av respondenterna men att tryck-metoder ansågs vara oacceptabla. Resultatet visade även att de respondenter som i större utsträckning var medvetna om problemen kopplade till bil användning ställde sig mer positiva till att förändra hur och när bilen användes. Författarna menar då att en metod för att minska bil användandet är att öka medvetenheten kring problemen kopplade till användningen av bilen men påpekar även att detta fungerar endast om alternativ till bilen finns tillgängliga (Steg, Vlek, & Rooijers, 1995).

I en studie av Stradling et al (2000) undersöktes i vilken mån förare själva upplevde att olika metoder skulle reducera deras bil användning. Faktorerna som ansågs som mest effektiva var i fallande ordning; pålitligare kollektivtrafik, betydligt minskade resekostnader, kortare totala restider med kollektivtrafiken, kortare bytestider, samordnade biljettsystem där en biljett fungerar för hela resan, bättre information, subventionerade biljetter från arbetsgivare samt förbättrade cykelmöjligheter.

4.4 Utbud och efterfrågan

En utmaning för framtidens stads- och trafikplanering är att utveckla transportsystemet i samma hastighet som urbaniseringen. Som tidigare har nämnts kommer de länder som redan har en hög grad av urbanisering ha en lägre urbaniseringstakt än de länder som idag endast är lite urbaniserade (United Nations, 2014). Trots detta kommer en kontinuerlig inflyttning och befolkningsökning att ske vilket kommer ställa större krav på städernas kollektivtrafiksystem (UITP, 2015).

Från år 1995 till 2012 har utbudet av kollektivtrafik i industrialiserade länder ökat med 1,2 procent per år mätt i fordonskilometer. Över lag har denna ökning bidragit till att kollektivtrafikutbudet per invånare har behållits stabilt sedan år 2001. Vissa städer har till och med ökat sitt utbud per invånare, exempel på dessa städer är bland annat Beijing, Oslo och London. Samtidigt har vissa andra städer inte haft en tillräckligt snabb utveckling av kollektivtrafiken för att motsvara den befolkningsökning som skett. I Singapore skedde mellan år 2001 och 2012 en ökning av kollektivtrafikutbudet med 20 procent, dock var befolkningsökningen 60 procent (UITP, 2015).

När efterfrågan på kollektivtrafik i städer i industrialiserade länder undersöks har det noterats att efterfrågan har ökat. År 1995 registrerades att antalet resor i medeltal per invånare var 395, en siffra som hade ökat till 414 resor per medborgare år 2001. Utvecklingen fram till år 2012 var planare men fortsatt positiv. År 2012 noterades att antalet resor per medborgare uppgick till 419 (UITP, 2015).

Vid en analys av hur många resor som gjordes med kollektivtrafik av det totala antalet resor med motoriserade fordon kan en trend noteras. Mellan år 1995 och 2001 minskade andelen resor genomförda med kollektivtrafik relativt antalet totala resor med motoriserade fordon från 34,1 procent år 1995 till 33,2 procent år 2001 i industrialiserade länder (UITP, 2015). Det är troligt att denna trend beror av den ökade inflyttningen till städerna under denna period i kombination med en ökad andel privata fordon och en planeringstrend som förespråkade städer med låg stadstäthet. Trenden har vänt från 2001 och fram till 2012 kan noteras att 39,7 procent av alla motoriserade transporter sker med kollektivtrafik i industrialiserade länder (UITP, 2015). I Sverige har en motsvarande utveckling skett. Kollektivtrafikens marknadsandel har minskat från 50 procent av alla resor år 1950 till att stå för 20 procent av alla resor år 1970. För att kunna vända denna utveckling och återta den marknadsandel som fanns år 1950 eller nå ännu större andelar, krävs ett trendbrott inom planering och strategier samt en omfattande ekonomisk satsning (Trafikverket & SKL, 2012).

Inom Region Skåne har antalet resor med kollektivtrafiken ökat kraftigt under perioden 1999-2014 från ca 70 miljoner resor år 1999 till 152 miljoner resor år 2014. Utvecklingstakten var snabb under den första delen av denna period och har med tiden mattats av. Målet för Skånetrafiken är att öka andelen resande med kollektivtrafiken med det dubbla jämfört med år 2006. För att nå detta mål krävs en ökning av antalet resande med ca 7 procent per år om dagens utvecklingstakt skrivs fram. Skånetrafiken uttrycker att utmaningen är stor och att stadstrafiken i Malmö är ett viktigt område att adressera om målet ska nås (Skånetrafiken, 2016).

4.5 Att planera för kollektivtrafik

En väl fungerande och utvecklad kollektivtrafik skapar många nyttor. Dessa nyttor bidrar sammantaget till det underlag som besvarar frågan varför kollektivtrafiken är viktig och varför den ska utvecklas. Nyttorna kan summeras under ett antal huvudrubriker vilka återges i sin helhet i Kol-Trast:

- Ett instrument för en attraktiv stad och regional utveckling.
- Ökad livskvalitet för människorna i staden.
- Ett långsiktigt hållbart transportsystem.

(Trafikverket & SKL, 2012).

Vid planering av kollektivtrafik finns en av Trafikverket och SKL (2012) rekommenderad process. Denna process beskriver förberedelse genomförande och utvärdering vid förändring av städers kollektivtrafiksystem. Beroende på förändringens omfattning används och appliceras ett urval av dessa steg på processen. De steg som anses vara relevanta för denna rapport redovisas i figur 2 nedan:



Figur 2: Relevanta steg för arbetsprocessen med kollektivtrafik i detta arbete

4.5.1 Marknadsanalys

När strategier för kollektivtrafiksystemet skapas genomförs som underlag en marknadsanalys med syfte att beskriva hur kollektivtrafikens utveckling ska se ut inom de närmsta åren. Marknadsanalysen syftar till att besvara tre frågor: hur ser kollektivtrafikens marknad ut idag? Varför? Hur kommer den att se ut imorgon? (Trafikverket & SKL, 2012)

För att kunna besvara dessa frågor analyseras och kartläggs nuläget med hjälp av ett antal instrument och mätningar. De parametrar som är av intresse att undersöka är hur befolkningen ser ut i området utifrån täthet och sysselsättningsgrad, hur kollektivtrafiken ser ut i området och vilken färdmedelsfördelning som finns. Vilken efterfrågan som finns på resor idag kan bland annat undersökas med hjälp av resvaneundersökningar (RVU) (Trafikverket & SKL, 2012).

För att kunna bedöma hur kollektivtrafiken kommer utvecklas framåt krävs att en analys görs av infrastrukturen och väntade förändringar av denna. Som tidigare påpekats är kollektivtrafikutnyttjandet större i en tät stad, varför förtättningsprojekt och inflyttning till städerna kan ha en stor påverkan på det framtida resandet och färdmedelsfördelningen. Detta baseras dels på detalj- och översiktsplaner hos kommunerna men även på befolkningsprognoser. Det finns olika datorbaserade prognosprogram som kan användas för att undersöka hur resandet förändras på grund av olika förändringar i staden. Exempel på sådana system är VISUM och SAMPERS (Trafikverket & SKL, 2012). I denna rapport kommer denna beräkning göras manuellt för vissa utvalda stråk.

4.5.2 Kollektivtrafiksystemets struktur

Här kopplas resmönster och betalningsvilja ihop med den befintliga strukturen vilket gör det möjligt att utvärdera svaga punkter i systemet som sedan kan ligga till grund för den kommande planeringsinriktningen. När detta är kartlagt kan den nya strukturen börja ta form och åtgärder kan planeras för hur detta system ska kunna optimeras, dels utifrån korta restider och anpassning till efterfrågan men även med hänsyn till det övriga linjenätet. Vilket trafikslag som bäst fyller de funktioner som krävs kan väljas och slutligen kan förändringens effekter beräknas utifrån det förändrade resandet i staden (Trafikverket & SKL, 2012).

För att prognosticera det förändrade resandet i staden används i denna rapport två olika beräkningar; restidskvot och reselasticitet.

4.5.2.1 Restidskvot

Restidskvoten definieras enligt Trafikverket & SKL (2012) som kvoten mellan den tid det tar att genomföra en resa med kollektivtrafiken från dörr till dörr och tiden det tar att göra samma resa med bil. En eftersträvarvärd restidskvot att nå vid planering av en ny kollektivtrafikdragnings är ett eller mindre. Detta talar då för att det tar längre eller lika lång tid att transportera sig med personbil som med kollektivtrafiken.

En resa består inte bara av den tid som resenären spenderar på ett färdmedel. Även resan till färdmedlet, eventuella byten samt resan från färdmedlet till destinationer räknas in i resan. Dessa olika segment inom en resa kallas delresor. Dessa delresor tilldelas olika vikter beroende på hur de upplevs av resenären. Ofta upplevs exempelvis förseningstiden som betydligt mer krävande än åktiden. Detta är givetvis personligt men för att underlätta bedömningen används schablonvärden som redovisas nedan. De olika delresorna som används är gångtid (till/från transportslaget), väntetid, åktid, förseningstid och bytestid, se tabell 1 (Trafikverket & SKL, 2012).

I denna rapport kommer en restidskvot mellan restid med kollektivtrafiken idag kontra restid med kollektivtrafiken efter modellens implementering presenteras. Denna kvot visar då hur förhållande mellan restid idag och restid med modellen ser ut och kan ge en indikation till om och med hur mycket restiden minskas efter modellens implementering.

Tabell 1: Restidsvikter. Källa: Trafikverket och SKL (2012)

Delresa	Vikt	Förklaring
Gångtid	2	Tiden det tar att promenera till och från hållplatsen
Väntetid1 (0-10 min)	2	Väntetiden beräknas schablonmässigt som halva turtätheten
Väntetid2 (> 10 min)	1	
Åktid1	1	Sittande
Åktid2	1,4	Stående 0-10 min
Åktid3	1,6	Stående > 10 min
Åktid4	+ 0,1	Trängsel
Bytestid	2	Tiden mellan ankomst med transport 1 till avgång med transport 2 under ett byte.
Bytesstraff	+ 5 min per byte	
Förseningstid	4	Tiden som ett färdmedel är försenat

- Gångtid: Ett antagande kan göras att medelhastigheten är 1,2 m/s för gång (Trafikverket & SKL, 2012).
- Väntetid: Väntetiden består av väntetiden vid hållplatsen innan färdmedlet anländer plus den dolda väntetiden som kan uppkomma vid destinationen. Denna representeras av tiden mellan ankomst och det att målpunktens aktivitet påbörjas. Väntetiden beräknas som halva turtätheten (Trafikverket & SKL, 2012).
- Bytestid: Bytestiden kan beräknas som halva turtätheten för nästa färdmedel i resekedjan (Trafikverket & SKL, 2012).

4.5.2.2 Beräkning av förändrad efterfrågan

Med hjälp av elasticitetsberäkningar kan förändringen av antalet resor efter en genomförd förändring beräknas. I denna rapport riktas intresset mot att undersöka hur en förändring i den sammanlagda restiden förändrar mängden resande. Metoden som har valts för elasticitetsberäkningarna i denna rapport är den så kallade logaritmodellen. Denna modell ger en noggrannare beräkning och utgår från priselasticitet (Trafikverket & SKL, 2012):

För denna beräkning antas att resorna sker under högtrafik varför priselasticiteten enligt vad som anges i KolTRAST sätts till -0,2 (Trafikverket & SKL, 2012). Detta innebär att om priset ökar med 10 procent kommer mängden resande att minska med 2 procent.

Enligt denna beräkningsmetodik beräknas först åktidselasticiteten med hjälp av priselasticiteten. Därefter beräknas förändringen av efterfrågan. Formlerna anges nedan:

1. Beräkning av åktidselasticitet:

$$e_r = (e_p * a_r * t_r) / p$$

där

e_r = åktidselasticitet

e_p = priselasticitet

a_r = tidsvärde

t_r = (åktid efter * åktid före) / 2

p = pris för en resa med kollektivtrafiken

2. Beräkning av förändrad efterfrågan:

$$\text{Förändrad efterfrågan} = \left(\frac{\text{åktid före}}{\text{åktid efter}} \right)^{e_r}$$

Samtliga formler ovan är hämtade från Trafikverket & SKL (2012).

När beräkningen av ovanstående elasticiteter är gjorda kan en bedömning av hur efterfrågan ändras beroende på förändring i de olika restiderna göras. Denna bedömning kan sedan ligga som underlag för dimensionering av transportsystemet.

Tidsvärden används för att sätta ett ekonomiskt värde på den tid som en person vinner eller förlorar på grund av ett visst resval (Trafikverket, 2015b). I ett PM utfört av Trafikanalys år 2015 resoneras det kring hur tidsvärden för de autonoma fordonen ställer sig i relation till de tidsvärden som finns för bilar idag. Den slutsats som presenteras i detta PM är att tidsvärdet för autonoma fordon på sikt kommer att vara lägre än för bilen. Detta resonemang baseras på antagandet att autonoma fordon kommer vara tillgängligare för en bredare population än vad den privata bilen är idag, framförallt på grund av att dessa fordon kan brukas av personer som inte har körkort eller av andra anledningar inte kan eller vill köra bil. En annan anledning som borgar för ett lägre tidsvärde är att tiden i fordonet kan utnyttjas till annat än bilkörande (Trafikanalys, 2015b).

4.5.2.3 Depåer och service samt hållplatser

Depåer ska placeras med närhet till kollektivtrafiksystemet och i depåerna ska plats finnas för underhåll och tankning av fordonen. Det finns många olika hållplatstyper beroende på vilken funktion de ska ha och vilket/vilka fordonstyper de ska betjäna. Centralt när det gäller att utforma en attraktiv och funktionell hållplats är att den ska vara tillgänglig för samtliga trafikantgrupper, att det ska finnas goda möjligheter att ta sig till hållplatsen med olika färdmedel samt att den ska kännas trygg. Hållplatsens placering i staden är av vikt för kollektivtrafikens upptagningsområde. Medelavståndet till en hållplats ska vara tillräckligt kort för att kollektivtrafiken ska bli konkurrenskraftig gentemot bilen (Trafikverket & SKL, 2012).

4.5.3 Ekonomi och betalsystem

Den allmänna trafikplikten som hänvisas till i lag 2010:1065 definieras av Europaparlamentet till

”krav som en behörig myndighet definierar eller fastställer för att sörja för kollektivtrafik av allmänt intresse som ett kollektivtrafikföretag inte skulle ha något eget kommersiellt intresse av att bedriva utan att få ersättning, eller åtminstone inte i samma omfattning eller på samma villkor” (Europaparlamentet och rådet, 2007 ss 6)

På grund av att det, som nämns i definitionen om den allmänna trafikplikten, finns trafik som inte skapar någon vinst för de drivande företagen subventioneras den allra största delen av den svenska kollektivtrafiken. Av busstrafiken anses 96 procent av trafiken vara subventionerad, en siffra som är motsvarande 59 procent för tågtrafiken. Subventioneringsgraden är lägre i storstadsregionerna där den uppgår till ca 47 procent (Trafikanalys, 2015a).

5 Modell för systemsamverkan

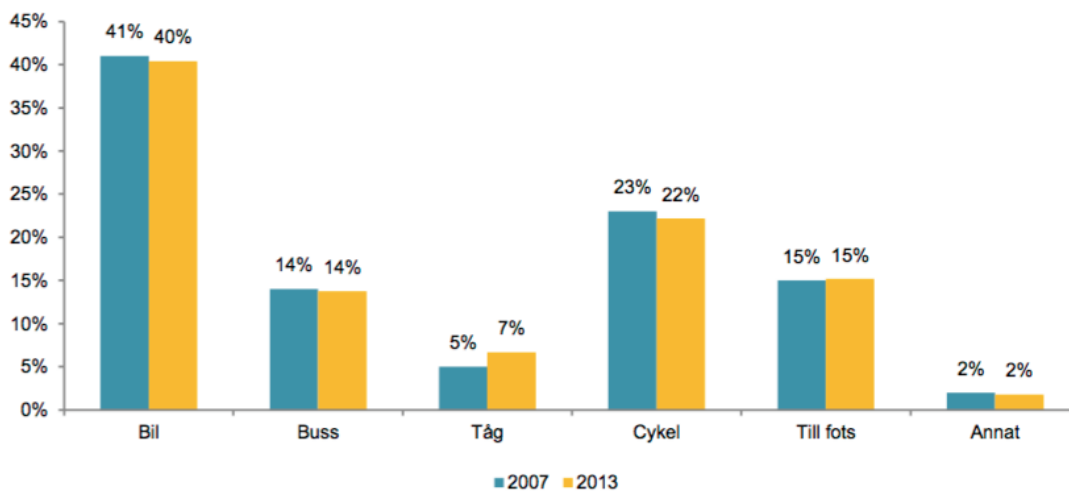
I detta kapitel kommer en modell för kollektivtrafikens och de autonoma fordonens tänkta samverkan att visas. Inledningsvis genomförs en marknadsanalys inom undersökningsområdet och därefter presenteras modellen och de delresultat som beräknas utifrån denna.

5.1 Marknadsanalys och demografi

5.1.1 Färdmedelstillgång

Körkortsinnehavet är cirka 80 procent bland de som är mellan 26-84 år gamla. För åldersgruppen 19-25 sjunker körkortsinnehavet något till 67 procent. 83 procent av männen innehar ett körkort vilket motsvaras av 74 procent av kvinnorna (Analys för resvanor, 2013).

Den allmänna färdmedelsfördelningen för Malmö kan ses i figur 3 nedan.



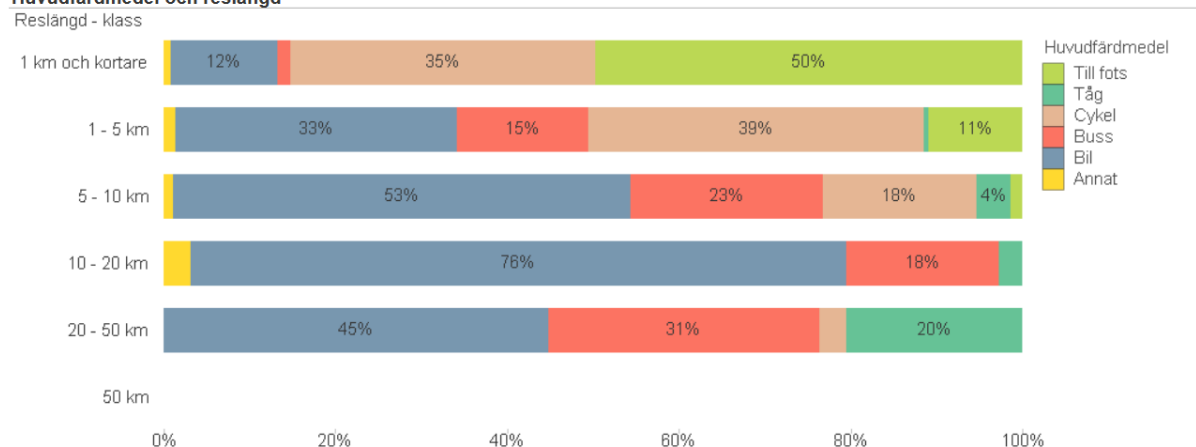
Figur 3: Allmän färdmedelsfördelning för Malmö Stad. Källa: Wahl & Ullberg (2014)

5.1.2 Reserelationer

Inom de större tätorterna i Malmö Stad sker 46 procent (män) respektive 31 procent (kvinnor) av resorna med bil. För resor inom Malmö som är 1 km eller kortare färdas 50 procent till fots, 35 procent cyklar och 12 procent använder bilen. Är reslängden mellan 1-5 km använder 33 procent bilen, 15 procent åker buss, 39 procent cyklar och 11 procent går till fots. Är reslängden mellan 5 och 10 km blir bilen det dominerande transportsättet med 53 procent av resorna. 23 procent väljer att ta bussen och 18 procent åker cykel. 4 procent åker tåg. Resor som är mellan 10-20 km långa genomförs till 76 procent med bil

och 18 procent med buss. Om resan är 20-50 km använder 45 procent bil, 31 procent åker buss och 20 procent åker tåg (Analys för resvanor, 2013).

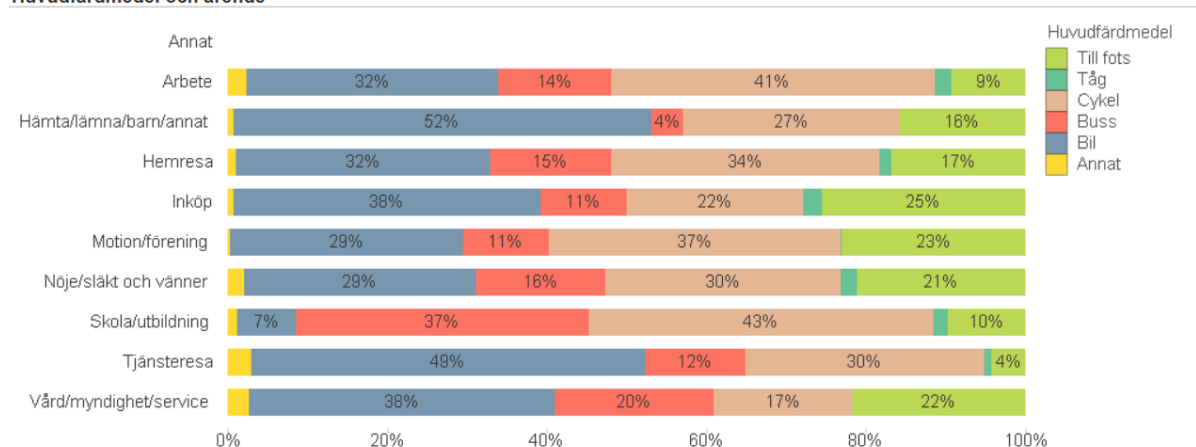
Huvudfärdmedel och reslängd



Figur 4: Färdmedelsfördelning baserat på färdmedel. Bild hämtad ur webverktyget Analys för resvanor (2013)

De målpunkter som kräver den längsta resvägen är arbete eller skola/utbildning (5,2 km). Dessa resor genomförs dock inte till största delen med bil utan 41 procent av de som pendlar till arbetet använder cykel, 14 procent åker buss och 32 procent reser med bil. Endast 7 procent av de som reser till skola/utbildning reser med bil, 37 procent reser med buss och 43 procent reser med cykel. 10 procent promenerar (Analys för resvanor, 2013).

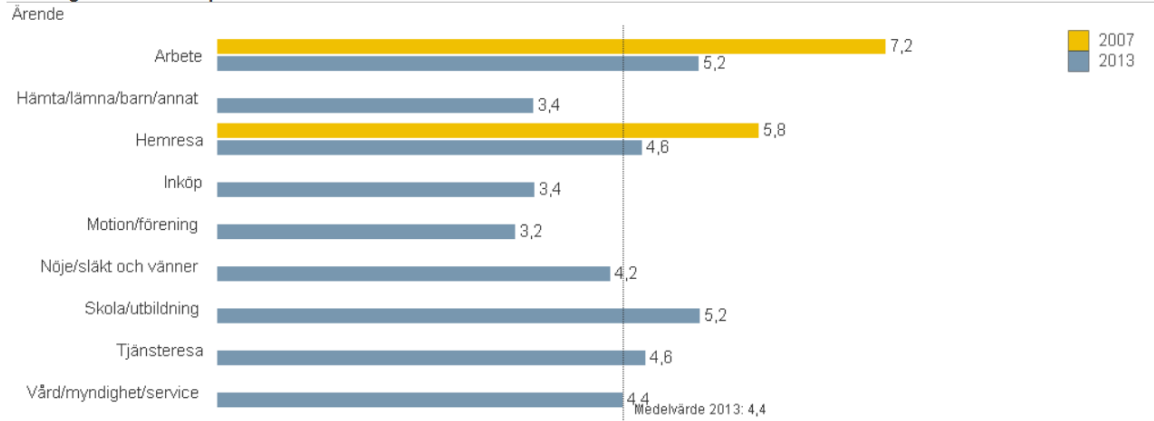
Huvudfärdmedel och ärende



Figur 5: Färdmedelsfördelning baserat på ärende. Bild hämtad ur webverktyget Analys för resvanor (2013)

De resor där flest använder bilen är resor som innebär att lämna/hämta/barn/annat (52 procent använder bil). Dessa resor är även bland de kortaste med en medelreslängd på 3,4 km. 38 procent använder bilen för att göra inköp trots att medelreslängden för detta är 3,4 km (Analys för resvanor, 2013).

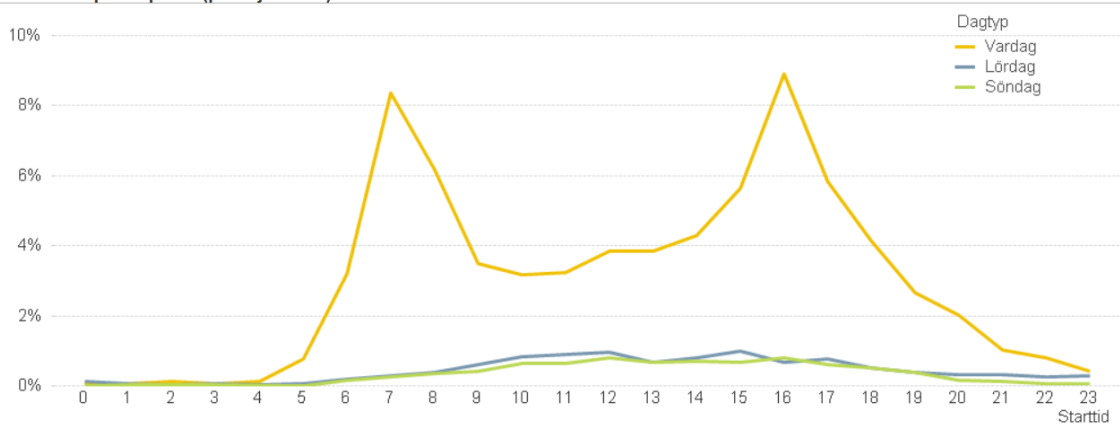
Reslängd i km fördelat på resa och ärende



Figur 6: Reslängd fördelat på resa och ärende. Bild hämtad ur webverktyget Analys för resvanor (2013).

Det största antalet resor genomförs kring kl 7 på morgonen och kring kl 16 på eftermiddagen under vardagar. På lördagar och söndagar genomförs de flesta resorna mellan kl 10 på morgonen och kl 18 på kvällen med en relativt jämn spridning över dygnet (Analys för resvanor, 2013).

Andel resor per tidpunkt (påbörjad resa)



Figur 7: Antal resor fördelat på tid. Bild hämtad ur webverktyget Analys för resvanor (2013).

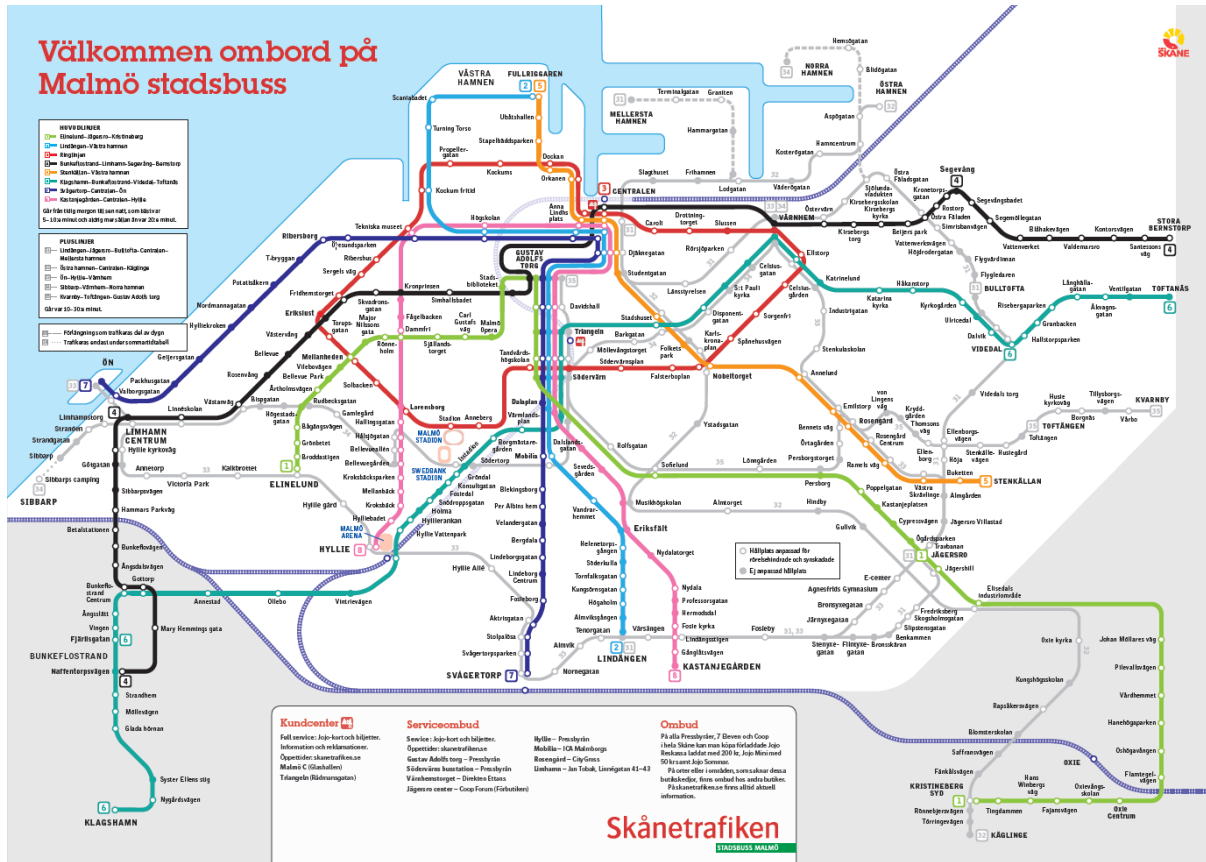
5.1.3 Kollektivtrafiken i Malmö idag

Kollektivtrafiken i Malmö sköts av Skånetrafiken, en förvaltning inom Region Skåne. Trafikeringen av kollektivtrafiken utförs av olika företag vars tjänster har upphandlats av Skånetrafiken i konkurrens. I nuläget ansvarar Skånetrafiken för Öresundståg, Pågatåg, regionbussar, stadsbussar samt serviceresor i Skåne-regionen (Skånetrafiken a, u.d.).

5.1.3.1 Linjenätets uppbyggnad

Busslinjenätet för stadsbussar i Malmö är uppdelat på huvudlinjer och pluslinjer. Huvudlinjerna har tätast trafikering där det som bäst avgår en buss var 5-10:e minut och som sämst var 20:e minut. Pluslinjerna har avgångar en gång var 10-30:e minut (Linjenätskarta över Malmö, se figur 8). I Malmö finns även ett tågnät med Pågatåg och Öresundståg där Pågatågen trafikerar mindre orter och har ett tätare avstånd mellan stationerna och Öresundstågen främst har stationer i de större orterna såsom Malmö, Lund,

Hyllie och Landskrona. Dessa tåg passerar även regiongränsen och har sina slutdestinationer i Göteborg respektive Danmark (Skånetrafiken a, u.d. och Linjenätskarta över Malmö figur 8).



Figur 8: Linjenätskarta över Malmö. Hämtad 2016-03-03 från https://www.skanetrafiken.se/globalassets/dokumentbank/linjekartor/malmo_linjekarta.pdf

I modellen som presenteras senare i rapporten har två busslinjer valts ut som underlag till beräkningar. Dessa linjer är linje 2 och linje 3 med avgångar från stationerna Djäknegatan, Caroli samt Drottningtorget och ankomster till stationerna Kockums fritid och Propellerergatan i Västra hamnen. Båda dessa linjer är huvudlinjer och restider i nuläge presenteras i tabellform nedan (se tabell 2):

Tabell 2: Dagens restid med buss från tre stationer i Malmö till Västra hamnen. Restider hämtade från Skånetrafikens hemsida – Reseplaneraren.

	Vardag kl 17.30	Helgdag kl 11.00	Helgdag kl 14.00
Linje 2. Djäknegatan – Kockums fritid			
	10 min	9 min	9 min
Linje 2. Kockums fritid - Djäknegatan			
	10 min	9 min	9 min
Linje 3. Drottningtorget - Propellergatan			
	11 min	10 min	10 min
Linje 3. Propellergatan - Drottningtorget			
	13 min	12 min	12 min
Linje 3. Caroli - Propellergatan			
	10 min	9 min	9 min
Linje 3. Propellergatan - Caroli			
	12 min	11 min	11 min

5.1.3.2 Stationer

Inom undersökningsområdet finns det busstationer vid Drottningtorget, Caroli, Djäknegatan, Studentgatan samt Gustav Adolfs Torg. Vissa av dessa stationer har flera hållplatser vilket visas av kartdata. Totalt räknas till 17 hållplatser inom undersökningsområdet.

5.1.3.3 Betalsystem

Skånetrafiken använder sig av ett zonbaserat betalsystem med olika typer av differentiering. Betalning sker antingen genom köp på ombud eller kundcenter, i biljettautomater eller via hemsida/mobilapplikation. Det finns ett antal olika biljettpriser som framförallt grundas i om användaren har köpt ett resekort från Skånetrafiken så kallat Jojo-kort som före köp laddas med reskassa eller om resenären betalar för resan direkt (Skånetrafiken b, u.d.)

5.1.4 Malmö i framtiden

Enligt Malmö Stads reviderade befolkningsprognos från december 2015 beräknas invånarantalet i Malmö öka med i snitt 2,6 procent per år fram till år 2019 (Malmö Stad, stadskontoret, 2015).

I Malmö Stads översiktsplan från 2014 anges som ett mål att staden ska förtätas och bli mer funktionsblandad. Specifikt innebär detta en önskan om att Malmö ska växa inom den yttre ringvägen vilket bidrar till förtätning men även en besparing av värdefull jordbruksmark som finns utanför staden idag (Malmö Stad, 2014).

5.2 Undersökningsområde

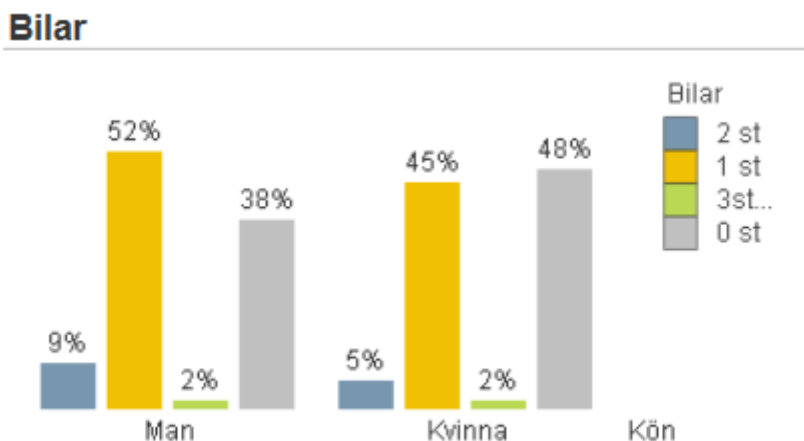
Denna modell utgår ifrån ett undersökningsområde i Malmö stad som är markerat i figur 10. Detta undersökningsområde valdes på grund av dess hanterbara yta, tydliga avgränsning samt placering i staden. Syftet med modellen är att undersöka hur autonoma fordon kan implementeras i det rådande kollektivtrafiksystemet i en tät stad varför undersökningsområdet valdes inom Malmös innerstad.

5.2.1 Färdmedelsfördelning

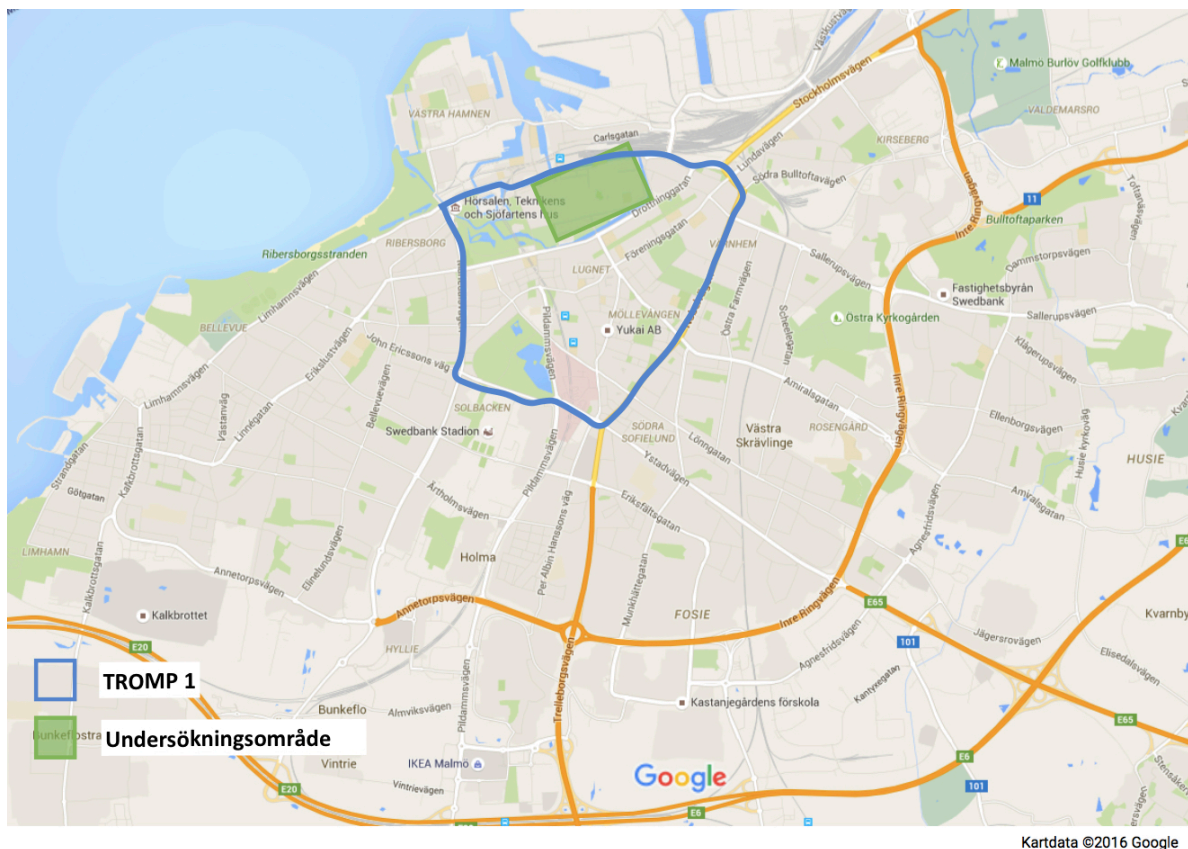
Färdmedelsfördelningen som presenterats tidigare i detta kapitel gäller för resor inom Malmö Stads större tätorter. Där visas att ett av de reseärenden där bilanvändningen är som störst är med syfte inköp. Dessa resor sker till 38 procent med bil, där medelavståndet är 3,4 km. Som en avgränsning i denna modell används dessa restyper som underlag för beräkningar med grund i den stora andelen bilanvändning. Inom ca tre km avstånd från undersökningsområdet finns ICA Maxi stormarknad i Västra Hamnen vilken här kommer användas som målpunkt i modellen.

5.2.2 Bilinnehav

Inom TROMP-område 1 där undersökningsområdet (se figur 10) ligger har 63 procent av männen tillgång till en bil eller fler, och 52 procent av kvinnorna har tillgång till en eller fler bilar, se figur 9.



Figur 9: Bilinnehav inom TROMP-område 1 fördelat på män och kvinnor. Bild hämtad ur webverktyget Analys för resvanor (2013).



Figur 10: TROMP 1- området och undersökningsområdet. Kartdata från Google 2016. Hämtad 2016-03-02

5.3 Systemets uppbyggnad

Idén till denna typ av utformning och implementering av autonoma bilar i det befintliga kollektivtrafiksystemet har inspirerats av dokumentet Göteborg 2070. I detta dokument finns beskrivet hur autonoma fordon i framtiden finns sömlöst implementerade som en del av trafiknätet i staden och att transporter sker frikopplat från tankar på olika färdmedel (MTR, Volvo, Skanska, Sweco och Volvo Cars).

Det kan finnas fördelar med att implementera autonoma fordon i städernas transportbilder. Efter ett samtal med Nils Edfast¹ från Sweco i Göteborg klarnade en del i denna vision. Genom att använda små autonoma fordon för transporter på sträckor där det i nuläget inte finns ett tillräckligt starkt utbud av kollektivtrafik kan denna förstärkas. Fordonen kan transportera en eller flera personer och plocka upp fler personer på vägen om detta skulle beställas. Beroende av hur många personer som önskar färdas längs det autonoma fordonets väg kan antalet fordon anpassas till efterfrågan.

I och med att systemet är dynamiskt kan de starkast använda stråken – det vill säga de stråk med störst efterfrågan – identifieras och systemet kan sedan dimensionera sig självt. Skulle ett stort antal små autonoma fordon krävas för att trafikera en sträcka med stor efterfrågan kan systemet anpassa sig till efterfrågan och fordonen kan uppgraderas till en större modell, exempelvis en buss. På motsvarande sätt kan de svaga stråken trafikeras med små

¹ Nils Edfast, Sweco Göteborg, telefonsamtal den 10 mars 2016

autonoma fordon istället för bussar, något som skulle vara konkurrenskraftigt bland annat på landsbygden men även under de timmar på dygnet då efterfrågan är låg. Denna typ av trafikförändring skulle kunna effektivisera kollektivtrafiken och ge nytta i form av minskad bränsleförbrukning, minskade personalkostnader och en förnyad, mer miljömässigt optimerad fordonsflotta.

En uppdatering och individualisering av verktyget Reseplaneraren för kollektivtrafik skulle kunna underlätta denna typ av anpassade urval. Genom att resenären själv kan meddela vilken typ av resa som ska genomföras kan en resplan utformas för den resenärens specifika behov. Är ärendet med resan inköp finns en stor möjlighet att tunga varor transporteras på hemvägen, något som borgar för bilanvändning. Att denna typ av behov på förhand har identifierats gör att resan kan planeras så att ett autonomt fordon kör resenären hem från busstationen till dörren. Detta gör att resan med ett privat fordon (i det här fallet ett autonomt fordon) blir betydligt kortare än om resan hade skett med en privat bil hela vägen från hemmet till inköpsplatsen.

För att komplettera den vision som nämns ovan om det sömlösa systemet har en ansats gjorts till att utforma en modell till kollektivtrafiksystemet med autonoma bilar.

Den övergripande systemutformningen baseras på två identifierade parametrar:

- Väntetiden för en resa med ett autonomt fordon behöver hållas kort. Riktvärdet sätts därför till under en minut. Detta riktvärde strävar efter att konkurrera mot den tid som det tar att hämta en privat bil på en parkeringsplats i närheten av bostaden.
- Möjligheter för drift och underhåll samt service, laddning och uppställning av de autonoma fordonen måste finnas i en relativ närmiljö. Anledningen är att systemet snabbt bör kunna svara på en plötsligt stigande efterfrågan.

5.3.1 Samåkning och optimerat fordonsutnyttjande

Om det finns beställningar i systemet av resor inom bilens färdväg kommer bilen kunna hämta upp dessa personer utifrån premissen att det inte tar för lång tid och att utrymme finns i bilen. Anledningen till att systemet utformas på detta sätt är att motivationen för samåkning stärks. Genom att vid varje tillfälle, och så långt det är möjligt, utnyttja fordonets fulla kapacitet kommer antalet bilar på vägarna att minimeras vilket ger ytterligare plats för övriga hållbara transportslag i gatumiljön.

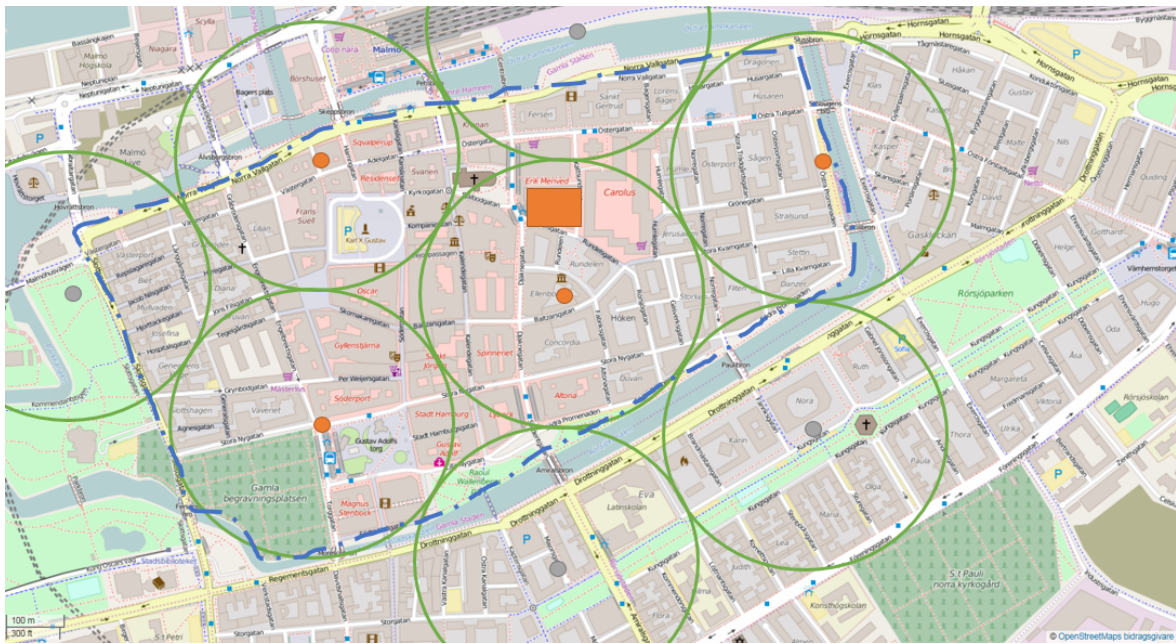
När resan är avslutad kommer bilen göra en utvärdering i relation till geografiskt läge och batterinivå. Finns det ett behov kommer bilen köra tillbaka till ett parkeringsgarage för laddning och underhåll (städning etc.). Skulle detta behov inte finnas kommer bilen få instruktioner om ny resa, parkering på en station eller bli återkallad till garaget beroende på den aktuella efterfrågan. I alla lägen ska systemet sträva efter optimering, det vill säga finns det en resebeställning på en sträckning där bilen planerar att köra för att nå ett visst mål exempelvis en station eller ett garage ska denna beställning godtas.






5.3.2 Stationer

För att svara mot behoven nämnda ovan sker utformningen enligt följande. Stationer för autonoma fordon placeras ut på några olika gatuparkeringar i staden, där avståndet mellan stationerna inte är längre än att varje given plats i staden kan nås med ett autonomt fordon inom en minut. Beroende på den aktuella efterfrågan finns olika många fordon på plats på stationerna.

På några olika platser i staden finns större anläggningar för drift, underhåll, service och laddning. Dessa anläggningar placeras förslagsvis ut i parkeringsgarage runt om i staden. Beroende på hur efterfrågan ser ut finns olika många fordon på plats i dessa anläggningar. För att minska den plats som de autonoma fordonen tar upp i gatumiljön kommer de att förvaras i dessa anläggningar under de tider när de inte behövs i systemet på grund av gällande efterfrågan.

För att systemet ska bli konkurrenskraftigt gentemot den privata bilen krävs att samtliga delmoment i transportkedjan minimeras tidsmässigt. För att bedöma hur nära varandra stationerna behöver vara beräknades vilket avstånd som ett fordon skulle behöva färdas med en antagen medelhastighet på 20 km/h. Med detta beräkningssätt kommer fyra stationer att behövas inom undersökningsområdet (Se figur 11).



-  Område inom vilket ett autonomt fordon med en medelhastighet på 20 km/h hinner inom en minut.
-  Station för autonoma fordon inom undersökningsområdet
-  Station för autonoma fordon utanför undersökningsområdet
-  Alternativt parkeringshus för serviceanläggning
-  Områdesgräns undersökningsområde

Figur 11: Förslag på utplacering av stationer inom undersökningsområdet. Kartdata från openstreetmaps.org hämtad 2016-03-22

5.3.3 Service och underhåll

Anläggningar för service och underhåll finns inrymda i parkeringsgarage på några platser i staden. Här sker skötsel, drift och underhåll samt uppladdning av batterier. Anläggningarna kommer behöva bemannas av bland andra tekniker som ombesörjer att fordonen fungerar

väl, städpersonal som upprätthåller en god kvalitet inne i fordonen så väl som utanpå, administrativ personal som ansvarar för och övervakar att systemet fungerar som det ska i fråga om efterfrågan med mera.

5.3.4 Betalsystem

Det differentierade betalsystem som finns för kollektivtrafiken i Malmö kan appliceras även här, vilket underlättar för resenären. Samma trafikföretag som driver övrig kollektivtrafik föreslås även driva de autonoma fordonen, som därmed kan gynnas av liknande subventioneringsmodell som resterande kollektivtrafik.

5.4 Modellutformning

Det som undersöks i detta avsnitt är hur kollektivtrafiken och autonoma fordon skulle kunna integreras för att bättre konkurrera med den privata bilen när syftet med resan är inköp.

5.4.1 Reserelationer

Antaganden som gäller vid utformningen där buss och autonoma fordon samarbetar anges nedan:

- Bytestiden mellan ett autonomt fordon och övrigt färdmedel antas till en minut för buss. Antagandet bygger på att det autonoma fordonet kan parkera precis i anslutning till bussen vilket minimerar gångavståndet och således bytestiden mellan dessa färdmedel.
- Om gångtiden i början eller i slutet på en resa överstiger 2,5 minuter (motsvarande 5 minuter i upplevd restid) väljs ett autonomt fordon som färdmedel för denna delresa. Detta val görs då 5 minuters upplevd restid uträknas som ett gränsvärde mellan när en resa blir konkurrenskraftig med bilen. I de fall då gångtiden överstiger detta värde kommer den totala restiden med kollektivtrafik (inklusive gång till och från stationen) bli för lång för att konkurrera med den privata bilen.
- Om restiden med en buss understiger bytesstraffen för resan väljs ett autonomt fordon som färdmedel för denna sträcka. Om ett autonomt fordon ansluter till och från bussen kräver denna resa två byten. Detta ger ett bytesstraff på 2 x 5 minuter. I de fall då restiden med bussen understiger tiden för bytesstraffen anses det inte vara motiverat att byta mellan färdmedel varför det autonoma fordonet får trafikera hela sträckan.
- För en resa som sker helt med autonomt fordon beräknas en medelsträcka baserad på de olika valmöjligheterna som finns för färdvägen. Därefter beräknas initialt en tidsåtgång utifrån en medelhastighet om 20 km/h.

Dessa antaganden leder till att två resekedjor blir aktuella för transport med autonomt fordon hela resan.

1. Gångtiden överstiger 2,5 minuter i början och busstationen ligger i anslutning till destinationen varför inget byte krävs vid bussresans slut. Dock är restiden med busstrafiken mindre än fem minuter, en tid som understiger denna resas bytesstraff,

vilket gör att ett byte inte är motiverat. Resan körs hela vägen med ett autonomt fordon.

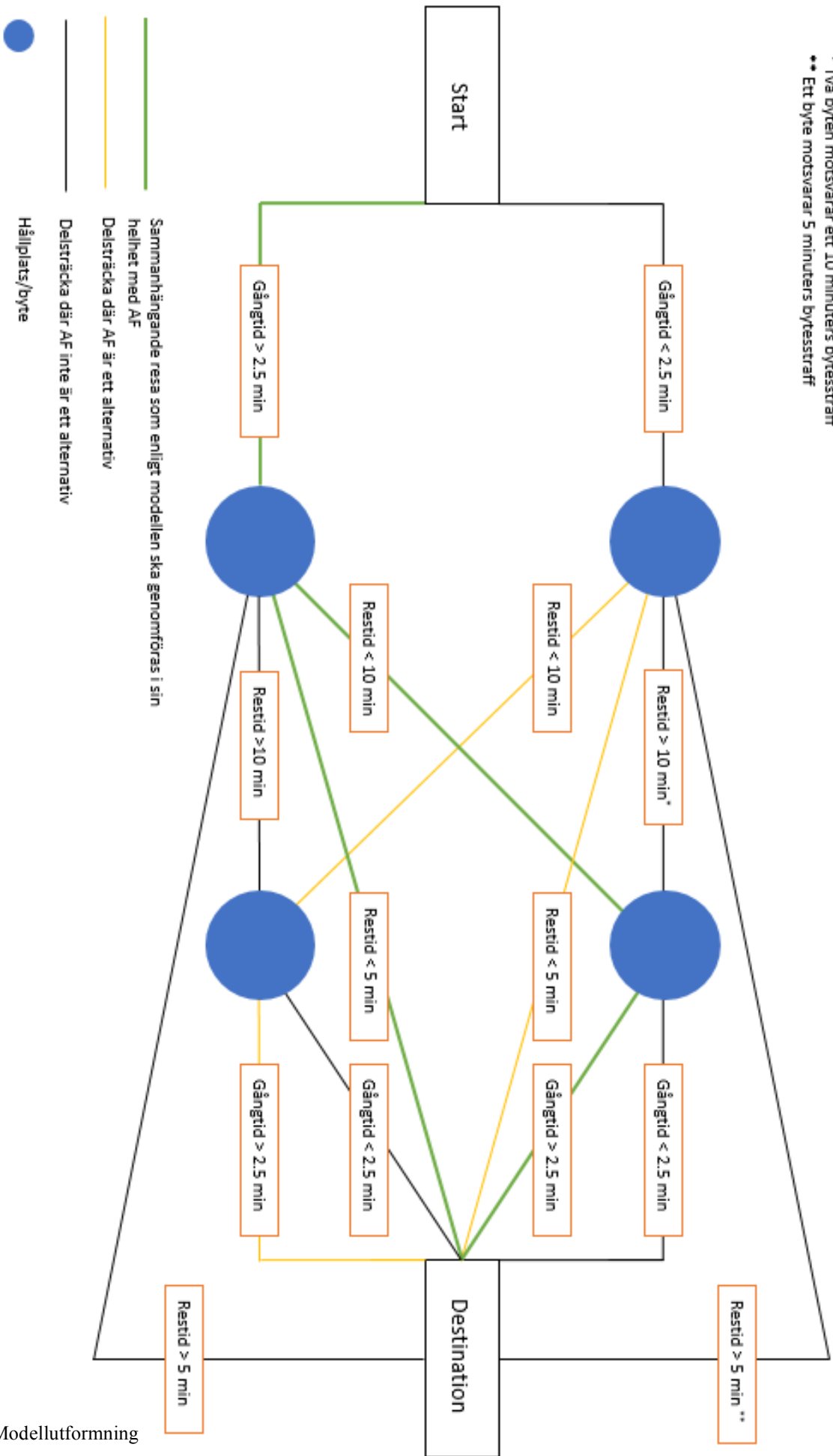
2. Gångtiden överstiger 2,5 minuter i början och i slutet av resekedjan. Restiden med buss i mitten av resan understiger 10 minuter vilket gör ett byte omotiverat. Resan körs hela vägen med ett autonomt fordon.

För vissa resekedjor blir autonoma fordon aktuella för vissa delresor. Detta gäller bland annat när en resans ärende innebär att tunga varor tas med hem och gångtiden från busstationen överstiger 2,5 minuter.

1. Gångtiden till busstationen överstiger 2,5 minuters gångtid, resan med bussen överstiger 10 minuters restid, gångtiden från bussen till målet överstiger 2,5 minuters gångtid. Resans första och sista del sker då med ett autonomt fordon och sträckan däremellan trafikeras med buss.
2. Gångtiden till stationen överstiger 2,5 minuters gångtid, restiden med buss överstiger 10 minuter och gångtiden från stationen till destinationen understiger 2,5 minuter. Resans första etapp sker med ett autonomt fordon.
3. Gångtiden till stationen understiger 2,5 minuter, restiden med buss överstiger 10 minuter, gångtiden från stationen till destinationen överstiger 2,5 minuters gångtid. Sista delen av resan sker med ett autonomt fordon.
4. Gångtiden till bussen överstiger 2,5 minuter, bussresan överstiger 5 minuters restid, busshållplatsen ligger i anslutning till målet. Första etappen trafikeras med ett autonomt fordon.
5. Avreseplatsen ligger i anslutning till busshållplatsen, gångtiden från hållplatsen till destinationen överstiger 2,5 minuters gångtid. Sista etappen sker med ett autonomt fordon.

Dessa reserelationer finns illustrerade i figur 12 på nästa sida.

- * Två byten motsvarar ett 10 minuters bytestraff
- ** Ett byte motsvarar 5 minuters bytestraff



Figur 12: Modellutformning

Med dessa införda förändringar i kollektivtrafiksystemet kan restiden beräknas enligt följande formler där inparametrarna viktas enligt vad som anges i KolTRAST (se tabell 1).

Formel I används för samtliga resor där gångtiden understiger 2,5 minuter till och från busshållplatsen. Detta är således en konventionell kollektivtrafikresa gång – buss - gång så som den ser ut idag.

Formel I:

{om $g < 2,5$ }

$$R_1 = \sum_{i=1}^n g_i * 2 + r$$

där

R = total restid i minuter

$i = 1, 2, \dots, n$

n = antalet delresor med respektive färdmedel

g = gångtid per delresa i minuter

r = restid med buss i minuter

Formel II används när gångtiden överstiger 2,5 minuter och restiden med buss överstiger den motsvarande tiden för bytesstraffen (Alt 3 - 7). Detta innebär att den första delresan görs med ett autonomt fordon och att ett byte sedan görs till en buss. Därav tillkommer ett bytesstraff vid de byten som görs mellan fordonen. På grund av tiden som det tar att kliva in och ut i det autonoma fordonet blir den totala tilläggstiden per byte 6 minuter, 5 minuter bytesstraff plus 1 minut instigning/avstigning. I de fall då byte sker från en buss till ett autonomt fordon adderas ingen väntetid då tillräcklig tid finns under resans första skeden för det autonoma fordonet att ta sig till busstationen och vänta på passageraren. I de fall då restiden från busstationen i slutet av resan understiger 2,5 minuter och ingen tilläggsbeställning görs adderas gångtiden till destinationen

Formel II:

{om $g > 2,5$ och $r > 5k$ }

$$R_2 = \sum_{i=1}^n g_i * 2 + \sum_{j=1}^k a_j + 6k + r$$

där

R = total restid i minuter

$i = 1, 2, \dots, n$

n = antalet delresor med gång

k = antalet delresor med ett autonomt fordon

$j = 1, 2, \dots, k$

g = gångtid per delresa i minuter

r = restid med buss i minuter

a = restid i ett autonomt fordon

Formel III används när gångtiden till stationen överstiger 2,5 minuter och när restiden med buss understiger motsvarande tid för bytesstraffen (Alt 1 och 2). Den här resan görs då till fullo med ett autonomt fordon som väljer väg beroende av aktuellt flöde och beställningar till destinationer inom eller bortom den valda resvägen. I snitt antas en beställning plockas upp längs vägen vilket antas ge en extra tidsåtgång på 5 minuter plus en minut för instigning/avstigning i fordonet. Den totala extra tiden utöver restid blir således 1 minut i väntetid, en minut för instigning/avstigning samt 5 minuter för upphämtning av ett extra sällskap. Varianter kan förekomma, exempelvis att den första resenären stiger av innan den sista vilket ger ett extra stopp om 5 minuter. Denna beräkning är således förenklad.

Formel III:

*{om $g < 2,5$ och r
< 5 * antal byten som skulle ha förekommit om resan genomfördes med buss }*

$$R = a + 7$$

där

R = total restid i minuter

g = gångtid per delresa i minuter

r = restid med buss

a = restid i ett autonomt fordon

5.4.2 Dimensionering av antal autonoma fordon

Varje busstation tilldelas en radie inom vilken det antas att en person kan röra sig på mindre än 2,5 minuter förutsatt att rutten sker i ett vinkelrätt mönster. Ytan utanför denna radie och befolkningstätheten (se figur 13) kan användas för att ta fram ett underlag av potentiella resenärer.



Figur 13: Ytor inom undersökningsområdet som nås till fots inom 2,5 minuter. Kartdata från openstreetmaps.org.

Området som inte omfattas av ett gångavstånd som understiger 2,5 minuters gångavstånd till närmaste busshållplats uppskattas vara $0,125 \text{ km}^2$. Undersökningsområdet antas genom en grovare beräkning med kartmaterial från hitta.se uppgå till ca $0,9 \text{ km}^2$. Då detta arbete ämnar undersöka en tät stad antas befolkningstätheten motsvara den i undersökningsområdet, vilket kan antas vara av samma storlek och placering i staden som Gamla Staden. I Gamla Staden uppgår befolkningen till ca 9 400 personer enligt Malmö Stad (u.d.) ($10400 \times 0,9 = 9360$). Detta ger antagandet om att det inom undersökningsområdet finns en befolkningstäthet på ca 10 400 personer/ km^2 . Resenärsunderlaget är därmed ca 1200 personer ($9400 \times 0,125 = 1175$).

I resvaneundersökningen för Skåne 2013 visas att 38 procent av resorna med ärende inköp görs med bil, 11 procent med buss och 3 procent med tåg (Analys för resvanor, 2013). Dessa siffror har tagits fram med urvalen ”större tätorter”, ”Målkommun Malmö” och ”Startkommun Malmö”. Således sker 52 procent av resorna med ärende inköp med kollektivtrafiken eller bil – detta motsvarar 676 personer. Vid undersökning av andel resor per tidpunkt ses att en resetopp inträffar klockan 16 på vardagar där ca nio procent av resorna sker (Se figur 7). Om antalet autonoma fordon ska dimensioneras efter maximal möjlig efterfrågan motsvarar detta nio procent av 676 personer, alltså ca 60 personer för undersökningsområdet.

Att beräkningsunderlag från resor med ärende inköp används anses här vara rimligt i och med att denna typ av resa står för en av de tyngsta bilanvändningarna. Denna typ av resor är även intressant på grund av att de leda till transport av tyngre varor, vilket kan borga för bilanvändning.

I modellen finns inbyggt en möjlighet till samåkning. Systemet dimensioneras dock initialt för en möjlig maximal belastning vilket innebär ett antagande om att alla resor sker privat. Inom undersökningsområdet skulle det enligt ovanstående resonemang behövas 60 autonoma fordon inom undersökningsområdet under maximal belastning.

Det finns inget behov för att samtliga av dessa fordon finns utplacerade i stationsmiljön. Beroende av placeringen för drift- och underhållsanläggningen kan ett antal av fordonen utgå från denna vid beställning, så länge restiden från denna anläggning till målpunkten understiger en minut enligt ovanstående resonemang. Inom undersökningsområdet rymms fyra stationer för autonoma fordon. Fordonen kan även finnas i stand-by läge i ett parkeringsgarage med drift- och underhållsfunktioner. Om detta parkeringsgarage tas med i beräkningen kan de 60 fordonen fördelas på fem platser, varav fyra av dessa platser är stationer i gatumiljön. Detta innebär att antalet autonoma fordon som behöver fördelas på respektive station är ca 12 stycken ($60/5 = 12$).

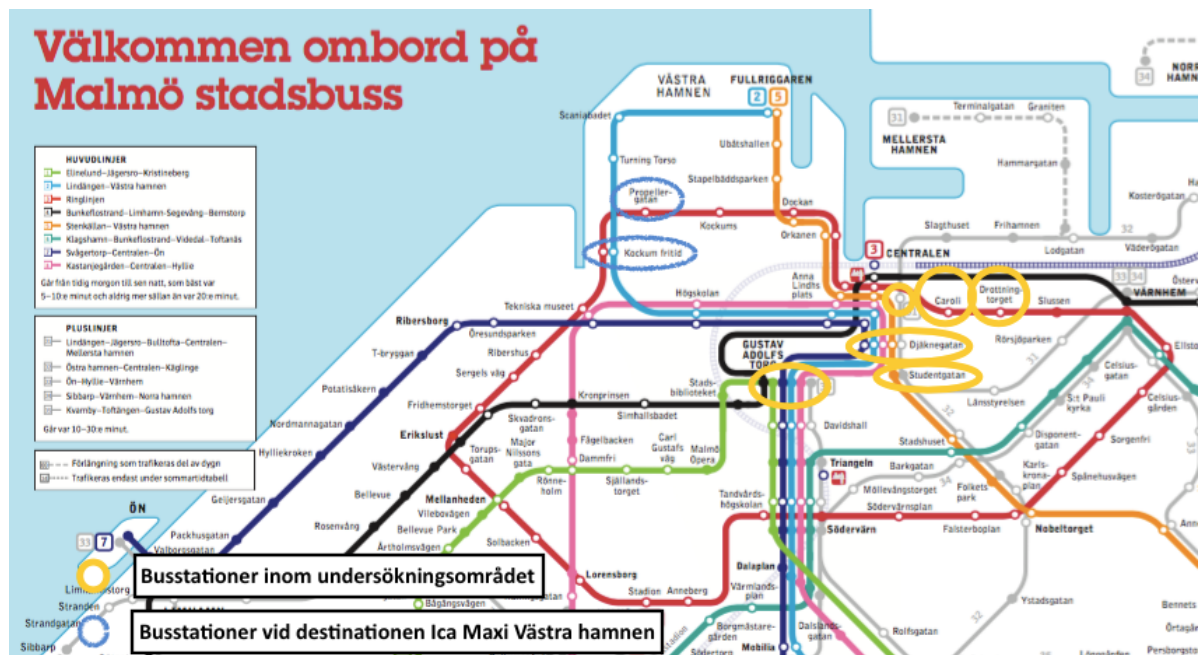
Vidare kan ett antagande göras om att en del av fordonen befinner sig i rörelse i gatunätet. Hur stor andel av fordonen som är i rörelse är avgörande för hur många platser för autonoma fordon som behövs på varje station. Vid undersökning om andel resande per tidpunkt (se figur 7) kan ses att i tidsintervallet mellan de tidpunkter då den största trafikbelastningen sker är andelen resande per tidpunkt ca 4-5 procent, alltså hälften av andelen resande under maxtimmen. I denna beräkning antas således att hälften av de fordon som krävs för att tillfredsställa resebehovet under maxtimmen klockan 16.00 finns i rörelse i gatunätet. Stationerna behöver således kunna härbärgera sex autonoma fordon vardera.

5.5 Beräkningar

För att kunna utvärdera vilka effekter ett system med självkörande bilar skulle generera i staden beräknas restider, restidskvoter och förändring i efterfrågan efter implementering av det nya systemet enligt ovan. Utifrån befintlig färdmedelsfördelningen görs sedan en bedömning av vad detta skulle innebära för parkeringsplatser i staden på gator och i parkeringsgarage.

5.5.1 Restidskvot

Om vi låter undersökningsområdet representera en tät stad med en normal kollektivtrafiktäthet kan det antas att det längsta avståndet som en person behöver färdas för att komma till busshållplatsen representeras av den plats som ligger längst bort från den minst tillgängliga busshållplatsen i det orange området i figur 13. De busslinjer som valts ut har presenterats tidigare i rapporten. Dessa busslinjer har valts med hänsyn till deras närhet till ICA Maxi i Västra Hamnen vilket är målpunkten för de inköpsresor som används för beräkningarna nedan.



Figur 14: Busstationer inom undersökningsområdet samt vid destinationen. Bild ursprungligen hämtad från https://www.skanetraffiken.se/globalassets/dokumentbank/linjekartor/malmo_linjekarta.pdf den 30 Mars 2016

Metodikerna är som följer:

1. Identifiering av avreseplatser:

Fyra avreseplatser kommer väljas utifrån förhållande till busslinjernas dragning. Den första väljs med ett så stort avstånd som möjligt till närmsta busstation inom det orange området, det vill säga med en så lång färdtid som möjligt för det autonoma fordonet. Den andra väljs med ett så kort avstånd som möjligt till närmsta busstation inom det orange området, strax över 2,5-minuts-gränsen, det vill säga med en så kort möjlig körtid som möjligt för det autonoma fordonet. De sista två väljs med ett maximalt gångavstånd, strax under 2,5-minuts-gränsen, respektive inget gångavstånd alls.
2. Beräkningar:

Beräkningar utförs i Excel enligt de formler som finns redovisade ovan.
3. Restidskvoterna presenteras:
 - a. Modell/bil.
 - b. Modell/befintlig kollektivtrafik.
4. Modifikationer:

De modifikationer av modellen som görs till följd av resultatet presenteras och genomförs. Modifikationerna kommer successivt att byggas på, vilket innebär att den första modifikationen finns kvar och byggs på av ytterligare ändringar i modellen. Den sista modifikationen innehåller således samtliga av de tidigare genomförda ändringarna.
5. Efterfrågan:

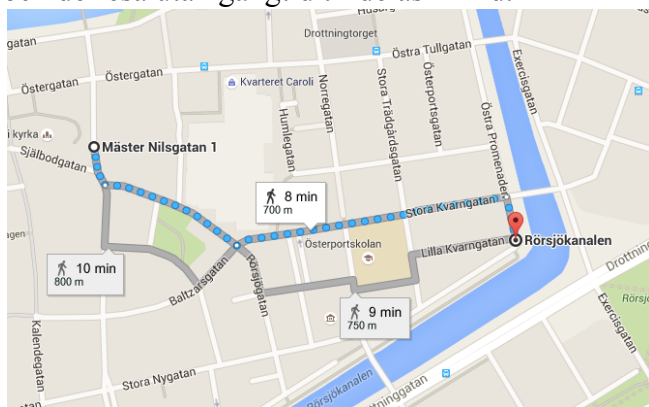
Beräkning av förändrad efterfrågan görs enligt de formler som finns presenterade under kapitlet Kollektivtrafik.

5.5.1.1 Avreseplats Djäknegatan

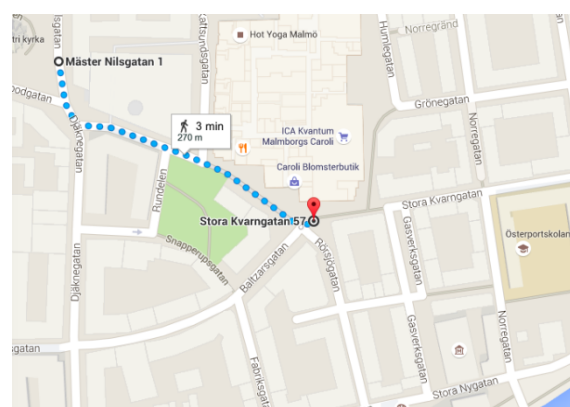
Identifiering av avreseplats:

Den första beräkningen utförs för Busslinje 2, station Djäknegatan till station Kockum Fritid. Den plats som ligger längst ifrån hållplatsen Djäknegatan är markerad på kartan nedan (figur 15). För beräkning av motsvarande reseavstånd med bil väljs en specifik adress ut - Rörsjökanalen. Gångtiden från denna adress till Djäknegatans busstation (adress: Mäster Nilsgatan 1) varierar mellan 8-10 minuter enligt data från Google Maps, vilket gör restiden aktuell för ett autonomt fordon enligt modellen. Resvägarna som väljs av kartverktyget är 700, 750 respektive 800 meter långa (Se figur 15). Denna information används för att beräkna avståndet som det autonoma fordonet kör. Medelkörsträckan är således 750 meter. Denna delresa tilldelas ID 1a. Precis utanför 2,5-minutersgränsen är avståndet 270 meter, se figur 16. Denna delresa tilldelas ID 1b.

Gångavstånden beräknas enligt gränsvärdena, d.v.s. 2,5 minuters gångtid respektive 0 minuters gångtid. Den resan med längst gångtid (motsvarande 2,5 minuter) tilldelas ID 1c och delresa utan gångtid tilldelas ID 1d.



Figur 15: Avstånd och gångtider resa 1a. Kartdata hämtad från Google Maps den 30 Mars 2016.

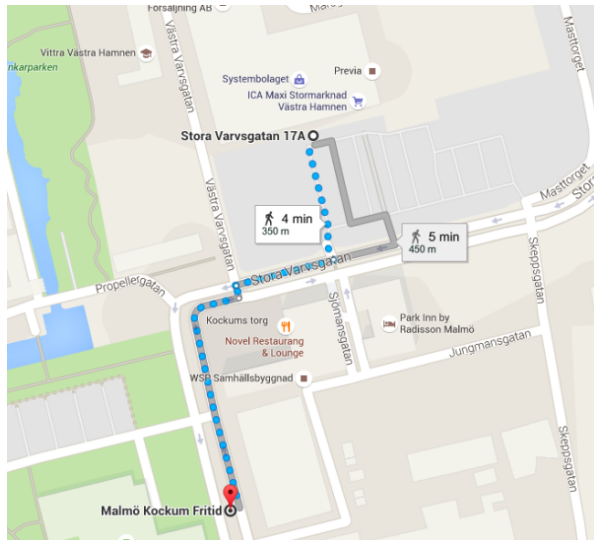


Figur 16: Avstånd och gångtider resa 1b. Kartdata hämtad från Google Maps den 30 Mars 2016.

Beräkning:

De restider som antas vara mest attraktiva i inköpssyfte är klockan 17.30 på vardagar samt klockan 11 och klockan 14 på helgdagar. För beräkning av helgdagar väljs söndagarnas restider. Väntetiden beräknas som halva turintervall och uppgår under vardagar klockan 17.30 till 4 minuter, på söndagar klockan 11 till 10 minuter och klockan 14 på söndagar till 7,5 minuter enligt Skånetrafikens webbaserade reseplanerare.

Gångtiden från busshållplatsen Kockum fritid till Ica Maxi Västra hamnen är mellan 4 och 5 minuter och i genomsnitt 400 meter. Detta avstånd är enligt modellen för långt för gång och trafikeras därmed med ett autonomt fordon, se figur 17.



Figur 17: Avstånd och gångtid från busstationen Kockum fritid till Ica Maxi västra hamnen. Kartdata hämtad från Google Maps den 30 Mars 2016.

Medelavståndet med bil från Södra Kvarngatan 57 till ICA Maxi i Västra Hamnen är 3,7 km och från Rörsjökanalen är motsvarande avstånd 3,6 km. Från Djäknegatans busshållplats är avståndet 2,4 km med bil enligt data från Google Maps.

Presentation av restidskvoterna:

Tabell 3: Förklaringstabell för resultattablerna

Uppnår inte målvärdet (restidskvot < 1,5)	
Förbättring jämfört idag/uppstår målvärdet	
Neutralt	
Resan med buss < bytesstraffen. Resan genomförs i sin helhet med ett autonomt fordon	*

Tabell 4: Resultattabell 1

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11/14	
Busslinje 2. Rör sjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen				
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
1a	4,0	0,8	2,1*	0,4
1b	3,7	0,8	2,0*	0,4
1c	3,4	0,7	1,9*	0,4
1d	4,4	0,6	2,3*	0,3
Busslinje 2. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rör sjökanalen				
1a	3,6	0,8	2,1*	0,4
1b	3,4	0,8	2,0*	0,5
1c	3,9	0,9	2,0*	0,5
1d	5,1	0,7	2,5*	0,4

Resultattabell 1 ovan visar att modellen inte blir konkurrenskraftig mot bilen. Den viktade restiden för modellen jämfört med restiden med en personbil under vardagar visar att modellens restid är mellan 3,4 och 5,1 gånger längre. Vid jämförelsen mellan restiden med modellen kontra restiden med dagens kollektivtrafik visas att modellens restider blir kortare. Gällande restiderna på helgdag genomförs dessa resor till fullo med ett autonomt fordon vilket innebär kortare restider än vid de tillfällen då byte krävs. Denna tabell är framtagen för att visa resultatet av de beräkningsgångar och antaganden som presenterats i text ovan. En sammanfattning av dessa antaganden ges i tabellform nedan:

Tabell 5: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 1

Bytesstraff	5 min
Väntetid autonomt fordon	1 min
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	20 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

För att undersöka vidare hur modellen kan optimeras genomfördes ett antal modifikationer i beräkningarna vilka presenteras nedan.

Modifikation 1: Förändrat bytesstraff:

Enligt (Trafikverket & SKL, 2012) adderas oftast ett bytesstraff om 5 minuter till ett byte vid test av trafikmodeller, så även i denna modell. Detta bytesstraff är tänkt att reflektera det motstånd som resenären upplever i samband med ett byte vilket beror av faktorer såsom var bytet ska ske, vid vilken station och till vilket annat färdmedel. I ett byte mellan ett autonomt fordon och den övriga kollektivtrafiken kommer bytet att förenklas. En del av bytesstraffet kan även antas reflektera den osäkerhet som uppkommer hos resenären i samband med ett byte. Denna osäkerhet kan antas minska i och med denna modell vilket ytterligare föranleder det sänkta bytesstraffet. Vid byte till en buss kommer det autonoma fordonet köra hela vägen fram till den korrekta busstationen (i syfte att minimera bytestiden som en del i strävan mot ett sömlöst system) vilket gör bytet enkelt. Närheten till nästa fordon minskar även det besväret. Vid byte vid en större terminal kan vägen till nästa färdmedel, tid för transport dit samt avgångstid visas på en display i det autonoma fordonet men även redovisas i mobilapplikationen. Vid byte från den övriga kollektivtrafiken till ett autonomt fordon är det vid den första påstigande inte av betydelse vilket fordon som väljs vilket underlättar bytet. Är det fråga om samåkning kommer detta redovisas i reseplaneraren och en tydlig markering på en karta samt på det autonoma fordonet kommer hjälpa resenären att hitta rätt. Dessa faktorer bidrar sammantaget till att en minskning av bytesstraffet känns motiverat varför det minskats till 2.5 minuter.

Tabell 6: Resultattabell 2: Modifierat bytesstraff

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11/14	
Busslinje 2. Rörsjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen. Halverat bytesstraff.				
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
1a	3,4	0,7	2,1*	0,4
1b	3,2	0,7	2,0*	0,4
1c	3,1	0,6	1,9*	0,4
1d	3,9	0,5	2,3*	0,3
Busslinje 2. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rörsjökanalen				
1a	3,1	0,7	2,1*	0,4
1b	2,8	0,6	2,0*	0,5
1c	3,3	0,7	2,0*	0,5
1d	4,2	0,6	2,5*	0,4

Resultatet av denna modifikation visar att restiderna för resor genomförda i modellen minskar, dock inte tillräckligt mycket för att konkurrera mot den privata bilen. Restiderna på vardagar, vilket är då byten sker, varierar fortsatt mellan 2,8 och 4,2.

Tabell 7: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 2

Bytesstraff	2,5 min
Väntetid autonomt fordon	1 min
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	20 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

Modifikation 2: Ändrad hastighet för det autonoma fordonet:

Initialt angavs att det autonoma fordonet skulle framföras med en hastighet av 20 km/h. Detta värde valdes då det presenterades i övrig litteratur. För de privata bilarna har 25 km/h valts som medelhastighet. Det ter sig ologiskt att dessa hastigheter inte är likartade varför de autonoma fordonens restid ändras till att motsvara de privata bilarnas.

Tabell 8: Resultattabell 3 - ökad medelhastighet för autonoma fordon

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11/14	
Busslinje 2. Rör sjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen. Ökad medelhastighet för autonoma fordon.				
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
1a	3,3	0,7	2,1*	0,4
1b	3,1	0,6	2,0*	0,4
1c	3,1	0,6	1,9*	0,4
1d	3,9	0,5	2,3*	0,3
Busslinje 2. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rör sjökanalen				
1a	3,0	0,6	2,1*	0,4
1b	2,8	0,6	2,0*	0,5
1c	3,3	0,7	2,0*	0,5
1d	4,2	0,6	2,5*	0,4

Den förändrade medelhastigheten skapade ingen större skillnad i modellen.

Tabell 9: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 3

Bytesstraff	2,5 min
Väntetid autonomt fordon	1 min
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	25 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

Modifikation 3: Optimering av väntetid:

Väntetiden har visat sig vara den tyngsta faktorn till en hög restidskvot. Det har tidigare bedömts som mer obekvämt att vänta mellan fordon än att vänta vid avreseplatsen, vilket representeras av de använda vikterna som är 1 för väntan vid avreseplatsen och 2 för väntan mellan fordon. Vid optimering av väntetiden antas att ingen väntetid (endast bytestid och bytesstraff) finns i anslutningen mellan färdstätt och att väntetiden istället förskjuts till väntan på det autonoma fordonet. Genom att göra denna förändring tillkommer ingen viktning för väntetiden vilket minskar dess påverkan på den totala restiden.

Tabell 10: Resultattabell 4 - optimering av väntetid

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11	
Busslinje 2. Rör sjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen. Optimering av väntetid.				
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
1a	2,8	0,6	2,1*	0,5
1b	2,5	0,6	2,0*	0,5
1c	3,1	0,6	1,9*	0,4
1d	3,9	0,5	2,3*	0,3
Busslinje 2. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rör sjökanalen				
1a	2,6	0,6	2,1*	0,5
1b	2,4	0,6	2,0*	0,5
1c	2,9	0,7	2,0*	0,5
1d	3,6	0,6	2,5*	0,4

Genom att optimera väntetiden sker en tydlig minskning av modellens restid vilket reflekteras i restidskvoterna. Dessa är dock fortsatt inte tillräckligt låga för att konkurrera med den privata bilen.

Tabell 11: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 4

Bytesstraff	2,5 min
Väntetid autonomt fordon	Variierande beroende på väntetiden för anslutande kollektivtrafik.
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	25 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

Modifikation 4: Viktning av restid med bil

När restiden för resor med bil beräknas tas sällan den tid det tar att parkera samt att gå till fordonet/från fordonet med. Detta gör att restiden med bil i en viktad beräkning blir något missvisande eftersom gång och väntetid, parametrar som i det närmaste kan jämföras med gångtid till bilen samt parkeringstid, viktas dubbelt så högt som restiden. I Analys för resvanor (2013) finns angivet vilket avstånd de boende i olika områden i Skåne har till närmaste parkering. Undersökningsområdet ligger i det som kallas TROMP-område 1 (se figur 10). Utifrån denna data kan medelavståndet till bilparkering beräknas, vilket sedan kan räknas om till viktad gångtid där gånghastigheten antas till 1,2 m/s och vikten för gångtid antas vara densamma som vid resor med kollektivtrafiken d.v.s. 2. I RVU Skåne 2013 finns ingen data angiven för parkeringstid varför detta inte tas med i beräkningen. Det kan dock antas att parkeringstiden skulle förlänga restiden med bil ytterligare något vilket skulle förbättra restidskvoten för kollektivtrafiken. Medelavståndet till bilparkering inom TROMP 1 är 204 meter vilket innebär en gångtid på 2,6 minuter. Skulle denna gångtid viktas på samma sätt som för kollektivtrafiken innebär detta en upplevd restid på 5,7 minuter.

Tabell 12: Resultattabell 5 - viktning av restid med bil

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11	
Busslinje 2. Rörsjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen. Viktning av restid med bil.				
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
1a	1,7	0,6	1,2*	0,5
1b	1,6	0,6	1,2*	0,5
1c	1,9	0,6	1,2*	0,4
1d	2,0	0,5	1,2*	0,3
Busslinje 2. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rörsjökanalen				
1a	1,6	0,6	1,2*	0,5
1b	1,4	0,6	1,2*	0,5
1c	1,7	0,7	1,2*	0,5
1d	1,8	0,6	1,2*	0,4

Genom att vikta restiden med bil på samma sätt som för kollektivtrafiken nås en konkurrenskraftig restidskvot. I de fall då resan sker enbart med ett autonomt fordon blir restiden endast något längre än för en privat bil. Detta beror på att det för autonoma fordon tas med tid för instigning/avstigning samt samåkning.

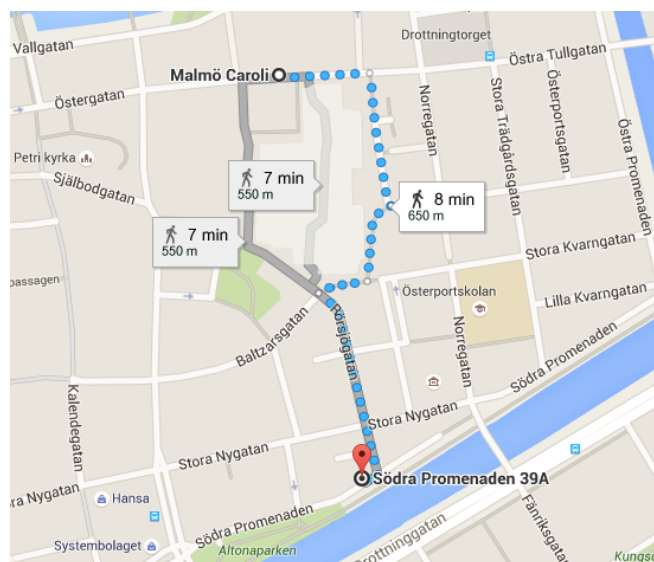
Tabell 13: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 5

Bytesstraff	2,5 min
Väntetid autonomt fordon	Varierande beroende på väntetiden för anslutande kollektivtrafik.
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	25 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

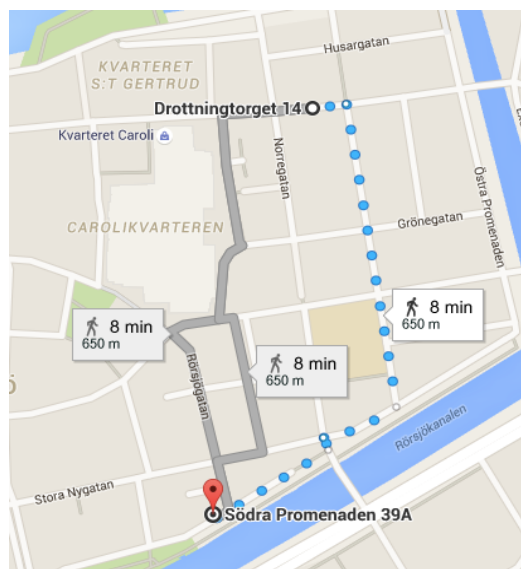
5.5.1.2 Beräkning Avreseplats Caroli/Drottningtorget

Identifiering av avreseplats:

Den plats som ligger på det geografiskt längsta avståndet från busshållplatsen Malmö Caroli som ligger på busslinje 3:s sträckning anses vara Södra promenaden 39A. Denna adress väljs snarare än en adress närmare Centralstationen då det förenklar beräkningarna att minimera behovet av ett byte mellan busslinjer. Medelavståndet där körning är möjlig är 550 meter. Beräkningar görs även från adressen till busstationen Drottningtorget där samtliga resvägar är 650 meter långa.



Figur 18: Gångtid och avstånd från Södra Promenaden 39A till busstationen Caroli. Kartdata hämtad från Google Maps.

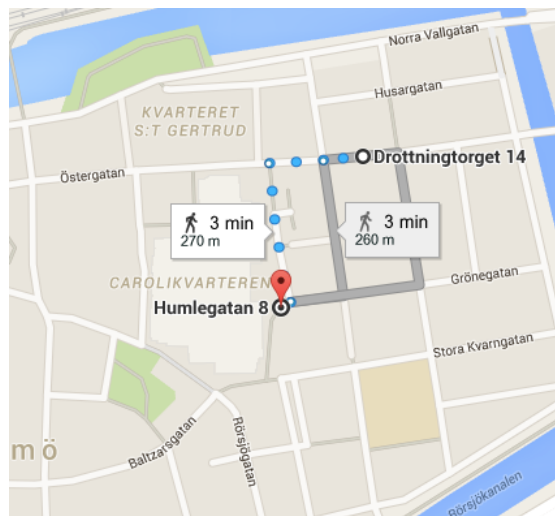


Figur 19: Gångtid och avstånd från Södra Promenaden 39A till busstationen Drottningtorget. Kartdata hämtad från Google Maps den 4 april 2016

Avståndet från Humlegatan 8, som ligger precis utanför 2,5-minutersgränsen till Caroli är 250 meter och till Drottningtorget 265 meter i snitt.

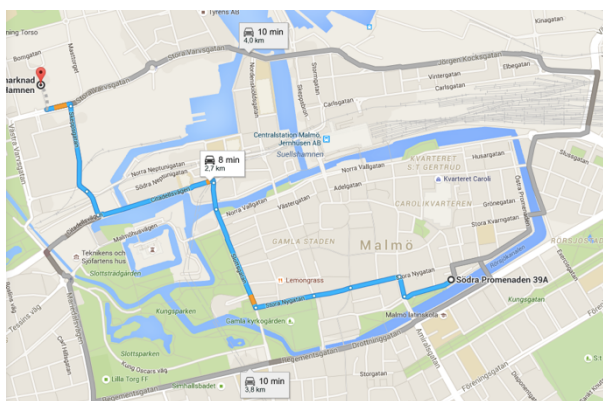


Figur 20: Gångtid och avstånd från Humlegatan 8 till busshållplatsen Caroli. Kartdata från Google Maps hämtad den 4 april 2016

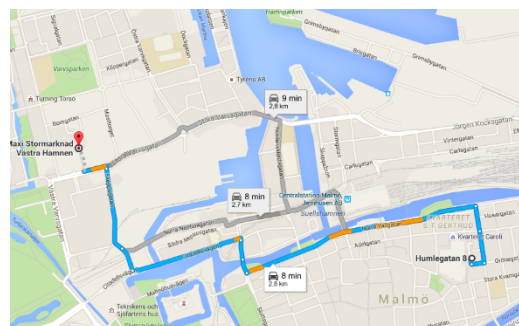


Figur 21: Gångtid och avstånd från Humlegatan 8 till busshållplatsen Drottningtorget. Kartdata från Google Maps hämtad den 4 april 2016

Restiden med bil från Södra Promenaden 39 A och Humlegatan 8 till ICA Maxi i Västra Hamnen kan ses i figurerna nedan. Medelavståndet med bil från Södra promenaden 39 A är 3,5 km. Från Humlegatan 8 är motsvarande avstånd 2,8 km. Från Drottningtorgets busshållplats är medelavståndet 3,6 km med bil och från Caroli busshållplats är medelavståndet 2,4 km enligt data från Google Maps.



Figur 22: Medelavstånd från Södra Promenaden 39 A till ICA Maxi i Västra hamnen. Kartdata hämtad från Google Maps den 4 april 2016



Figur 23: Medelavstånd från Humlegatan 8 till ICA Maxi i Västra hamnen. Kartdata från Google Maps hämtad den 4 april 2016

För denna reserelation understiger inte restiden med buss 10 minuter under någon sträcka. Detta innebär att ingen av resorna sker i sin helhet med autonoma fordon. För denna beräkning tas endast de fullt optimerade värdena med. Detta innebär att beräkningarna enligt redovisning ovan är anpassade till ett halverat bytesstraff, en medelhastighet om 25 km/h för autonoma fordon samt en optimerad väntetid. På grund av att beräkningarna för

viktning av restid med bil inte kan anses som kutym i trafikplanerings-sammanhang har denna beräkning utförts separat.

Presentation av restidskvoterna:

Tabell 14: Resultattabell 6. Samtliga modifieringar förutom viktning av restid med bil

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11		Restidskvot helgdag kl 14	
Busslinje 3. Rörsjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen.						
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
2a	2,3	0,5	2,4	0,5	2,4	0,5
2b	2,8	0,5	2,8	0,5	2,8	0,5
2c	2,8	0,5	2,8	0,5	2,8	0,5
2d	1,6	0,4	1,6	0,4	1,6	0,4
Busslinje 3. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rörsjökanalen						
2a	3,0	0,6	3,2	0,6	3,2	0,6
2b	3,6	0,5	3,9	0,6	3,9	0,6
2c	3,7	0,6	4,0	0,6	4,0	0,6
2d	2,1	0,4	2,4	0,5	2,4	0,5

Resultattabellen visar att resor som genomförs enligt modellen inte når det uppsatta målen med en restidskvot $\leq 1,5$. Dock kan ses att restiden med kollektivtrafiken i det närmaste halveras för samtliga resekedjor vilket visar på en förbättring.

Tabell 15: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 6

Bytesstraff	2,5 min
Väntetid autonomt fordon	Varierande beroende på väntetiden för anslutande kollektivtrafik.
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	25 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

Modifikation:

Tabell 16: Resultattabell 7. Viktning av restid med bil.

ID	Restidskvot vardag		Restidskvot helgdag kl 11		Restidskvot helgdag kl 14	
Busslinje 3. Rör sjökanalen – ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen. Viktning av restid med bil.						
	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik	Modell/bil	Modell/kollektivtrafik
1a	1,4	0,5	1,4	0,5	1,4	0,5
1b	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5
1c	1,5	0,5	1,5	0,5	1,5	0,5
1d	0,9	0,4	1,0	0,4	1,0	0,4
Busslinje 3. ICA Maxi Stormarknad Västra Hamnen - Rör sjökanalen						
1a	1,8	0,6	1,9	0,6	1,9	0,6
1b	1,9	0,5	2,1	0,6	2,1	0,6
1c	2,0	0,6	2,2	0,6	2,2	0,6
1d	1,3	0,4	1,5	0,5	1,5	0,5

När modifikationen för bilens restid räknas med blir samtliga resor till Västra Hamnen konkurrenskraftiga och från Västra Hamnen ser en klar förbättring.

Tabell 17: Redovisning av antaganden för beräkning av resultat i resultattabell 7

Bytesstraff	2,5 min
Väntetid autonomt fordon	Varierande beroende på väntetiden för anslutande kollektivtrafik.
Bytestid	1 min
Medelhastighet i stadstrafik: personbil	25 km/h
Medelhastighet i stadstrafik: autonomt fordon	25 km/h
Restidsvikt: gång	2
Restidsvikt: väntetid	2
Restidsvikt: åktid	1

5.5.2 Efterfrågan

5.5.2.1 Avreseplats Djäknegatan

Beräkningar för förändring i efterfrågan genomförs med utgångspunkt i resultatet från den mest optimerade beräkningen, det vill säga resultattabell 5. Beräkningarna sker utifrån den logaritmiska beräkningsmodell som finns presenterad i kapitel 6.

Tabell 18: Antaganden till beräkning av efterfrågan

Tidsvärde bil övrigt (kr/h)	84
Tidsvärde bil övrigt (kr/min)	1,4
Tidsvärde buss övrigt (kr/h)	47
Tidsvärde buss övrigt (kr/min)	0,78
Pris (kr)	22
Elasticitetstal	-0,2

Beroende på att olika restidsvärden finns för bil och buss väljs att genomföra beräkningarna för båda dessa beräkningar.

Tabell 19: Förändring av efterfrågan. Busslinje 2. Reserelation 1a.

Resa	Dag	Restidsvärde	Förändring i efterfrågan (%)
Rörsjökanalen – ICA Maxi Västra hamnen.	Vardag	Bil	20 %
Rörsjökanalen – ICA Maxi Västra hamnen.	Vardag	Buss	11 %
Rörsjökanalen – ICA Maxi Västra hamnen.	Helgdag	Bil	31 %
Rörsjökanalen – ICA Maxi Västra hamnen.	Helgdag	Buss	16 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Rörsjökanalen.	Vardag	Bil	20 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Rörsjökanalen.	Vardag	Buss	16 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Rörsjökanalen.	Helgdag	Bil	28 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Rörsjökanalen.	Helgdag	Buss	15 %

I tabell 19 ovan presenteras resultatet för efterfrågeberäkningarna. Dessa beräkningar har genomförts för reserelation 1a då denna genomförs med det längsta köravståndet för ett autonomt fordon vilket torde visa på den maximala vinningen. För samtliga resor har efterfrågan ökat. De lägsta värdena kommer av beräkningar med restidsvärden för buss, då dessa restidsvärden understiger de för bil. Den största förändringen ses för resor från Rörsjökanalen till ICA Maxi under helgdagar när restidsvärdet för bil används. Som tidigare nämnts genomförs resorna under helgdagarna för dessa resor genomgående med autonoma fordon då restiden med kollektivtrafiken understiger de motsvarande bytesstraffen.

Medelvärdet för förändring i efterfrågan med restidsvärde bil uppgår till 25 %. Detta innebär att modellen skulle kunna generera en ökad efterfrågan för kollektivtrafiken med 25 %.

Medelvärde för förändring i efterfrågan med restidsvärde buss uppgår till 15 %. Detta innebär att modellen skulle kunna generera en ökad efterfrågan för kollektivtrafiken med 15 %.

5.5.2.2 Avreseplats Caroli/Drottningtorget

Eftersom restiderna för vardag och helgdag är desamma för resor från Södra Promenaden till Västra Hamnen beräknas endast efterfrågeförändringen för en av relationerna.

Tabell 20: Förändring i efterfrågan. Busslinje 3. Reserelation 2a.

Resa	Dag	Restidsvärde	Förändring i efterfrågan (%)
Södra Promenaden – ICA Maxi Västra hamnen.	Vardag/helgdag	Bil	28 %
Södra Promenaden – ICA Maxi Västra hamnen.	Vardag/helgdag	Buss	15 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Södra Promenaden.	Vardag	Bil	30 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Södra Promenaden.	Vardag	Buss	16%
ICA Maxi Västra Hamnen - Södra Promenaden.	Helgdag	Bil	26 %
ICA Maxi Västra Hamnen - Södra Promenaden.	Helgdag	Buss	14 %

Medelvärde för förändring i efterfrågan med restidsvärde bil uppgår till 28 %. Detta innebär att modellen skulle kunna generera en ökad efterfrågan för kollektivtrafiken med 28 %.

Medelvärde för förändring i efterfrågan med restidsvärde buss uppgår till 15 %. Detta innebär att modellen skulle kunna generera en ökad efterfrågan för kollektivtrafiken med 15 %

6 Markanvändning och parkering

Detta kapitel syftar till att sätta in läsaren i den parkeringspolitik som råder och de kostnader som denna genererar. Kostnaderna som diskuteras allokeras främst till olika typer av markanspråk i form av parkering och är då främst av samhällsekonomisk karaktär.

6.1 Parkering i stadsmiljö

Varje bilresa kräver en parkeringsplats vid avreseplatsen och vid destinationen. Medelvärdesberäkningar för parkeringstid visar att en bil står parkerad vid bostaden 80 procent av tiden, att den är parkerad vid annan destination 16 procent av tiden och att den är i bruk de resterande 3-4 procent. I täta städer är den vanligaste parkeringsplatsen för bilar gatan (60 procent av bilarna är parkerade över natten på gatorna i städer). Boendeparkering står för den längsta sammanhängande parkeringstiden, följt av parkering vid arbete som är den dominerande anledningen till destinationsparkering (Bates & Leibling, 2012).

6.1.1 Parkeringspolicy

De parkeringsplatser som tillhandahålls i städer är subventionerade på olika sätt och kostnaderna döljer sig i högre hyror och avgifter samt lägre löner eller andra kostnader. Detta får resultatet att konsumenterna får svårt att vara kostnadskritiska då det inte tydligt framgår vilka delkostnader som ingår i den totala parkeringskostnaden. En annan negativ effekt med detta system är att de som använder parkeringsplatsen får ekonomiska fördelar i jämförelse med den som inte använder platsen. På grund av att kostnaden för parkeringsplatsen är inbyggd i andra kostnader kommer de som inte använder platsen att betala för en tjänst de inte använder. Kostanden för parkeringsplatsen beror av några olika faktorer varav en är markanspråket. Ju tätare en stad är desto mer kostar parkeringsplatsen beroende på att den alternativa samhällsekonomiska nyttan för den yta parkeringsplatsen tar upp är stor. Dessa nyttor kan vara direkta genom exempelvis byggnationen av fastigheter, eller indirekta genom byggnationen av en trivsam stadsmiljö. Alternativkostnaden beror således på de vinster som skulle kunna göras om denna yta utnyttjades till andra funktioner (Hedström & Svensson, 2010).

I de fall det endast finns tillgång till avgiftsbelagda parkeringsplatser i närheten av bostaden, ex i stadskärnan, finns en risk att bilen under dagtid flyttas till en parkeringsplats som är gratis, exempelvis på arbetsplatsen. Detta bidrar till ett ökat resande med bil där detta inte skulle vara behövligt men som för konsumenten blir kostnadseffektivt. Detta är endast ett exempel som visar på hur parkeringspolitiken kan påverka färdmedelsfördelningen i en stad. Studier har visat att det är svårt att påverka färdmedelsvalet för arbetspendling endast genom att förbättra kollektivtrafiken eller möjligheterna för gång- och cykeltrafik. Om parkeringsplatserna vid destinationen (arbetet) fortsätter att vara billiga eller gratis så kommer färdmedelsfördelningen att kvarstå till fördel för biltrafiken (Hedström & Svensson, 2010).

Parkeringspolitiken har historiskt främjat bilresande genom att utbudet av parkeringsplatser ständigt har svarat på efterfrågan och sedan tillhandahållits till ett subventionerat pris (Hedström & Svensson, 2010). I Sverige finns det så kallade parkeringsnormer som anger det minsta antalet parkeringsplatser per bostad som ska erbjudas i ett område vid ny- eller ombyggnation. Dessa normer tas fram av varje kommun för sig, ett ansvar som åläggs kommunerna genom Plan- och bygglagen.

6.1.2 Parkering i Malmö

Parkeringsnormerna ska användas som vägledning vid detaljplanering men som ett krav vid bygglov. I Malmö Stads parkeringspolicy från 2010 anges att parkeringsplatserna på gata är en viktig del av parkeringspolicyen men att dessa parkeringsplatser inte omfattas av parkeringsnormen (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

Om de senaste parkeringsnormerna för Malmö jämförs kan ses att parkeringstalen för lägenheter minskade från 1971-85. På grund av det ökade bilinnehavet i Malmö under samma period sågs ett behov att öka parkeringstalet till 2003 års parkeringspolicy (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

I Malmö Stads Parkeringspolicy för 2010 anges att den allmänna inriktningen för stadens framtida planering går mot en tät och attraktiv stad och att ett led i att detta ska uppnås är att skapa yteffektiva lösningar för attraktiva platser bland annat genom att förbättra förutsättningarna för olika yteffektiva transportsätt. De transportsätt som i parkeringspolicyen omnämns som yteffektiva är kollektivtrafik samt gång och cykel. Ett extra fokus ska läggas på att utveckla dessa transportsätt då staden befinner sig i en tillväxt- och förtätningsfas och samtidigt förstärks i sin roll som ett regionalt centrum. I Malmö är parkeringsnormen för boendeparkering 0,5-1 bilplats/lägenhet plus 0,1 bilplatser för besökande. Det anges att p-normen i normalfallet är mellan 0,7-1 bilplatser/lägenhet (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

I Malmö Stads parkeringspolicy (2010a) talas det om att möjligheter för att lämna bilen hemma ska premieras. Detta minskar risken för att bilen används som färdmedel till arbete eller nöje vilket i sin tur minskar utsläpp och övrig miljöpåverkan såsom buller. I enlighet med detta fastslås följande prioriteringsordning för bilparkering på tomtmark.

1. Parkering för boende
2. Besöks- och kundparkering
3. Arbetsplatsparkering

En diskussion kan dock vara intressant att föra i relation till denna prioritering och dess bakgrund. Om bilägande familjer i så stor utsträckning som möjligt ska uppmuntras till att lämna bilen hemma istället för att använda den som färdmedel vid arbetspendling och nöjesresor, när ska då bilen användas? Om möjligheterna ges till en så god kollektivtrafik att dessa resor kan utföras med andra färdmedel än bilen – varför måste då parkeringsnormer finnas som möjliggör att varje bostad äger en bil? Istället för att bygga och prioritera boendeparkering för att motivera människor att resa med kollektivtrafik eller andra hållbara färdmedel vore det möjligtvis mer effektivt såväl som konsekvent att minska andelen parkering per bostad – alltså att minska parkeringsnormen? Detta har Malmö Stadsbyggnadskontor (2010a) till viss del tagit hänsyn till då de har angivit ett spann för parkeringstalen. Detta spann avser att svara mot kollektivtrafikutbudet i området. Finns mycket god kollektivtrafik kan spannets nedre värden användas för parkeringsbehovet.

6.1.3 Olika typer av parkeringslösningar boendeparkering

Det finns ett antal olika typer av parkeringslösningar som kan tillämpas vid nyproduktion av bostäder för att uppnå det antal parkeringsplatser per bostad som anges i den gällande parkeringsnormen. Hur prioriteringen görs mellan de olika lösningarna beror till stor del var bostadsproduktionen ligger och vilka förutsättningar som finns i närområdet.

Markparkering

Markparkering innebär att en parkeringsplats anläggs på befintlig markyta i närheten av bostaden. Detta är den minst kostsamma typer av parkeringslösning där byggkostnaden uppgår till ca 15000 kr per parkeringsplats och den löpande totalkostnaden för drift, markpris, ränta och avskrivning beräknas till ca 700 kr/parkeringsplats och månad. Lösningen med markparkering är trots dess relativt sett låga pris inte eftertraktansvärd i stadsmiljö då markanspråket blir stort (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

Parkeringshus

Kostnaden för att bygga en parkeringsplats i ett parkeringshus uppgår till ca 120 000 kr. Den löpande totalkostnaden, med de inberäknade parametrarna som anges ovan, beräknas uppgå till 1500-2000 kr per parkeringsplats och månad (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

Underjordiskt parkeringsgarage

Kostnaden för en parkeringsplats i ett underjordiskt garage är den dyraste formen av parkeringslösning och beror även av hur många våningar parkeringsgaraget ska innehålla. Denna kostnad är dock till stora delar dold för den enskilda konsumenten och kostnaden för parkeringsplatsen slås ofta ut på samtliga bostäder i fastigheten. En parkeringsplats i ett underjordiskt garage med ett våningsplan når en byggkostnad på ca 250 000 kr, för två våningsplan ökar kostnaden till ca 350 000 kr/parkeringsplats och för tre våningar ökar kostnaden till ca 450 000 kr/parkeringsplats. Även den löpande totalkostnaden varierar beroende på hur många våningar parkeringsgaraget har. En våning motsvarar en totalkostnad på 2500 – 3000 kr/månad, två våningar motsvarar 3000-4000 kr/månad och tre våningar motsvarar 4000-4500 kr/månad. Dessa parkeringsavgifter är så pass höga att kostnaden måste slås ut på samtliga fastigheter för att månadsavgiften ska bli hanterbar. På så vis uppgår priset för denna typ av parkering i regel endast till 700-800 kr/månad per parkeringsplats vilket är betydligt mindre än vad de kostar per månad. För senare jämförelse kan anges att kostnaden för att bygga en parkeringsplats utgör 12 procent av byggkostnaden för en normalstor trerumslägenhet (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

6.1.4 Parkeringspolitik

I tidningen FOKUS diskuteras bostadskrisen under rubriken Gjutna lösningar. Här menas att de parkeringsnormer som finns i Stockholm är ett arv av en äldre planeringskultur och att det byggs fler parkeringsplatser, till stora kostnader, än vad som används av de boende. Som ett exempel tas ett nytt bostadsområde mellan Stockholms innerstad och Solna där parkeringsnormen är satt till 0,7 parkeringsplatser per bostad trots att bilinnehavet i närområdet endast uppgår till 0,45. Detta bidrar till ökade boendepriser och den minskande efterfrågan gör att investeringen för parkeringsplatserna blir svår att motivera. Artikeln riktar sig mot bostadskrisen och många lösningar för denna kris diskuteras. På grund av politiska intressen och den kommunala styrningen utkristalliseras slopade eller minskade parkeringsnormer som en av de lättaste lösningarna att genomföra som ett led i att lösa bostadskrisen (Anderberg, 2016).

I Malmö Stads parkeringspolicy diskuteras vilka möjligheter det finns till att skapa billigare parkeringslösningar. Det bästa alternativet visar sig här vara att skapa parkeringsgarage där samutnyttjande av parkeringsplatserna i kombination med bilpooler möjliggörs. I städer skulle ett samutnyttjande kunna uppnås för 30 procent av parkeringsplatserna vilket skulle minska parkeringskostnaderna per lägenhet med ca 85 000 kr, motsvarande ca fyra procent av en lägenhets byggkostnad. Om även bilpooler räknas in kan parkeringsnormen minskas med ytterligare 30 procent. Byggkostnaden för parkeringsplatsen minskar då till ca tre procent av lägenhetens byggkostnad. Dessa åtgärder skulle tillsammans minska byggkostnaden för en normalstor trerumslägenhet med 190 000 kr. Även ytvinsterna ska tas med i denna beräkning. Genom att på ovanstående sätt samutnyttja parkeringsplatser kommer fler bostäder att kunna uppföras med samma antal parkeringsplatser vilket sparar yta i staden (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010a).

Anderberg (2016) och Malmö Stadsbyggnadskontor (2010a) når på olika vägar fram till liknande slutsatser. Genom att på olika sätt modifiera den parkeringsnorm som finns idag kan byggkostnaderna för nya bostäder minskas.

6.2 Markanalys

För markanalysen valdes ett område inom Malmö Stads stadskärna (se figur 10). Området valdes med hänseende till dess läge i staden samt dess täta bebyggelsestruktur och enkla avgränsbarhet. Markanalysen genomfördes i tre steg. Det första steget innebar att med hjälp av satellit- och gatubilder undersöka hur många bilar som finns parkerade inom området. Detta angreppssätt ger en överblick av den aktuella parkeringssituationen men representerar endast ett givet tillfälle varför kompletterande data kommer vara behövligt. Steg två innebär en kontakt med Malmö Stad för att via deras data undersöka hur många parkeringsplatser som finns inom stadsdelen. Det tredje steget i markanalysen innebär en undersökning av hur många parkeringsplatser som rymmer sig i parkeringsgaragen inom undersökningsområdet.

Gatu- och satellitbilderna visade att det inom undersökningsområdet fanns 1256 parkeringsplatser. En parkeringsplats antas ha en storlek på $3 \times 5 \text{ m}^2$ vilket gör att totala ytan av parkeringsplatser i området uppgår till 18840 m^2 , en yta som kan jämföras med storleken på 2,4 fotbollsplaner.

Information om antalet parkeringsplatser har även erhållits från Malmö stad² som uppskattar antalet parkeringsplatser på gatumark till 1320 inom undersökningsområdet. Enligt denna uppskattning upptar parkeringsplatserna inom undersökningsområdet $19\,800 \text{ m}^2$ vilket motsvarar 2,5 fotbollplaners yta.

Om antalet parkeringsplatser för parkering på gatumark räknas upp för hela Malmö innerstad baserat på att undersökningsområdet upptar tio procent av Malmö innerstads yta kan det antas att det finns 13200 parkeringsplatser för markparkering i Malmö innerstad.

Totalt finns cirka 2300 parkeringsplatser i parkeringsgarage i undersökningsområdet (Parkering Malmö, u.d. och Q-park a, b, c, d. u.d.). Undersökningsområdet upptar cirka tio procent av Malmö innerstad och förutsatt att samma tillgång till parkeringsplatser i parkeringsgarage finns i hela Malmö innerstad finns det cirka 23000 parkeringsplatser i parkeringsgarage inom Malmös innerstad.

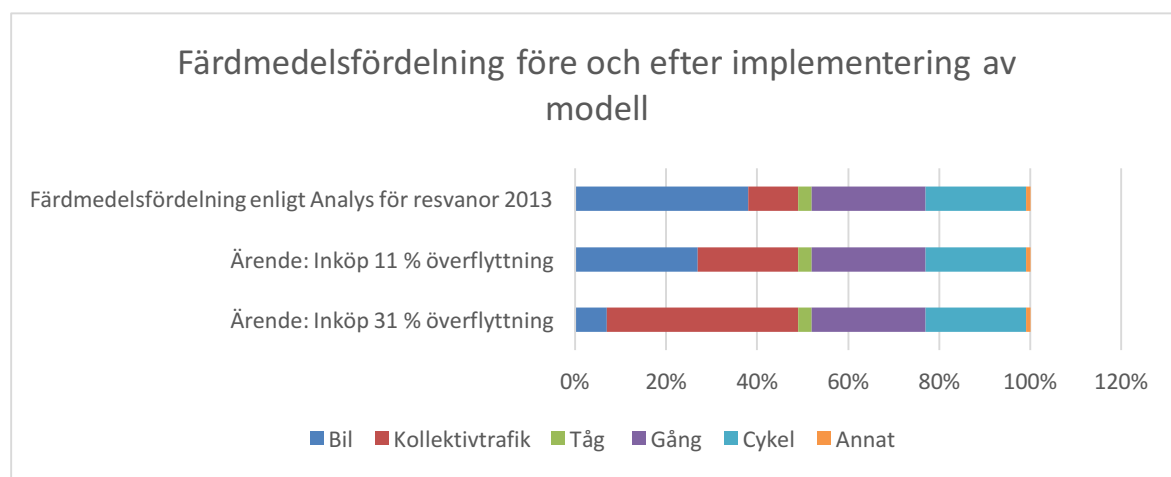
² Csaba Gyarmati, Trafikregleringsenheten vid Gatukontoret, Malmö Stad. Information om antal p-platser från bilaga i mailkorrespondens den 23 mars 2016

Andel yta som upptas av parkeringsplatser på mark i undersökningsområdet =

$$\frac{\text{Yta markparkering}}{\text{Yta undersökningsområde}} = \frac{13960}{913690} = 0,014$$

Ca 1,5 procent av undersökningsområdets yta upptas av markparkerade bilar. Om samma värden antas för hela Malmö innerstad upptas cirka 0,13 km² av parkeringsplatser. Detta motsvarar cirka 18 fotbollsplaner i storlek.

Medelreslängden för de resor som gjordes i inköpssyfte uppgick till 3,4 km (se figur 6). Detta avstånd stämmer väl med avståndet mellan undersökningsområdet och Västra Hamnen. Av de resor som genomförs inom Malmö Stad med syfte inköp genomfördes 38 procent med bil. Bilen har i detta arbete antagits vara kollektivtrafikens största konkurrent och förväntningarna är att en förflyttning av resor ska ske från den privata bilen till kollektivtrafiken vilken i detta fall representeras av bussen. Detta skulle då innebära att mellan 11 och 31 procentandelar i färdmedelsfördelningen skulle kunna förflyttas från bilen till bussen vilket skulle resultera i en färdmedelsfördelning enligt figur 23. Det är dock troligt och måste tas med i beräkningen att en del av förflyttningen kommer att ske från övriga transportslag så som cykel och gång.



Figur 24: Färdmedelsfördelning före och efter implementering av modell

Studien genomförd av International Transport Forum visar att ett system med självkörande fordon som implementeras i en medelstor stad i Europa har potential att minska andelen fordon i staden till en tiondedel. Denna siffra gäller för beräkningar med förutsättning att samtliga fordon i staden skulle ersättas med autonoma fordon samt att tillgång fanns till ett högkvalitativt kollektivtrafiksystem (ITF, 2015). I de fall då 50 procent av fordonsflottan antas upptas av privatägda bilar är effekterna mindre påtagliga då beräkningarna visar att antalet fordon i staden skulle uppgå till 78.2 procent av dagens antal. I undersökningsområdet har befolkningstätheten antagits vara 10 400 personer/km². Malmös innerstad har antagits ha en yta av 9 km² vilket skulle innebära att befolkningen i Malmös innerstad uppgår till ca 90 000 personer.

I Analys för resvanor (2013) finns information kring hur stor andel av befolkningen som äger en eller flera bilar. Om ett medelvärde räknas fram baserat på andelen kvinnor och män som äger en eller flera bilar ses att 51,5 procent av befolkningen i Malmö Stads tätorter äger en bil, 14 procent äger 2 bilar och 3,5 procent äger 3 eller flera bilar. Beräknas antalet bilar i Malmö innerstad med avseende på denna information samt antagandet att de som äger 3 eller flera bilar äger precis tre bilar kan slutsatsen dras att det inom Malmö

innerstad finns cirka 81 000 bilar. Detta antal skulle enligt resultatet från studien genomförd av ITF (2015) kunna minska till ca 8000 bilar för det första scenariot. Detta visar att resultatet i studien från ITF (2015) kan appliceras på Malmö innerstad då dessa fordon skulle kunna rymmas i parkeringsgaragen vilket således resulterar i att inga parkeringsplatser för markparkering skulle behövas. För det andra scenariot skulle antalet fordon kunna minskas till 63 000.

I Malmös innerstad finns enligt beräkningarna ovan totalt ca 36000 parkeringsplatser. Enligt det andra scenariot beskrivet ovan räcker detta till cirka hälften av de fordon som finns i området efter modellens införande, vilket tyder på att utvecklingen mot det förstnämnda alternativet bör premieras.

7 Ekonomi

I detta kapitel kommer en summering av de olika kostnaderna rörande modellen och dess implementering göras. Dessa kommer sedan att jämföras med de möjliga samhällsekonomiska vinster som bedöms kunna uppnås i och med modellens påverkan på stadens utformning, tillgänglighet och flöde.

7.1 Kostnader

Malmö innerstad är ca 3 x 3 km stort (Malmö Stadsbyggnadskontor, 2010b. Bild sid 2). För att beräkna hur många nya stationer som behövs räknas antalet stationer inom undersökningsområdet upp. Inom undersökningsområdet som är ca en tiondedel av storleken av det som räknas till Malmö innerstad behövs enligt resonemang ovan fyra stationer. Detta innebär att antalet stationer som behövs inom hela Malmös innerstad är 40 stycken. De nya stationerna är endast anpassade till autonoma fordon och förläggs på sådana ställen i gatumiljön som redovisats i kapitel 7. Detta innebär att stationsmiljön kommer behöva konstrueras från grunden för dessa stationer. De befintliga stationerna för buss i staden kommer behöva byggas om för att bytet mellan autonoma fordon och buss ska ske smidigt. Det autonoma fordonet kommer att behöva parkera i anslutning till bussen utan att vara i vägen för densamma. För att uppnå detta kan många lösningar undersökas.

Antalet autonoma fordon som enligt beräkning i kapitel 7 bedöms behövas för att klara av maxtimmen klockan 16.00 uppgick till 60 fordon. Den fordonsflotta av autonoma fordon som behöver införskaffas om detta system skulle implementeras uppgår således till 600 fordon för Malmö innerstad.

När kostnader ska bedömas för implementeringen av detta system behöver hänsyn tas till dels drift- och underhållskostnader men även för investeringskostnader.

De investerings-kostnader som kan uppkomma är:

Inköp av den autonoma fordonsflottan:

Det är givetvis av intresse att studera hur mycket ett autonomt fordon kommer kosta för konsumenten. I enlighet med modellen i detta arbete är slutkonsumenten (resenären) inte samma person som uppköparen av de autonoma fordonen. Köparen är det trafikföretag som tillhandahåller kollektivtrafiken i en stad. Detta kan innebära att priset för de autonoma fordonen blir lägre i förhållande till vad de skulle kostat för en privatperson. På grund av att litteraturen främst undersöker priset med en privatperson som konsument i åtanke kommer denna prisbild att presenteras.

Tekniken med de autonoma fordonen är mycket ny och funktionella autonoma fordon med tillstånd att trafikera vägarna kommersiellt finns ännu inte vid tiden för skrivandet av denna rapport.

Enligt en rapport från IHS Automotive (2014) kommer kostnaden för den självkörande tekniken initialt uppgå till mellan 7000 och 10 000 US dollar, en beräkning som utgår från år 2025. Denna teknik förväntas först implementeras i lyxfordon och inom en 15-års period

vara tillgänglig för massproduktion. Enligt Ryberg (2016) antas den självkörande tekniken att kosta mellan 80 000 och 100 000 SEK mer än en vanlig bil, vilket stämmer relativt väl med siffrorna som anges av IHS Automotive (2014).

I och med att tekniken som används i fordonen för att möjliggöra den autonoma framdriften är dyr i dagens läge kommer kostnaderna för produktion minska i och med att teknikens kostnader minskar. Ett exempel på detta tas upp i en artikel av The Washington Post där det redogörs för möjligheten att den LIDAR-radar som används på många av de autonoma fordonen idag kan minska i pris från dagens 75.000 US dollar till 100 US dollar inom de närmsta fem åren (McFarland, 2015). Givetvis kommer detta att innebära en minskning i de autonoma fordonens produktionskostnader.

Fagnant & Kockelman (2013) har gjort en bedömning kring hur mycket ett autonomt fordon skulle kunna kosta och vid vilken prisnivå som de autonoma fordonen blir attraktiva att köpa in för privatpersoner baserat på de minskade kostnader som detta fordon kan bidra till. Beräkningen utgår ifrån en beräknad adderad kostnad för inköp av en bil med tre olika utgångspunkter + 100 000 USD eller mer, + 37 500 USD samt + 10 000 USD. De besparingar som beräknas kunna göras med ett autonomt fordon allokeras till daglig parkering och tidsbesparing. Vid den lägsta adderade summan på 10 000 USD blir ett autonomt fordon en attraktiv investering för många även om den dagliga inbesparingen av parkeringskostnad endast uppgår till 1 USD.

Utformning av stationer för de autonoma fordonen i stadsmiljö:

För de stationer som anläggs i gatumiljön för de autonoma fordonen är kostnaden svår att beräkna eftersom hänsyn måste tas till den teknik som är nödvändig för exempelvis laddning av fordonens batterier. Dock kan kostnader estimeras genom att konsultera Effektkatalogen för kollektivtrafik där kostnader för anläggning av busshållplats finns angiven. En enkel busshållplats kostar 1000-1200 kr/m² att anlägga. Till denna kostnad tillkommer även kostnader för vägmarkering och hållplatsstolpe samt övrig utrustning. Vägmarkering och hållplatsstolpe kostar ca 2400 – 3 600 kr/st. Det tillkommer även kostnader för dynamisk hållplatsinformation som informerar trafikanterna om nästa avgång, planerade målpunkter, förväntade restider med mera.

Kostnaden för anläggning av ett sådant system varierar beroende på vilka system som väljs samt hur utnyttjande kan göras av befintliga system (Vägverket, 2008). I Malmö innerstad estimeras ett behov av 40 stationer då undersökningsområdet som rymmer fyra stationer antas uppta 10 procent av innerstadens yta. Varje station antas härbärgera sex autonoma fordon. Ett autonomt fordon antas uppta samma yta i gatumiljön som en parkeringsplats, dvs 15 m². Varje hållplats upptar sex platser vilket innebär att en station upptar 90 m². Kostnaden per hållplats blir således:

$$90 * 1200 + 3600 \approx 112\ 000 \text{ kr}$$

Samtliga stationer i Malmö innerstad beräknas kosta ca 4 500 000 kr i anläggningskostnad. Detta är enligt tidigare resonemang endast en grundkostnad och ytterligare kostnader kommer att tillkomma med tanke på laddningsstationer, dynamisk hållplatsinformation med mera.

Förändring av befintliga busstationer för att passa det nya systemet:

Förändring av de befintliga busshållplatserna för att passa in i det nya systemet kan göras på olika sätt. Den allra enklaste typen av förändring är att lägga till yta till den befintliga hållplatsen för stopp av autonoma fordon. Detta görs enklast med hjälp av vägmarkering vilket enligt ovan kostar mellan 2400-3600 kr per station. Även om detta tillägg av parkeringsyta görs vid busstationerna är detta en bråkdel av parkeringsytorna som finns i staden idag som eventuellt kan elimineras med hjälp av autonoma fordon.

Förvärv av lämpligt parkeringsgarage för drift- och underhållsverksamhet:

Hur stora kostnader som uppkommer av denna typ av förvärv beror av under vilken avtalsform förvärvet upprättas. Rör det sig om ett köp av mark och fastighet rör det sig om en engångskostnad, men lika troligt är det att anläggningen hyrs vilket bidrar till en löpande kostnad utställd exempelvis per månad eller år. Gällande dessa kostnader kan det endast spekuleras varför faktiska siffervärden utelämnas.

Utveckling av mjukvara som kan användas i exempelvis en mobilapplikation för att planera resan:

Utvecklingen av denna typ av mjukvara beror av uppdragets omfattning och den färdiga modellens utseende och funktion. Även här kan kostnader endast spekuleras kring vilket gör att de utelämnas. Detta arbete antas bli gediget på grund av den utveckling av reseplaneraren som nämns i kapitel 7.

De drift- och underhållskostnader som uppstår vid implementeringen av modellen beror av olika faktorer såsom antalet anställda inom drift- och underhållsanläggningarna, antalet produktionstimmar för de autonoma fordonen samt antalet vagnkilometer.

7.2 Nyttor

För att göra en bedömning av den möjliga samhällsekonomiska nytta som implementeringen av modellen kan generera bör kostnader för drift, underhåll och investering vägas mot samhällsekonomiska vinster i form av markvinster, ökad tillgänglighet och förbättrat trafikflöde för att nämna några. En fullskalig samhällsekonomisk bedömning kommer inte kunna utföras inom gränserna för detta examensarbete då detta skulle kräva ytterligare analyser av de kostnader och vinster som inte kan redovisas numerärt. De siffror som kan bedömas redovisas dock nedan.

7.2.1 Markvärde

Enligt Trafikverket (2016) anges att eventuella vinster från frigörande av mark bör tas med i en samhällsekonomisk effektbedömning.

Enligt Malmö Stads parkeringspolicy kostar en markparkering 15 000 kr att anlägga. Det finns i Malmö innerstad enligt beräkningar redovisade ovan ca 13 200 markparkeringar. Att inte bebygga denna mark skulle kunnat minska kostnader relaterat till markparkering med cirka 200 miljoner kronor. Detta är ingen värdering av vad marken är värd i dag men kan däremot illustrera vilken typ av besparing ett system med autonoma fordon kan generera endast i form av att inte låta anlägga markparkering. Denna summa kan då istället bidra till en förbättrad kollektivtrafik eller utformning av attraktiva gaturum vilket enligt beskrivning från flertalet källor minskar bilberoende och ökar kollektivtrafikens attraktivitet.

Om en värdering av markens värde idag skulle göras skulle hänsyn behöva tas till markens alternativkostnad vilken kan antas vara högre än kostnaden för anläggandet av en markparkeringsplats.

En typ av alternativ användning av markytan i gatumiljön är så kallade food-trucks, vilket innebär att försäljning av mat sker från rullande matvagnar. Enligt (Persson, 2014) möjliggjordes det år 2014 att 30 platser i Malmö skulle tillåta placering av en streetfoodbil, som Malmö Stad kallar det. Årshyran för en plats kommer enligt samma källa vara mellan 43 000 och 54 000 kr.

Om denna summa kan anses motsvara en värdering av marken för en parkeringsplats i Malmö stad och det enligt ovanstående resonemang kan frigöras 13 200 markparkeringar skulle värdet av den frigjorda marken kunna uppgå till ca 712 miljoner kronor om den övre summan i spannet för årshyra används. Det ska även nämnas att detta är en summa som marken är värd under ett års tid år 2014 varför framräkningar är nödvändiga för att estimera värdet till tiden för de autonoma fordonens intåg på marknaden.

Enligt dessa resonemang kan markparkeringen i Malmö innerstad värderas till mellan 200 och 712 miljoner kronor. Det ekonomiska värdet som finns i parkeringsplatser i innerstaden kan således tolkas vara stort.

7.2.2 Ökad tillgänglighet

På grund av att autonoma fordon kan transportera personer som idag har en begränsad rörlighet på grund av transportsystemets utformning kommer tillgängligheten för vissa samhällsgrupper att öka. Dessa grupper kan vara till exempel synskadade, hörselskadade, personer med svårighet att gå längre sträckor eller personer som på grund av andra orsaker är beroende av färdtjänst men inte den personliga assistans som medföljer denna. Att monetärt värdesätta denna typ av ökad tillgänglighet är mycket svårt, men bedömningen görs här att den samhällsekonomiska nyttan med införandet av detta system i denna bemärkelse är positiv (Wretstrand et al., 2009).

7.2.3 Förbättrat flöde

Den så kallade V2V-kommunikationen skapar möjligheter för fordonen att fördela sig jämt över gatunätet vilket får effekten att flödet på dagens högt belastade stråk kan minska. Om systemet med autonoma bilar jämförs med en bil-pool finns även möjlighet för minskning av antalet fordon på vägarna. managenery, (u.d.) bedömmer att en bil-poolsbil kan ersätta mellan fyra och tio vanliga bilar. Ett minskat antal fordon på vägarna kan öka framkomligheten för de kvarvarande. Till följd av ett förbättrat flöde fås framförallt två effekter vilka båda kan mätas i samhällsekonomiska termer. Den första är förbättrad restid och den andra är ett minskat antal trafikolyckor.

7.2.3.1 Värdering av förkortad restid

I beräkningen från modellen ovan kan ses att restiden med kollektivtrafiken (i detta fall buss kombinerat med autonoma fordon) kan minskas till mellan 30 och 70 procent av den befintliga restiden (se restidskvot modell/kollektivtrafik). Enligt Trafikverket (2016) värderas restiden för resor med buss till 35 kr/personimme i dagsläget och beräknas väntas till 52 kr/personimme år 2040. För de personer som genomför resor med kollektivtrafiken efter den nya modellens implementering (värden för resor med ärende inköp är här generaliserat för samtliga resor inom den täta innerstaden) kan således en restidsminskning med mellan 30 och 70 procent ses. I och med att restid kan besparas med hjälp av modellens implementering kan också samhällsekonomiska vinster göras. Storleken på dessa beror av hur stor tidsbesparing som varje person gör.

Värderingen av en kortare restid grundas i flera olika faktorer. Den första är att en förkortad restid möjliggör att tiden kan spenderas på andra aktiviteter än resande vilket tilldelas ett ekonomiskt värde. Andra faktorer är bekvämlighet och lättheten att resa. Dessa innefattar bland annat resekomfort, bytestid, risk för försening med mera. På grund av differensen mellan dessa faktorer delas tidsvärderingen för resa upp i normal restid, anslutningsresor och byte av färdmedel (Trafikverket, 2016).

Tidsvärderingen för trängsel, restidskomfort samt förseningar utelämnas ur denna rapport. För de resor som genomförs enbart med autonoma fordon förväntas positiva effekter kopplade till komfort och trängsel då fordonen med största sannolikhet inte kommer tillåta att fler personer reser än vad som finns sittplatser. De autonoma fordonen kommer inte vara bundna till någon fast tidtabell varför parametern förseningstid blir svåranalyserad. Gällande de resor som utförs med autonoma fordon och buss finns risk att trängseln ökar, vilket resulterar i en minskad komfort. Denna risk grundas i att efterfrågan på kollektivtrafiken enligt beräkningarna ovan förväntas öka med mellan 11 och 31 procent vilket ställer större krav på plats i bussarna. För att motverka denna negativa effekt krävs en fortsatt utveckling och förbättring av kollektivtrafiken, inte minst med anledning av att resultatet från ITF (2015) pekar på att systemet med autonoma fordon blir som mest effektivt när det kombineras med ett högkvalitativt kollektivtrafiksystem.

7.2.3.2 Värdering av minskat antal trafikolyckor

Det finns ett par olika faktorer som bidrar till att trafiksäkerheten på vägarna förbättras efter implementering av autonoma fordon. Den första är i dagsläget fortsatt spekulativ och grundas på tron om att teknik som är programmerad att alltid följa trafikregler samt aldrig kan vara påverkad av alkohol, droger eller trötthet är mer trafiksäker än en mänsklig förare. Detta argument vidhålls av exempelvis (Fagnant & Kockelman, 2013).

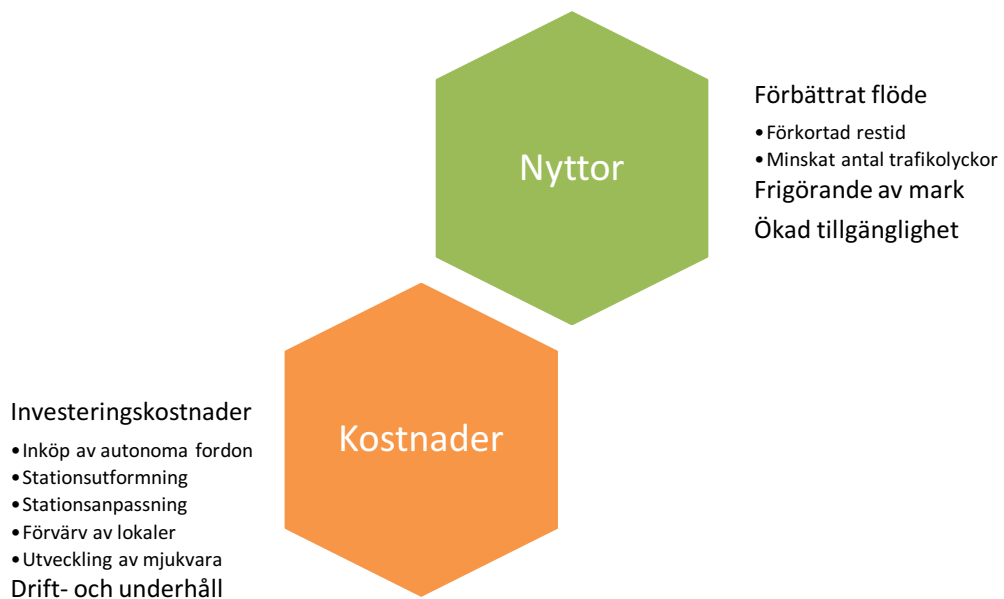
Enligt Fagnant & Kockelman (2013) antas att 90 procent av olyckorna i trafiken kan kopplas till fel gjorda av förarna. MSB (2011) angav att kostnaderna relaterat till trafikolyckor på väg år 2005 uppgick till 21 miljarder kronor i 2005 års penningvärde. Om denna kostnad skulle reduceras till en tiondel i enlighet med Flagrants & Kockelmans (2013) resultat om minskade olyckor kan införandet av autonoma fordon minska kostnaderna för vägtrafikolyckor till 2,1 miljarder kronor. Detta resultat är dock inte fullt tillämpbart då Flagrants & Kockelmans studie från 2013 baserades på data från hela vägtrafiknätet och denna studie riktar sig till trafik i stadsmiljö.

7.3 Värdering

Informationen ovan kan sammanfattas till att det finns möjlighet för systemet att generera en positiv samhällsnytta. De kostnader som finns kopplade till investeringen är relativt små och bedöms generera en nytta som är mycket värdefull i samhället. Den fortsatta urbaniseringen kommer ställa krav på stadsförtätning vilket kräver frigörande av markytor. Detta borgar för att den markyta som kan frigöras genom implementeringen av autonoma fordon kommer öka i värde ju längre tiden går. I de transportpolitiska målen uttrycks Nollvisionen, en vision vars uppfyllande underlättas genom införandet av autonoma fordon i staden. Även den ökade tillgängligheten för grupper vars rörlighet i samhället annars är begränsad är en positiv effekt som trots att den är svårvärderad torde bidra till en positiv samhällsekonomisk nytta. Sammantaget antas att modellen och dess implementering kan bidra till en positiv samhällsnytta.

Att autonoma fordon medger samma tillgång till transport men med ett färre antal fordon kan medföra effekten att parkeringsnormen kan anpassas. Det kan vara intressant att beakta vilken vinning detta kan ge, såväl monetärt som samhällsekonomiskt. Detta är en nytta som kan få de främsta effekterna vid nybyggnader i täta städer då det på dessa platser finns de största förutsättningarna för nyttjande av kollektivtrafik och överflyttning av trafikanter.

autonoma bilar ger samma tillgång till funktionen transport med färre fordon, medför att parkeringsnormen kan anpassas efter den nya situationen



Figur 25: Sammanställning av nyttor och kostnader kopplade till modellens implementering

8 Diskussion och slutsatser

Resultatet visar att det finns en möjlighet till implementering av autonoma fordon i den rådande kollektivtrafiken i en tät stad med potential till goda effekter gällande efterfrågan och restider. Det är även möjligt att detta system skulle kunna bidra till uppfyllandet av de transportpolitiska målen samt generera positiva samhällsekonomiska nyttor. I och med den ökade efterfrågan på kollektivtrafiken kan det antas att en del resenärer flyttas över från bilanvändning till kollektivtrafik. Slutsatser har även kunnat dras gällande den eventuella markvinning som kan göras efter systemets implementering. Tekniken i de autonoma fordonen möjliggör kommunikation dem emellan, något som kan skapa ett jämnare flöde på vägarna.

8.1 Resultatdiskussion

Autonoma fordon är en teknik som är på väg in på marknaden och det är av vikt att eventuella möjligheter för denna teknik kopplat till stadsplanering och stadsutveckling utreds. I denna rapport har en ansats gjorts till att undersöka huruvida denna teknik kan användas i samspel med den befintliga kollektivtrafiken i en tät stad samt vilka eventuella effekter detta skulle få för kollektivtrafikens utnyttjandegrad men även för trafiksäkerhet, markanvändning och stadsplanering.

8.1.1 Stadsmiljö

Malmö Stadsbyggnadskontor (2010b, figur sid 2) identifiera Malmö innerstad som ett ca 3 x 3 km² stort område som idag innefattar undersökningsområdet. Det som räknas till innerstad bedöms växa under de kommande åren, men i detta arbete antas innerstadsområdet kunna liknas vid undersökningsområdet i fråga om antal parkeringsplatser och markutnyttjande.

Enligt beräkningarna utförda i modellkapitlet ökar efterfrågan på kollektivtrafiken med i medeltal med 15-28 procent till följd av implementeringen av modellen. Om dessa resultat ska omsättas i minskad bilanvändning får hänsyn tas till andelen resor som görs med bil där resans ärende är inköp samt där längden på resan motsvarar längden avståndet mellan undersökningsområdet och Västra Hamnen.

Resultatet i beräkningarna ovan kan kopplas till UN Habitats strategier för god stadsbyggnad. Den första principen i denna strategi rekommenderade en viss mängd vägyta. Att frigöra vägyta genom eliminering av parkeringsplatser underlättar skapandet av attraktiva gång- och cykelstråk samt ger mer plats för kollektivtrafiken. Eftersom modellen bidrar till en ökad efterfrågan på kollektivtrafiken finns möjlighet att fler personer övergår till andra typer av bilägande så som bilpooler eller gör sig av med bilen helt. Detta skulle medföra ett minskat behov för parkeringsplatser i staden vilket skulle vara ett led i att uppfylla den första principen. Den andra principen talade för en ökad befolkningstäthet. Den frigjorda yta som följer på ett minskat antal parkeringsplatser kan användas för olika typer av förtätningsprojekt. Det finns även möjligheter att vissa platser som tidigare varit

omöjliga att bebygga på grund av exempelvis höga bullernivåer kan tas i anspråk vilket också bidrar till en ökad densitet. Med detta resonemang kan det argumenteras för att modellen kan bidra till uppfyllnad av även den andra principen. Enligt (UITP, 2015) bidrar stadsförtätning till att kollektivtrafiken utnyttjas mer. Modellen kan således leda till att kollektivtrafikandelen i städer ökar. Enligt den tredje principen skulle blandstaden eftersträvas. Den frigjorda markytan och förtättningsprojekten kan riktas mot att skapa en blandad stadsmiljö vilket leder till att målet kan nås utan större ombyggnadsprojekt. Den fjärde och femte principen påverkas inte nämnvärt av modellens implementering.

Den övergripande bedömningen är att modellen kan bidra till en förbättrad stadsmiljö och att autonoma fordon i en tät stad kan vara ett medel för att hantera och förbättra stadsmiljön i takt med den fortskridande urbaniseringen. Dock krävs det ett samarbete med kollektivtrafiken, något som visats i rapporten av (ITF, 2015) Modellen bidrar även till skapandet av det transportsystem som förespråkas av Yeang (2000) där det finns transportmöjligheter med mycket god tillgänglighet som bemöter alla invånares behov. Den mycket goda tillgängligheten skapas genom att de autonoma fordonen kan röra sig fritt i trafiknätet och hämta upp trafikanter i de lägen då gångavståndet till närmsta hållplats anses för långt. Systemet bemöter även i hög grad alla invånares behov då människor med funktionshinder exempelvis synnedsettnings kan transportera sig lättare.

8.1.2 Trafikplanering

Den grundläggande analys som genomförts i denna rapport pekar på att systemet kan nå en samhällsekonomisk lönsamhet. Det pekar även mot att autonoma fordon kan leda till en minskad fordonsflotta, bättre utnyttjande av fordonen vilket i sin tur leder till en snabbare omsättning av fordonen. Detta gör att nya tekniker snabbare appliceras i fler fordon vilket kan leda till positiva miljöeffekter. Dessa två parametrar – minskade utsläpp och att systemet kan bidra till en långsiktig hållbarhet – visar att implementeringen kan vara ett led i uppfyllande av det övergripande transportpolitiska målet. Systemet kan även bidra till uppfyllandet av funktionsmålet, vilket innebär att alla medborgare ska få en grundläggande tillgänglighet med god kvalitet.

V2V-communication, den teknik i fordonen som medger kommunikation mellan dem, skapar förutsättningar för en bättre flödesfördelning i staden. I och med att fordonens position kan avläsas kan den bästa rutten beräknas utifrån framkomligheten just då. Fördelningen av fordon på stadens gator kan då fördelas mer jämt vilket innebär att köbildning kan undvikas. Att alternativa vägar kan väljas som, trots att de eventuellt är längre, gör att målet kan nås med färre stopp och mindre risk för köbildning. Detta kan leda till att målet nås med en lägre hastighet och eventuellt även med en restidsvinst. Ett jämnare flöde på gatorna kan även minska topphastigheterna med goda trafiksäkerhetseffekter som resultat. Hastigheten är, enligt det som nämns i potensmodellen, en mycket viktig trafiksäkerhetsparameter. De minskade medel- och topphastigheterna kan således öka trafiksäkerheten på vägarna vilket i sin tur bidrar till uppfyllandet av hänsynsmålet. En jämnare fördelning av fordonen leder även till en förbättrad framkomlighet, vilket verkar positivt för samtliga trafikantgrupper. Gällande trafiksäkerhetsaspekten kan även påpekas att mänskliga faktorer såsom trötthet, ouppmärksamhet, alkohol- och drogpåverkan med flera kan undvikas genom användandet av autonoma fordon. Att det autonoma fordonet, enligt bland annat Gills (2015), har en förmåga att ta in och processera en mycket stor mängd information om omgivningen kan bidra till att fordonet i vissa lägen har bättre prestationsförmågor än en mänsklig förare.

Vid skapandet av modellen har en del av de framgångsfaktorer som togs fram för bil-pooler i MOSES-projektet används. Trots att modellen är en utveckling av bil-pools

modellen finns en förhoppning om att samma positiva effekter kan ses som efter implementering av bilpooler, exempelvis ett minskat antal bilar i staden och en förbättrad stadsmiljö.

Litteraturen visar att åtgärder som bör ha bäst effekt av överflyttade resenärer är att förbättra den befintliga kollektivtrafiken framförallt gällande turtäthet, restid och pålitlighet samt att bygga ut och öka kollektivtrafikens utbud. Modellen kan bidra till att dessa parametrar uppfylls då systemet kan tolkas som en on-demand-lösning samt att restiden kalkyleras löpande för att bli så kort som möjligt. Systemets pålitlighet får utvärderas efterhand och är omöjligt att förutspå i denna rapport.

8.1.3 Kollektivtrafik

I det sjätte kapitlet nämndes en del nyttor som kollektivtrafiken ska bidra till. Modellen kan leda till uppfyllandet av samtliga av dessa nyttor och medger att kollektivtrafiken blir ett instrument för en attraktiv stad och regional utveckling, bidrar ökad livskvalitet i staden samt till ett långsiktigt hållbart transportsystem.

Det har i beräkningarna ovan visats att för resor med syfte inköp på vissa givna stråk i Malmö finns det en möjlighet för autonoma fordon att implementeras i den rådande kollektivtrafiken med ett gott resultat gällande efterfrågan. Detta är ett resultat som är konsekvent med den litteratur som finns tillgänglig inom området. I studien av Burns et al (2013) visades att implementeringen av självkörande fordon på Manhattan i New York kunde såväl minska antalet taxifordon som krävdes för att motsvara gällande efterfrågan samt göra detta till en lägre kostnad för resenären och med en minskad väntetid. Detta är dock inte den enda positiva effekten. Men hjälp av detta system kan dagens kollektivtrafiksystem revolutioneras och individualiseras. Genom att anpassa reseplaneraren och skapa en algoritm för den planerade resans syfte kan resan med kollektivtrafiken anpassas för just detta ärende. Är resans syfte inköp, vilket har använts i modellen ovan, kan reseplaneraren ta hänsyn till att tunga kassar transporteras på hemvägen, något som ställer andra krav på delresor, byte och ingående fordon än vad en resa till och från arbetet gör.

Burns et al. (2013) visade även att kostnaderna för en resa med ett autonomt fordon understiger kostnaden för samma resa med ett vanligt fordon. Om detta resultat omsätts till denna modell skulle kostnaderna för en resa med ett autonomt fordon vara konkurrenskraftig. Om detta kopplas samman med den ökade efterfrågan finns en möjlighet för större vinster för trafikföretagen vilket i förlängningen kan leda till en sänkt subventioneringsgrad.

I och med att modellen visar på en ökad efterfrågan för kollektivtrafiken för resor med ärende inköp, vilket är ett av ärendena med störst andel bilanvändning, kan slutsatsen dras att behovet av den privata bilen kommer att minska till följd av modellens implementering. Detta i sin tur innebär att antalet parkeringsplatser i staden kan minska vilket öppnar upp ytor för förtätningsprojekt. I litteraturen redovisas att bilanvändningen minskar och kollektivtrafikandelen ökar ju tätare en stad är. Det kan då diskuteras huruvida denna modell genom implementering kan vara en start på en positiv spiral i stadsbyggnadssammanhang.

United Nations (2014) har redogjort för den förväntade urbaniseringen i världen. Enligt denna rapport är förväntningen att antalet megastäder i världen kommer att växa och att urbaniseringen, trots att inflyttningstakten till städerna har avtagit, kommer fortsätta. Det är av stor vikt att de som har ansvar för utformning och planering av städer gör detta med urbaniseringen i åtanke.

Autonoma fordon har enligt flera källor (bl.a ITF, 2015) möjlighet att med rätt typ av implementering minska antalet fordon på vägarna, frigöra parkeringsyta och bidra till en bättre stadsmiljö. Resultatet från modellen redovisad i denna rapport visar även att kombinationen mellan autonoma fordon och kollektivtrafiken kan bidra till en reducerad restid med kollektivtrafiken och en ökad efterfrågan på densamma.

8.2 Metoddiskussion

I rapporten har framförallt två metoder används – litteraturstudie och skapandet av en modell.

8.2.1 Litteraturstudie

Den litteratur som ligger till grund för detta arbete innefattar flera olika ämnesområden. De flesta av dessa är väl studerade under en längre tid såsom stadsplanering, trafikplanering och kollektivtrafik. För dessa ämnesområden har litteratur från olika beprövade källor och böcker kunnat blandas med rekommendationer från exempelvis UN. Denna blandning av informationsinsamling ger en stabil grund för arbetet, inte minst då många av källorna är samspelade vad gäller resultat och rekommendationer vilket stärker reliabiliteten. För att reducera risken för misstolkningar har texten granskats av handledare.

Den litteratur som ligger till grund för kapitlet om de autonoma fordonen består av vetenskapliga artiklar men även av en del populärvetenskapligt material. De vetenskapliga artiklarna anses ha en god reliabilitet med tanke på att de har granskats noga innan publicering. Det populärvetenskapliga materialet är inte lika noga undersökt och kan inte anses ha en vetenskaplig trovärdighet, dock har de behövts med tanke på att ämnet är relativt nytt och utforskat.

8.2.2 Modell

Skapandet av modellen har till stor del baserats på antaganden och försök till kreativt tänkande och innovation. Det finns ingenting som säger att denna modell är den bästa för detta syfte, dock var detta inte heller avsikten med den. Modellen och de beräkningar som har genomförts med modellen som grund har genomförts för att demonstrera att det finns en möjlighet att implementera autonoma fordon i den täta staden och med kollektivtrafiken. Detta har modellen bekräftat. Dock finns det mycket stora förbättringspotentialer i den.

Antagandet om gångavstånd till stationerna baserades på en restidskvotskalkyl där fem minuters upplevd gångtid kom fram som ett gränsvärde. Denna gångtid kan med största sannolikhet finjusteras, framförallt om modellen sätts in i ett dynamiskt simuleringsprogram.

Antagandet om att de autonoma fordonen ska nå resenären inom en minut från beställning är ambitiöst. Troligtvis skulle det i realiteten behövas längre ankomsttider, inte endast beroende på framkomlighet i staden, utan även på grund av att resenären kan behöva längre tid på sig än en minut. Anledningen till att en minut valdes var för att visa att det går att utforma ett system med denna typ av höga tillgänglighet utan att det innebär allt för stora intrång i stadsmiljö eller ställer för stora krav på den behövda fordonsflottan.

Beräkningarna i modellen har på grund av begränsningar i tid utförts i Excel eller manuellt. Data som utgått från är begränsad såväl i tid som i rum. Endast tre olika restider har valts och endast en destination och två avreseplatser. Modellen har endast utformats för ett resesyfte. Detta gör att resultatet från modellen kan ifrågasättas. Dock visar samtliga resultat på efterfrågeberäkningarna på att efterfrågan ökar. Även restidskvoterna för kollektivtrafiken visar att tidsvinsterna med det nya systemet och det nuvarande är positiva. Dessa resultat är konsekventa genomberäkningarna vilket torde styrka dem trots begränsningar i data.

8.3 Slutsatser

De slutsatser som kan dras av resultatet är att autonoma fordon skulle kunna implementeras i ett befintligt kollektivtrafiksystem i en tät stad och att möjligheten finns att positiva resultat gällande efterfrågan följer. Att göra denna implementering skulle kunna ge goda effekter även på markanvändning och stadsbyggnad samt bidra till uppfyllandet av de transportpolitiska målen. Systemet skulle även kunna bidra till positiva samhällsekonomiska nyttor.

8.3.1 Rekommendationer

Rekommendationerna som kommer efter detta arbete är att fortsätta studier och ett fortsatt utvecklande av denna typ av modell bör göras. Det har visats att effekterna kan bli positiva och därmed finns stora vinster att göra om modellen förfinas och utvecklas.

Ytterligare studier av hur stor överflyttning av resenärer från bil till kollektivtrafik som kan genereras av modellen kan leda till mer djupgående analyser av markvinning och samhällsekonomiska vinster kopplat till frigjord markyta.

Den modell som har presenterats i detta arbete visar hur autonoma fordon kan implementeras för en typ av reseärende. En av de största fördelarna med denna teknik är dock att den kan anpassas in i olika typer av modeller beroende på vilket syfte resan har. Undersöks resor till och från arbetet behöver modellen modifieras på grund av att bland annat den accepterade gångtiden till och från kollektivtrafiken kan förlängas. Resor som genomförs av äldre människor kan tillägnas en egen typ av modell där resor under kollektivtrafikens peak hour undviks på grund av bristen på sittplatser, vilket skapar stora risker när äldre reser med kollektivtrafiken. Samtliga av de reseärenden och resenärgrupper som finns i dagens kollektivtrafik kan tillägnas en egen modell med speciell modifiering i enlighet med tankesättet som finns presenterat ovan för resor med ärende inköp. Då finns stora möjligheter till maximerat utnyttjande av kollektivtrafiken för samtliga grupper, vilket kan öka efterfrågan och i sin tur minska bilberoendet.

9 Referenser

- Analys för resvanor. (2013). *Resvaneundersökning för Skåne 2013*. Hämtat från <http://kollap.malmo.se/QuvAJAXZfc/opendoc.htm?document=AccessPointDMZ%2FResvanor.qvw&host=QVS%40srwinqvdmz01&anonymous=true> den 27 04 2016
- Anderberg, J. (den 5-11 Februari 2016). Bostadskrisen: Gjutna lösningar. *FOKUS*, ss. 12-15.
- Bates, J., & Leibling, D. (2012). *Spaced Out: Perspectives on parking policy*. London: RAC Foundation.
- Bierstedt, J., Gooze, A., Gray, C., Peterman, J., Raykin, L., & Walters, J. (2014). *Effects on the next generation vehicles on travel demand and highway capacity*. FP Think.
- Bradshaw, C. (2007). *How Carsharing Can Reduce the "Drive to Drive" and Improve Walkability*. Hämtat från <https://earthhealth.wordpress.com/about/previous-published-works/feet-first-and-car-sharing-recent/how-carsharing-can-reduce-the-drive-to-drive-and-improve-walkability-walk-21-2007/> den 08 02 2016
- Burns, L. D., Jordan, W. C., & Scarborough, B. A. (2013). *Transforming Personal Mobility*. New York: The Earth Island Institute, Columbia University.
- Carsharing Association (CSA). (2016). *What is Carsharing?* Hämtat från <http://carsharing.org/what-is-car-sharing/> den 08 02 2016
- Dittmar, H. (2004). Are you what you have? *The Psychologist*, 17(4), 206-211.
- Europaparlamentet och rådet. (den 3 12 2007). Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 1370/2007 av den 23 oktober 2007 om kollektivtrafik på järnväg och väg och om upphävande av rådets förordning (EEG) nr 1191/69 och (EEG) nr 1107/70. *Europeiska unionens officiella tidning*, ss. 1-315.
- Fagnant, D., & Kockelman, K. M. (2013). *Preparing a Nation for Autonomous Vehicles - Opportunities, Barriers and Policy Recommendations*. Washington: Eno Center for Transportation.
- Gatersleben, B. (2014). Psychological Motives for Car Use. i D. E. Tommy Gärling (Red.), *Handbook of Sustainable Travel* (ss. 85-94). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gehl, J. (2010). *Cities for people*. Washington DC: Island Press.
- Gills, C. (den 21 September 2015). Self-driving Cars - The human factor. *Maclean's Magazine*, ss. 41-44.
- Glantz-Richter, M. (2012). Car Sharing - "Car-on-call" for reclaiming street space. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 48, 1454 - 1463.
- Google Self-Driving Car Project. (den 26 04 2016). *Google Self-Driving Car Project*. Hämtat från Navigating city streets: <https://www.google.com/selfdrivingcar/how/>
- Hedström, R., & Svensson, T. (2010). *Parkering. Politik, åtgärder och konsekvenser för stadstrafik. VTI notat 23-2010*. Linköping: VTI.

-
- Hensher, D. A., Stopher, P., & Bullock, P. (2001). *Service Quality - Developing a Service Quality Index (SQI) in the Provision of Commercial Bus Contracts*. Sydney: Institute of Transport Studies, Faculty of Economics and Business, The University of Sydney, NSW 2006.
- Hydén, C. (2008). Trafiksäkerhet. i C. Hydén (Red.), *Trafiken i den hållbara staden* (ss. 85-152). Lund: Studentlitteratur.
- IHS Automotive. (2014). *Emerging technologies. Autonomous cars - Not if, but when*. IHS.
- ITF. (2015). *Urban Mobility System Upgrade. How shared self-driving cars could change city traffic*. Paris: International Transport Forum.
- Jacobs, J. (2011). *The Death and Life of Great American Cities* (50th Anniversary Edition uppl.). New York: Modern Library.
- Jakobsson, C. (2003). Accuracy of household planning of car use: comparing prospective to actual car logs. *Elsevier: Transportation Research Part F* 7, 31-42.
- Lind, G., Strömberg, P., & Davidsson, F. (2015). *Effekter av självstyrande bilar: Kapacitetsanalys*. Stockholm: Movea.
- Malmö Stad. (2014). *Översiktsplan för Malmö. Planstrategi*. Malmö: Malmö Stad.
- Malmö Stad. (u.d.). *Befolkning per stadsområde, stadsdel, delområde 2007-2014*. Hämtat från <http://malmo.se/Kommun--politik/Statistik/Befolkning.html> den 09 05 2016
- Malmö Stad, stadskontoret. (2015). *Malmö och den nya befolkningsprognosen. Nuläge och prognos 2016-2019*. Malmö: Malmö Stad. Hämtat från Malmö och den nya befolkningsprognosen.
- Malmö Stadsbyggnadskontor. (2010a). *Parkeringspolicy och Parkeringsnorm för bil, cykel och Mc i Malmö*. Malmö: Malmö Stad.
- Malmö Stadsbyggnadskontor. (2010b). *Så förtätar vi Malmö! Dialog-pm 2010:2*. Malmö: Malmö Stad.
- managenergy. (u.d.). *Integration of Car-Sharing-/moses project. City of Bremen, Germany, nr 126*. Hämtat från www.managenergy.net/download/nr126.pdf den 11 03 2016
- McFarland, M. (den 4 12 2015). The \$75,000 problem for self-driving cars is going away. *The Washington Post*.
- MSB. (2011). *Samhällets kostnader för olyckor (MSB340 - december 2011)*. Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MSB. (2012). *Personskador i Sverige - 2012 års utgåva (publikationsnummer MSB413)*. Stockholm: Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
- MTR, Volvo, Skanska, Sweco och Volvo Cars. (u.d.). *Göteborg 2070. Navet i Skandinavien - en stad i världen. Vision för Göteborgsregionen år 2070*. MTR, Volvo, Skanska, Sweco och Volvo Cars.
- Näringsdepartementet. (2008). *Mål för framtidens resor och transporter (Regeringens proposition 2008/09:93)*. Stockholm: Regeringskansliet.
- Nilsson, G. (2004). *Traffic safety dimensions and the Power Model to describe the effect*. Lund: Lund Institute of Technology and Society, Traffic Engineering.
- Parkering Malmö. (u.d.). *Parkering Malmö Karta*. Hämtat från <http://pmalmo.se/> den 29 02 2016

- Persson, A. (den 26 03 2014). Malmö säger ja till foodtrucks. *Sydsvenskan*, ss. <http://www.sydsvenskan.se/2014-03-26/malmo-sager-ja-till-foodtrucks>.
- Q-park a. (u.d.). *Malmö p-hus Lilla Torg*. Hämtat från <http://www.q-park.se/parkering/hittaparkering/tabid/750/qparkparkinglocatorvw1438/parkingdetail/parki ngid/1093/default.aspx> den 29 02 2016
- Q-park b. (u.d.). *Malmö Hansa*. Hämtat från <http://www.q-park.se/parkering/hittaparkering/tabid/750/qparkparkinglocatorvw1438/parkingdetail/parki ngid/1268/default.aspx> den 29 02 2019
- Q-park c. (u.d.). *Malmö Laxen/Kasinogatan 2*. Hämtat från <http://www.q-park.se/parkering/hittaparkering/tabid/750/qparkparkinglocatorvw1438/parkingdetail/parki ngid/33564/default.aspx> den 29 02 2016
- Q-park d. (u.d.). *Malmö von Conow*. Hämtat från <http://www.q-park.se/parkering/hittaparkering/tabid/750/qparkparkinglocatorvw1438/parkingdetail/parki ngid/1097/default.aspx> den 29 02 2016
- Regeringskansliet. (den 24 03 2015). *Mål för transporter och infrastruktur*. Hämtat från www.regeringen.se: <http://www.regeringen.se/regeringens-politik/transporter-och-infrastruktur/mal-for-transporter-och-infrastruktur/> den 07 03 2016
- Ryberg, J. (den 6 04 2016). Göteborgsvädret blir en utmaning. *Ny Teknik*, s. 6.
- SCB. (2015a). *Befolkningsutveckling 1900-2014 och prognos 2015-2060*. Hämtat från http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningsframskrivningar/Befolkningsframskrivningar/14498/14505/Aktuell-befolkningsprognos/Sveriges-framtida-befolkning-20152060/273426/ den 04 02 2016
- SCB. (2015b). *Sveriges befolkning ökar - men inte i hela landet*. Hämtat från http://www.scb.se/sv_/hitta-statistik/artiklar/sveriges-befolkning-okar--men-inte-i-hela-landet/ den 04 02 2016
- SCB. (den 30 04 2016). *Befolkningsstatistik*. Hämtat från www.scb.se: http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Statistik-efter-amne/Befolkning/Befolkningens-sammansattning/Befolkningsstatistik/
- Skånetrafiken. (2016). *Verksamhetsplan 2016 - 2019*. Skånetrafiken.
- Skånetrafiken a. (u.d.). *Vårt uppdrag*. Hämtat från <https://www.sknetrafiken.se/om-oss/vart-uppdrag1/> den 03 03 2016
- Skånetrafiken b. (u.d.). *Välj rätt biljett*. Hämtat från <https://www.sknetrafiken.se/sa-reser-du-med-oss/valj-ratt-biljett/> den 03 03 2016
- Steg, L., Vlek, C., & Rooijers, T. (1995). Private car mobility. Problem awareness, willingness to change and policy evaluation: A national interview study among Dutch car users. *Climate Change Research, Studies in Environmental Science. Elsevier.*, 65, 1173-1176.
- Stradling, S., Meadows, M., & Beatty, S. (2000). Helping drivers out of their cars. Integrating transport policy and social psychology for sustainable change. *Transport Policy*, 7, 207-215.
- Svanström, S. (2015). *Statistikskolan. Urbanisering - från land till stad*. Hämtat från http://www.scb.se/sv_/Hitta-statistik/Artiklar/Urbanisering--fran-land-till-stad/ den 27 01 2016

-
- Svensson, T. (2001). *Konsekvenser av restriktioner för biltrafik i städer: En förstudie. VTI-notat 40-2001. FoU-rapport projektnummer 50309*. Linköping: Väg och transportforskningsinstitutet.
- Trafikanalys. (2015a). *Avtalen för den upphandlade kollektivtrafiken 2013: Rapport 2015:13*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikanalys. (2015b). *Hur påverkar autonoma vägfordon framtida tidsvärdering? PM 2015*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikverket & SKL. (2012). *Kol-Trast: Planeringshandbok för en attraktiv och effektiv kollektivtrafik*. Linköping: LTAB.
- Trafikverket. (2014a). *Alkohol, droger och trafik*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2014b). *Nollvisionen*. Hämtat från <http://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/vart-trafiksakerhetsarbete/trafiksakerhetsmal/nollvisionen/> den 27 04 2016
- Trafikverket. (2015a). *Prognos för personresor 2030 - Trafikverkets basprognos 2015. Rapport 2015:059*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2015b). *Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 5.2. Kapitel 7 Värdering av kortare restid och transporttid. Version 2015-04-01*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2016). *Analysmetod och samhällsekonomiska kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 6.0*. Borlänge: Trafikverket.
- UITP. (2015). *Mobility in cities database: Synthesis report*. Bryssel: International Association of Public Transportation.
- UN Habitat. (2014). *Discussion note 3 Urban planning. A new strategy of sustainable neighbourhood planning: Five principles*. Hämtat från http://unhabitat.org/wp-content/uploads/2014/05/5-Principles_web.pdf den 27 01 2016
- United Nations . (2014). *World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352)*. Department of Economic and Social Affairs, Population Division.
- Vägverket. (2008). *Kollektivtrafik - Effektkatalog. Effektsamband för vägtransportssystemet. Publikation 2008:10*. Borlänge: Vägverket.
- Wahl, C., & Ullberg, M. (2014). *Resvaneundersökning 2013 - Kommunrapporter*. Malmö: Sweco.
- Wretstrand, A., Svensson, H., Fristedt, S., & Falkmer, T. (2009). Older people and local public transit: Mobility effects on accessibility improvements in Sweden. *Journal of Transport and Land Use* , 2(2), ss. 49-65.
- Yeang, L. D. (2000). *Urban Design Compendium: Homes and Communities Agency* (Third edition uppl.). English Partnerships.

10 Bilagor

Bilaga 1. Restidskvotsberäkningar

*	Restid från avreseplats till busstation
**	Väntetid på det autonoma fordonet vid avreseplatsen
***	Väntetid kollektivtrafik = halva turtätheten
****	Restid från station till destination

1. Busslinje 2. Rörsjökanalen - ICA Maxi VH																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid vardag kl 17.30	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 11.00	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 14.00	Bytesstraff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA RESTID VARDAG	SUMMA RESTID helgdag kl 11	SUMMA RESTID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
1a	Max avstånd AF	1	2,25	8	20	15	5	1	10	9	9	5	1	1,2	34	18	18	3,6	9
1b	Min avstånd AF	1	0,81	8	20	15	5	1	10	9	9	5	1	1,2	33	18	18	3,7	9
1c	Max avstånd gång	0	5	8	20	15			10	9	9	5	1	1,2	30	17	17	3,7	9
1d	Min avstånd gång	0	0	8	20	15			10	9	9	5	1	1,2	25	13	13	2,4	6
2. Busslinje 2. ICA Maxi VH - Rörsjökanalen																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan vardag kl 17.30	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 11.00	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 14.00	Bytesstraff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA RESTID VARDAG	SUMMA RESTID helgdag kl 11	SUMMA RESTID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
1a	Max avstånd AF	1	1,2	5	20	15	5	1	10	9	9	5	1	2,25	31	18	18	3,6	9

Autonoma fordon och kollektivtrafik – A match made in heaven?

1b	Min avstånd AF	1	1,2	5	20	15	5	1	10	9	9	5	1	0,81	<u>30</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,7	9
1c	Max avstånd gång	1	1,2	5	20	15	5	1	10	9	9	5	1	5	<u>34</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,7	9
1d	Min avstånd gång	1	1,2	5	20	15	5	1	10	9	9	5	1	0	<u>29</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	2,4	6
1. Busslinje 2. Rör sjökanalen - ICA Maxi VH. ÄNDRADE BYTESSTRAFF TILL 2,5 MINUTER																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytes tid	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid vardag kl 17.30	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 11.00	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 14.00	Bytesstraff	Byte stid	Restid_2****	SUM MA REST ID VAR DAG	SUM MA REST ID helg dag kl 11	SUM MA REST ID helg dag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
1a	Max avstånd AF	1	2,25	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,2	<u>29</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,6	9
1b	Min avstånd AF	1	0,81	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,2	<u>28</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,7	9
1c	Max avstånd gång	0	5	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,2	<u>28</u>	<u>17</u>	<u>17</u>	3,7	9
1d	Min avstånd gång	0	0	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,2	<u>23</u>	<u>13</u>	<u>13</u>	2,4	6
2. Busslinje 2. ICA Maxi VH - Rör sjökanalen																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytes tid	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan vardag kl 17.30	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 11.00	Restid buss från Kockum fritid till	Bytesstraff	Byte stid	Restid_2****					

Autonoma fordon och kollektivtrafik – A match made in heaven?

2. Busslinje 2. ICA Maxi VH - Rörsjökanalen																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Byttesstraff	Bytestid	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan vardag kl 17.30	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 11.00	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 14.00	Bytessstraff	Bytestid	Restid_2****					
1a	Max avstånd AF	1	0,96	5	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,8	26	18	18	3,6	9
1b	Min avstånd AF	1	0,96	5	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,6	25	18	18	3,7	9
1c	Max avstånd gång	1	0,96	5	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	5	29	18	18	3,7	9
1d	Min avstånd gång	1	0,96	5	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0	24	14	14	2,4	6
1. Busslinje 2. Rörsjökanalen - ICA Maxi VH. ÄNDRADE BYTESSTRAFF TILL 2,5 MINUTER. ÄNDRAD HASTIGHET AF 25 km/h (motsvarande privata bilens). OPTIMERING AV VÄNTETID.																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Byttesstraff	Bytestid	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid vardag kl 17.30	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 11.00	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 14.00	Bytessstraff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA REST ID VARDAG	SUMMA REST ID helgdag kl 11	SUMMA REST ID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
1a	Max avstånd AF	1	1,8	3	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	24	18	18	3,6	9
1b	Min avstånd AF	1	0,6	3	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	23	18	18	3,7	9

1c	Max avstånd gång	0	5	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	27	17	17	3,7	9
1d	Min avstånd gång	0	0	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	22	13	13	2,4	6
2. Busslinje 2. ICA Maxi VH - Rör sjökanalen																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytessstraff	Bytестid	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan vardag kl 17.30	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 11.00	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 14.00	Bytessstraff	Bytестid	Restid_2****					
1a	Max avstånd AF	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,8	22	18	18	3,6	9
1b	Min avstånd AF	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,6	21	18	18	3,7	9
1c	Max avstånd gång	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	5	25	18	18	3,7	9
1d	Min avstånd gång	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0	20	14	14	2,4	6
1. Busslinje 2. Rör sjökanalen - ICA Maxi VH. ÄNDRADE BYTESSTRAFF TILL 2,5 MINUTER. ÄNDRAD HASTIGHET AF 25 km/h (motsvarande privata bilens). OPTIMERING AV VÄNTEID. VIKTNING AV BILRESOR.																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytessstraff	Bytестid	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid vardag kl 17.30	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag kl 11.00	Restid buss från Djäknegatan till Kockum fritid söndag	Bytessstraff	Bytестid	Restid_2****	SUMMA REST ID VARDAG	SUMMA REST ID helgdag kl 11	SUMMA REST ID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil

Autonoma fordon och kollektivtrafik – A match made in heaven?

											kl 14.00									
1a	Max avstånd AF	1	1,8	3	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	<u>24</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,6	14	
1b	Min avstånd AF	1	0,6	3	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	<u>23</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,7	15	
1c	Max avstånd gång	0	5	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	<u>27</u>	<u>17</u>	<u>17</u>	3,7	15	
1d	Min avstånd gång	0	0	8	20	15	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,96	<u>22</u>	<u>13</u>	<u>13</u>	2,4	11	
2. Busslinje 2. ICA Maxi VH - Rörsjökanalen																				
ID	Beskrivning	Vänteti d_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytess raff	Bytes tid	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan vardag kl 17.30	Restid buss från Kockum fritid till Djäknegatan söndag kl 11.00	Restid buss från Kocku m fritid till Djäkne gatan söndag kl 14.00	Bytess traff	Byte stid	Restid_ 2****						
1a	Max avstånd AF	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	1,8	<u>22</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,6	14	
1b	Min avstånd AF	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0,6	<u>21</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,7	15	
1c	Max avstånd gång	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	5	<u>25</u>	<u>18</u>	<u>18</u>	3,7	15	
1d	Min avstånd gång	1	0,96	1,5	9	6,5	2,5	1	10	9	9	2,5	1	0	<u>20</u>	<u>14</u>	<u>14</u>	2,4	11	

1. Busslinje 3. Rörsjökanalen - ICA Maxi VH via busshållplats Drottningtorget. ÄNDRADE BYTESSTRAFF TILL 2,5 MINUTER. ÄNDRAD HASTIGHET AF 25 km/h (motsvarande privata bilens). OPTIMERING AV VÄNTETID.																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid buss från Drottningtorget till Propellergatan vardag kl 17.30	Restid buss från Drottningtorget till Propellergatan helgdag kl 11	Restid buss från Drottningtorget till Propellergatan helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA RESTID VARDAG	SUMMA RESTID helgdag kl 11	SUMMA RESTID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
2a	Max avstånd AF	1	1,56	2,5	4	4	2,5	1	11	10	10	-	-	-	19,6	20,1	20	3,5	8,4
2b	Min avstånd AF	1	0,636	2,5	4	4	2,5	1	11	10	10	-	-	-	19	19	19	2,8	6,7
2c	Max avstånd gång	0	5	2,5	4	4			11	10	10	-	-	-	19	19	19	2,8	6,7
2d	Min avstånd gång	0	0	2,5	4	4			11	10	10	-	-	-	14	14	14	3,6	8,6
2. Busslinje 3. ICA Maxi VH - Rörsjökanalen																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid buss från Propellergatan till Drottningtorget vardag kl 17.30	Restid buss från Propellergatan till Drottningtorget helgdag kl 11	Restid buss från Propellergatan till Drottningtorget helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA RESTID VARDAG	SUMMA RESTID helgdag kl 11	SUMMA RESTID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil

Autonoma fordon och kollektivtrafik – A match made in heaven?

2a	Max avstånd AF		-	7	10	10	2,5	1	13	12	12			1,56	25,06	27,06	27,06	3,5	8,4
2b	Min avstånd AF		-	7	10	10	2,5	1	13	12	12			0,636	24,136	26,136	26,136	2,8	6,7
2c	Max avstånd gång		-	7	10	10			13	12	12	-	-	5	25	27	27	2,8	6,7
2d	Min avstånd gång		-	7	10	10			13	12	12	-	-	0	20	22	22	3,9	9,4
1. Busslinje 3. Rör sjökanalen - ICA Maxi VH via busshållplats Drottningtorget. ÄNDRADE BYTESSTRAFF TILL 2,5 MINUTER. ÄNDRAD HASTIGHET AF 25 km/h. (motsvarande privata bilens). OPTIMERING AV VÄNTETID. Viktning av bilens restid.																			
ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid buss från Drottningtorget till Propeller gatan vardag kl 17.30	Restid buss från Drottningtorget till Propeller gatan helgdag kl 11	Restid buss från Drottningtorget till Propeller gatan helgdag kl 14	Bytesstraff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA RESTID VARDAG	SUMMA RESTID helgdag kl 11	SUMMA RESTID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
2a	Max avstånd AF	1	1,56	2,5	4	4	2,5	1	11	10	10	-	-	-	20	20	20	3,5	14,1
2b	Min avstånd AF	1	0,636	2,5	4	4	2,5	1	11	10	10	-	-	-	19	19	19	2,8	12,4
2c	Max avstånd gång	0	5	2,5	4	4			11	10	10	-	-	-	19	19	19	2,8	12,4
2d	Min avstånd gång	0	0	2,5	4	4			11	10	10	-	-	-	14	14	14	3,6	14,3
2. Busslinje 3. ICA Maxi VH - Rör sjökanalen																			

ID	Beskrivning	Väntetid_1**	Restid_1 (min)*	Väntetid vardag***	Väntetid helgdag kl 11	Väntetid helgdag kl 14	Bytes straff	Bytestid	Restid buss från Propellergratan till Drottningtorget vardag kl 17.30	Restid buss från Propellergratan till Drottningtorget helgdag kl 11	Restid buss från Propellergratan Drottningtorget helgdag kl 14	Bytes straff	Bytestid	Restid_2****	SUMMA RESTID VARDAG	SUMMA RESTID helgdag kl 11	SUMMA RESTID helgdag kl 14	Total sträcka (km)	Restid bil
2a	Max avstånd AF		-	7	10	10	2,5	1	13	12	12			1,56	25,06	27,06	27,06	3,5	14,1
2b	Min avstånd AF		-	7	10	10	2,5	1	13	12	12			0,636	24,136	26,136	26,136	2,8	12,4
2c	Max avstånd gång		-	7	10	10			13	12	12	-	-	5	25	27	27	2,8	12,4
2d	Min avstånd gång		-	7	10	10			13	12	12	-	-	0	20	22	22	3,9	15,1

Bilaga 2. Beräkning av förändrad efterfrågan

Beräkning av förändring i efterfrågan (logaritmiskt beräkningsätt)

Antaganden:	
Tidsvärde bil övrigt (kr/h)	84
Tidsvärde bil övrigt (kr/min)	1,4
Tidsvärde buss övrigt (kr/h)	47
Tidsvärde buss övrigt (kr/min)	0,783333333
Pris (kr)	22
Elasticitetstal	-0,2

1. Buss linje 2 Rörsjökanalen till ICA Maxi VH Vardag (fullt optimerad) restidsvärde bil	
tr	30,88
er	-0,393018182
förändring efterfrågan	1,202682556
förändring efterfrågan procent	20 %

1. Buss linje 2 Rörsjökanalen till ICA Maxi VH Vardag (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	30,88
er	-0,21990303
förändring efterfrågan	1,108782594
förändring efterfrågan procent	11 %

1. Buss linje 2 Rörsjökanalen till ICA Maxi VH helgdag (fullt optimerad) restidsvärde bil - OBS HELT GENOMFÖRD AV AF	
tr	27,9
er	-0,355090909
förändring efterfrågan	1,309043318
förändring efterfrågan procent	31 %

1. Buss linje 2 Rörsjökanalen till ICA Maxi VH Vardag (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	27,9
er	-0,198681818
förändring efterfrågan	1,162622056
förändring efterfrågan procent	16 %

1. Buss linje 2 ICA MAXI VH - Rörsjökanalen vardag (fullt optimerad) restidsvärde bil	
tr	29,38
er	-0,373927273
förändring efterfrågan	1,203115999
förändring efterfrågan procent	20 %

1. Buss linje 2. ICA Maxi VH -Rörsjökanalen Vardag (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	29,38
er	-0,209221212
förändring efterfrågan	1,162118509
förändring efterfrågan procent	16 %

1. Buss linje 2 ICA MAXI VH - Rörsjökanalen helgdag (fullt optimerad) restidsvärde bil OBS genomförd till fullo med AF	
tr	27,15
er	-0,345545455
förändring efterfrågan	1,28164058
förändring efterfrågan procent	28 %

1. Buss linje 2. ICA Maxi VH -Rörsjökanalen helgdag (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	27,15
er	-0,193340909
förändring efterfrågan	1,148941146
förändring efterfrågan procent	15 %

1. Buss linje 3 Södra Promenaden till ICA Maxi VH Vardag (fullt optimerad) restidsvärde bil	
tr	29,03
er	-0,36947273
förändring efterfrågan	1,28427766
förändring efterfrågan procent	28 %

1. Buss linje 3 Södra Promenaden till ICA Maxi VH Vardag (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	29,03
er	-0,20672879
förändring efterfrågan	1,15026328

förändring efterfrågan procent	15 %
--------------------------------	------

1. Buss linje 3 Södra Promenaden till ICA Maxi VH helgdag kl 11 (fullt optimerad) restidsvärde bil	
tr	29,28
er	-0,37265455
förändring efterfrågan	1,2749983
förändring efterfrågan procent	27 %

1. Buss linje 3 Södra Promenaden till ICA Maxi VH Helgdag kl 11 (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	29,28
er	-0,20850909
förändring efterfrågan	1,14560562
förändring efterfrågan procent	15 %

1. Buss linje 3 ICA Maxi VH - Södra Promenaden vardag (fullt optimerad) restidsvärde bil	
tr	35,03
er	-0,44583636
förändring efterfrågan	1,29821201
förändring efterfrågan procent	30 %

1. Buss linje 3 Södra Promenaden till ICA Maxi VH Helgdag kl 11 (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	35,03
er	-0,24945606
förändring efterfrågan	1,15722971
förändring efterfrågan procent	16 %

1. Buss linje 3 ICA Maxi VH - Södra Promenaden helgdag kl 11/14 (fullt optimerad) restidsvärde bil	
tr	36,03
er	-0,45856364
förändring efterfrågan	1,26266953
förändring efterfrågan procent	26 %

1. Buss linje 3 Södra Promenaden till ICA Maxi VH Helgdag kl 11/14 (fullt optimerad) restidsvärde buss	
tr	36,03
er	-0,25657727
förändring efterfrågan	1,13939419
förändring efterfrågan procent	14 %