

Thesis 244

## Rätt fart för bussen?

En studie av den skyltade hastighetens påverkan  
på stadsbusstrafikens framkomlighet

André Kingstedt  
Samuel Yngve

Trafik och väg  
Institutionen för Teknik och samhälle  
Lunds Tekniska Högskola, Lunds universitet

# Rätt fart för bussen?

En studie av den skyltade hastighetens  
påverkan på stadsbusstrafikens framkomlighet

André Kingstedt  
Samuel Yngve



André Kingstedt och Samuel Yngve

## Rätt fart för bussen? - En studie av den skyltade hastighetens påverkan på stadsbusstrafikens framkomlighet

2013

*Ämnesord:*

Kollektivtrafik, hastighetsgränser, Karlstad, stadsbusstrafik, fördröjningar

*Referat:*

I Sverige pågår för närvarande en omskyltning av hastigheten i tätort enligt *Rätt fart i staden* där en stor del av dagens sträckor med 50 km/h kommer att få 40 eller 30 km/h. Hur denna omskyltning av hastigheten kommer påverka kollektivtrafikens restider är dåligt utrett och det finns således ett behov för att undersöka effekterna av en omskyltning av hastigheten. I examensarbetet ställs tre frågeställningar. Den första är att utreda effekterna på omloppstider och fordonsbehov. Den andra utreder kollektivtrafikens restidsförändring jämfört med bilens och den tredje försöker identifiera om, när och varför fördröjningar uppstår till följd av en omskyltning av hastigheten. I examensarbetet används fem stadsbusslinjer i Karlstad som studieobjekt och utifrån färdtidsdata från dessa görs enklare simuleringar som ligger till grund för dels resultat för Karlstad specifikt och dels resultat som antas gälla generellt.

*English title:*

Right speed for busses? – A study of speed limitations effects on city buses  
availability

*Citeringsanvisning:*

Kingstedt, André och Yngve, Samuel, Rätt fart för bussen?. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle. Trafik och väg 2013. Thesis. 244

## Sammanfattning

I Sverige pågår för närvarande en omskyllning av hastigheten i tätort enligt *Rätt fart i staden* där en stor del av dagens sträckor med 50 km/h kommer att få 40 eller 30 km/h. Hur denna omskyllning av hastigheten kommer påverka kollektivtrafikens restider är dåligt utrett och det finns således ett behov för att undersöka effekterna av en omskyllning av hastigheten.

I examensarbetet ställs tre frågeställningar. Den första är att utreda effekterna på omloppstider och fordonsbehov. Den andra utreder kollektivtrafikens restidsförändring och förändring av attraktivitet jämfört med bilens och den tredje försöker identifiera om, när och varför fördröjningar uppstår till följd av en omskyllning av hastigheten.

För att besvara frågeställningen används färdtidsdata för fem kollektivtrafiklinjer i Karlstad. Karlstads kollektivtrafiknät har en god framkomlighet med höga körhastigheter vilket gör att orten lämpar sig väl för att svara på frågeställningen. För att utföra själva analysen skapas modeller över nuläget och sedan ändras modellerna efter en hastighetsplan med de förmodade framtida ändringarna i Karlstad enligt en erhållen hastighetsplan. Två fiktiva hastighetsplaner utvärderas också för att bredda analysen.

Resultaten visar att fördröjningarna över ett omlopp är mycket små, både i relativa och i absoluta tal. Den hastighetsplan som är utarbetad enligt *Rätt fart i staden* uppvisar mycket små fördröjningar, om några alls, medan de fiktiva hastighetsplanerna visar större fördröjningar. Ingen av hastighetsplanerna kommer leda till ett ökat fordonsbehov enligt de beräkningar som utförts. När det gäller kollektivtrafikens relativa attraktivitet gentemot bilen kommer den troligen att förbättras något enligt den data som finns tillgänglig. Stadsbusstrafik kommer upp i den skyltade hastigheten betydligt mer sällan och på kortare sträckor än vad biltrafik gör.

Vid en närmare granskning av de modeller som utvärderat fördröjningarna för kollektivtrafiken i Karlstad märks det att fördröjningarna är kopplade till sträckor med mycket god framkomlighet. De sträckor med 50 km/h som skulle få märkbara fördröjningar är sträckor som har föreslagits som höjningar i framtiden, det vill säga att för de sträckor som är föreslagna en sänkning från 50 till 40 km/h blir fördröjningarna mycket små. Däremot uppvisar nästan samtliga sträckor med 30 km/h fördröjningar, varför en sänkning till 30 km/h är betydligt sämre för kollektivtrafikens restider än vad en sänkning från 50 till 40 km/h är.

Det verkar alltså som att en omskyllning av hastigheten kan gynna kollektivtrafiken trots att det kan bli vissa fördröjningar i restid. Storleken på fördröjningarna för kollektivtrafiken kommer vara så pass liten att det går att tjäna in tidsförlusten med fysiska åtgärder eller bättre planering av linjenätet. För att den skyltade hastigheten ska ha någon avgörande betydelse krävs en riktigt bra framkomlighet, något som

författarna tvivlar på existerar i Sverige. Karlstad har höga körhastigheter jämfört med övriga Sverige men även då är effekterna mycket små.

## Summary

The road system in many Swedish cities is currently undergoing a revision of its speed limitations according to the reference manual *Rätt fart i staden* ("Right speed in the city"). An effect of this revision is that many streets will get a speed limit of 40 km/h or 30 km/h instead of today's 50 km/h. It is poorly investigated how this reduction of speed limits will affect the running times of public transport and the common opinions of the different stakeholders in the field of public transport differs.

This thesis has three main question formulations. Firstly, to investigate the effects on running times and vehicle need. Secondly, to investigate the change of travel times and thus attractiveness for public transport compared to cars, and thirdly to identify if, when and where delays appear for public transportation as a consequence of a reduction of the speed limits.

To answer these questions running time data from five bus routes in Karlstad is used. Karlstad has a public transport network with high driving speeds and good availability, which makes the city suitable for this kind of studies. To perform the analysis a model of the present day situation is made and this model is later altered to correspond to an assumed speed limit plan for Karlstad acquired from the municipality of Karlstad. Additionally two fictive speed limit plans are evaluated to broaden the results.

The results shows that the delay over one lap is very small, both in relative and absolute numbers. The speed limit plan from the municipality worked out according to *Rätt fart i staden* shows very small delays, if any at all, while the two fictive plans indicates larger durations. None of the speed limit plans will lead to a need for more vehicles according to the calculations made. The relative attractiveness of public transportation will probably increase as a result of reduced speed limits since bus traffic is less affected than cars according to the results of this analysis.

A closer look on the simulations that is used to evaluate the delays for public transport in Karlstad reveals that the delays occur on links with very high availability. Links with a proposed reduction of speed limit from 50 km/h to 40 km/h shows very small delays while almost all links with a proposed reduction to 30 km/h indicates delays.

It so appears that public transport can benefit from new speed limit plans even though small delays may occur. The sizes of the delays caused by reduced speed limits are so small that the time loss easily can be compensated by physical and planning measures.

## Förord

Detta examensarbete markerar slutet av fem års studier på väg- och vattenbyggnadsprogrammet på LTH. Examensarbetet har utförts under våren 2013 vid institutionen för Teknik och samhälle och i samarbete med Trivector Traffic i Lund.

Vi vill till att börja med tacka våra handledare Stina Johansson på LTH och Jesper Nordlund på Trivector som har engagerat sig och lämna många värdefulla kommentarer på vårt arbete. Tack också till PG Andersson, Klas Odelid och alla andra på Trivector som har hjälpt oss med bland annat att få fram all data som ligger till grund för arbetet.

Under arbetets gång har vi även fått mycket hjälp från tjänstemännen på Karlstadsbuss och Karlstads kommun som har bistått med bland annat hastighetsplaner och svarat på frågor vilket har gjort att vi har kunnat göra detta arbete utan att behöva besöka staden.

Lund, maj 2013

André Kingstedt och Samuel Yngve



## Innehållsförteckning

<b>Sammanfattning</b> .....	<b>i</b>
<b>Summary</b> .....	<b>iii</b>
<b>Förord</b> .....	<b>iv</b>
<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Bakgrund</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Syfte</b> .....	<b>3</b>
<b>1.3 Frågeställning</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Avgränsning</b> .....	<b>4</b>
<b>1.5 Definitioner</b> .....	<b>4</b>
<b>2 Disposition</b> .....	<b>5</b>
<b>3 Nya hastighetsgränser</b> .....	<b>7</b>
<b>3.1 Bakgrund till de nya hastighetsgränserna</b> .....	<b>7</b>
3.1.1 Kort historik .....	7
3.1.2 Nollvisionen .....	7
3.1.3 Transportpolitiska mål .....	7
3.1.4 Införande av nya hastighetsgränser .....	7
<b>3.2 Rätt fart i staden</b> .....	<b>8</b>
3.2.1 Hastighet och trafiksäkerhet .....	9
3.2.2 Hastighet och tillgänglighet .....	11
3.2.3 Stadens karaktär .....	12
3.2.4 Trygghet .....	12
3.2.5 Miljö .....	13
<b>3.3 Konstaterade effekter</b> .....	<b>14</b>
<b>4 Kollektivtrafik</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1 Allmänt</b> .....	<b>16</b>
4.1.1 Varför kollektivtrafik? .....	16
4.1.2 Kollektivtrafikens styrkor .....	16
<b>4.2 En attraktiv kollektivtrafik</b> .....	<b>17</b>
4.2.1 Restid .....	17
4.2.2 Restidskvot .....	18
<b>4.3 Planeringsmetodik för att uppnå en attraktiv kollektivtrafik</b> .....	<b>19</b>
4.3.1 Linjesträckning .....	20
4.3.2 Tidtabell och omlopp .....	20
4.3.3 Fysiska åtgärder för att förbättra restiden .....	21
<b>4.4 Bussar och trafiksäkerhet</b> .....	<b>22</b>
<b>4.5 Vad förlänger bussens restid?</b> .....	<b>22</b>
4.5.1 Farthinder .....	23
4.5.2 Hållplatser .....	24
4.5.3 Korsningar .....	25

4.5.4	Tvåra svängar.....	26
4.5.5	Trängsel och konflikter (annan trafik).....	26
<b>5</b>	<b>Sammanfattning litteraturstudie.....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Val av studieort och linjer.....</b>	<b>28</b>
6.1	Skyltad hastighet i Karlstad.....	28
6.2	Busstrafik i Karlstad.....	29
6.3	Val av linjer.....	31
6.3.1	Färdtidsdata.....	36
<b>7</b>	<b>Omloppstider och fordonsbehov.....</b>	<b>38</b>
7.1	Metod och genomförande.....	38
7.1.1	Hastighetsplaner.....	38
7.1.2	Modellering och simulering.....	39
7.1.3	Beräkning av fordonsbehov.....	41
7.2	Resultat.....	42
7.2.1	Omloppstider.....	42
7.2.2	Fordonsbehov.....	46
7.3	Slutsats.....	47
<b>8</b>	<b>Kollektivtrafikens attraktivitet.....</b>	<b>49</b>
8.1	Metod och genomförande.....	49
8.2	Resultat.....	51
8.2.1	Total restidsförändring.....	51
8.2.2	Viktiga resrelationer.....	52
8.2.3	Beräkning av kollektivtrafikandel.....	52
8.3	Slutsats.....	53
<b>9</b>	<b>Faktorer som avgör den skyltade hastighetens betydelse.....</b>	<b>54</b>
9.1	Metod och genomförande.....	54
9.2	Resultat.....	54
9.2.1	Sträckor som påverkas.....	54
9.2.2	Hållplatsavstånd.....	56
9.2.3	Krokiga linjer.....	59
9.2.4	Sänkning till 30 km/h.....	60
9.3	Slutsats.....	61
<b>10</b>	<b>Slutsatser och diskussion.....</b>	<b>62</b>
10.1	Res- och omloppstider.....	62
10.2	Fordonsbehov.....	64
10.3	Attraktivitet.....	65
10.4	Ytterligare effekter.....	65
10.5	Metoddiskussion.....	66
10.6	Förslag till vidare studier.....	68
<b>11</b>	<b>Källförteckning.....</b>	<b>69</b>
11.1	Figurer.....	71
	<b>Bilaga 1 – Inventeringsprotokoll linje 5.....</b>	<b>72</b>

<b>Bilaga 2 – STRUTS-modell linje 5.....</b>	<b>75</b>
<b>Bilaga 3 – Ackumulerade fördröjningar.....</b>	<b>78</b>
<b>Bilaga 4 – Körprofiler.....</b>	<b>90</b>

# 1 Inledning

## 1.1 Bakgrund

Med början 2008 har det införts nya hastighetsgränser i 10-steg i Sverige. Detta har bland annat medfört att många gator i tätorter har fått eller kommer att få sänkt hastighet från 50 km/h till 40 och 30 km/h.

Det har gjorts tre studier av hur en omskyltning av hastigheten påverkar kollektivtrafiken. Trivector gjorde en fallstudie av kollektivtrafiken i Umeå där effekterna på restider och fordonsbehov studerades (Pettersson, Gibrand & Andersson 2010). Sweco genomförde en litteraturstudie på Trafikverkets uppdrag där de förutom påverkan av restider även försökte undersöka effekterna för miljö och säkerhet (Jönsson & Karlsson 2011). Den tredje studien är ett examensarbete av Pontus Engdahl & Linda Eriksson (2011) som undersökte restidsfördröjningar med mera för kollektivtrafiken i Linköping.

Utifrån *Rätt fart i staden* (se avsnitt 3.2) togs det under våren och sommaren 2009 fram ett förslag till en ny hastighetsplan med nya hastighetsgränser för Umeå. Nobina som kör lokaltrafiken i Umeå har uttryckt en rädsla över att hastighetsplanen kommer leda till merkostnader för kollektivtrafiken. Hur konsekvenserna blir har studerats av både Trivector och av Nobina med olika metoder.

Bussoperatören Nobina använde sig av en manuell mätning med hjälp av GPS genom att köra linjesträckorna nattetid en gång med nuvarande hastighetsgränser och en gång med de föreslagna. Ingen hänsyn togs till hållplatser eller övrig trafik eftersom mätningarna skedde nattetid.

Trivector har i sin undersökning istället försökt ta hänsyn till en mer verklighetstrogen situation för kollektivtrafiken genom att utgå från dagens tider och sedan simulera den nya hastighetsplanens påverkan. Med hjälp av IT-radio Sweb<sup>1</sup> har medelvärden på körtidsdata för varje linje tagits fram. För att få fram tiderna för hållplatsstoppen användes de mest kritiska tureorna för varje vardagsdygn under en treveckorsperiod. Körtidsdatan har sedan använts i det egenutvecklade programmet STRUTS (för beskrivning av STRUTS se avsnitt 7.1) för att bygga upp en teoretisk modell av de nuvarande förutsättningarna och därefter göra simuleringar av ett framtida scenario. Programmet tar hänsyn till fördröjningar vid exempelvis hållplatser, trafikljus, cirkulationsplatser etc.

Trivectors beräkningar visade att körtidsförändringarna var små, de varierade mellan 0,1 min till 1,1 min för ett halvt omlopp (0,2 % respektive 2 %). Nobina utförde mätningar för att undersöka om Trivectors beräkningar var rimliga. Som tidigare nämnts tog de inte hänsyn till exempelvis farthinder och annan trafik då mätningarna

---

<sup>1</sup> IT-radio Sweb är utvecklat av Thoreb AB och är en internetbaserad statistikapplikation. Programmet ger information angående tidpunkt när hållplatser passerats samt hållplatsuppehållets längd.

genomfördes nattetid. Fördröjningarna var snarlika de från Trivector, det vill säga skillnaderna är små, men de var enligt Nobinas beräkningar något större.

För att optimera omloppen använder Nobina sig av optimeringssystemet HASTUS<sup>2</sup>. Programmet användes även för att få fram det framtida vagnbehovet i Nobinas beräkningar. Trivector i sin tur gjorde traditionella beräkningar där vagnbehovet räknades fram linje för linje. Enligt Nobina skulle det efter en genomförd hastighetsplan behövas två till tre bussar mer än de 44 som man använder idag. Trivectors traditionella beräkningar visade dock på ett vagnbehov i dagsläget på 51 fordon, vilket skulle vara oförändrat efter en sänkning av hastigheten. Nobina har alltså i själva verket lyckats optimera systemet så att de använder mindre resurser idag än vad som behövs enligt Trivectors beräkningar för både nuläget och efter en omskytning.

Trivector har även beräknat fördröjningarna längs en del kritiska sträckor, det vill säga sträckor där det finns en risk för betydande restidsfördröjningar på grund av den tänkta omskytningen av hastigheterna. Restidsfördröjningarna har varit små men varierande. Den kortaste sträckan på endast 910 meter fick en restidsfördröjning på 10 % medan den längsta sträckan på 6 400 m fick den minsta restidsfördröjningen på 4 %. Det verkar alltså som att det kan finnas en risk för fördröjningar för kollektivtrafiken på grund av en sänkning av den skyltade hastigheten i tätort.

Litteraturstudien som Sweco utförde visade att en omskytning av hastigheten kan leda till en omlokalisering av trafiken vilket kan medföra en förbättrad framkomlighet för kollektivtrafiken. Även komforten bedöms kunna förändras på grund av minskat buller och ändrat körsätt. När det gäller restiderna för kollektivtrafiken på landsbygden verkar effekterna bli större än inom tätort eftersom busstrafiken utanför tätort oftare når upp i den skyltade hastigheten. I resultaten från Swecos litteraturstudie kan det utläsas att restidsökningen för bil är 3-5 % samtidigt som den bedöms ytterst liten för busstrafiken i tätort. Ändå påstås det i resultatet att restidskvoten mellan bil och busstrafik troligtvis kommer att vara oförändrad.

Litteraturstudiens skrala utbud på källor som utrett effekterna av en hastighetsförändring kompletterades med intervjuer med Bengt Holmberg, LTH och Mats Améen, Skånetrafiken där åsikterna gick lite isär. Holmberg menade att effekterna inom tätort är mycket små, om några alls, men att vissa effekter kan uppnås på landsbygden. Däremot lär fortfarande restidsökningarna vara små jämfört med den totala restiden.

Améen i sin tur menade att effekterna på framför allt landsbygdstrafiken kommer att vara stora nog för att vara kostnadsdrivande. Han menade att regionbusstrafiken redan har problem med att hålla tidtabellerna och därmed kan en sänkning av hastighetsgränserna medföra ökat behov av fordon och personal. Enligt beräkningar utförda av Skånetrafiken skulle kostnaderna sammanlagt öka med 3,9 miljoner kronor

---

<sup>2</sup> HASTUS är utvecklat av GIRO inc och är ett planeringsverktyg för att optimera vagn- och personalscheman i ett kollektivtrafiksystem.

per år på grund av ändrad hastighetsgräns. Skånetrafikens förslag till lösning var att tillåta busstrafiken att framföras i 100 km/h på de vägar där biltrafiken har en tillåten hastighet på 100 km/h eller högre under en försöksperiod.

I studien av Engdahl & Eriksson 2011 användes avancerade simuleringsprogram som VISSIM<sup>3</sup> och VISUM<sup>4</sup> för att undersöka en omskyltning av hastighetens påverkan på kollektivtrafikens restid samt restidskvot mot bilen. De undersökte även ifall nya hastighetsgränser enligt *Rätt fart i staden* kan ge upphov till överflyttning av trafiken som kommer att påverka kollektivtrafiken.

Deras analyser i VISSIM och VISUM visade att kollektivtrafiken i Linköping kommer att få restidsfördröjningar till följd av den föreslagna omskyltningen av hastigheterna. De visade även att omskyltningen kommer leda till en omflyttning av biltrafiken samt att *restidskvoten* (se avsnitt 4.2.2) mellan kollektivtrafik och bil förbättras något till kollektivtrafikens fördel. Huvudsyftet med deras examensarbete var att utreda om trafiksimuleringar är en lämplig metod för att undersöka effekterna för kollektivtrafiken på grund av en ny hastighetsplan. De drar slutsatsen att trafiksimuleringar är en lämplig metod om det finns tillräckligt mycket data tillgängligt.

De undersökningar som gjorts angående effekterna på grund av en omskyltning av hastigheten för kollektivtrafiken inom tätorter ger alltså inga generella resultat som är giltiga i olika städer. I Umeå utfördes en studie specifikt för de omständigheter som råder där. I Swecos rapport gjordes inga egna försök. I Linköping användes modeller med hög grad av osäkerhet men syftet var inriktat mot att undersöka om trafiksimulering är ett lämpligt verktyg, inte att undersöka effekterna på kollektivtrafiken generellt.

Dessutom verkar det finnas olika åsikter från olika aktörer inom kollektivtrafikbranschen om vilka effekter man kan förvänta sig vad gäller eventuella restidsökningar och därmed ökade driftskostnader.

## 1.2 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att analysera effekterna, dels i en specifik stad och dels generellt, för kollektivtrafikens framkomlighet och attraktivitet som fås av de hastighetsförändringar som införts eller ska införas i och med de nya hastighetsgränserna och skriften *Rätt fart i staden*.

---

<sup>3</sup> VISSIM är ett simuleringsprogram på mikronivå

<sup>4</sup> VISUM är ett simuleringsprogram för analyser på meso- och makronivå

### 1.3 Frågeställning

I detta examensarbete ställs följande frågor:

1. Hur stora är restidsfördröjningarna över ett omlopp vid en omskyltning av hastigheten enligt *Rätt fart i staden*? Finns det en risk för ett ökat fordonsobehov som medför merkostnader för kollektivtrafiken på grund av ökade restider?
2. Hur påverkas stadsbusstrafikens attraktivitet gentemot biltrafiken av hastighetssänkningar i tätort?
3. Vilka faktorer är avgörande för om busstrafiken påverkas av en förändrad skyltad hastighet eller inte? Var och varför uppstår fördröjningar på grund av den förändrade hastighetsgränsen?

### 1.4 Avgränsning

Examensarbetet är inriktat mot att undersöka effekterna för stadsbusstrafik. Vi kommer således inte utreda effekterna på den regionala kollektivtrafiken. Examensarbetet är även avgränsat till att endast studera stadsbusstrafik i Karlstad.

Examensarbetet studerar inte eventuella förändringar av körstil som en effekt av förändringar av körhastigheten. Komfort, säkerhet och trygghet för bussresenärerna kommer därmed inte heller att studeras vidare efter litteraturstudien på grund av examensarbetets omfattning.

I examensarbetet görs inte heller några ekonomiska kalkyler. Endast enklare omlopps- och vagnbehovsstudier utförs på grund av examensarbetets omfattning.

Examensarbetet undersöker inte möjliga effekter på grund av en överflyttning av trafiken och undersöker inte heller om kollektivtrafiken blir mer tillförlitlig.

### 1.5 Definitioner

Restidskvot – Restiden med kollektivt färdmedel dividerat med restiden för bil

Hastighetsplan – En plan över samtliga hastighetsbegränsningar i en stad

Fördröjning – Ökad restid på grund av hinder

Körhastighet – Bussens medelhastighet exklusive hållplatsstopp

Åkhastighet - Bussens medelhastighet inklusive hållplatsstopp.

Restid – Tid det tar att resa mellan två platser inklusive alla stopp

## 2 Disposition

Examensarbetet inleddes med diskussioner med Trivektor angående möjliga förslag till ämne. Diskussionerna ledde fram till ämnet som avhandlas i rapporten. En grundläggande litteraturgenomgång genomfördes för att kunna formulera examensarbetets syfte, frågeställning samt metod.

Examensarbetet består av en litteraturstudie (kap 3-5), analys (kap 6-9), slutsatser och diskussion (kap 10).

Litteraturstudien är uppdelad i två kapitel samt en sammanfattning av dessa i ett separat kapitel. Sammanfattningen i kapitel 5 är tänkt att vara tillräckligt informativ för att läsaren ska förstå resten av examensarbetet även om kapitel 3-4 inte har lästs.

I kapitel 3 görs en genomgång av de nya hastighetsgränserna, bakgrund till dessa samt konstaterade effekter. Kapitel 4 behandlar kollektivtrafiken och vilka förutsättningar och möjligheter den har att konkurrera med biltrafiken. Kapitel 4 innehåller även en genomgång av kända faktorer som orsakar fördröjningar i busstrafiken. Informationen från kapitel 3 och 4 används sedan som grund och i vissa fall som indata till de analyser och simuleringar som görs för att besvara frågeställningen i examensarbetet.

I analysdelen av examensarbetet (kap 6-9) besvaras frågeställningen och är grunden för de slutsatser och den diskussion som förs fram i kapitel 10.

Kapitel 6 är en beskrivning av Karlstad som är vald som studieort för de analyser som ska utföras i kapitel 7-9. I Karlstad används Trivektors fordonsdator Triveco och trafikledningssystemet Vemos. Bra färdtidsdata var en förutsättning för att kunna göra de vidare analyserna. Andra möjliga alternativ än Karlstad var Uppsala och Luleå men Karlstads storlek och relativt nya linjenät bedömdes vara underlag nog för att kunna dra generella slutsatser angående frågeställningen. Kapitel 6 innehåller även färdtidsdata från Vemos för de kollektivtrafiklinjer i Karlstad som används för att besvara frågeställningen i kapitel 7-9.

Examensarbetet innehåller tre frågeställningar och för tydlighetens skull delas frågeställningen in i tre separata kapitel (kap. 7-9) som var för sig innehåller metod, resultat samt slutsatser angående varje frågeställning.

Kapitel 7 är tänkt att besvara frågeställningen angående omloppstider och fordonsbehov. För att kunna bedöma effekten av en omskytning av hastigheten för kollektivtrafikens omloppstider används färdtidsdatan presenterad i kapitel 6 för att bygga upp modeller av nuläget i ett program utvecklat av Trivektor med namnet STRUTS. En framtida ändring av hastigheterna testas sedan för att bedöma effekterna utav en omskytning av hastigheten. Mer detaljerad information angående STRUTS och de modeller som används för att besvara frågeställningen går att läsa i avsnitt 7.1.



I kapitel 8 besvaras frågeställningen om hur kollektivtrafikens attraktivitet påverkas av en omskyltning av hastigheten. Utifrån de modeller som ligger till grund för analysen i kapitel 7 beräknas den generella restidsökningen för kollektivtrafiken i Karlstad. Storleken på fördröjningarna jämförs sedan med biltrafikens uppmätta fördröjning för att svara på frågan om kollektivtrafikens restidskvot (4.2.2) gentemot bilen förändras.

Kapitel 9 är tänkt att försöka identifiera var risken för fördröjningar är som störst på grund av en omskyltning av hastigheten men även storleken på dessa fördröjningar undersöks. I kapitlet används de modeller som legat till grund för analysen av omloppstidernas förändring i kapitel 7. Sträckor med uppmätta fördröjningar undersöks vidare men även fördröjningen med avseende på hållplatsavstånd och linjesträckning undersöks vidare. Kapitlet ska besvara frågan var risken är som störst att fördröjningar uppstår, varför dessa fördröjningar uppstår samt storleken på fördröjningarna. Både sänkningar från 50 till 40 och från 50 till 30 km/h undersöks.

Resultaten i kapitel 7-9 redovisas i respektive kapitel där även slutsatser för varje kapitel presenteras. Slutsatser dras för Karlstad men även i ett mer vitt perspektiv baserade på vald metod och resultat. Vad ger helt enkelt dessa resultat, specifika för Karlstad, för indikationer på frågeställningen i ett bredare perspektiv?

Examensarbetet avslutas med generella sammanvägda slutsatser samt diskussion, metoddiskussion och förslag på vidare studier.

## 3 Nya hastighetsgränser

### 3.1 Bakgrund till de nya hastighetsgränserna

#### 3.1.1 Kort historik

Sverige införde generella hastighetsgränser inom tätort som ett av de första länderna i världen redan 1955. Sedan dess har den gällande hastighetsgränsen inom tätbebyggt område varit 50 km/h fram till att kommunerna 1998 fick möjlighet att införa 30-områden. Under början av 2000-talet började Vägverket arbeta med att anpassa hastighetsgränserna efter de faktiskt rådande förhållandena på vägarna. Till exempel infördes variabla hastigheter på försök 2003. Vägverket fick 2004 i uppdrag av regeringen att ta fram en strategi för att anpassa hastigheten på vägarna till nollvisionen och de transportpolitiska delmålen och föreslå ett nytt eller förändrat hastighetssystem (Trafikverket 2012).

#### 3.1.2 Nollvisionen

Sedan 1997 grundar sig trafiksäkerhetsarbetet i Sverige på den så kallade Nollvisionen. Det långsiktiga målet med trafiksäkerhetsarbetet ska enligt denna vara att ingen ska dödas eller skadas allvarligt i trafiken. Ansvaret för att trafiksystemet är säkert ligger i stort sett helt på *systemutformarna*, det vill säga de offentliga och privata organ som utformar och underhåller vägarna. Vägtrafikanterna har ansvar att följa de lagar och regler som finns, men då de inte gör det är systemutformarna ansvariga för att konsekvenserna blir så små som möjligt (prop. 2003/04:160).

#### 3.1.3 Transportpolitiska mål

Enligt prop. 2008/09:93 är Sveriges övergripande transportpolitiska mål ”att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgare och näringsliv i hela landet.”

Förutom ett övergripande transportpolitiskt mål har även funktionsmål och hänsynsmål formulerats. Funktionsmålet handlar exempelvis om tillgänglighet, användbarhet och jämställdhet. Hänsynsmålet handlar om säkerhet, miljö och hälsa. Eftersom det reviderade hastighetssystemet framför allt är en säkerhetsåtgärd är det en åtgärd som är tänkt att försöka uppfylla hänsynsmålet.

#### 3.1.4 Införande av nya hastighetsgränser

Med bakgrund i Vägverkets utredning (Vägverket 2005) beslutade riksdagen 2007 om att införa nya hastighetsgränser i 10-steg i intervallet 30-120 km/h på de svenska vägarna. Vägverket bedömde att förslaget skulle rädda ca 15-20 liv per år utanför tätbebyggt område och 10-15 liv inom tätbebyggt område. Restidsökningarna skulle endast vara 0,5 % utanför tätbebyggt område och cirka 3 % inom tätbebyggt område (Trafikverket 2012).

I samband med detta ökade kraven på kommunerna vad gäller beslutsunderlag för hastighetsändringar. Beslut om en annan hastighetsgräns än 50 km/h inom tätbebyggt

område måste motiveras med hänsyn till de transportpolitiska delmålen miljö, trafiksäkerhet eller framkomlighet (hög transportkvalitet).

Djupstudier visade att hälften av de som omkom i tätortstrafiken följde trafikreglerna vilket tyder på att hastighetsgränserna inte var anpassade efter vägens eller gatans utformning. Detta sågs som en av de främsta anledningarna att se över hastighetssystemet i Sveriges städer (SKL & Vägverket 2008).

Under våren och hösten 2007 infördes 40 och 60 km/h som ett test på ett antal olika gatuttyper i tolv svenska städer. Dessa försök utvärderades av LTH och låg sedan till grund för det vidare arbetet, se vidare avsnitt 3.3 (Hydén et. al. 2008).

Arbetet med att se över de statliga vägarnas hastighetsgränser påbörjades 2008 och avslutades 2011. Totalt har drygt 15 300 km statlig väg fått sänkt hastighetsgräns medan drygt 1 600 km väg har fått höjd hastighetsgräns. Arbetet i kommunerna har dock tagit längre tid. Vid årsskiftet 2011/2012 hade ungefär två tredjedelar av Sveriges 290 kommuner tagit fram en hastighetsplan och ungefär en fjärdedel hade genomfört en omskyltning (Trafikverket 2012).

### **3.2 Rätt fart i staden**

*Rätt fart i staden* är en handbok utgiven av Sveriges kommuner och landsting (SKL) i samarbete med dåvarande Vägverket. Handboken syftar till att hjälpa kommunerna med att anpassa trafiken och hastigheterna till stadens förutsättningar och de stadsbyggnadskvaliteter som man även utgår från i handboken *TRAST* som tidigare tagits fram av Vägverket och SKL.

I *Rätt fart i staden* identifieras fem stadsbyggnadskvaliteter och går för var och en av dessa igenom hastighetens betydelse. Dessa stadsbyggnadskvaliteter är:

- Stadens karaktär
- Tillgänglighet
- Trygghet
- Trafiksäkerhet
- Trafikens miljö- och hälsopåverkan

I *Rätt fart i staden* rekommenderas att främst använda gränserna 30, 40, 60, 80 och 100 km/h för att undvika ”plottrighet” vilket man från riksdagens och regeringens sida även poängterat är viktigt. Dock kan det i vissa fall vara lämpligt att behålla 50 km/h tills vidare om det behövs göras fysiska åtgärder för att gatans utformning ska hänga ihop med hastighetsgränsen (SKL & Vägverket 2008). I sin slutrapport om utvärderingen av de nya hastighetsgränserna rekommenderar Trafikverket även att hastighetsgränserna 50, 70 och 90 på sikt ska tas bort ur systemet (Trafikverket 2012).

En central modell i en hastighetsöversyn enligt *Rätt fart i staden* är den så kallade *livsrumsmodellen* som även har en viktig roll i *TRAST*. Enligt livsrumsmodellen kategoriseras stadens gator och torg i *frirum*, *integrerade frirum*, *mjukrum*, *integrerade transportrum* och *transportrum*. De olika kategorierna svarar mot vilken

roll de olika ytorna har i staden, framför allt baserat på stadsrummets ”väggar”. I frirummet sker allt på de oskyddade trafikanternas villkor och det ska i princip inte förekomma någon motorfordonstrafik. I ett mjukrum ska oskyddade trafikanter och motortrafik samspela på lika villkor och i transportrummet finns endast plats för motorfordonstrafik. De två ”mellanrummen” uttrycker just mellanting mellan mjukrum och frirum respektive transportrum.

Tanken är på sikt att det utifrån ett stadsrums utformning ska vara tydligt för alla som rör sig i rummet, fotgängare som bilister, vilken roll rummet har. Kategoriseringen ligger sedan till grund för vilken hastighetsnivå som rekommenderas med avseende på bland annat stadsbyggnadskvaliteterna *stadens karaktär* och *trygghet*.

I genomgången av hastighetens betydelse för de olika stadsbyggnadskvaliteterna används tre olika kvalitetsnivåer; grön (god kvalitet), gul (mindre god kvalitet) och röd (låg kvalitet). I de följande avsnitten återges en sammanfattning av vilka hastighetsnivåer som, enligt *Rätt fart i staden*, motsvarar de olika kvalitetsnivåerna för respektive stadsbyggnadskvalitet.

### 3.2.1 Hastighet och trafiksäkerhet

Hastigheten är den riskfaktor som påverkar trafiksäkerheten allra mest. Sänkta hastigheter påverkar trafiksäkerheten både genom att *riskan* att en olycka inträffar minskar och att *skadeföljden* av en olycka blir lindrigare (Hydén 2008).

Enligt den så kallade *potensmodellen* är antalet dödade före och efter en hastighetsförändring proportionell mot 4,5-potensen av kvoten mellan hastigheten före och efter, se ekvation 1 nedan (Elvik et. al. 2004).

$$\left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{4,5} = \frac{(\text{antal dödade})_1}{(\text{antal dödade})_2}$$

**Ekvation 1. Potensmodellen**

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{4,5} = \left(\frac{40}{50}\right)^{4,5} = 0,37$$

**Ekvation 2. Beräkning av minskat antal dödade till följd av en sänkning av hastigheten med 10 km/h**

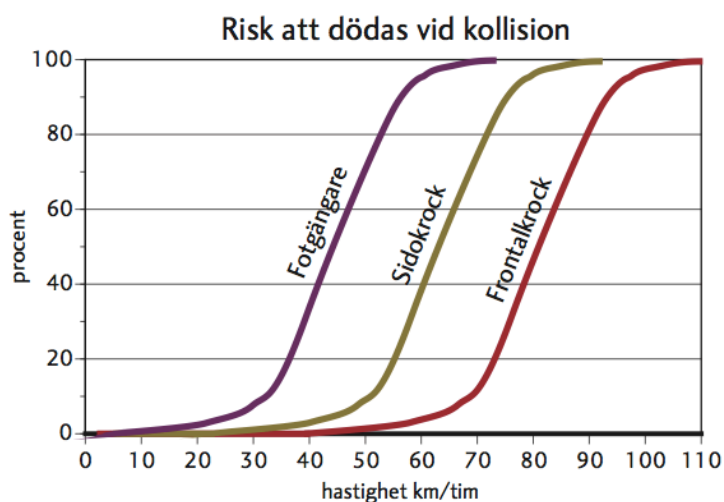
En sänkning från 50 km/h till 40 km/h skulle därmed innebära att risken att dödas skulle minska till 37 % av risken före förändringen, alltså en minskning med 63 %, se ekvation 2. Dock innebär inte en sänkning av hastighetsgränsen från 50 till 40 km/h att den verkliga hastigheten minskar lika mycket (se avsnitt 3.3). Därför blir den verkliga riskminskningen inte heller lika stor.

Vissa källor (bland annat *Rätt fart i staden* och Trafikverkets utvärdering av de nya hastighetsgränserna (Trafikverket 2012)) anger dock att exponenten 4,5 gäller för *antalet dödsolyckor*. För antalet dödsolyckor anger Elvik et. al. istället exponenten 3,6.

Det är inte bara trafikens medelhastighet som har betydelse för trafiksäkerheten utan även variationen av hastigheten. Ju mer hastigheten hos fordonen i ett flöde varierar desto större är olycksrisken (Hydén 2008). Enligt *Rätt fart i staden* minskar hastighetspridningen när hastighetsgränsen ändras från 50 till 40 km/h och därmed minskar även olycksrisken.

Av alla som dödas i trafiken inom tätbebyggt område är ungefär 2/3 oskyddade trafikanter. Därför syftar mycket av trafiksäkerhetsarbetet i *Rätt fart i staden* just på dessa grupper och att anpassa hastigheterna efter vad människan verkligen tål.

De hastighetsnivåer som anges som god, mindre god eller låg trafiksäkerhet enligt *Rätt fart i staden* grundar sig på krockvårdskurvan vilken visar hur stor risk det är att dödas i en kollision vid olika hastigheter. Som fotgängare är risken att dö i en kollision med en bil i 30 km/h mindre än 10 % medan den har ökat till ungefär 80 % vid 50 km/h. Därför bör hastigheten inte överstiga 30 km/h på de trafikytor där bilar ska samsas med oskyddade trafikanter för att man ska komma upp i en god kvalitet vad gäller trafiksäkerhet. Figur 1 nedan visar risken att dödas vid olika hastigheter.



Figur 1. Krockvårdskurva (Vägverket & SKL 2008)

När det gäller kollisioner mellan bilar skiljer man på korsande konflikter (sidokollisioner) och mötande konflikter (frontalkollisioner). Eftersom bilarna har mycket större deformationszon framtill än på sidorna klarar de flesta bilar av att skydda sina passagerare vid frontalkollisioner upp till 70 km/h men bara upp till 50 km/h vid sidokollisioner.

Eftersom fasta hinder såsom stolpar har en förmåga att tränga mycket djupare in i bilen och därmed orsaka större skada än mötande bilar blir den rekommenderade hastigheten för de situationer då det finns risk för kollisioner med fasta hinder lägre.

Dessa fyra konfliktsituationer (bil-fotgängare, bil-bil korsande, bil-fast hinder och bil-bil möte) kallas för *dimensionerande trafiksäkerhetssituationer (DTSS)* och avgörs för sträckor och punkter (t.ex. korsningar) på trafiknätet. På lokalnätet där gång- och cykeltrafikanter rör sig i samma gaturum som bilar blir "bil/gc" dimensionerande medan det på en mötesseparerad väg utan fasta hinder inte finns någon DTSS. Där är det istället någon av de andra stadsbyggnadskvaliteterna än trafiksäkerhet som blir dimensionerande. Hastighetsnivåer för de olika dimensionerande trafiksituationerna visas i tabell 1 nedan.

**Tabell 1. Kvalitetsnivåer för de olika dimensionerande trafiksäkerhetssituationerna**

Kvalitetsnivå	Konflikter bil/gc	Bil/bil, korsande	Bil/fast hinder	Bil/bil, möte
God	< 30 km/h	< 50 km/h	< 60 km/h	< 70 km/h
Mindre god	40 km /h	60 km/h	70 km/h	80 km/h
Låg	> 50 km/h	> 70 km/h	> 80 km/h	> 90 km/h

### 3.2.2 Hastighet och tillgänglighet

Tillgänglighet är ett vitt begrepp som både innefattar hur en enskild individ kan använda trafiknätet och hur tillgängligt trafiknätet är för de olika transportslagen.

När det gäller tillgänglighet för gång- och cykeltrafikanter beror den indirekt på trygghet och trafiksäkerhet. Med vilken lätthet man kan korsa en trafikström beror på hur tryggt och säkert det är och påverkar till stor del tillgängligheten.

Tillgänglighet för biltrafik kopplas i *Rätt fart i staden* till framkomlighet. Huvudnätet och framför allt det övergripande nätet ska locka till sig trafik från lokalnätet och därför är det viktigt att det har en högre framkomlighet och därmed högre hastighetsnivå (SKL & Vägverket 2008). En god kvalitet i lokalnätet anses vara 30 km/h eller högre och i huvudnätet 50 km/h eller högre.

Det övergripande nätet har betydelse inte bara för staden utan även för den regionala utvecklingen och därför måste mycket vidare hänsyn tas när detta dimensioneras. I det enskilda fallet kan dock bedömningar göras utifrån sträckans längd, andel regional genomfartstrafik, genomfartstrafikens volym och vägförbindelsens utbyttbarhet. I en

analys av dessa faktorer en god kvalitet fås även vid låga hastigheter fastän det ur ett regionalt perspektiv inte är tillräckligt.

Vad gäller tillgänglighet för kollektivtrafiken anger *Rätt fart i staden* precis som TRAST att en god kollektivtrafik bör ha en restidskvot gentemot bilen som är lägre än två. Begreppet restidskvot redovisas närmare i avsnitt 4.2.2. Det poängteras också att olika fysiska åtgärder som införs för att säkra hastigheten ofta har negativ inverkan på busstrafiken. Enligt *Rätt fart i staden* har hastighetsgränsen ingen avgörande påverkan på kollektivtrafikens tillgänglighet eftersom det finns många andra faktorer som påverkar.

En god hastighetsnivå för stadsbussar anses vara 30 km/h eller högre och för stombussar 40 km/h eller högre. Hastighetsnivå i detta fall är lika med bussens körhastighet.

### 3.2.3 Stadens karaktär

Stadens karaktär är ett samlingsbegrepp för en mängd olika faktorer som har betydelse för gatans roll i staden. Faktorer som har betydelse är bland annat vilken typ av funktioner som finns längs gatan (bostäder, handel, etc.), hur tätt det är mellan entréerna och vilken relation gatan har till de omgivande gatorna. *Rätt fart i staden* använder livrumsmodellen, som beskrivs i avsnitt 3.2, som verktyg för att avgöra vilken hastighetsnivå som är lämplig med avseende på denna stadsbyggnadskvalitet, se tabell 2 nedan.

Tabell 2. Hastighetens betydelse för stadens karaktär.

Kvalitetsnivå	Integrerat frirum	Mjukrum	Integrerat transportrum
God	Gångfart	< 30 km/h	< 50 km/h
Mindre god	20 km/h	40 km/h	60 km/h
Låg	> 30 km/h	> 50 km/h	> 70 km/h

### 3.2.4 Trygghet

Trygghet i detta fall handlar till största delen om de oskyddade trafikanterna. Trafiken och framför allt bilarnas hastighet är enligt polisens trygghetsmätningar det som gör att flest människor känner sig otrygga i staden (SKL & Vägverket 2008).

Det är allmänt känt att närvaro av andra människor skapar trygghet. Därför är det viktigt att skapa miljöer och gaturum där så många som möjligt kan samlas och röra sig. Trots att biltrafiken skapar oro ger den trygghet de tider på dygnet då inte så många oskyddade trafikanter rör sig ute. De flesta människor som går själva på kvällen eller natten väljer oftast en trafikerad gata framför en tom och ödslig gång- eller cykelväg.

För att skapa funktionsblandade miljöer där både biltrafik och oskyddade trafikanter rör sig krävs det dock att hastigheterna anpassas. I *Rätt fart i staden* anger man tre

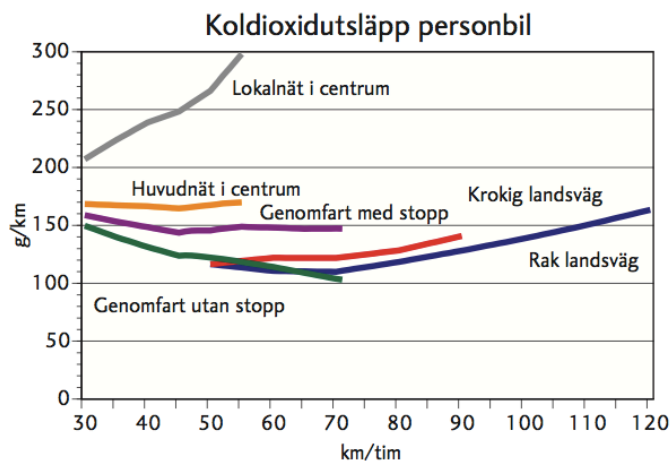
olika hastighetsnivåer med avseende på trygghet för de tre livsrummen; integrerat frirum där de oskyddade trafikanterna prioriteras (<10 km/h), mjukrum där biltrafik och oskyddade trafikanter ska samspela med varandra (<30 km/h) och integrerat transportrum där biltrafiken genom sin närvaro skapar trygghet om den inte har för hög hastighet (<50 km/h).

Hänsyn måste även tas till bilisternas trygghet. Tempot på gatorna får inte bli så högt att ovana eller äldre bilförare känner sig otrygga. Det konstateras dock i *Rätt fart i staden* att det idag inte finns tillräcklig kunskap om vilka hastighetsnivåer som är lämpliga utifrån detta perspektiv för att sätta några kvalitetsnivåer.

### 3.2.5 Miljö

Hastigheten har betydelse för flera av de miljöeffekter som trafiken ger upphov till. Framför allt påverkar hastigheten i de flesta fall bränsleförbrukningen som i sin tur är proportionell mot flera av de utsläppen som biltrafiken ger. Detta gäller främst utsläppen av koldioxid som proportionerligt med bränsleförbrukningen.

De flesta motorer har som högst verkningsgrad och därmed lägst bränsleförbrukning vid en konstant hastighet på ungefär 70 km/h. Men eftersom mängden stopp, inbromsningar och accelerationer har stor betydelse blir den optimala hastigheten vad gäller bränsleförbrukning mycket lägre än 70 km/h i vissa trafikmiljöer. På en centrumgata med mycket stopp är bränsleförbrukningen och därmed koldioxidemissionerna som lägst vid en hastighet under 30 km/h, se figur 2 nedan (Ericsson & Ahlström 2008, SKL & Vägverket 2008).



Figur 2. Koldioxidutsläpp för personbil i olika trafikmiljöer (SKL & Vägverket 2008)

Studier har visat att även utsläppen av kväveoxider ( $\text{NO}_x$ ), kolmonoxid (CO) och kolväten (HC) minskar vid en sänkt hastighetsgräns (SKL & Vägverket 2008).



Hög hastighet ökar slitaget på vägbanan och produktionen av partiklar från trafiken men samtidigt ökar turbulensen i luften vilket leder till att utspädningen av partiklarna blir högre. I de allra flesta fall leder dock en lägre hastighet till lägre koncentration av partiklar (ibid.).

Man kan också se hastighetssänkningar som en miljöåtgärd genom att de kan flytta över resande från bil till mer hållbara alternativ som kollektivtrafik, gång och cykel.

### 3.3 Konstaterade effekter

Det har skett ett flertal utvärderingar av effekterna för biltrafiken av de nya hastighetsgränserna. Under testperioden med nya hastighetsgränser i tolv städer under 2007 gjorde LTH en analys av effekterna i sex av städerna; Halmstad, Hylte, Luleå, Malmö, Vänersborg och Växjö (Hydén et. al. 2008)

Analysen visade att hastigheten på de vägar som skyltats om från 50 till 40 km/h sänktes med i genomsnitt 2,2 km/h. Det visade sig också att det som var mest avgörande för hur stor hastighetssänkningen blev var medelhastigheten före omskyllningen. Över lag var medelhastigheten 40,5 km/h på de studerade 50-vägarna som skyltades om till 40 km/h, men i de fall förehastigheten var under 40 km/h gick det inte att se någon effekt (ibid.).

I den utvärdering av de nya hastighetsgränserna som Trafikverket gjort där det förutom mätningarna från LTH även tagits med en analys som KTH gjorde 2009-2011 anges att den genomsnittliga sänkningen av hastigheten efter omskyllning från 50 till 40 km/h var 1,83 km/h, från 39,9 till 38,07 km/h (Trafikverket 2012).

På de gator som skyltades om från 50 till 30 km/h var medelhastigheten före omskyllningen 34,6 km/h och efter omskyllningen 32,2 km/h, alltså en sänkning på 2,4 km/h. På dessa gator gick det inte att se någon effekt av omskyllningen i de fall där förehastigheten understeg 30 km/h.

Den hastighetssänkning som de nya gränserna ledde till bedömdes av LTH öka restiderna med mellan 3 och 5 %. Det gick dock inte att dra några säkra slutsatser huruvida bilister valde alternativa färdvägar när hastighetsgränsen ändrades.

Enligt potensmodellen (se sidan 9) skulle en sänkning av medelhastigheten från 39,9 till 38,07 innebära att antalet dödade skulle minska med ca 19 %, se ekvation 3.

$$\left(\frac{v_2}{v_1}\right)^{4,5} = \left(\frac{38,07}{39,9}\right)^{4,5} = 0,810$$

**Ekvation 3. Minskning av antalet dödade enligt potensmodellen.**

Vad gäller miljöproblem orsakade av trafiken konstateras det i LTH:s analys att en genomförd hastighetsplan förbättrar situationen i de flesta fall. Det konstateras att omskyllningarna har lett till ett jämnare körmonster med mindre accelerationer och

därmed mindre bränsleåtgång. Eftersom koldioxidutsläppen är proportionella mot bränsleförbrukningen minskar då dessa.

I analysen studerades även utsläppen av kväveoxider. Eftersom dessa är beroende på hastighetsnivån minskade utsläppen på de gator där hastighetsnivån sänktes och vice versa. Eftersom det är en större andel gator som får sänkt hastighetsgräns än som får höjd räknar man med att utsläppen av kväveoxider totalt sett kommer att minska.

## **4 Kollektivtrafik**

### **4.1 Allmänt**

#### **4.1.1 Varför kollektivtrafik?**

Kollektivtrafik i sig är inget självändamål utan ett medel för att uppnå andra mål i samhället som exempelvis de transportpolitiska målen (Holmberg 2008). Enligt Regeringens proposition 2008/09:93, är transportpolitikens mål ”att säkerställa en samhällsekonomiskt effektiv och långsiktigt hållbar transportförsörjning för medborgarna och näringslivet i hela landet”. De transportpolitiska målen innehåller flera delmål som kollektivtrafiken hjälper till att uppfylla. Delmålen innefattar tillgänglighet, säkerhet, miljö och hälsa.

#### **4.1.2 Kollektivtrafikens styrkor**

Kollektivtrafikens styrkor är kortfattat att den är mer energieffektiv, mindre förorenande och har en högre trafiksäkerhet än biltrafiken. Kollektivtrafiken är betydligt mer yteffektiv än bilen och har därmed högre kapacitet i vägsystemet. Ett körfält på en vanlig väg kan transportera ca 900 personer/h medan busstrafik kan transportera 1 500 – 2 500 personer/h på samma yta (Holmberg 2008).

En attraktiv kollektivtrafik är ofta en förutsättning för regional utveckling och stadsutveckling. Den är ett viktigt instrument för att skapa en tät stadsmiljö med exempelvis bilfria centrum och lugna bostadsområden. En attraktiv kollektivtrafik kan vara en förutsättning för ökad sysselsättning och ekonomisk tillväxt genom större möjligheter till att finna passande jobb. En ökad tillgänglighet i transportsystemet till arbetsplatser kan leda till en ökad sysselsättning genom att valfriheten blir större. Det gäller även för utbildningar där ökade pendlingsmöjligheter gör det lättare att studera på annan ort vilket leder till en bredare anställningsbas och bättre resursutnyttjande i utbildningssystemet (Trafikverket & SKL 2012).

En attraktiv kollektivtrafik bidrar även till en ökad livskvalitet för människorna i staden. Pendling med kollektivtrafik möjliggör att pendlingstiden används till annat som exempelvis arbete, studier eller vila. Eftersom drygt 50 % av befolkningen över 10 år är beroende av kollektivtrafiken för resor där cykel och gång inte är ett alternativ bidrar en attraktiv kollektivtrafik till att skapa ett rättvisare transportsystem som gör att även de som inte har tillgång till bil kan pendla till arbete och fritid. En attraktiv kollektivtrafik kan även bidra med positiva hälsoeffekter tack vare en ökad fysisk aktivitet vid förflyttning till och från hållplatser (Trafikverket & SKL 2012).

En attraktiv kollektivtrafik är ett viktigt instrument i arbetet med att skapa ett långsiktigt hållbart transportsystem. Kollektivtrafiken bidrar till minskade utsläpp av växthusgaser och luftföroreningar. Framför allt minskas beroendet av fossila bränslen om kollektivtrafiken drivs av förnybara källor (Trafikverket & SKL 2012).

## 4.2 En attraktiv kollektivtrafik

Enligt Berge och Amundsen (2001) är de viktigaste faktorerna för en attraktiv kollektivtrafik:

- Restid (kort restid, få byten)
- Tillgänglighet (främst turtäthet)
- Pålitlighet
- Komfort
- Trygghet
- Pris
- Information

Andra källor har snarlika faktorer som de viktigaste för en attraktiv kollektivtrafik. Enligt Kol-TRAST (Trafikverket & SKL 2012) bör kollektivtrafiken även vara tidsmässigt attraktiv jämfört med bilen, det vill säga ha en låg *restidskvot*, se avsnitt 4.2.2. Den bör även vara tillförlitlig, det vill säga ha en god regularitet med god tidhållning.

De faktorer som är speciellt viktiga för examensarbetet är restid och restidskvot vilka utvecklas mest i detta kapitel. Tillgänglighet, komfort och trygghet kan påverkas till följd av ändrade hastigheter men i detta examensarbete har vi valt att fokusera på busstrafikens framkomlighet och framkomlighetens påverkan på attraktiviteten.

### 4.2.1 Restid

För att kollektivtrafikens attraktivitet ska vara hög bör restiden vara så kort som möjligt i alla avseenden. De planeringsstrategier som används för att uppnå en attraktiv kollektivtrafik behandlas i avsnitt 4.3.

Restiden kan mätas på flera olika sätt. Det vanligaste sättet att räkna en resa är att räkna hela resan från dörr till dörr. En kollektivtrafikresa består av flera restidskomponenter; gångtid, väntetid vid hållplats, dold väntetid, bytestid och åktid (Holmberg 2008).

Restidskomponenterna upplevs på olika sätt av olika resenärer eller olika grupper av resenärer. Här har olika studier visat på att resenärerna viktar betydelsen av resans delmoment olika. Vikterna varierar mellan studierna men rangordningen mellan de olika viktningarna är oftast densamma. Exempelvis viktas en minuts försening upp till 19 gånger värre än en minuts åktid (Holmberg 2008).

Viktningen används för att beräkna den uppföring som en resa innebär. Tid är pengar och olika tid är olika värd. En resa med väldigt lång bytestid kan kännas betydligt jobbigare än en resa med samma restid men där största delen av tiden spenderas som åktid. Detta sätt att uppskatta resans uppföring kallas *generaliserad restid* som då är ett restidsmått som tar hänsyn till de olika värderingarna av restiden (Wretstrand 2011). Vikter enligt Vägverket 2001 visas nedan i tabell 3.

Tabell 3. Viktning av restid enligt Vägverket 2001

Tidskomponent	Vikt	
Åktid i fordon	1,0	
Gångtid	2,0	
Väntetid		
	Kortare än 10 min	2,0
	10-30 min	1,0
	Längre än 30 min	0,5
Bytestid		
	Kortare än 10 min	2,0
	Längre än 10 min	3,0
Förseningstid	4,0	
Tillägg per byte	5 min	

Enligt tabell 3 ovan verkar förseningstid vara den faktor som upplevs allra värst av resenärerna. Även lång bytestid upplevs extra störande.

För att tydligare illustrera skillnaden mellan restid och *generaliserad restid* används två exempelresor som båda två har samma restid men olika förutsättningar för att åka dörr till dörr.

Resa 1 består av 5 minuters gångtid till hållplats, 5 minuters väntetid, 20 minuters åktid samt 5 minuters gångtid från hållplats, se ekvation 4.

$$\text{Generaliserad restid} = 5 \cdot 2,0 + 5 \cdot 2,0 + 20 \cdot 1,0 + 5 \cdot 2,0 = 50 \text{ min}$$

Ekvation 4. Beräkning av generaliserad restid för resa utan byte.

För resa 2 med samma restid men med andra förutsättningar som 5 minuters gångtid till hållplats, 5 minuters väntetid, 10 minuters åktid, 5 minuters bytestid, 5 minuters åktid och 5 minuters gångtid från hållplats blir den *generaliserade restiden* enligt ekvation 5.

$$\begin{aligned} \text{Generaliserad restid} &= 5 \cdot 2,0 + 5 \cdot 2,0 + 10 \cdot 1,0 + 5 \cdot 2,0 + 5 + 5 \cdot 2,0 \\ &= 55 \text{ min} \end{aligned}$$

Ekvation 5. Beräkning av generaliserad restid för resa med byte.

Alltså kan en resa med restid på 35 minuter upplevas olika beroende på hur enkelt resan kan genomföras.

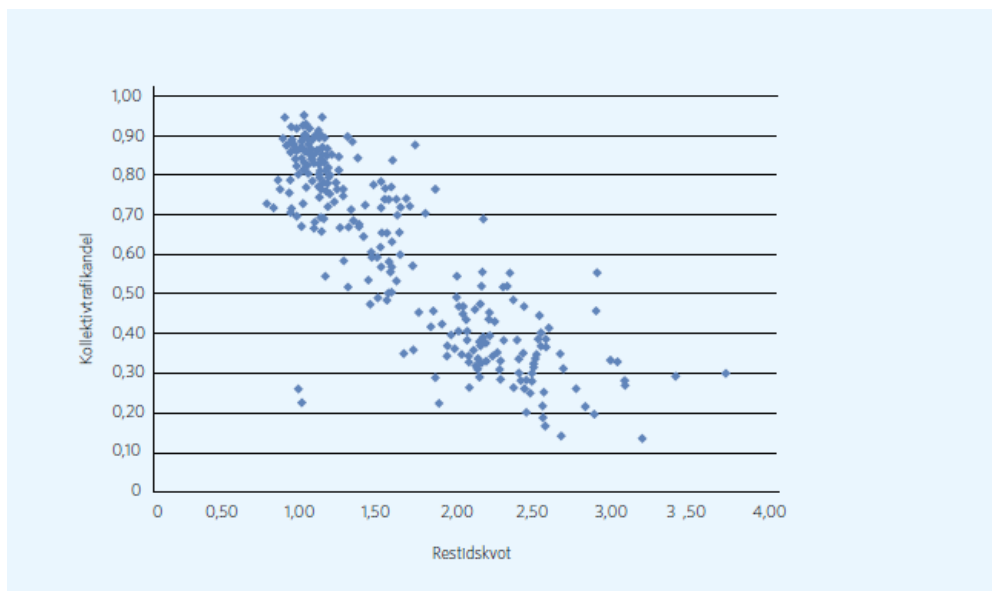
#### 4.2.2 Restidskvot

Det som i stor grad bestämmer vilken attraktivitet kollektivtrafiken har är dess restidskvot mot alternativa färdmedel, framför allt mot bilen. Restidskvoten mellan kollektivtrafik och bil definieras som restiden för kollektivtrafik dividerat med restiden för bil (Holmberg 2008). Det kan gälla exempelvis restider dörr till dörr eller längs en sträcka, beroende på vad som är intressant att studera.

I figur 3 nedan syns det att ju bättre restidskvoten är, ju fler väljer att åka kollektivt. Vid en restidskvot runt ca 1,0 syns det att en stor del av resenärerna väljer att åka kollektivt. Vid restidskvoter över ca 1,5 börjar kollektivtrafikens attraktivitet snabbt bli sämre. En kurva kan anpassas till datan i figur 3 enligt ekvation 6 nedan (Holmberg 2008).

$$\frac{Kollresor}{(Bilresor + Kollresor)} = 0,911 \left( \frac{Kolltid}{Biltid} \right)^{-1,2693}$$

**Ekvation 6. Samband mellan restidskvot och kollektivtrafikandel.**



**Figur 3 Kollektivtrafikens andel beroende på restidskvot (bild från Trafikverket & SKL 2012, data från Storstockholms Lokaltrafik)**

Enligt *TRAST* bör restidskvoten vara 2 vid avstånd mindre än 5 km och mindre än 2 vid avstånd större än 5 km. Enligt Andersson (2012), med referens till Mats Améen på Skånetrafiken, är kollektivtrafiken ett alternativ om restidskvoten är under 2 medan under ca 1,5 är den attraktiv. I avsnitt 4.3 behandlas vilka planeringsstrategier som bör användas för att uppnå en god restidskvot.

### **4.3 Planeringsmetodik för att uppnå en attraktiv kollektivtrafik**

Kapitlet är utformat för att läsaren kortfattat ska få en överblick i planeringsmetodiken för att uppnå en låg restidskvot för kollektivtrafik i tätort. Detta för att förstå hur en omskyllning av hastigheten kommer kunna påverka kollektivtrafiken. Val av linjesträckning behandlas ytligt medan planering av tidtabell behandlas mer utförligt. Även möjliga åtgärder för att förbättra kollektivtrafikens attraktivitet behandlas översiktligt.

### 4.3.1 Linjesträckning

För att kunna tillgodose behoven hos så många personer som möjligt har linjenätet i Sverige utvecklats kring två olika planeringsstrategier. En yttäckande strategi som främst satsar på tillgänglighet genom korta gångavstånd till hållplats vilket lämpar sig väl för exempelvis äldre och funktionshindrade. En strategi vilken genom att använda raka linjer med god framkomlighet och hög turtäthet lämpar sig betydligt bättre för exempelvis arbetspendling (Holmberg 2008). En attraktiv kollektivtrafik för alla bör således vara kopplat till den efterfrågan som råder.

Som tidigare har nämnts är restidskvoten en av de viktigaste faktorerna för att uppnå en attraktiv kollektivtrafik och i planeringen för en god restidskvot är linjeföringen extra viktig. Genom att använda gena och raka linjedragningar med en hög turtäthet kan kollektivtrafikens restidskvot förbättras jämfört med yttäckande lösningar med låg turtäthet. Det är alltså viktigt att planeringen för kollektivtrafiken får en viktig roll i stadsplaneringen för att möjliggöra för en central rak linjesträckning i nybyggda områden. I ett ytterområde av en tätort är en krokig linjes kostnad ca dubbelt så hög som för en rak linje och för en ringlinje är kostnaden ca 3,5 gånger högre än för en rak linje (Trafikverket & SKL 2012).

Förutom den tidigare nämnda strategin att använda raka gena linjer finns flera andra planeringsstrategier att tillgå. En strategi som ofta används att kombinera linjedragning och turthäthet genom att använda starka stråk, det vill säga trafikera en korridor med flera olika linjer för att kunna skapa en hög turtäthet och därmed öka attraktiviteten utan att öka antalet avgångar. Det kan ge fördelar som hög turtäthet även vid tider som normalt inte har det men även att byten underlättas med mera (Trafikverket & SKL 2012).

Linjesträckningen påverkar alltså kollektivtrafikens attraktivitet där gena raka linjer oftast ger bättre förutsättningar för en låg restidskvot mot bilen. Mer utförligt om fördröjningar kopplade till linjesträckning behandlas i avsnitt 4.5.

### 4.3.2 Tidtabell och omlopp

Tidtabellen utformas efter kollektivtrafikens omloppstider som beror på färdtiden. Omloppstiden ( $O$ ) är tiden mellan två avgångstider för samma buss från den ena ändstationen på en linje, alltså den tiden det tar att köra linjen i båda riktningarna inklusive regleringstiden vid ändhallplatserna, den tid som krävs för inhämtning av förseningar, paus och liknande. Då färdtiden och därmed omloppstiden för en linje är känd kan vagnbehovet  $V$  beräknas enligt ekvation 7 nedan där  $I$  är turintervallet (Holmberg 2008).

$$V = \frac{O}{I}$$

Ekvation 7. Beräkning av vagnbehov

Eventuella störningar och restidsökningar leder alltså till att omloppstiderna ökar vilket i sin tur kan leda till ett ökat fordonsbehov som då ökar kostnaderna för kollektivtrafiken. De kända faktorer som påverkar restiden behandlas i kapitel 4.5.

På grund av stor skillnad i efterfrågan vid olika tider på dygnet är det endast under en begränsad del av dygnet som det krävs maximalt antal bussar. Trafiken är som störst under förmiddag och eftermiddag vilket skapar organisatoriska problem. Fordonsbehovet är bestämt efter när trafiken är som störst vilket gör att många av bussarna inte används under stora delar av dygnet. Problemen gäller även för chaufförer där skillnaden för största och minsta personalstyrka kan vara så stor som 5:1 (Holmberg 2008). För att minska problemen med vagnbehov och personalstyrka används datorprogram som är specialiserade till att optimera personal- och vagnsscheman, exempelvis HASTUS.

Vid en omskyllning av hastigheten är det i första hand restiden som påverkas men detta kan få allvarliga konsekvenser genom hela planeringen av tidtabell, personal- och vagnbehov. En ökad restid kan leda till att omloppstiderna inte håller vilket i sin tur leder till ett ökat vagnbehov och därmed betydligt högre kostnader.

### **4.3.3 Fysiska åtgärder för att förbättra restiden**

Genom att göra investeringar i den fysiska miljön som påverkar kollektivtrafikens framkomlighet kan förbättringar uppnås. Åkshastighet är en nyckelfaktor och i praktiken ska egentligen det enda som sänker Åkshastigheten vara hållplatsstoppen, därför bör insatser göras som minskar effekterna av övriga hastighetsdämpande situationer (Trafikverket & SKL 2012). Exempel på åtgärder är prioritering i trafiksignaler, kollektivtrafikkörfält och kollektivtrafikgator.

Signalprioritering kan vara ett effektivt sätt att förbättra kollektivtrafikens framkomlighet och därmed minska restiden. Enligt Kol-TRAST har restidsmätningar i svenska städer visat att 70-80 % av alla förseningar orsakas av väntetider vid trafiksignaler utan signalprioritering. Signalprioritering kan göra att körtiden minskas med 10-20 % (Trafikverket & SKL 2012). Studier som har gjorts ger dock olika resultat vad gäller bussprioriteringars effekter, både stora förbättringar och i stort sett obefintliga skillnader beroende på hur prioriteringen utförs (Linderholm m.fl. 2001).

Kollektivtrafikgator får endast användas av fordon i linjetrafik vilket gör att framkomligheten är så bra som den kan bli för kollektivtrafiken på dessa. Utan påverkan från övriga trafiken uppnås högre hastigheter och skapar även en mer säker trafiksituation. Andra faktorer som förbättras är drifekonomi, pålitlighet och konkurrenskraft (Trafikverket & SKL 2012). I väl utbyggda system med kraftigt prioriterade busslinjer på egna körbanor, så kallad Bus Rapid Transit (BRT), bör åkshastigheter på 20-35 km/h uppnås (Torstenfelt 2011).

Kollektivtrafikkörfält är körfält som är reserverade för buss- eller spårvägstrafik men även taxi, cykel- och mopedtrafik kan tillåtas. Egna körfält för kollektivtrafiken fungerar väl vid signalreglerade korsningar där körfälten gör att köer undviks genom att bilisterna får samsas om övriga körfält. Kombinerar körfälten med



signalprioritering uppnås nästan optimal framkomlighet för trafiken och därmed högre körhastighet (Trafikverket & SKL 2012).

#### 4.4 Bussar och trafiksäkerhet

Olyckstypen för kollektivtrafikresenären varierar men domineras av olyckor till och från hållplats där de allra flesta är olyckor för fotgängare, hela 50 % av olyckorna är kopplade till gångförflyttningen till och från hållplats, varav vilka hela 86 % är singelolyckor. Av- och påstigningsolyckor står för 25 % av olyckorna medan resterade olyckor består av skador under färd. Om hänsyn tas till hela resan är antalet skadade och dödade 1,1 per 100 miljoner personkilometer (Berntman et al. 2012). Den höga andelen singelolyckor till och från hållplats gör att bussens och den övriga trafikens hastighet inte påverkar denna olycksrisk.

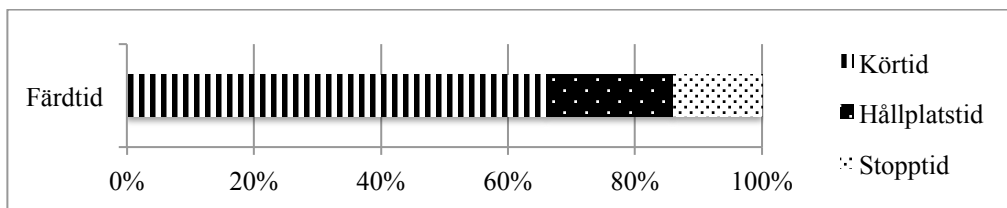
Enligt Berntmann et al. (2012) inträffar de flesta fallolyckor på bussarna vid kraftiga inbromsningar. Dessutom finns det studier som visar på ett statistiskt samband mellan busschaufförens accelerationsdata och olyckor inuti fordonen.

De olyckor som kan påverkas av en omskyllning av hastigheterna är således de fallolyckor som inträffar på grund av busschaufförens körstil men även en del av de olyckor som är kopplade till resan till och från hållplats. En omskyllning av hastigheten enligt *Rätt fart i staden* kommer i de flesta fallen att leda till en hastighetsenkning som förhoppningsvis gör trafiken säkrare.

#### 4.5 Vad förlänger bussens restid?

I detta kapitel görs en genomgång av vad som påverkar busstrafikens åkshastighet och fördröjningar. En stor del av materialet är hämtat från Björn Wendles examensarbete *Vad fördröjer bussen?* från 1997. De värden och slutsatser som redovisas här kommer att användas både som indata till simuleringen och för att jämföra de eventuella fördröjningar som fås av en sänkt hastighetsgräns.

Till att börja med är det viktigt att känna till de olika delar som en bussresas färdtid består av. En vanlig indelning är körtid, hållplatstid och stopptid. Hållplatstiden är den tid som bussen står stilla på hållplatsen för att släppa av och på passagerare och i vissa studier även den tiden som går åt för retardation och acceleration före och efter stoppet. Stopptid är den tid som bussen stannar av andra anledningar, korsningar, lämna företräde för annan trafik, etc. För en normal stadsbusslinje fördelar sig färdtiden ungefär enligt figur 4 nedan (körtid 55-80 %, hållplatstid 15-25 % och stopptid 3-16 %) (Wendle & Linderholm 2002). I detta examensarbete definieras acceleration och retardation i samband med hållplatsstopp som körtid.



Figur 4. Normal fördelning av en buslinjes färdtid.

#### 4.5.1 Farthinder

Olika sorters farthinder används ofta för att säkra trafikens hastighet på gator där det rör sig mycket oskyddade trafikanter. De flesta farthinder som används idag har större påverkan på busstrafiken än på biltrafiken och försämrar därmed bussens konkurrenskraft mot bilen. Vanliga farthinder är olika former av gupp och upphöjningar, sidoförskjutningar och avsmalningar.

Det vanligast förekommande guppet är det så kallade ”Wattska guppet” som är cirkulärt till formen, 3,6 meter långt och 12 cm högt (Skånetrafiken 2000). Detta gupp ger enligt samtliga källor en hastighet för bussarna på mellan 15 och 20 km/h. Biltrafiken kan däremot oftast hålla en hastighet mellan 25 och 30 km/h. Varje gupp medför en fördröjning på 5-15 sekunder (Wendle 1997, Vägverket 1999, Skånetrafiken 2000). Gupp medför även obehag för både passagerare och chaufförer. I flera kommuner har Arbetsmiljöverket förbjudit bussentreprenörer att trafikera vissa sträckor med många farthinder på grund av riskerna för busschaufförerna (Trafikverket 2010).

Andra former av fysiska farthinder som nämns i litteraturen och som har mindre negativ påverkan på busstrafiken är väghålor som rätt utformade inte ger någon effekt alls på busstrafiken, samt vägkuddar och H-gupp som bägge möjliggör för busstrafiken att passera i ungefär 30 km/h (Skånetrafiken 2000).

Ytterligare ett sätt att minska de negativa effekterna av farthinder är att lägga dem i anslutning till hållplatser där bussarnas hastighet redan är låg (Trafikverket & SKL 2012)

Även sidoförskjutningar och avsmalningar har större effekt på busstrafiken än på personbiltrafiken främst eftersom bussar är bredare än bilar och därmed behöver bredare gator för att kunna framföras i högre hastigheter. Enligt Vägverket (1999) bör en avsmalning inte vara smalare än 3,4 meter för att en buss ska kunna framföras i 50 km/h. Sidoförskjutningar innebär även obehag för passagerarna i bussen.

Genom att allt fler gator får sänkt hastighet i och med de nya hastighetsplanerna enligt *Rätt fart i staden* kan det också krävas allt fler fysiska åtgärder för att säkra en låg hastighet. Detta kan alltså med de fakta som redovisas ovan leda till försämringar för busstrafiken.

## 4.5.2 Hållplatser

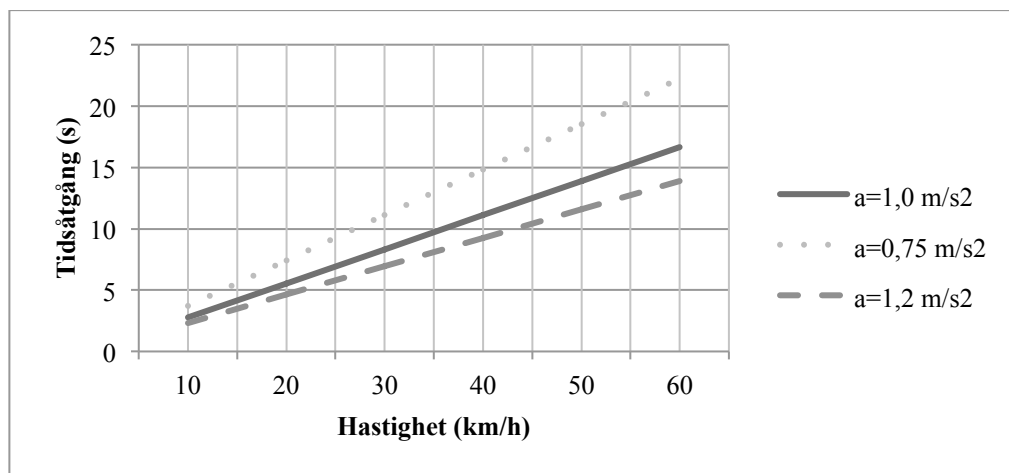
Hållplatserna är en viktig faktor för bussens fördröjningar. De kan påverka både genom att själva stoppet skapar fördröjningar och genom att avståndet mellan hållplatserna gör att bussen inte kan komma upp i särskilt hög hastighet.

Tiden som går åt för att stanna vid en hållplats kan delas upp i tre delar:

- Tid för inbromsning och acceleration
- Tid öppning och stängning av dörrar
- Tid för passagerarbetjänning

Wendle (1997) anger att en retardation på mellan 0,6 och 1,2 m/s<sup>2</sup> från bussen åk hastighet ner till stillastående vid hållplats är lämplig med hänsyn till passagerarnas bekvämlighet. Motsvarande acceleration från stillastående vid hållplatsen till full hastighet bör ligga mellan 0,75 och 1,2 m/s<sup>2</sup>. De undersökningar som gjordes i samma rapport visar på att de verkliga värdena ligger väl inom dessa spann, oftast runt 1 m/s<sup>2</sup>.

Även om det innebär en liten förenkling kan det antas att både retardationen och accelerationen är konstant. Detta ger att fördröjningen och tidsåtgången för att retardera eller accelerera blir större ju högre den önskade hastigheten är. Figur 5 visar tidsåtgången för acceleration i samband med hållplatsstopp. Observera att tidsåtgången inte är densamma som fördröjningen. Fördröjningen i detta fall hade varit skillnaden mellan tidsåtgången för bussen att köra i full hastighet på motsvarande sträcka och tidsåtgången enligt figuren nedan.



Figur 5. Tidsåtgång för acceleration som funktion av körhastighet

Tiden det tar att öppna och stänga dörrarna på bussen är enligt Wendle (1997) mellan 5 och 7 sekunder.

Tiden för passagerarbetjänning beror på en mängd olika faktorer såsom antal på- och avstigande, antal dörrar, typ av biljetter och färdbevis, hållplatsens utformning, typ av

insteg i bussen, bussens möblering, belastningsgrad, förekomst av bagage och resenärernas egenskaper. Det är svårt att utreda hur dessa faktorer samverkar och ge ett klart samband mellan alla faktorer och fördröjning men ett schablonmässigt medelvärde för betjäning ligger någonstans mellan 1,7 och 4 sekunder per person (Wendle 1997).

Den totala fördröjningen på grund av ett hållplatsstopp är enligt Wendle 24-32 sekunder.

Många hållplatser på en linje gör att gångavstånden för resenärerna minskar. Men eftersom varje stopp innebär fördröjningar som inte är beroende på antalet passagerare; retardation, dörröppning/stängning och acceleration, kan den minskade gångtiden ätas upp av fördröjningar av många hållplatsstopp. Det som ytterst styr om bussen hinner upp till den önskade körhastigheten eller inte är hur lång sträcka som behövs för acceleration och retardation enligt ovan. Till exempel kommer en buss aldrig upp i en hastighet på 50 km/h om hållplatsavståndet är mindre än 300 meter. Generellt kan sägas att om hållplatsavståndet är under 200 meter minskar medelkörhastigheten fort (Wendle 1997 och Holmberg 2008).

Wendle (1997) menar att ökat avstånd mellan hållplatserna är den faktor som har störst möjlighet att minska bussarnas fördröjning. Han hänvisar till studier som har studerat vilket avstånd som skulle vara optimalt i olika städer och som visar på avstånd mellan 300 och 800 meter.

Även hållplatsens utformning har betydelse för bussens fördröjning. För bussarnas framkomlighet är hållplatser där bussarna kan köra in rakt klart bäst. Detta kan utformas på olika sätt, till exempel som en klackhållplats, stopphållplats eller som körbanehallplats utan parkeringar före eller efter hållplatsen. Studier gjorda av Trivector visar att hållplatser med rak in- och utkörning beroende på hastighetsnivå på gatan har 3-6 sekunders mindre fördröjning jämfört med fickhållplatser (Linderholm m.fl. 2004). Orsaker till detta kan vara bland annat att det inte krävs några sidoflyttningar för att komma in eller ut till och från hållplatsen och att bussarna inte blir hindrade av annan trafik när de ska ta sig från hållplatsen.

### **4.5.3 Korsningar**

I alla situationer där trafiken måste stanna eller sakta ner drabbas busstrafiken hårdare än biltrafiken eftersom bussar accelererar långsammare än bilar.

Inbromsning och acceleration vid stopp är jämförbart med desamma i samband med hållplatsstopp. Fördröjningen för en buss vid en körhastighet på 50 km/h skulle då bli 10,8 sekunder. Jämförbar tid för en personbil är 6,5 sekunder (Wendle 1997). I denna beräkning har man inte tagit med den eventuella tiden som bussen eller bilen måste vänta vid stopplinjen för att korsas den överordnade vägen.

När det gäller cirkulationsplatsers fördröjning på busstrafiken verkar det inte ha gjorts några ingående studier. Dock rekommenderas att cirkulationsplatser med en rondellradie på under 10 meter bör vara delvis överkörningsbara och om radien är

under 2 meter bör hela rondellen vara överkörningsbar av hänsyn till den tunga trafikens framkomlighet (Vägverket 1999).

Färdtidmätningar som gjordes i Malmö i samband med att man skulle införa bussprioritering i trafiksignalerna visade att den totala fördröjningen i samband med trafiksignaler var ungefär 30 sekunder. Stopptiden var i genomsnitt mellan 15 och 19 sekunder (Wendle 1997).

#### **4.5.4 Tvära svängar**

Två svängar definieras som ”korsningar eller kurvor [...] där bussen tvingas byta riktning med 90 grader eller i det närmaste 90 grader” (Wendle 1997, s. 22). I de undersökningar som Wendle gjort håller bussen en medelhastighet på 15,5 km/h genom sådana svängar. Jämfört med stopp vid hållplatser och stopplikter har bussarna lägre retardation och acceleration vid två svängar, i snitt 0,7 m/s<sup>2</sup>.

#### **4.5.5 Trängsel och konflikter (annan trafik)**

Busstrafiken påverkas mycket av annan trafik eftersom den rör sig i samma gatumiljö som en mängd andra trafikant; bil- och lastbilstrafik såväl som fotgängare och cyklister. Dessutom kan parkerade bilar och varuleveranser vara i vägen för bussarna.

Undersökningar i Köpenhamn har visat att i genomsnitt 2,5 % av omloppstiden för en buss går åt till att bromsa eller stå stilla på grund av annan trafik (Wendle 1997).

## 5 Sammanfattning litteraturstudie

Kapitlet är tänkt att sammanfatta den viktigaste informationen från litteraturstudien för att enkelt och kortfattat ge ett bra underlag för resten av rapporten. Kapitlet innehåller en kortare förklaring av *Rätt fart i staden*, restider och restidskvot samt data till modeller och diskussion.

Den hastighetsöversyn som pågår i många svenska städer till följd av de nya hastighetsgränserna och med *Rätt fart i staden* som grund kan medföra både höjningar och sänkningar av hastighetsgränserna. Om de rekommendationer som finns i *Rätt fart i staden* följs bör den skyltade hastigheten vara 30, 40, 60, 80 eller 100 km/h. Således kommer många av dagens 50-sträckor att sänkas till antingen 40 km/h eller 30 km/h. En del kommer även att höjas till 60 km/h.

En omskyllning av hastighetens påverkan har studerats utav Hydén et al. 2008 där det visade sig att påverkan på biltrafikens hastighet var låg. På de vägar som skyltats om från 50 till 40 km/h sänktes hastigheten med i genomsnitt 2,2 km/h. Restiden för biltrafiken bedömdes öka mellan 3 och 5 %. Biltrafikens restidsökning används vidare i kap 8 för att bedöma skillnaden i relativ attraktivitet.

En av de viktigaste faktorerna för en attraktiv kollektivtrafik är restidskvoten mellan bil och kollektivtrafik. För att kollektivtrafiken ska vara konkurrenskraftig bör restidskvoten vara lägre än ca 1,5. Begreppet restidskvot används vidare för att bedöma påverkan på den relativa attraktiviteten utav omskyllade hastigheter i tätort, se vidare kapitel 8.

Flera strategier används för att uppnå en god restidskvot mot bilen. Vanliga fysiska åtgärder är busskörfält, bussgator och signalprioritering i korsningar. En vanlig planeringsåtgärd är att försöka göra så raka kollektivtrafiklinjer som möjligt. En omskyllning av hastighetens påverkan för dels raka men även krokiga linjer utreds vidare i kapitel 9.

Säkerheten för bussresenärer är i själva bussen god men inkluderas även resan till och från busshållplatsen försämras den en hel del. En stor del av olyckorna är singelolyckor till och från busshållplats men 25 % av olyckorna består av skador under färd. Studier har visat statistiskt samband mellan busschaufförers accelerationsdata och olyckor på bussen vilket gör att hastighetsförändringar kan både öka och minska olyckorna.

Björn Wendles examensarbete *Vad fördröjer bussen?* innehåller flera viktiga data som används vidare i kapitel 7 för att bygga de modeller som använts, så som genomsnittlig hastighet vid tvära svängar (15 km/h). Andra uppgifter om fördröjningar för busstrafiken används som utgångspunkt i diskussionen i kapitel 10.

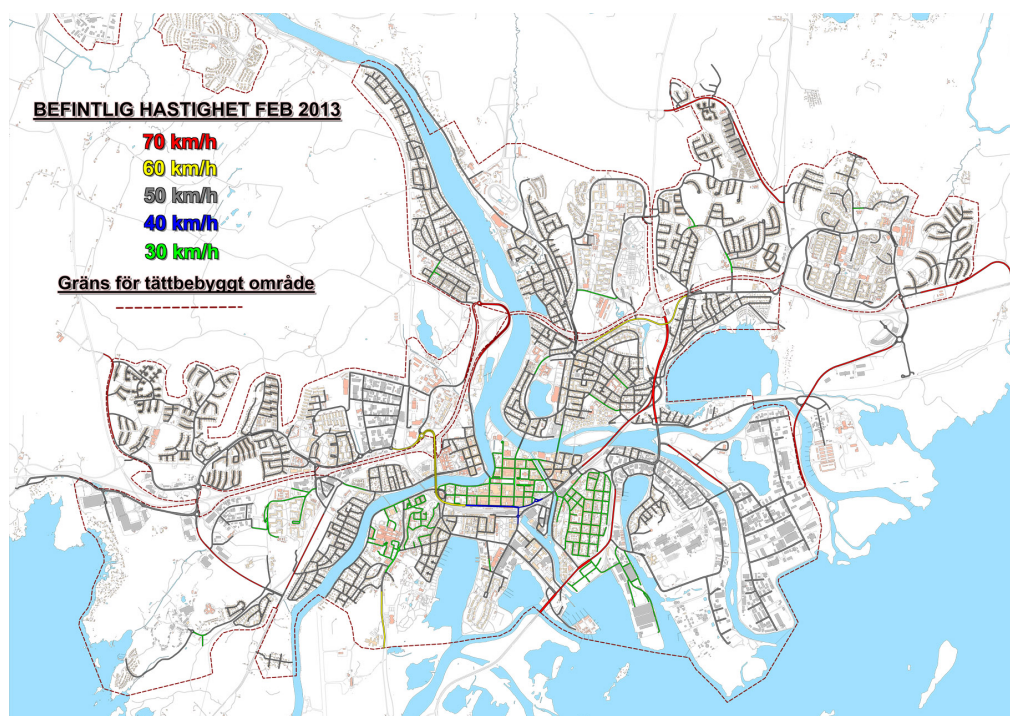
## 6 Val av studieort och linjer

Valet av studieort föll på Karlstad som tidigare nämnts. För att kunna utföra de tänkta analyserna var det avgörande att bra färdtidsdata fanns att tillgå. Trivector hade tillgång till tre städers färdtidsmätningar, Uppsala, Karlstad och Luleå, där Karlstad bedömdes vara den staden med bäst förutsättningar som studieort. En avgörande faktor var deras relativt nya linjenät som implementerades 2007. Karlstad är också en ”lagom” stor stad som kan vara representativ för andra svenska städer.

Karlstad kommun ligger i landskapet Värmland och ingår således i Värmlands län. I Karlstad kommun bor det ca 86 929 (2013) invånare varav ca 61 685 (2011) i Karlstad tätort (Nationalencyklopedin 2013).

### 6.1 Skyltad hastighet i Karlstad

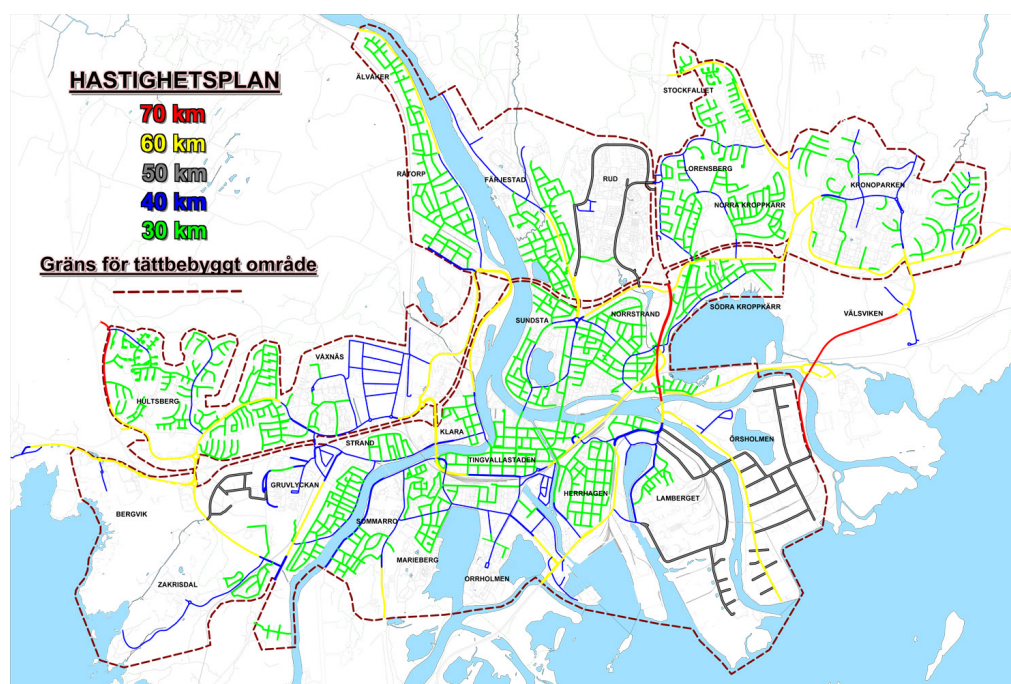
Hastighetsgränserna i Karlstad tätort är till stor del 50 km/h, se karta i bilaga 1. En del sträckor har redan skyltats om till 40 och 60 km/h men större delen av vägarna är inte omskyltade i nuläget. De centrala delarna av Karlstad har en hastighetsbegränsning på 30 km/h. Nuvarande hastighetsgränser visas i figur 6 nedan.



Figur 6. Befintliga hastighetsgränser i Karlstad (Karlstads kommun 2013).

Hösten 2008 fattade Teknik- och fastighetsnämnden i Karlstad beslut om att 40 km/h ska vara hösta tillåtna hastighet inom tätbebyggt område i Karlstads kommun. Detta beslut överklagades dock av två privatpersoner till Länsstyrelsen som upphävde kommunens beslut. Även Transportstyrelsen prövade ärendet och valde att gå på Länsstyrelsens linje. Orsaken till överklagandet och besluten i Länsstyrelsen och

Transportstyrelsen var att man inte ansåg att kommunen hade redovisat tillräckliga beslutsunderlag för att förordna om en hastighetsgräns lägre än 50 km/h (Transportstyrelsen 2012). På grund av dessa beslut har det inte gjorts någon omfattande omskyllning i Karlstad. Tjänstemännen har dock tagit fram ett förslag på ny hastighetsplan för Karlstads tätort utifrån handboken *Rätt fart i staden* som vi använder oss av i detta examensarbete, se figur 7. Denna hastighetsplan har inte behandlats av politikerna och får ses som ett arbetsmaterial.



Figur 7. Förslag till ny hastighetsplan för Karlstads tätort (Karlstads kommun 2013).

Som synes i figur 7 ovan sänks de allra flesta 50-sträckorna på lokalnätet till 30 km/h. Huvudgatorna däremot får en hastighet på 40, 50, 60 eller 70 km/h.

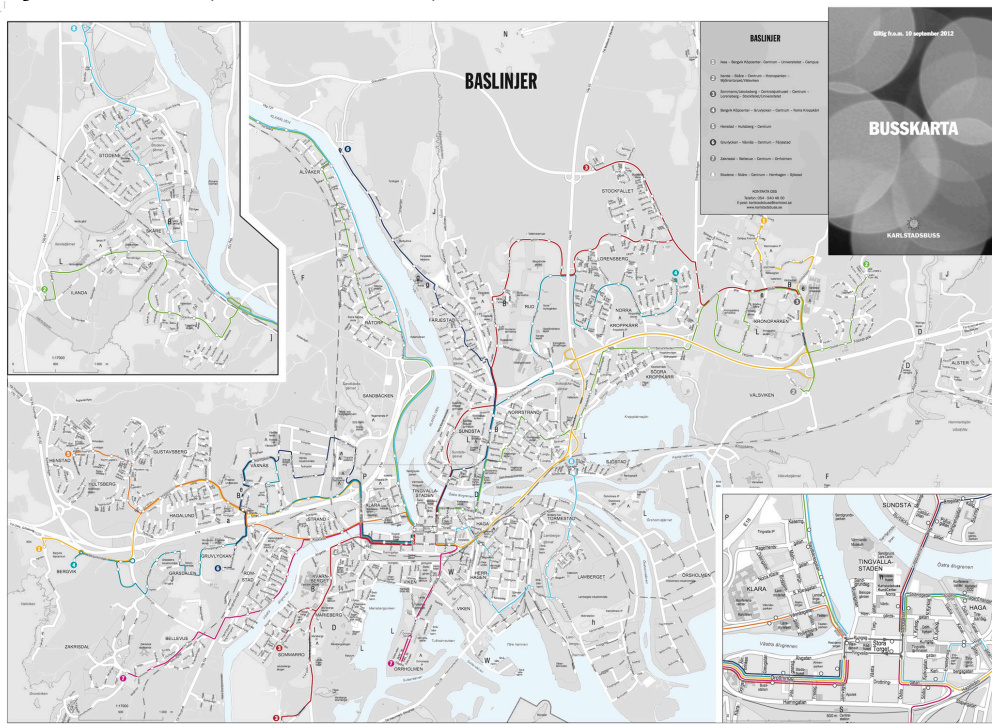
## 6.2 Busstrafik i Karlstad

Busstrafiken i Karlstads historia grundades redan under 1880-talet då Alma Andersson startade "Nya åkeriet". Fordonsflottan på den tiden bestod av hästdragna fordon. De första motoriserade bussarna köptes in 1922 och vid den tiden trafikerades sex linjer. 1947 bytte företaget namn till Karlstads Bussaktiebolag, dess nuvarande namn (Karlstadbuss 2012).

Sedan en lagändring 1992 organiseras kollektivtrafiken efter beställar-/utförarkonceptet. Beställare blev kollektivtrafiknämnden i Karlstads kommun och utförare av trafiken blev Karlstadbuss AB. Utförare av trafiken 2005-2013 är Nobina Sverige AB men varumärket Karlstadbuss lever vidare som den förvaltning på kommunen som är ansvarig för stadsbusstrafiken i Karlstad (Karlstadbuss 2012).



År 2007 infördes ett nytt linjenät i Karlstad. Det är i stort samma linjenät som används än idag, se figur 8. En viktig anledning till omläggningen var att göra linjenätet enklare (Karlstadbuss 2012).



Figur 8. Karlstads baslinjenät (Karlstadbuss 2012, bearbetad av författarna).

I nuläget finns det 8 stycken baslinjer (linje 1-8) som utgör själva kärnan i kollektivtrafiken. Det nya linjesystemet med mera har lett till att Karlstadbuss, enligt kollektivtrafikbarometern 2011, har Sveriges mest nöjda kollektivtrafikresenärer (Karlstadbuss 2012).

Karlstadbuss har precis som flera andra aktörer i branschen ett fördubblingsmål av antalet resor mellan 2005 och 2020. De har även ett mål om att ha fortsatt Sveriges nöjdaste kunder. Antalet resor 2011 var 6,0 miljoner resor vilket är en ökning sedan 2005 på 54 %. De är således på god väg att uppnå deras fördubblingsmål. (Karlstadbuss 2012).



## Linje 2 Stora torget – Universitetet

Linje 2 trafikerar sträckan mellan Ilanda bytespunkt och Mjölnarpstorpet/Välsviken via Stora torget. Linjen är alltså delad i ena änden och på grund av bristande färdtidsdata kommer endast sträckan Stora torget – Universitetet att användas för vidare analyser, se figur 10. Denna del av linjen är dessutom förstärkt med flera turer som endast trafikerar denna sträckning. Underlaget för den övriga linjen är för dåligt för att kunna användas. Möjligtvis har ett vägarbete eller annan störning orsakat problem med datainsamlingen.

Sträckan mellan Stora torget och Universitetet består till större delen av vägar med 50 km/h. En längre sträcka i början är begränsad till 30 km/h liksom en kort sträcka vid en skola.

I tabell 5 nedan redovisas grundläggande data för linje 2.

Tabell 5. Grundläggande data för linje 2.

Linje 2	Längd (m)	Restid enl tidtabell	Antal hållplatser
Stora torget – Universitetet	8 010	20 min	22
Universitetet – Stora torget	8 170	22 min	22



Figur 10. Linjekarta för linje 2, delen mellan Stora torget och Universitetet (Karlstadsbuss 2012, bearbetad av författarna)

#### Linje 4 Transtigen – Bergvik köpcentrum

Linje 4 trafikerar sträckan mellan Transtigen och Bergvik köpcentrum via Stora torget, se figur 11.

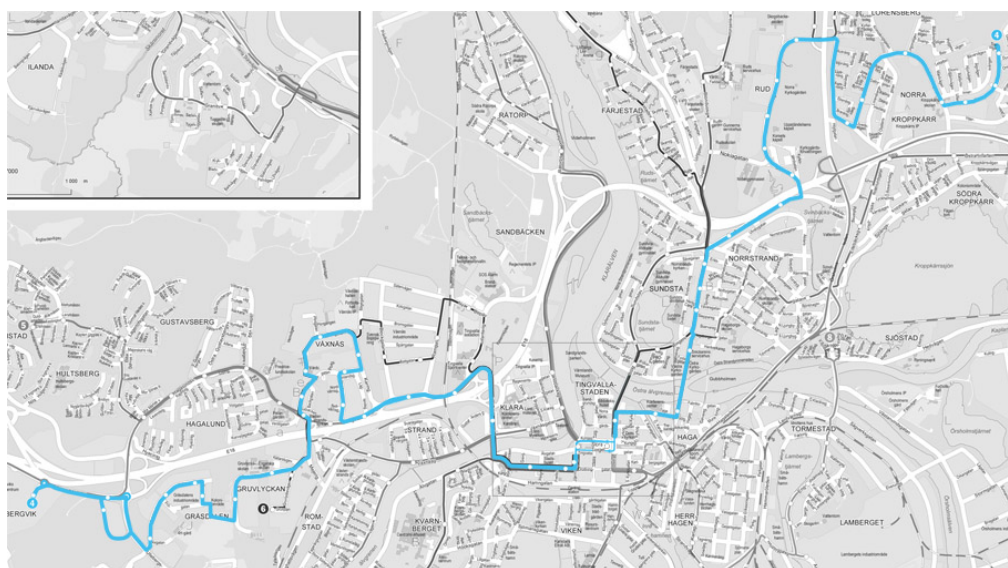
Sträckan mellan Transtigen och Stora torget trafikerar till stora delar större huvudvägar i ytterområde men även kortare avsnitt i framför allt villaområde. Hastighetsgränsen är till stor del 50 km/h men på kortare sträckor även 60 och 30 km/h.

Sträckningen mellan Stora torget och Bergvik köpcentrum trafikerar vägar av skiftande karaktär och innehåller således flera intressanta avsnitt för djupare studier om vilka faktorer som är avgörande för busstrafikens fördröjningar vid en omskyllning. Linjen trafikerar såväl centrum som större huvudvägar i ytterområde, industriområde men även mindre vägar i ytterområde.

I tabell 6 nedan redovisas grundläggande uppgifter för linje 4.

Tabell 6. Grundläggande uppgifter för linje 4

Linje 4	Längd (m)	Restid enl tidtabell	Antal hållplatser
Bergvik – Transtigen	15 680	46 min	44
Transtigen – Bergvik	16 300	46 min	44



Figur 11. Linjekarta för linje 4 (Karlstadsbuss 2012, bearbetad av författarna).

### Linje 5 Henstad – Stora torget

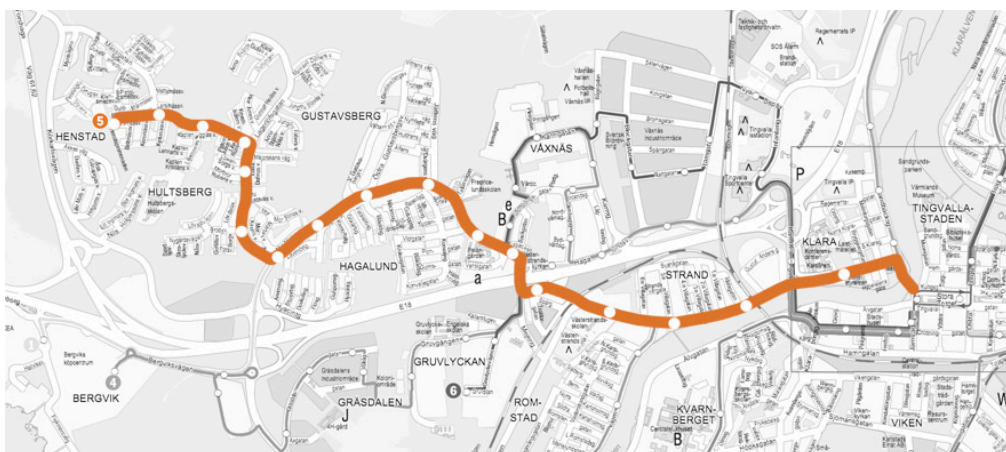
Linje 5 trafikerar den kortaste sträckan av de valda linjerna, Henstad – Stora torget, se figur 12.

Linjen består till stor del av huvudvägar i ytterområde men även ett mindre avsnitt på lokalgator i ytterområde. Hastighetsgränsen längs med linjen är nästan överallt 50 km/h.

I tabell 7 nedan redovisas grundläggande data för linje 5.

Tabell 7. Grundläggande uppgifter för linje 5.

Linje 5	Längd (m)	Restid enl tidtabell	Antal hållplatser
Henstad – Stora torget	5 620	14 min	19
Stora torget – Henstad	5 640	14 min	19



Figur 12. Linjekarta för linje 5 (Karlstadbus 2012, bearbetad av författarna).

### Linje 8 Grava kyrka – Sjöstad

Linje 8 trafikerar sträckan mellan Grava kyrka och Sjöstad via Stora torget, se figur 13.

Sträckan mellan Grava kyrka och Stora torget går längs med större huvudvägar i ytterområde där hastighetsbegränsningen varierar mellan 50 och 70 km/h. Ett kortare avsnitt trafikerar mindre gator i ett ytterområde.

Sträckan mellan Stora torget och Sjöstad är av varierande karaktär men större delen trafikerar lokalgator i centrum och ytterområde. En mindre del trafikerar huvudgator i ytterområde.

Den norra delen av linje 8 genom Skåre är inte med i Karlstads kommuns hastighetsplan varför vi själva har fått göra en bedömning om hur hastighetsgränserna kan tänkas förändras på denna del av linjen. Sträckan inom tätbebyggt område bedöms i våra modeller sänkas till 30 km/h medan den korta sträckan på Ilandavägen bedöms sänkas till 40 km/h.

I tabell 8 nedan redovisas grundläggande data för linje 8.

Tabell 8. Grundläggande uppgifter för linje 8.

Linje 8	Längd (m)	Restid enl tidtabell	Antal hållplatser
Grava kyrka - Sjöstad	16 490	37 min	36
Sjöstad – Grava kyrka	15 930	39 min	36



Figur 13. Linjekarta för linje 8 (Karlstadsbuss 2012, bearbetad av författarna).

### 6.3.1 Färdtidsdata

Karlstads bussar har fordonsdatorer från Trivektor som bland annat loggar bussens position och hastighet. Denna information rapporteras sedan in till trafikledningssystemet Vemos i vilket RAPP är ett delprogram som används för analys av färdtidsdata (Trivektor 2013). Ur RAPP fås bland annat information om hållplatstider, hållplatsavstånd samt färdtid och stopptid mellan hållplatser.

RAPP har ett inbyggt filter vilket filtrerar bort turer med olika typer av felaktiga mätvärden, det vill säga mätvärden som skiljer sig markant från ett förväntat värde. Det gör att de turer som godkänts har en hög kvalitet men samtidigt finns en risk att den mest kritiska turen varje vardagsdygn är bortfiltrerad. Den mest kritiska turen är den tur där ytterligare tidsförluster har störst risk att medföra till problem med omloppstiderna.

Vi har valt att använda samtliga godkända turer mellan kl. 07.00 och 09.00, under tidsperioden 1-28 november 2012, för varje linje. Ur RAPP kunde medelvärden för de godkända turerna utläsas vilka sedan användes för att modellera linjerna i STRUTS. Turen som modelleras är således en sannolik ”medeltur” under högtrafik till skillnad från Trivektors studie i Umeå där de tog ut den mest kritiska turen för varje linje.

Vissa av linjerna har olika ändhållplatser för olika turer vilket resulterar i olika varianter i färdtidsdatan. Varje riktning är även en egen variant vilket gör det lätt att analysera linjerna riktning för riktning. En sammanfattning av färdtidsdata för de valda linjerna under aktuell period visas i tabell 9 nedan.

Som synes i tabell 9 är medelhastigheterna för busslinjerna i Karlstad mycket höga och samtliga linjer har hastigheter som gör att de enligt Torstenfelt (2011) kan klassas som BRT (Bus Rapid Transit). Som jämförelse kan Lund nämnas där medelkörhastigheten för stadbusstrafiken är 18 km/h (Lunds kommun 2011).

Eftersom vissa av de valda linjerna hade väldigt få godkända turer valdes att även läsa in de turer där dörrtiden, det vill säga den tid som dörrarna på bussen är öppna, var större än hållplatstiden. Dessa fel beror inte på att bussarna kört med öppna dörrar utan förmodligen på felaktiga sensorer i bussarna men bedömdes inte påverka resultaten för detta examensarbete.

Som tidigare har beskrivits var det problem med att få fram godkända turer för linje 2. Därför används endast den kortare delen av linje 2 mellan Stora torget och universitetet. Samma problem gäller för linje 1 där vi har valt att godkänna turer med lite större mätfel när det gäller körd sträcka. Standardvärdet i RAPP är att godkänna turer som inte uppvisar mätfel på mer än 50 meter någonstans längs med linjen. För linje 1 godkändes då endast sju turer totalt vilket bedöms som för litet för att kunna dra trovärdiga slutsatser. Därför har mätfel på 100 meter tillåtits för linje 1 för att få upp antalet godkända turer.

Tabell 9. Sammanfattning av färdtidsdata.

	Restid	Godkända turer	Åkhastigh. (km/h)	Körhastigh. (km/h)	Antal hållplatsstopp
<b>Linje 1</b>					
IKEA – Campus	00:37:11	19	27,1	31,2	11
Campus – IKEA	00:39:03	22	26,8	31,8	15
<b>Linje 2</b>					
Stora torget – Universitetet	00:17:33	19	27,2	28,8	4
Universitetet – Stora torget	00:19:34	5	25,0	28,3	7
<b>Linje 4</b>					
Bergvik – Transtigen	00:43:25	36	21,5	25,5	17
Transtigen – Bergvik	00:45:38	12	21,3	24,1	16
<b>Linje 5</b>					
Henstad – Stora torget	00:15:30	49	20,2	26,0	11
Stora torget – Henstad	00:12:47	17	26,2	31,0	7
<b>Linje 8</b>					
Grava kyrka – Sjöstad	00:39:16	13	24,8	28,6	18
Sjöstad – Grava kyrka	00:34:09	14	28,1	29,9	10

Linje 2 mellan Universitetet och Stora torget har endast 5 godkända turer men bedöms goda nog att användas på grund av att medelrestiden är snabbare än tidtabellen men långsammare än samma tur på andra hållet. Detta gör att själva restiderna håller god kvalitet men osäkerheten kring färdtiden är större än för de andra linjerna.



## 7 Omloppstider och fordonsbehov

Frågeställningen som ska besvaras är alltså om de hastighetsförändringar som en omskyltning medför kommer att leda till betydande restidsfördröjningar som kan medföra kostnadsökningar för trafikhuvudmännen och de entreprenörer som utför själva driften. Även om stadsbusstrafiken sällan når upp till den skyltade hastigheten är busslinjer ofta flera mil långa vilket gör att den absoluta restidsökningen över ett omlopp kan riskera att fordonsbehovet kommer att öka för att upprätthålla en oförändrad turtäthet.

Planeringen av fordonsbehov och omlopp gäller endast för de studerade linjerna på grund av att varje stad och linje är unik. Vad vi försöker svara på här är om det är troligt att en sänkning av den skyltade hastigheten kommer att föra med sig ett ökat fordonsbehov i Karlstad.

För att bredda resultaten använder vi tre olika hastighetsplaner för att kunna dra mer generella slutsatser angående risken för restidsfördröjningar av en omskyltning av hastigheterna i andra städer. Genom att studera en generell sänkning av hastigheten kan storleken på restidsfördröjningarna analyseras i ett vidare perspektiv.

Kapitlet består av tre delkapitel, metod och genomförande, resultat och slutsats. I metod och genomförande utvecklas hur färdtidsdatan och STRUTS har använts för att ge svar på frågeställningen.

### 7.1 Metod och genomförande

För att bedöma den skyltade hastighetens betydelse har linjerna som beskrivs i föregående kapitel studerats i verktyget STRUTS över hela omloppen, undantaget linje 2 som vi endast kunnat studera en del av. Samtliga linjer modelleras enligt nuvarande hastighetsplan och testas sedan enligt tre olika alternativ för att kunna dra så säkra slutsatser som möjligt angående den skyltade hastighetens betydelse. De tre alternativen har modellerats enligt hastighetsplan A, B och C nedan.

STRUTS är en excelbaserad beräkningsrutin utvecklad av Trivector Traffic för i första hand spårtrafik men även anpassningsbar för busstrafik. Genom att lägga in hastighetsgränser, stopp och hastighetsänkande hinder längs med busslinjens sträckning räknar verktyget, med hjälp av en känd accelerationsprofil för den aktuella fordonstypen, ut restiden för linjen. Man får även fram en körprofil för den aktuella linjen, se figur 15 nedan.

#### 7.1.1 Hastighetsplaner

För att kunna utvärdera den skyltade hastighetens påverkan för kollektivtrafiken över ett omlopp har vi valt att använda oss av flera olika framtida hastighetsplaner. Karlstad har för närvarande ingen bestämd framtida hastighetsplan utarbetad enligt *Rätt fart i staden* men vi har fått tillgång till ett förslag på en framtida hastighetsplan. Hur slutresultatet i verkligheten blir kan skilja sig betydligt från den erhållna

hastighetsplanen men är ändå det alternativ som bedöms som den mest realistiska förändringen av den skyltade hastigheten i Karlstad. Den erhållna hastighetsplanen ses som den realistiska följden av *Rätt fart i staden* och betecknas i fortsättningen som hastighetsplan A, se figur 7 i avsnitt 6.1.

Eftersom hastighetsplan A även innehåller en hel del hastighetshöjningar används två fiktiva hastighetsplaner för att kunna utvärdera en form av maximal teoretisk fördröjning över ett omlopp. Här kommer alltså även vägar som bedöms ha god nog framkomlighet för att behålla 50 km/h eller höjas till 60 km/h sänkas till 40 km/h. Dessa två planer grundar sig alltså inte på *Rätt fart i staden*.

Hastighetsplan B utgår från hastighetsplan A genom att behålla de hastighetssänkningar som är från 50 km/h till 30 km/h. Övriga sträckor har en generell sänkning av hastigheten där 50 blir 40 och 70 blir 60 km/h. Hastighetsplan B blir alltså den hastighetsplan som bör påverka restiden mest av de studerade hastighetsplanerna.

Hastighetsplan C är endast en generell sänkning av 50 till 40 och 70 till 60 km/h i hela Karlstad. Hastighetsplanen syfte är att utreda effekterna av skillnaden mellan att sänka vissa sträckor till 30 respektive 40 km/h. *Rätt fart i staden* kan även medföra sänkningar till 30 km/h vilket gör att effekterna även här bör utredas i ett vidare perspektiv.

I tabell 11 sammanfattas de tre hastighetsplanerna A, B och C.

**Tabell 11. Sammanfattning av de tre hastighetsplanerna.**

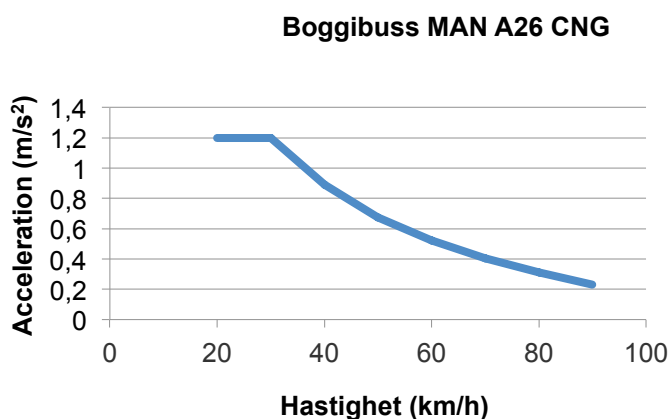
<b>Plan A</b>	Enligt Karlstads kommun (Figur 7 i avsnitt 6.1)
<b>Plan B</b>	Endast sänkningar: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 km/h → 30 km/h enligt plan A</li> <li>• Övriga 50 km/h sänks till 40 km/h</li> <li>• 70 km/h sänks till 60 km/h</li> </ul>
<b>Plan C</b>	Generell sänkning av dagens hastigheter: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 50 km/h → 40 km/h</li> <li>• 70 km/h → 60 km/h</li> </ul>

### 7.1.2 Modellering och simulering

Vid användande av STRUTS har först en omfattande inventering av linjerna utförts med hjälp av Google Streetview och linjekartan i figur 8. Inventeringen var tänkt att ge svar på var och när fördröjningarna uppstår men även för att identifiera sträckor där det är mindre troligt att den skyltade hastigheten uppnås. Ett inventeringsprotokoll med mer detaljer angående inventeringen, från linje 5 mellan Henstad och Stora torget, kan granskas närmare i bilaga 1. Modellerna byggdes delsträcka för delsträcka med de skyltade hastigheterna och samtliga kända fördröjningar som kurvor, korsningar, hållplatser och farthinder har beaktats. Bilderna på Google Streetview var från 2010 och 2011 vilket gör att där kan vara en del skillnader i antalet farthinder.

Karlstad kommun hade tyvärr inte heller någon aktuell förteckning av vilka farthinder som finns i gatunätet och därför har vi fått förlita oss på bilderna från Google.

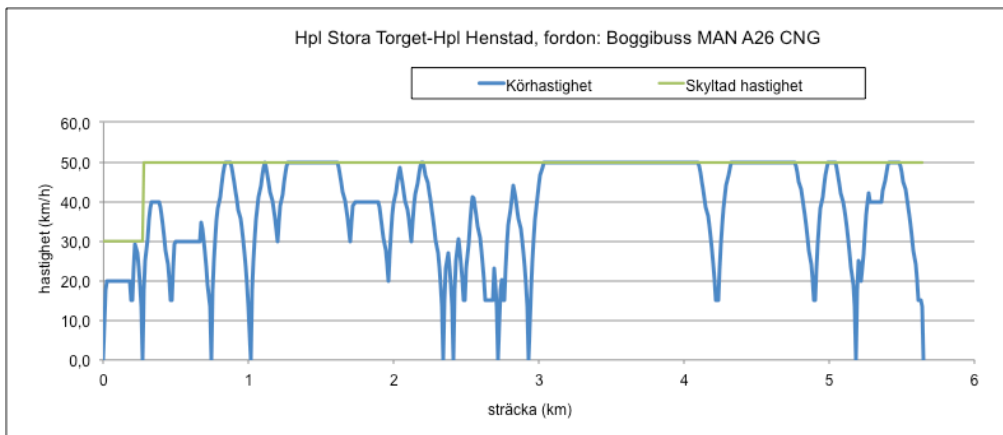
Beräkningarna i STRUTS bygger på fordonens accelerations- och retardationsprofil. I modellerna i detta examensarbete användes data från Trivektor för en buss av typen MAN A26 CNG som är relativt vanligt förekommande i Sverige. I modellen har den en konstant retardation på  $0,7 \text{ m/s}^2$  och en accelerationsförmåga som varierar mellan  $1,2 \text{ m/s}^2$  i hastigheter upp till  $35 \text{ km/h}$  och  $0,23 \text{ m/s}^2$  vid hastigheter mellan  $85 \text{ km/h}$  och  $90 \text{ km/h}$  vilket stämmer väl överens med de värden som Wendle (1997) anger (se avsnitt 4.5.2). Den valda accelerationsprofilen illustreras i figur 14. Modellen innehåller även ett ”kvalitetstillägg” som ska motsvara att bussen inte accelererar och retarderar enligt teorin, bland annat trycker olika busschaufförer förmodligen olika hårt på gasen.



Figur 14 Accelerationsprofil för MAN A26 CNG

De utbyggda modellerna i STRUTS kalibrerades sedan efter färdtidsdatan ur RAPP. För att skapa en så sannolik tur som möjligt togs det genomsnittliga antalet hållplatsstopp fram för varje linjevariant. I STRUTS lades sedan stopp in på detta antal hållplatser på vilka det var vanligast att bussen stannade. Stopptiderna som lades in är den genomsnittliga tiden för de bussar som stannade på hållplatsen. Modellerna kalibrerades mot de uppmätta medelåktiderna mellan hållplatserna. Faktumet att hållplatsstoppen ofta ”klumpar ihop sig” längs vissa partier på linjerna gör att det blir en viss hastighetsförskjutning där modellen är långsammare på vissa ställen och snabbare på andra.

I första hand har de fördröjningar som alltid uppträder tagits hänsyn till, till exempel tvära kurvor och farthinder. För dessa situationer har värden enligt kapitel 5 använts. I andra hand har stopptid längs linjen enligt RAPP beaktats och sedan har hastigheterna längs raksträckorna anpassats för att få överensstämmande körtider. En modell av denna typ blir aldrig perfekt men en körprofil skapas vilken är trolig att överensstämma med den verkliga körprofilen, se figur 15.



**Figur 15. Modellerad körprofil i nuläget för linje 5, Stora Torget - Henstad.**

Modellerade körprofiler för samtliga studerade linjer finns i bilaga 4.

Som det framgår av figuren ovan spenderas större delen av körtiden med hastigheter under 40 km/h men vid vissa partier nås hastigheter över 40 km/h. En hastighetsplan enligt *Rätt fart i staden* kan även medföra sänkningar från 50 till 30 km/h vilket bussen överstiger vid betydligt fler tillfällen. För en utförligare beskrivning av indata till STRUTS som skapat körprofilen i figur 15, se inventeringsprotokoll i bilaga 1 och STRUTS-modell i bilaga 2.

För att få bättre grepp om storleken på de fördröjningar som uppstår på grund av en omskyllning av hastigheten studeras variationen i restid för den linjevariant (halva omlopp) som uppvisar störst fördröjning, det vill säga den linje som har störst restidsfördröjning av linje 1, 4 eller 8. Ur RAPP kan man inte utläsa variationen men det går att få fram varje enskild tur med lite extra arbete. Eftersom varje tur måste studeras individuellt görs analysen endast för den linje med störst eventuell fördröjning.

### 7.1.3 Beräkning av fordonsbehov

Med de nya omloppstiderna beräknade enligt hastighetsplan A, B och C ska även fordonsbehovet i framtiden beräknas för att undersöka om en omskyllning av hastigheten kan medföra ett ökat fordonsbehov.

Karlstadbuss använder sig av omloppsoptimeringar för att minska fordonsbehovet och kostnaderna för kollektivtrafiken. Det gör att vi inte vet hur många fordon som används för att trafikera just de linjer som studerats. I stället utförs beräkningarna av fordonsbehovet linje för linje utifrån rimliga antaganden i tidtabellen.

För att fastställa omloppstiden studeras en avgångs resa fram och tillbaka längs linjen. Den tiden som är kvar tills nästa avgång vid ankomst till startpunkten kommer att bli reglertiden för linjen.

Varje linjes nuvarande fordonsbehov beräknas tillsammans med det framtida fordonsbehovet för det alternativ med längst omloppstider enligt avsnitt 7.2.1. Även kvarvarande regleringstid enligt tidtabell och enligt verkliga restider redovisas för att få en tydligare bild av omskyllningens eventuella påverkan.

## 7.2 Resultat

### 7.2.1 Omloppstider

De simulerade omloppstiderna för de nya hastighetsplanerna redovisas linje för linje i tabell 12-16 nedan för att ge en tydlig bild av skillnaden mellan de olika hastighetsplanerna. De simulerade medelåkhastigheterna visas i figurerna 16-20.

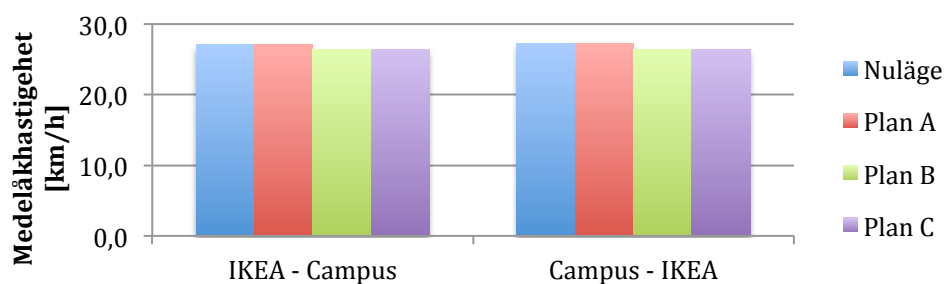
I bilaga 3 redovisas tabeller med den ackumulerade fördröjningen vid varje hållplats längs med de undersökta linjerna.

#### Linje 1

Enligt tabell 10 är restidsökningen för linje 1 med hastighetsplan A 0,3 minuter över ett helt omlopp. För hastighetsplan B och C är resultaten samma eftersom de är likadana just för denna linje. Där är fördröjningen 2,2 minuter över ett omlopp.

Tabell 10. Omloppstid för linje 1.

	Restid enligt modell [min]	Plan A [min]	Plan B [min]	Plan C [min]
IKEA – Campus	36,1	36,2 (+0,2 %)	37,1 (+2,7 %)	37,1 (+2,7 %)
Campus – IKEA	35,4	35,6 (+0,6 %)	36,6 (+3,4 %)	36,6 (+3,4 %)



Figur 16. Simulerad medelåkhastighet för linje 1.

## Linje 2

Enligt tabell 11 är restidsökningen för linje 2 med hastighetsplan A 1,4 minuter över ett helt omlopp. Med hastighetsplan B är ökningen 2,5 minuter och med hastighetsplan C 1,2 minuter. Det betyder att sträckorna med 30 km/h står för en stor del av fördröjningen i hastighetsplan A och B.

Tabell 11. Omloppstider för linje 2.

	Restid enligt modell [min]	Plan A [min]	Plan B [min]	Plan C [min]
Stora torget – Universitetet	17,5	17,8 (+1,7 %)	18,6 (+6,3 %)	18,1 (+3,4 %)
Universitetet – Stora torget	19,6	20,7 (+5,6 %)	21,0 (+7,1 %)	20,2 (+3,1 %)



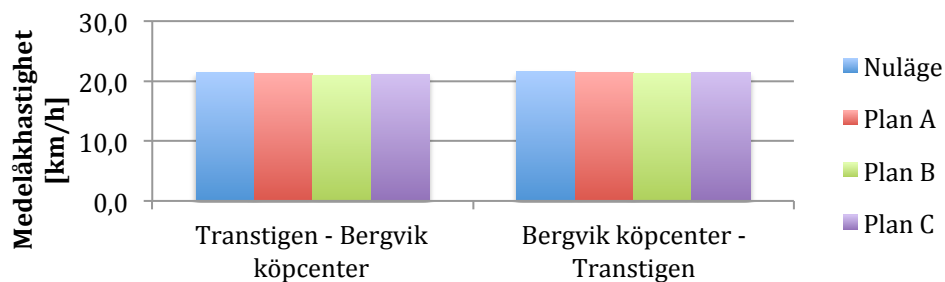
Figur 17. Simulerad medelåkhastighet för linje 2.

## Linje 4

Enligt tabell 12 är restidsökningen för linje 4 med hastighetsplan A 1,0 minuter över ett helt omlopp. Med hastighetsplan B är ökningen 1,6 minuter och med hastighetsplan C 1,2 minuter.

Tabell 12. Omloppstider för linje 4.

	Restid enligt modell [min]	Plan A [min]	Plan B [min]	Plan C [min]
Bergvik köpcentrum - Transtigen	43,5	44,0 (+1,1 %)	44,4 (+2,1 %)	44,0 (+1,1 %)
Transtigen – Bergvik köpcentrum	45,7	46,2 (+1,1 %)	46,8 (+2,4 %)	46,4 (+1,5 %)



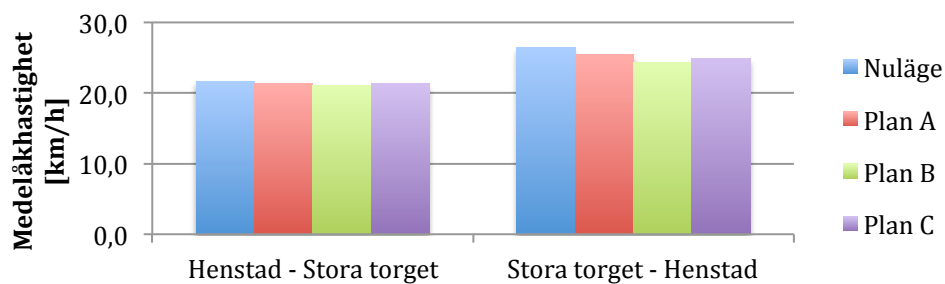
Figur 18. Simulerad medelåkhastighet för linje 4.

### Linje 5

Enligt tabell 13 är restidsökningen för linje 5 med hastighetsplan A 0,8 minuter över ett helt omlopp. Med hastighetsplan B är ökningen 1,6 minuter och med hastighetsplan C 1,1 minuter.

Tabell 13. Omloppstider för linje 5

	Restid enligt modell [min]	Plan A [min]	Plan B [min]	Plan C [min]
Henstad – Stora torget	15,5	15,8 (+1,9 %)	16,0 (+3,2 %)	15,8 (+1,9 %)
Stora torget – Henstad	12,8	13,3 (+3,9 %)	13,9 (+8,6 %)	13,6 (+6,3 %)



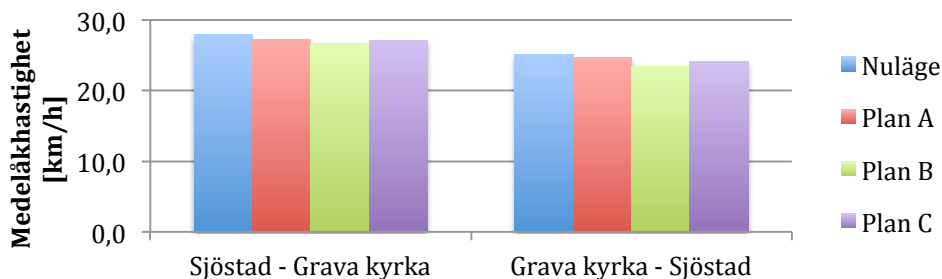
Figur 19. Simulerad medelåkhastighet för linje 5.

## Linje 8

Enligt tabell 14 är restidsökningen för linje 8 med hastighetsplan A 1,6 minuter över ett helt omlopp. Med hastighetsplan B är ökningen 3,8 minuter och med hastighetsplan C 2,9 minuter. Precis som för linje 2 är en stor del av restidsökningen kopplad till sträckor med 30 km/h.

Tabell 14. Omloppstider för linje 8.

	Restid enligt modell [min]	Plan A [min]	Plan B [min]	Plan C [min]
Grava kyrka - Sjöstad	39,3	40,0 (+1,8 %)	41,4 (+5,3 %)	41 (+4,3 %)
Sjöstad - Grava kyrka	34,1	35,0 (+2,6 %)	35,8 (+5,0 %)	35,3 (+3,5 %)



Figur 20. Simulerad medelåkhastighet för linje 8.

## Sammanfattning

Resultaten kan sammanfattas med att största restidsökningen över ett omlopp uppvisas av linje 8 med hastighetsplan B. Även hastighetsplan A och C visar störst restidsökning för linje 8. Den relativa restidsökningen för hastighetsplan A varierar mellan 0,4 % för linje 1 och 3,8 % för linje 2. Linje 8 som har störst restidsökning i absoluta tal har en relativ restidsökning på 2,2 %.

Det är alltså linje 8 från Sjöstad till Grava kyrka som uppvisar den största absoluta fördröjningen och blev då den linjevariant där vi valde att undersöka variationen i de godkända turerna för att få en bild av hur stor fördröjningen är i förhållande till den normala osäkerheten som råder i systemet.

Ur RAPP fås det att av de totalt 14 turer som är godkända för linje 8, från Sjöstad till Grava kyrka, varierar den verkliga restiden betydligt mer än den uppmätta fördröjningen utav en omskyllning av hastigheterna, se tabell 15.



Tabell 15 Variation för linje 8 Sjöstad – Grava kyrka

Från	Till	Körtid medeltur	Körtid snabbaste tur	Skillnad	Körtid långsammaste tur	Skillnad
Sjöstad	Grava kyrka	32:14	28:36	3:38	35:00	2:46

Restidsskillnaderna för linje 8 mellan Sjöstad och Grava kyrka varierar alltså mellan -3,6 och 2,8 minuter för de godkända turerna vilket visar att variationen är betydligt större än den uppmätta fördröjningen på 0,9 minuter.

### 7.2.2 Fordonsbehov

Enligt tabell 16 har fordonsbehovet bedömts bli oförändrat för hastighetsplan B som är den hastighetsplan med längst omloppstider. Samtliga linjer klarar sig på samma fordonspark efter omskyltningen.

Tabell 16. Beräknat fordonsbehov enligt nuläge och hastighetsplan B

Linje	Fordonsbehov enligt tidtabell	Reglertid enligt tidtabell [min]	Reglertid enligt erhållna restider [min]	Fordonsbehov worst case	Återstående reglertid [min]
1 <sup>5</sup>	4	10	6,5	4	4,3
2 (Stora torget – Universitetet)	3	5 <sup>6</sup>	8	3	5,4
4	5	6	9	5	6,9
5	2	12	11,7	2	10,1
8	5	14	16,6	5	12,8

<sup>5</sup> Gäller endast de turer som trafikerar hela linje 1, inte förstärkningsturer mellan Stora Torget och Universitetet

<sup>6</sup> Uppskattat, ca 10 % av omloppstiden

### 7.3 Slutsats

Resultaten visar precis som Trivectors studie i Umeå att det är troligt med vissa mindre fördröjningar av restiden utifrån en omskytning av hastigheten. Men resultaten visar även att storleken på fördröjningarna är mycket små.

Hastighetsplan A som är det mest realistiska alternativet av de föreslagna visar att alla linjer utom linje 1 kommer att få fördröjningar. Däremot är storleken på fördröjningarna små. Maximal fördröjning över ett halvt omlopp blir 1,1 minuter eller 1,6 minuter över ett helt omlopp. Storleken på fördröjningarna är i de flesta fall mycket små, jämfört med den totala omloppstiden men linje 2 uppvisar en relativ fördröjning på 5,6 %. Sammantaget kan man säga att det verkar som att restidsfördröjningarna längs linjerna blir mycket små och det bedöms inte som speciellt troligt att de kommer leda till några större bekymmer för kollektivtrafiken i Karlstad.

Hastighetsplan B var tänkt att simulera värsta möjliga utfallet för restiden genom att nästan hela linjerna får en hastighetssänkning. Här upplever samtliga linjer en restidsfördröjning men fortfarande är storleken på fördröjningarna relativt små. Den största fördröjningen uppnås på linje 8 där flera sträckor som är bedömda att få en höjd hastighetsgräns istället får sänkt vilket leder till betydande fördröjningar. Hastighetsplan B visar dock att det finns en risk för påverkan av kollektivtrafikens restider och omloppstider utifrån en omskytning av hastigheten. Det kan vara så att det existerar någon linje i Sverige som endast kommer att beröras av sänkningar som då kan få problem att klara omloppstiderna, framför allt om de redan är pressade i nuläget. Men bedömningen är att det i så fall skulle vara specialfall, inte en generell påverkan utifrån en omskytning av hastigheterna.

Hastighetsplan C var tänkt att undersöka om de omskyltade sträckorna med 30 km/h har en större påverkan på res- och omloppstiderna. Här märks det i resultaten att de få 30-sträckor som finns faktiskt ger betydande fördröjningar jämfört med om de hade skyltats om till 40 km/h istället. Störst skillnad uppnås på linje 2 där skillnaden mellan att skylta 30 eller 40 km/h visar sig bli hela 1,3 minuter trots att linjen är relativt kort. Detta ger stöd för att linjer som idag till stor del har skyltat hastighet av 50 km/h kan få problem med att hålla tidtabell och omloppstider ifall en större del av sträckan skyltas om från 50 till 30 km/h.

Vid analys av variationen i färdtidmätningarna från RAPP märktes det att denna är större än restidsökningen över ett omlopp. Det gör att restidsökningarna är så pass små att de har en väldigt liten betydelse i det stora hela. Däremot har inte restidsökningarna testats för ytterligheterna, vilket gör att det inte går att dra några slutsatser om en omskytning av hastigheterna ökar eller minskar variationen.

Fordonsbehovet för de analyserade linjerna kontrollerades endast för hastighetsplan B och där bedömdes fordonsbehovet vara oförändrat. Storleken på fördröjningarna är för små för att kunna spräcka de reglertider som normalt existerar. Faran är om man har omloppstider som är starkt pressade och tidtabellen ofta dras över, då kan en omskytning av hastigheterna vara avgörande för att omloppstiderna spricker. Men

linjer som uppvisar problem med att hålla tidtabellen bör åtgärdas i nuläget, grundproblemet är inte omskyltningen utan ett förut existerande problem.

Sammanfattat kan man dra slutsatsen utifrån de resultat vi har fått att en omskyltning av hastigheterna inte kommer skapa några *nya* problem med att hålla tidtabell och omloppstider för de studerade linjerna, det finns däremot en risk att nuvarande problem förvärras.

## 8 Kollektivtrafikens attraktivitet

Analysen av kollektivtrafikens skillnad i attraktivitet, enligt frågeställning nummer två, kommer att begränsas till att utreda om ändrade hastigheter i tätort kommer påverka kollektivtrafikens restider annorlunda jämfört med bilens. Det vill säga, förändras restidskvoten mellan kollektivtrafiken och biltrafiken på grund av en omskyldad hastighet?

### 8.1 Metod och genomförande

För att utvärdera hur stora restidsökningarna blir för kollektivtrafiken används de modeller som konstruerats för att beräkna ökningen av omloppstiderna i kapitel 7. Modellerna är konstruerade efter en trolig snittur under morgontrafiken och ger därmed en trovärdig indikation på hur stor restidsökningen kommer att bli för kollektivtrafiken i Karlstad.

För att kunna utreda attraktivitetens påverkan för kollektivtrafiken i ett bredare perspektiv behövs egentligen betydligt mer data än vad som finns att tillgå i detta läge. Det behövs tillgång till fler städer och många fler resrelationer för att kunna bedöma effekterna på restidskvoten av en omskyldning av hastigheten med någon form av statistik säkerhet. Optimalt hade varit att testa ”verkliga” resor med verkliga resrelationer som baseras på en resvaneundersökning och jämföra dessa resor mellan kollektivtrafik och biltrafik.

Vi utgår därför från studien *Nya hastighetsgränser i tätort* 2008 av Hydén et al. I studien utvärderades de möjliga effekterna på restiden för bilar i sex svenska städer. De bedömde att restidsökningen för biltrafiken kommer ligga kring 3-5 % enligt deras mätningar.

I studien hade de tillgång till hastighetsmätningar, före och efter en omskyldning, samt vägnätets längd och hur långa sträckor som får sänkning respektive höjning. De använde sedan sina hastighetsmätningar för att bestämma restidsskillnaden längs hela sträckorna med förändrade hastigheter. Eftersom de använde hastighetsmätningar mitt på sträckan, där hastigheten troligtvis är som störst, blir deras restidsökning troligtvis något överskattad, något som de själva påpekar i studien.

Enligt Hydén et al. 2008 utfördes även en studie 2005 i Växjö som kom fram till liknande resultat. Övriga slutsatser som drogs var att restidsökningen för bilister antagligen låg närmare 3 % än 5 % på grund av vald undersökningsmetod. Slutsatsen enligt deras studier blev alltså att restiderna för bil kommer öka någonstans mellan 3 och 5 % men sannolikt närmare 3 än 5 %.

Riktvärdet 3 % enligt Hydén et al. 2008 används i detta examensarbete för att utreda restidskvotens utveckling i Karlstad. Allra bäst hade varit om Karlstad hade ingått i studien av Hydén et al. eller att undersöka Karlstad på ett liknande sätt. Men på grund av bristande tid utförs ingen sådan undersökning, det är dock sannolikt att resultaten hade blivit någonstans i spannet av 2,5 – 6,4 % som deras resultat varierade mellan.

Genom att jämföra de nya restiderna med de gamla fås ett värde av hur stor restidsökningen är för kollektivtrafiken längs med de studerade linjerna. Metoden ger ett liknande generellt värde på restidsökningen men självklart gäller inte resultaten för alla resor. För att validera resultaten behövs också fler linjer från flera städer. Men resultaten kan i alla fall ge en indikation på hur kollektivtrafiken påverkas av en omskyltning.

Eftersom de bedömningar som är gjorda enligt Hydén et al. 2008 är för hastighetssänkningar och höjningar utarbetade enligt *Rätt fart i staden* används hastighetsplan A i analysen för att få så jämförbara värden som möjligt.

De förändrade restiderna som fås används sedan till att beräkna en ny restidskvot som i sin tur används till att räkna fram en förändring av kollektivtrafikens andel av resorna inom Karlstad. För detta används det samband som presenteras i ekvation 6 i avsnitt 4.2.2.

För att få ett bättre underlag och för att kunna göra en bredare analys inkluderas även de mätningar som Trivector utförde i Umeå. Metoden de använde i *Rätt fart i Umeå* är lik metoden som är vald i detta examensarbete, varför även deras resultat kan användas för att analysera restidskvoten mellan bil- och kollektivtrafik.

För att få ytterligare bredd i analysen av påverkan på restiden från hastighetsplan A studeras även vanligt förekommande resrelationer i Karlstad, det vill säga mellan de stora målpunkterna för de olika linjerna. Eftersom det saknas information om biltrafikens fördröjning på grund av en omskyltning av hastigheten är denna del endast till grund för en analys vad det gäller resenärens upplevelse av restidsökningen för kollektivtrafiken.

## 8.2 Resultat

### 8.2.1 Total restidsförändring

Restiderna före omskyltningen i Karlstad samt de simulerade restiderna efter omskyltningen enligt avsnitt 7.2.1 presenteras i tabell 17 nedan.

Tabell 17. Restider enligt alternativ A.

Linje	Restid nuläge [min]	Restid hastighetsplan A [min]
1	36,1	36,2
1	35,4	35,6
2	17,5	17,8
2	19,6	20,7
4	43,5	44
4	45,7	46,2
5	15,5	15,8
5	12,8	13,3
8	39,3	40
8	34,1	35
Totalt:	299,5	304,6
Skillnad		1,7 %

Restiderna längs med de trafikerade kollektivtrafiklinjerna ökar med ca 1,7 % vilket är lägre än de 3 % som biltrafikens restider bedömts öka. Det är även lägre än den lägsta restidsökning som Hydén et al. 2008 hittade i någon av deras sex försöksorter. Resultatet ger således en svag indikation på att restidskvoten kommer att förbättras. Resultaten behöver som tidigare nämnts valideras med fler mätningar.

Restiderna enligt *Rätt fart i Umeå* (Pettersson et. al. 2010) visade en maximal fördröjning av 1,1 minuter över ett halvt omlopp. Sammanfattning av resultaten från studien presenteras i tabell 18 nedan.

Tabell 18. Restider enligt *Rätt fart i Umeå*.

Linje	Restid nuläge [min]	Restid med nya hastighetsgränser [min]
1	86,3	86,7
2	42,4	43,3
5	106,3	107,7
6	104,6	105,8
7	68,5	69,8
8	85,7	86,2
9	113,6	114,9
69	104,2	106,1
Totalt:	711,6	720,5
Skillnad:		1,3 %

Resultaten från Umeå visar alltså att restidsförlängningen för kollektivtrafiken endast blir 1,3 % vilket styrker resultaten från Karlstad. Restidsökningen för kollektivtrafiken verkar alltså bli mindre än vad den kommer att bli för bilen.

### 8.2.2 Viktiga resrelationer

I tabell 19 nedan redovisas restiderna för några viktiga resrelationer i Karlstad. Som synes blir förändringen väldigt olika för de olika relationerna, från en förbättring på 0,8 % mellan Stora Torget och Bergvik köpcentrum till en försämring med 5,6 % för en resa med linje 2 från Stora Torget till Universitetet.

Tabell 19. Skillnad i restid mellan större målpunkter i Karlstad.

Linje	Från	Till	Restid nuläge	Restid hastighetsplan A	Förändring
1	Universtitetet	Stora torget	11,7	11,9	+1,7 %
1	Stora torget	Ikea	18,5	18,5	+0,0 %
2	Universitetet	Stora torget	19,6	20,7	+5,6 %
2	Stora torget	Universitetet	17,5	17,8	+1,7 %
4	Stora torget	Bergvik köpcentrum	25,6	25,4	-0,8 %
4	Bergvik köpcentrum	Stora torget	25,4	25,5	+0,4 %

### 8.2.3 Beräkning av kollektivtrafikandel

För beräkning av kollektivtrafikens andel används uppgifter om antal bilresor och kollektivtrafikresor från en resvanundersökning som gjordes i Karlstad 2004 (Hammarström et. al. 2005). Sedan dess har resandet med buss ökat stort (en ökning med 54 % sedan 2005 enligt Karlstadsbuss) men eftersom det behövs jämförbara

siffror för biltrafiken används uppgifterna från 2004. Enligt dessa gjordes 11 200 kollektivtrafikresor och 100 800 biltrafikresor per dygn inom Karlstad. Detta ger en kollektivtrafikandel på 10 %.

En ökning av restiden för kollektivtrafiken med 1,7 % kombinerat med en ökning av restiden för biltrafik med 3 % skulle ge en förbättring av restidskvoten med 1,3 % enligt ekvation 8 nedan.

$$\text{Restidskvot}_2 = \frac{\text{kolltid}_2}{\text{biltid}_2} = \frac{\text{kolltid}_1 * 1,017}{\text{biltid}_1 * 1,03} = \frac{\text{kolltid}_1}{\text{biltid}_1} * 0,987$$

**Ekvation 8. Förändring av restidskvot.**

Genom att vi vet kollektivtrafikens andel av resorna i grundläget och förändringen i restidskvot kan ekvation 6 användas för att beräkna en ny kollektivtrafikandel till följd av den förändrade restidskvoten. Enligt dessa förutsättningar skulle kollektivtrafikens andel av resorna inom Karlstad öka till 10,2 % vilket motsvarar en ökning på 210 resor per dygn.

### **8.3 Slutsats**

Både resultaten från Umeå och Karlstad indikerar att restidskvoten mellan kollektivtrafiken och bilen förbättras av en omskyltning av hastigheterna även om restiden för kollektivtrafiken verkar bli något längre än i nuläget. Kollektivtrafiken har vanligtvis fler stopp längs med sina rutter vilket gör att det är lägre chans att de kommer upp i skyltad hastighet, här blir alltså kollektivtrafikens svaghet dess fördel mot bilen i denna jämförelse.

Redovisningen av förändringarna för enskilda resrelationer visar på att det i vissa fall kan uppstå fördröjningar som är större än de 3-5 % som bedöms gälla för biltrafiken. Om dessa relationer har ett stort resande kan detta vara allvarligt då ett stort antal resenärer kan tänkas överge kollektivtrafiken. Ju större resandet är för en viss relation desto viktigare är det att kollektivtrafiken är ett starkt alternativ till bilen.

Beräkningen av den förändrade restidskvoten och kollektivtrafikens andel visar på en liten ökning av resande med kollektivtrafiken. Det ska dock påpekas att de uppgifter om antal resor i Karlstad är gamla och att mycket har hänt framför allt vad gäller resandet med kollektivtrafik sedan 2004 samt att det använda sambandet mellan restidskvot och kollektivtrafikandel är framtaget för Storstockholm och förmodligen ser något annorlunda ut för Karlstad. Resultaten visar dock på att det finns möjligheter att öka kollektivtrafikens attraktivitet och andel i samband med hastighetsöversyner.



## 9 Faktorer som avgör den skyltade hastighetens betydelse

Den tredje och sista frågeställningen i detta examensarbete gäller om det går att se vilka yttre faktorer som är avgörande för om det blir några effekter för kollektivtrafiken av en förändrad hastighetsgräns eller inte. Beroende på faktorer som gatutyp, hållplatsavstånd, linjedragning och förekomst av andra hinder kan effekterna tänkas bli olika.

### 9.1 Metod och genomförande

För att kunna dra några generella slutsatser om vilken typ av sträckor som påverkas av en förändrad skyltad hastighet görs en genomgång av alla sträckor som får sänkt hastighetsgräns från 50 km/h till 40 km/h enligt hastighetsplan A. Utifrån denna genomgång och med komplettering i form av några sträckor där det blir stora effekter i plan B dras slutsatser varför det uppstår stora fördröjningar på vissa av sträckorna, men inte på andra. För att ytterligare belysa effekterna av korta hållplatsavstånd och krokiga linjer testas dessa båda faktorer teoretiskt varefter ett antal sträckor tas ut och analyseras vidare. Slutligen görs även en kort genomgång av de sträckor som får sänkt hastighetsgräns till 30 km/h. All data i detta kapitel är hämtad från de simuleringar som gjordes i kapitel 7.

### 9.2 Resultat

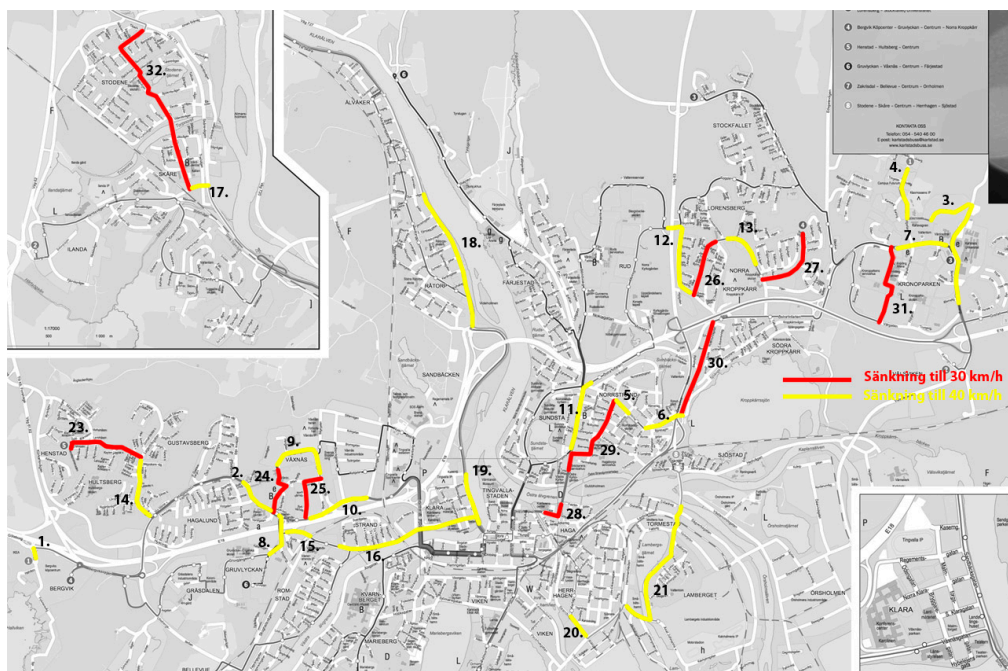
#### 9.2.1 Sträckor som påverkas

Alla sträckor som bedöms vara föremål för en sänkning från 50 km/h till 40 km/h enligt Karlstads kommuns hastighetsplan har analyserats och i tabell 20 nedan redovisas fördröjningarna för de aktuella sträckorna till följd av en sänkning enligt våra modeller. Se även karta i figur 21 nedan.

Tabell 20. Fördröjningar för sträckor som sänks från 50 km/h till 40 km/h.

Nr.			Ena riktningen	Andra riktningen
1	Ikea	Linje 1	0 %	0 %
2	Jättens väg - Ramgatan	Linje 1	1 %	6 %
3	Klarinettgatan - Frödingshöjd	Linje 1	4 %	0 %
4	Höstgatan - Campus	Linje 1	0 %	1 %
5	Mårbackagatan	Linje 2	3 %	6 %
6	Sunnegatan	Linje 2	1 %	3 %
7	Kronoparkskyrkan - Universitetet	Linje 2	3 %	4 %
8	Engelska skolan – Växnäs bytespunkt	Linje 4	0 %	0 %
9	Vårdcentralen Växnäs - Petersbergsgatan	Linje 4	1 %	2 %

10	Hagalundsvägen	Linje 4	1 %	3 %
11	Hantverkaregatan – Ö Infarten	Linje 4	0 %	2 %
12	Skogsbackeskolan – Gustaf Fröding	Linje 4	10 %	10 %
13	Lingonstigen - Kroppkärrskolan	Linje 4	1 %	0 %
14	Morbror Rubens väg – Mor Märtas väg	Linje 5	1 %	16 %
15	Spårgatan – Västerstrands	Linje 5	6 %	2 %
16	Västerstrands - Länstyrelsen	Linje 5	6 %	4 %
17	Utkanten av Skåre	Linje 8	4 %	0 %
18	Råtorpsvägen	Linje 8	7 %	10 %
19	Tingvalla IP - Centrum	Linje 8	0 %	0 %
20	Strandvägen - Vägmästaren	Linje 8	0 %	0 %
21	Hamnpirsgatan – Faktorigatan	Linje 8	2 %	0 %



Figur 21. Karta över de sträckor längs busslinjerna som får sänkt hastighet enligt plan A. Röda sträckor sänks från 50 km/h till 30 km/h och gula sträckor sänks till 40 km/h. (Grundkarta Karlstadsbuss linjekarta 2012).

De sträckor som påverkas mest enligt tabellen ovan är alltså linje 4 mellan Skogsbackeskolan och Gustaf Frödings väg och linje 8 längs Råtorpsvägen. Bägge dessa sträckor utmärker sig genom att det finns inga eller väldigt få hinder och stopp som hindrar bussarna från att komma upp i skyltad hastighet. Även sträckan mellan Morbror Rubens väg och Mor Märtas väg (nr. 14) visar stora fördröjningar i ena



För att undersöka vilken betydelse hållplatsavståndet har utan påverkan av andra faktorer byggdes en modell i STRUTS bestående av en raksträcka på en mil. Med denna modell gjordes tester där avståndet mellan hållplatserna minskades efter hand tills det inte uppstod någon fördröjning mellan en hastighetsgräns på 50 km/h och 40 km/h.

Tabell 21 nedan visar hur stora fördröjningar en buss får av en sänkning från 50 km/h till 40 km/h vid olika hållplatsavstånd enligt denna modell. Är hållplatsavståndet 150 meter eller mindre kommer bussen alltså inte att hinna upp i 40 km/h innan det är dags att börja bromsa inför nästa hållplats.

En busslinje med ett ”optimalt” hållplatsavstånd på 300-800 meter enligt Wendle (1997) skulle alltså få fördröjningar på över 5 % av en hastighetssänkning från 50 km/h till 40 km/h.

**Tabell 21. Fördröjning vid olika hållplatsavstånd till följd av en sänkning av hastigheten från 50 km/h till 40 km/h**

Hållplatsavstånd	Fördröjning (min/km)
800 m	0,24 (15 %)
700 m	0,23 (14 %)
600 m	0,22 (13 %)
500 m	0,20 (11 %)
400 m	0,17 (9 %)
300 m	0,12 (5 %)
200 m	0,03 (1 %)
150 m	0,00 (0 %)

Den stäcka med långa hållplatsavstånd som har setts som mest intressant är linje 8 mellan Norra Älvåker och Södra Råtorp. Denna sträcka är ungefär 3 km lång och har 6 hållplatser med ett avstånd på mellan 410 m och 850 m. Den löper dessutom parallellt med linje 2 (se figur 23) som har mycket kortare avstånd mellan hållplatserna vilket hade varit en intressant jämförelse. Tyvärr finns det ingen färdtidsdata för denna del av linje 2 så därför har denna jämförelse inte varit möjlig att göra.



Figur 23. Linjerna 2 (grön) och 8 (turkos) mellan Norra Älvåker och Södra Råtorp. (Karlstadsbuss linjekarta 2012, bearbetad av författarna).

Hela sträckningen mellan Norra Älvåker och Södra Råtorp har idag en hastighetsgräns på 50 km/h. I den hastighetsplan som Karlstads kommun tagit fram höjs de nordligaste 1 700 meterna till 60 km/h medan resterande del av sträckan (1 370 meter) sänks till 40 km/h.

Tre scenarier har analyserats och redovisas i tabell 22 och tabell 23. De två första scenarierna baseras på Karlstads kommuns hastighetsplan där vi i det första alternativet endast tagit hänsyn till de sänkningar av den skyltade hastigheten som planeras och det andra alternativet tar även med höjningen från 50 km/h till 60 km/h. För att bättre studera effekterna av just en sänkning från 50 km/h till 40 km/h testas även en sänkning av hela sträckan. I alla tre scenarierna stannar bussen på samtliga hållplatser på sträckan.

Tabell 22. Fördröjningar mellan Norra Älvåker och Södra Råtorp (sydlig riktning)

	Fördröjning (min)	Fördröjning (min/km)
Plan A – endast sänkning	0,20	0,07 (3 %)
Plan A – även höjningar	0,02	0,00 (0 %)
Hela sträckan 40 km/h	0,58	0,19 (10 %)

**Tabell 23. Fördröjningar mellan Södra Råtorp och Norra Älvåker (nordlig riktning).**

	<b>Fördröjning (min)</b>	<b>Fördröjning (min/km)</b>
Plan A – endast sänkning	0,19	0,06 (3 %)
Plan A – även höjningar	0,05	0,02 (1 %)
Hela sträckan 40 km/h	0,49	0,17 (8 %)

En lämplig sträcka med korta hållplatsavstånd att studera är linje 8 mellan Lambergsgratan och Faktorigatan. Denna sträcka är ungefär 700 meter lång och har fem hållplatser med ett avstånd på mellan 240 m och 150 m. Hela sträckan har idag en begränsning på 50 km/h och föreslås i hastighetsplanen sänkas till 40 km/h.

Modellerna som baseras på färdtidsdata från den aktuella linjen visar att bussarna inte kommer upp i en hastighet över 40 km/h i dagsläget, även om stopp inte läggs in på alla hållplatserna utan bara på de stopp som är vanligast under morgonrusningen. Därför borde det inte bli några effekter av en sänkning av den skyltade hastigheten till 40 km/h.

### **9.2.3 Krokiga linjer**

I likhet med vad gäller hållplatsavstånd byggdes en teoretisk modell upp för att testa påverkan av tvära svängar. Enligt denna modell som baseras på accelerations- och retardationsdata enligt avsnitt 7.1.2 kommer bussen inte upp i 40 km/h om det är mindre än 140 meter mellan de tvära kurvorna. Det förutsätts i testet att bussen har en hastighet på 15 km/h genom kurvan (se avsnitt 4.5.4).

Två avsnitt som kan betraktas som krokiga har valts ut att studera närmare. Dessa är sträckorna Gräsdalsgatan – Oskarslund och Våxnäs bytespunkt – Låglandsgatan på linje 4 (se figur 24 nedan). Sträckan från Våxnäs bytespunkt till Låglandsgatan är ca 2 000 meter lång och har idag en hastighetsgräns på 50 km/h medan sträckan mellan Gräsdalsgatan och Oskarslund är drygt 700 meter och har en hastighetsgräns på 50 km/h utom på delen närmast Oskarslund där det är reglerat till 30 km/h.

Enligt den kalibrerade modell som byggts upp i STRUTS kommer bussen i dagsläget inte upp i 40 km/h någonstans varken på sträckan mellan Våxnäs bytespunkt och Plintgatan eller mellan Gräsdalsgatan och Oskarslund i någon av riktningarna även om man bortser från hållplatsstoppen. Sträckan mellan Plintgatan och Låglandsgatan skulle enligt modellen däremot få en fördröjning på 0,12 minuter (0,06 min/km eller 5 %) i riktning mot centrum om hastighetsgränsen sänktes till 40 km/h. Denna del av sträckan har dock längre raksträckor där bussen tillåts komma upp i högre hastigheter.



Figur 24. Sträckorna Gräsdalsgatan - Oskarslund (t.v.) och Våxnäs bytespunkt - Lågländsgatan (t.h.). (Karlstadsbuss linjekarta 2012, bearbetad av författarna)

#### 9.2.4 Sänkning till 30 km/h

En genomgång av de sträckor som sänks från 50 km/h till 30 km/h i något av scenarierna visar att en sänkning av hastigheten ger fördröjningar på samtliga av dessa sträckor oavsett vilken typ av sträcka det rör sig om. Gemensamt för sträckorna är att fördröjningarna blir små eller obefintliga om hastighetsgränsen istället skulle sänkas till 40 km/h, vilket tyder på att de sträckor som är aktuella för en sänkning redan idag har relativt låga hastigheter. I tabell 24 nedan redovisas samtliga sträckor som får sänkt hastighetsgräns från 50 km/h till 30 km/h och fördröjningen i den mest kritiska riktningen, se även figur 21.

Dock kan det finnas ytterligare 50-sträckor där bussarna idag inte kommer upp i en hastighet över 30 km/h av olika anledningar och som alltså inte skulle påverkas av en hastighetssänkning. Dessa sträckor har vi inte tagit med här eftersom de inte heller är aktuella för en sänkning.

Tabell 24. Fördröjning för sträckor som sänks från 50 km/h till 30 km/h.

Nr.			30 km/h	40 km/h
23	Henstad – Morbror Rubens väg	Linje 5	20 %	4 %
24	Våxnäs bytespunkt – Våxnäs vårdcentral	Linje 4	4 %	0 %
25	Petersbergsgatan - Sydvärnsgatan	Linje 4	6 %	1 %
26	Gustaf Fröding - Lingonstigen	Linje 4	21 %	0 %
27	Kroppkärrskolan - Transtigen	Linje 4	3 %	0 %
28	CCC - Nygatan	Linje 2	12 %	2 %
29	Hantverkaregatan - Ransättersgatan	Linje 2	14 %	3 %
30	Sunnegatan - Sidogatan	Linje 2	18 %	3 %
31	Fagottgatan - Kroppkärrskyrkan	Linje 2	12 %	4 %
32	Linje 8 genom Skåre och Stodene	Linje 8	13 %	3 %

### 9.3 Slutsats

För att bussarna över huvud taget ska komma upp i 40 km/h krävs enligt de accelerations- och retardationsprofiler som har använts i våra modeller ett avstånd på minst 150 meter mellan hållplatsstoppen. Detta gäller givetvis även stopp orsakade av annat än hållplatser. Motsvarande avstånd för tvära svängar eller andra hastighetsdämpande hinder är 140 meter.

Sett över alla de fem linjer som undersökts i detta examensarbete är det endast sträckor där busstrafiken har mycket god framkomlighet som det blir någon större effekt av en sänkning till 40 km/h. Alla former av stopp eller hinder minskar sträckan på vilken bussen kan komma upp i maximal hastighet.

Samtliga sänkningar från 50 km/h till 30 km/h verkar däremot ge effekt i form av fördröjningar oavsett andra faktorer. Dock är fördröjningarna olika stora.

Vad gäller påverkan av gatutyp kan det konstateras att de allra flesta lokalgator kommer att få en sänkt hastighet till 30 km/h både enligt Karlstads kommuns förslag och enligt *Rätt fart i staden*. Därmed blir effekten i form av ökad restid för kollektivtrafiken längs dessa större än för motsvarande huvudgator som förmodligen får en hastighetsgräns på 40 km/h eller högre.



## 10 Slutsatser och diskussion

### 10.1 Res- och omloppstider

Resultaten från kapitel 7 visade att restider och omloppstider för kollektivtrafiken endast kommer att påverkas i en liten utsträckning av en omskytning av hastigheten i Karlstad. Framkomligheten är i de flesta fall inte god nog för att den skyltade hastigheten ska uppnås och oftast inte ens god nog för att 40 km/h ska uppnås.

Den valda metoden med att testa olika hastighetsplaner visade ändå att där kan finnas risk för att vissa linjer i Sverige kan få betydande effekter av en omskytning av hastigheten. För att detta ska inträffa krävs dock att flera olika faktorer samverkar och detta är därmed inte sannolikt i någon större utsträckning. Restidsökningarna generellt för ett halvt omlopp verkar i Karlstad såväl som Umeå ligga någonstans mellan mellan 0 och 1 minuter. Storleken på fördröjningarna motsvarar alltså ca 1-2 genomsnittliga hållplatsstopp. Det är därmed inte speciellt troligt att de möjliga problemen angående en omskytning av hastigheterna kommer att vara speciellt stora. Storleken på fördröjningarna visar att de nuvarande tidtabells- och omloppstiderna måste vara ordentligt pressade i nuläget för att fördröjningar i denna storlek skulle ge någon större effekt.

Ingen av linjerna som testats i Karlstad med hastighetsplan A eller som Trivector tidigare testat i Umeå har visat upp fördröjningar i en storleksordning som gör att en linje som fungerar bra i nuläget kommer att fungera dåligt efter en eventuell omskytning.

För att få effekter som är stora nog att skapa större problem i Karlstads kollektivtrafiknät krävdes det en aggressiv sänkning, enligt hastighetsplan B, av den skyltade hastigheten längs med hela linjerna och först då visade det sig att linje 8 får en fördröjning på 3,8 minuter vilket får räknas som en betydande fördröjning. Men en linje som har denna typ av framkomlighet i nuläget kommer med största sannolikhet få höjda hastigheter längs med delar av linjen, inte sänkta hela vägen.

Hastighetsplan C visade i sin tur att 30-sträckorna längs med linjerna stod för en hel del av fördröjningarna. Storleken på fördröjningarna bestämdes sedan i kapitel 9 men när det gäller omloppstider verkar det som att linjer med stora sträckor med sänkningar från 50 till 30 km/h kan få problem med omloppstiderna. Ingen av linjerna i Karlstad hade längre sträckor med denna typ av sänkning men det går inte att utesluta att det inte kan vara så i någon annan stad. Det kan alltså vara viktigt huruvida den framtida hastigheten sätts till 30 eller 40 km/h längs med en linje eftersom en sänkning till 30 km/h ger påverkan för i princip alla undersökta fall.

De ytterst små förändringarna enligt plan A kan tolkas som att hastighetsplanen är genomförd enligt intentionerna i *Rätt fart i staden*, d.v.s. att hastighetsgränserna ska anpassas till de förhållanden som råder och att busstrafikens hastighet redan idag är anpassad till gatans förutsättningar snarare än den skyltade hastigheten. Även i studien som Hydén et. al. (2008) gjorde kan man se att de hastighets-sänkningar som

gjordes i de studerade städerna, framförallt till 30 km/h, var på gator där medelhastigheten redan var låg (se avsnitt 3.3).

I kapitel 9 undersöktes de sträckor som fick en betydande restidsökning av omskyltningen enligt de olika hastighetsplanerna för att ytterligare utreda de möjliga effekterna. De situationer som märktes när det gäller 50 till 40 km/h var avsnitt med mycket god framkomlighet och även då var förlusterna små. Det verkar helt enkelt som att kollektivtrafiken har svårt att hinna upp i den skyltade hastigheten av flera anledningar. Avstånden mellan hastighetsdämpande hinder måste vara minst 140 meter och mellan stopp minst 150 meter för att bussarna ska komma upp över 40 km/h och för att en effekt över huvud taget ska påvisas. Detta är dessutom utan påverkan från övrig trafik, det krävs alltså mycket god framkomlighet för att en omskyltning ska påverka restiderna i någon större utsträckning.

Eftersom Karlstadsbuss precis som de flesta andra kollektivtrafikhuvudmän har ett mål om att fördubbla resandet med kollektivtrafiken är det möjligt att bussen kommer att vara tvungen att stanna på en större andel av hållplatserna på grund av det ökade antalet resenärer. Detta kan innebära större fördröjningar för busstrafiken än en sänkt hastighetsgräns skulle göra då ett hållplatsstopp i genomsnitt ger en fördröjning på mellan 24 och 32 sekunder enligt Wendle (1997).

Avsnitten där det uppstår fördröjningar vid en sänkning från 50 till 40 km/h är få i hastighetsplan A. I hastighetsplan B är de desto fler men det är förståeligt då vägar som bedöms att få en hastighetshöjning, i denna plan stället får en sänkning. Dessa vägar har ofta stora hållplatsavstånd och mycket god framkomlighet vilket gör att effekterna blir betydligt större där. Det troliga scenariot i verkligheten är alltså att de 50-sträckor som skulle påverkats mest av en sänkning kommer att få en höjning och kan därmed gynnas av omskyltningar enligt *Rätt fart i stadens* metodik.

Som nämns i bland annat Swecos litteraturstudie finns det en risk att kollektivtrafiken ska uppleva fördröjningar vid höjningar från 50 km/h till 60 km/h, trots den högre skyltade hastigheten. Skillnaden mellan 50 och 60 km/h är att vid 50 km/h har kollektivtrafiken företräde vid utkörning från hållplatser. Ett företräde som upphör vid en höjning till 60 km/h. Vid en hög belastning på sådana sträckor i rusningstid kan det betyda fördröjningar vid utfart från framför allt fickhållplatser.

Flera av sträckorna har sänkts till 30 km/h och där visar samtliga sträckor upp en fördröjning. Det verkar alltså som att en sänkning från 50 till 30 km/h kan ge betydande restidsökningar. Här bör alltså kollektivtrafikplanerare vara vaksamma om de har en linje som kommer få långa sträckor med 50 sänkt till 30 km/h. Fördröjningarna var olika stora i olika områden men upp mot 21 % längs sträckan Gustaf Fröding – Lingonstigen vilket till stor del består av en raksträcka i villaområde. Flera av 30-sträckorna har en fördröjning på över 10 % vilket visar att busstrafiken i Karlstad har så pass god framkomlighet att 30 km/h är en hastighet vilken busstrafiken ofta överstiger.

Med tanke på att de nya 30-sträckorna idag har en hastighet på 50 km/h och att en sänkning till 40 km/h ger mycket lägre effekt, om någon alls, så verkar det som att en sänkning till 30 km/h är den största potentiella faran, oavsett var sänkningen utförs, för kollektivtrafikens restider och omloppstider. Dessa sträckor med 30 km/h har varierande karaktär och det verkar alltså som att sänkningen av den skyltade hastigheten i samtliga fall innebär en betydande restidsökning.

Däremot kunde inte de mest centrala delarna av Karlstad undersökas på grund av att centrum redan har en skyltad hastighet på 30 km/h. Vi kan således inte dra några säkra slutsatser angående fördröjningar av en omskyltning i centrala områden.

## 10.2 Fordonsbehov

Beräkningarna av fordonbehov visade att en generell sänkning av den skyltade hastigheten enligt värsta fallet, hastighetsplan B, inte skulle leda till att det behövs fler fordon än i dagsläget. Samma slutsats drogs av Trivector när de undersökt det framtida fordonbehovet i Umeå.

Reglertiderna enligt tidtabell i Karlstad är helt enkelt så stora att det inte finns något stöd för att en sänkning av hastigheterna kommer att ha en avgörande betydelse i frågan. Problemet med slutsatsen är att i praktiken används omloppsoptimeringar i Karlstad vilket gör att de reglertider vi uppskattat från tidtabellen kan vara betydligt mindre. Det kan även vara så att fackliga bestämmelser gällande arbetstid och rast för chaufförerna kan göra dagens system extra känsligt för ytterligare fördröjningar. Men eftersom storleken på fördröjningarna är så pass små som de bedöms vara enligt våra modeller bör det inte leda till några problem. En noggrannare analys av de faktiska omloppen skulle ge säkrare svar på frågan.

På grund av att samtliga turer inte godkänns i RAPP som tidigare beskrivits har vi använt en snittur under högrafik istället för den mest kritiska turen vilket gör att slutsatsen kring fordonbehovet är något svag. Det är vid den mest kritiska turen som ytterligare fördröjning blir avgörande för fordonbehovet. Men storleken på de fördröjningar som kommer från en omskyltning av hastigheten är så små att ett kollektivtrafiksystem med så pass små marginaler ändå bör åtgärdas i nuläget.

Överlag verkar det som att de studerade linjerna i Karlstad kan hålla sin tidtabell även i rusningstrafik, med en omskyltad hastighet enligt hastighetsplan A, men egentligen behövs det endast att den kritiska turens omloppstid spricker för att fordonbehovet kommer att öka för att behålla nuvarande tidtabell.

Det verkar alltså som en förändring av hastighetsgränserna enligt *Rätt fart i stadens* metodik generellt inte kommer att leda till några betydande restidsökningar eller ökat fordonbehov. Däremot kan det vara så att enstaka linjer kan få problem med att hålla tidtabell eller omloppstider om de uppfyller något av följande kriterier:

- Har problem i nuläget att hålla tidtabellen och/eller omloppstiden
- Har hastighetssänkning längs med större delen av sträckan samt saknar möjlighet att köra in tid
- Stor del av linjen sänks från 50 till 30 km/h

- Hastighetsplanen utförs på ett sådant sätt att den innebär omotiverade sänkningar av hastigheten

Först om någon av dessa faktorer (eller egentligen alla fyra) uppfylls har en omskyllning av hastigheten någon större effekt på kollektivtrafikens omloppstider och restider.

Risken för att en idag väl fungerande linje kommer att falla på grund av omskyllade hastigheten bedöms alltså som osannolik. Det kan dock vid vissa tillfällen uppkomma en situation då en skyltad hastighet är det som är avgörande för att omloppstiderna spricker men storleken på resultaten visar att istället för att behålla den nuvarande skyltningen bör en av två saker göras:

1. Öka tidtabellstiden eftersom problem finns redan i nuläget
2. Jobba med framkomligheten i andra avseenden än den skyltade hastigheten då den har så pass liten betydelse, om någon alls.

### 10.3 Attraktivitet

Slutsatsen som dras i kapitel 8 är att det verkar som att kollektivtrafikens attraktivitet gentemot bilen förbättras något trots en förlängd restid. Storleken i absoluta tal på restidsökningen är så pass liten att den inte lär ha några negativa effekter för resenären. Samtidigt försämras restiden mindre för kollektivtrafiken än vad den gör för bilen vilket bör leda till en liten konkurrensfördel.

Det är dock viktigt att påpeka att restiden i fordonet är den del av kollektivtrafikresan som uppfattas som minst besvärlig. Den lilla skillnaden i restidskvot har en väldigt liten betydelse för hela resan, framför allt när andra faktorer rankas så pass mycket mer uppoffrande. Därför bör utförare av kollektivtrafik arbeta mer med andra aspekter av kollektivtrafiken än att bry sig om den skyltade hastigheten eftersom den lär ha liten eller ingen betydelse för resenärerna när det gäller tätortstrafik.

Sammantaget verkar det som att en omskyllning av hastigheten enligt *Rätt fart i stadens* metodik kan och bör bli positiv för kollektivtrafikens attraktivitet. Det finns en möjlighet att använda omskyllningen som grund för en bättre kollektivtrafik genom att ytterligare förstärka kollektivtrafikens roll i staden. En tydlig prioritering av kollektivtrafiken kan ytterligare stärka skillnaderna i restid genom att exempelvis ge företräde för kollektivtrafik i korsningar och vid hållplatser.

### 10.4 Ytterligare effekter

En omskyllning av hastigheterna enligt *Rätt fart i staden* kommer antagligen att öka säkerheten för kollektivtrafikresenärerna. Dels genom att risken för att skadas på väg till eller från hållplatsen blir lägre tack vare de lägre hastigheterna i trafiken omkring men även att trafiken väntas få ett jämnare långsammare tempo vilket gynnar kollektivtrafikresenärerna i fordonen på grund av den tidigare förklarade sambandet mellan förarens körsätt och olycksrisk.

Den eventuella fara som kan uppstå är om det är en linje som redan i nuläget har problem att upprätthålla tidtabellen och får en ytterligare fördröjning som kommer att

läggas på chaufförerna. Det vill säga med nuvarande acceleration- och retardationsprofil kommer inte tidtabellen att upprätthållas vilket gör att chaufförerna får kompensera med en mer aggressiv körstil samt högre hastigheter och det i sin tur kan leda till att fallolyckor på bussen ökar men även öka risken för kollisioner med annan trafik. Därför bör eventuella fördröjningar på grund av en omskyllning av hastigheterna kompenseras i tidtabell för att säkerställa förbättringar i säkerheten för kollektivtrafikresenärerna.

I Karlstad har man de senaste åren jobbat mycket med att förbättra förutsättningarna för en högkvalitativ kollektivtrafik med god framkomlighet. Resultaten i detta examensarbete visar att man inte behöver oroa sig för att satsningar på förbättrad trafiksäkerhet i form av sänkta hastighetsgränser ska motverka detta arbete.

För att sammanfatta diskussionen ovan bedöms helt enkelt en omskyllning enligt *Rätt fart i staden* ge endast ringa effekter på restider, omloppstider och attraktivitet. Varken storleken på fördröjningarna eller attraktivitetsvinster är stor nog för att dra någon annan slutsats än att den skyltade hastigheten har mycket låg betydelse för kollektivtrafiken i sig men även resenärerna.

## 10.5 Metoddiskussion

I detta examensarbete har vi valt att använda det av Trivector Traffic utvecklade vertyget STRUTS för att bygga upp modeller av de aktuella linjerna i Karlstad och göra simuleringar av hur den skyltade hastigheten påverkar restiderna för kollektivtrafiken. STRUTS är ett väldigt enkelt Excel-program utvecklat för att göra gångtidsberäkningar för framför allt tågtrafik men även för bussar. Man hade kunnat använda något mer avancerat simuleringsprogram såsom VISSIM, VISUM eller en kombination av dessa. För att det ska vara meningsfullt att använda sig av sådana program krävs det dock mycket mer data och gärna en redan uppbyggd modell för den stad man vill undersöka. Det gjordes ett examensarbete i Linköping 2011 som testade just om simuleringar är en lämplig metod för att undersöka om förändrade hastigheter i tätort ger effekter för kollektivtrafiken. I detta examensarbete kom man fram till att det krävs väldigt mycket indata och att om man inte har tillgång till allt som krävs går det inte att dra några slutsatser (Engdahl & Eriksson 2011). Vi har på grund av bland annat detta valt att göra enklare simuleringar där vi själva har större kontroll.

Den valda simuleringsmetoden förutsätter dock en grundligare inventering till skillnad mot om det hade funnits en färdig modell för exempelvis VISUM. Eftersom vi inte haft möjlighet att göra inventering på plats i Karlstad använde vi oss av funktionen Street view i Google Maps. De bilder från Karlstad som finns i Google Maps är från 2010 och 2011 vilket gör att det finns risk att det har skett förändringar i infrastrukturen som medför att färdtidsdatan inte hänger ihop med modellen fullt ut, främst kan det ha tillkommit farthinder under de senaste åren. Skillnader som vi upptäckt är bland annat två nya cirkulationsplatser. Tyvärr hade inte Karlstad kommun någon uppdaterad förteckning över farthinder, varför Googles bilder var det bästa alternativet.

Färdtidsdatan som används för att kalibrera modellerna är hämtade från vardagar mellan 07.00 och 09.00 i november 2012. Mars följt av november är de månader med högst antal kollektivtrafikresenärer under året och därför ansågs november lämplig. Tyvärr visade det sig att det inte fanns speciellt många godkända turer för flera av linjerna. Anledningar till att turerna inte blivit godkända och därmed inte lästs in i analysprogrammet RAPP kan vara flera. Ett av de vanligare felen är att den uppmätta distansen mellan två hållplatser inte stämmer med den förväntade eller att systemet har identifierat att bussen befinner sig på en annan hållplats än vad som förväntades. Eftersom RAPP automatiskt filtrerar bort "felaktiga" turer har vi dålig kontroll på vilka turer som kommit med. Det kan till exempel vara så att de turer som har haft störst problem att hålla tidtabellen filtrerats bort och att de medelvärden som presenteras i programmet är i underkant. Vi har dock gjort bedömningen att det antal turer som finns med är tillräckligt för att bygga upp en "sannolik" tur under den valda tidsperioden. Alternativet hade varit att undersöka den mest kritiska turen som man valde att göra i Umeå. Detta var dock inte möjligt med den data och de program vi hade tillgång till.

Eftersom de värden som fås av RAPP är medelvärden för ett antal turer blir det en del "förskjutningar" i restid och hållplatsstopp. Nästintill inget hållplatsstopp har använts vid varje tur vilket gör att den acceleration och retardation som inträffar vid varje hållplats blir inbakad i restiden. I STRUTS används en fix accelerations- och retardationsprofil vilket gör att partier där det är vanligt med flera stopp får problem att hålla de tider som uppmätts i verkligheten medan de partier där stopp är ovanligt blir ofta för snabba.

Det är även svårt att veta varför den skyltade hastigheten inte uppnås längs vissa sträckor, det kan vara på grund av annan trafik, köer eller men även krypkörning för att inte vara för snabb för tidtabellen. Möjligheten finns även att infrastrukturen kan ha ändrats vilket kan ge en del effekter. Men överlag är samtidigt avstånden mellan hållplatserna så pass korta att om något extremt inträffat skulle det märkts i modellerna, men inget "överdrivet" har inträffat.

Modellerna tar inte hänsyn till framtida trafikutveckling som köer osv. men ju mer trafik längs med de trafikerade vägarna desto mindre blir effekterna utav en omskytning av hastigheten eftersom kollektivtrafikens framkomlighet då försämras. Modellerna tar inte heller hänsyn till omflyttning av trafik eller ett lugnare körtempo som har uppmätts av Hydén et al. (2008).

Enligt Wendle (1997) är accelerationsprofilerna olika vid stopp och vid tvära svängar. I STRUTS kan man dock bara ha en accelerationsprofil som används i alla situationer. Denna skillnad är dock så pass liten att det inte bedöms påverka resultatet.

Den valda metoden för att bedöma förändringen i restider över omloppen i Karlstad ger egentligen endast svar på hur just de här omloppen påverkas. Att översätta resultaten i Karlstad till generella resultat är svårt men användandet av olika hastighetsplaner gör att det blir tydligare hur mycket som måste inträffa samtidigt för

att en kollektivtrafiklinje i Sverige ska kunna få betydande problem med sina omloppstider.

I och med att man i Karlstad använder sig av optimeringssystemet HASTUS för att planera tidtabeller och omlopp har vi inte kunnat göra en rättvisande beräkning av fordonsbehovet. Dock visar beräkningarna på att en hastighetssänkning inte borde få några negativa konsekvenser vad gäller fordonsbehov. För att göra en fullständig beräkning av fordonsbehovet behöver man förmodligen konstruera en helt ny tidtabell efter de förändrade förutsättningar som gäller där hänsyn tas till hela systemet, inte bara de linjer vi har valt. Det kan också finnas lokala överenskommelser vad gäller till exempel raster för förarna som vi inte känner till och därmed inte kunnat ta hänsyn till.

Vad gäller bedömningen av den eventuella förändringen av kollektivtrafikens attraktivitet hade det optimala varit ett betydligt större resunderlag med verkliga resrelationer från flera städer där både restidsökning för bil och kollektivtrafik är beräknad. Den valda metoden är dock stark nog för att kunna påvisa att där faktiskt är en skillnad mellan bil och kollektivtrafik. Kollektivtrafiken påverkas *mindre* än bilen av en omskytning av hastigheten.

## **10.6 Förslag till vidare studier**

Både under arbetet med detta examensarbete och som resultat av det samma har det uppkommit förslag på vidare undersökningar och studier.

För det första hade det varit bra med en före- och efterstudie vad gäller effekterna för kollektivtrafiken av förändrade hastighetsgränser för att validera och styrka de resultat som vi har kommit fram till.

Vi har i detta arbete berört kollektivtrafikens attraktivitet men inte kunnat göra några djupare analyser, bland annat på grund av brist på material men även på grund av bristande tid. Vi kan dock konstatera att det finns potential att i samband med en hastighetsöversyn förbättra kollektivtrafikens attraktivitet men det hade varit bra med djupare studier som gör djupare analyser av den relativa attraktiviteten och svarar på hur denna kan förbättras.

Det hade även varit intressant att studera hur eventuella försämringar vad gäller busstrafikens framkomlighet kompenseras, om chaufförerna tvingas till ett aggressivare körsätt för att hålla tidtabellerna och vilka effekter det i så fall får.

## 11 Källförteckning

Andersson, PG 2012, Föreläsning(120328): *Kollektivtrafik linjenät* Kurs: VTTN10 Kollektivtrafik, [2013-01-30]  
[http://mittkursbibl.lub.lu.se/get\\_doc.cgi/VTTN10\\_Linjen%E4tsplanering\\_120328.pdf?document\\_id=33775](http://mittkursbibl.lub.lu.se/get_doc.cgi/VTTN10_Linjen%E4tsplanering_120328.pdf?document_id=33775)

Bång, Karl-Lennart och Pezo-Silvano, Ary (2012), *Utvärdering av nya hastighetsgränser i tätort*, KTH Trafik och logistik, Stockholm

Elvik, Rune; Christensen, Peter och Amundsen, Astrid (2004), *Speed and road accidents – an evaluation of the power model*, TOI report 740/2004, Institute of Transport Economics, Oslo

Engdahl, Pontus & Eriksson, Linda (2011), *Rätt fart i staden – Hur påverkas busstrafiken av förändrade hastigheter i tätort*, Institutionen för teknik och naturvetenskap, Linköpings Universitet

Ericsson, Eva och Ahlström, Petra (2008), ”Miljö” i *Trafiken i den hållbara staden*, Hydén, C (red.), Studentlitteratur, Lund

Hammarström, Jan; Ahlström, Petra; Viklund, Linnea & Allström, Andreas (2005), *Attityd- och resvaneundersökning RVU 04 – sammanställning och resultat*, Trivector rapport 2005:15

Holmberg, Bengt (2008), ”Kollektivtrafik”, i *Trafiken i den hållbara staden*, Hydén, C (red.), Studentlitteratur, Lund

Hydén, Christer (2008), ”Trafiksäkerhet” i *Trafiken i den hållbara staden*, Hydén, C (red.), Studentlitteratur, Lund

Hydén, Christer; Jonsson, Thomas; Linderholm, Leif och Towliat. Mohsen (2008) *Nya hastighetsgränser i tätort - Resultat av försök i några svenska kommuner*. Lund, Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för Teknik och samhälle, Trafik och väg. Bulletin 240

Jonsson, Christoffer & Karlsson, Sara (2011), *Utvärdering av de nya hastighetsgränserna - De nya hastighetsgränsernas effekt för kollektivtrafiken*, SWECO Infrastructure

Karlstadsbuss (2012), *Snabbfakta och historik [2013-03-28]*,  
<http://karlstad.se/karlstadsbuss/om-karlstadsbuss/historik/>

Linderholm, Leif m.fl (2001), *Bussprioritering - effekter på framkomlighet och säkerhet. Huvudrapport*, Vägverket publikation 2001:1



Linderholm, Leif m.fl (2004), *Busshållplatser i tätort – effekter på framkomlighet och säkerhet vid olika utformning*, Vägverket publikation 2004:36

Lunds kommun (2011), *LundaMaTs II – verksamhet & resultat 2011*, Tekniska förvaltningen i Lund

Petersson, Björn; Gibrand, Malin & Andersson, PG (2010), *Rätt fart i Umeå – Leder en ny hastighetsplan till ökade kostnader för kollektivtrafiken?*, Trivector Traffic rapport 2010:10

Prop. 2003/04:160, *Fortsatt arbete för en säker vägtrafik*, Stockholm: Näringsdepartementet

Prop. 2008/09:93, *Mål för framtidens resor och transporter*, Stockholm: Näringsdepartementet

SKL & Vägverket (2008), *Rätt fart i staden – Hastighetsnivåer i en attraktiv stad*. SKL Kommentus AB, Stockholm. ISBN: 978-91-7345-203-8

Skånetrafiken (2000), *Bussar och Lugna gatan – kör buss snabbt utan att det går fort*

Torstenfelt, Marcus (2011), *Placering av högkvalitativ kollektivtrafik i befintlig stadsmiljö*, Lund, Lunds Tekniska Högskola, Trafik och väg, Thesis 216

Trafikverket (2010), *Bussar och gupp – Utgångspunkter, avsikter och fakta*, publikation 2010:052

Trafikverket (2012), *Utvärdering av nya hastighetsgränser*. Publikation 2012:135

Trafikverket & SKL (2012), *Kol-TRAST – Planeringshandbok för en attraktiv och effektiv kollektivtrafik*

Transportstyrelsen (2012), *Överklagande av Länsstyrelsens i Värmlands län beslut om högsta tillåtna hastighet inom tätbebyggda områden i Karlstads kommun*, [2013-01-15], <http://www.transportstyrelsen.se/sv/Vag/Trafikregler/Beslut-i-overklagningsarenden/Hastighetsbegransning/Tattbebyggda-omraden-i-Karlstads-kommun/>

Trivector (2013), *Vemos – system för trafikledning*, [2013-03-28], [http://www.trivector.se/trivectorforetagen/trivector\\_system/produkter\\_tjanster/programvara\\_trafikinfosystem\\_tritrans/trafikledning/](http://www.trivector.se/trivectorforetagen/trivector_system/produkter_tjanster/programvara_trafikinfosystem_tritrans/trafikledning/)

Vaas, Thor (1993) *Personskader og risiko ved bussreiser*

Vägverket (1999), *Bussar och bulor*, publikation 1999:147

Vägverket (2001), *Kollektivtrafik – effektkatalog och handledning*, publikation 2001:82

Vägverket (2005), *Regeringsuppdrag om hastighetsgränser på vägarna*. Publikation 2005:100

Vägverket (2008), Nya hastighetsgränser. Faktablad.  
[http://www.trafikverket.se/PageFiles/2745/faktablad\\_080327.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/2745/faktablad_080327.pdf)

Vägverket (2010), Utvärdering av nya hastighetsgränser, delrapport mars 2010  
[http://www.trafikverket.se/PageFiles/52898/utvardering\\_av\\_nya\\_hastighetsgranser.pdf](http://www.trafikverket.se/PageFiles/52898/utvardering_av_nya_hastighetsgranser.pdf)

Wendle, Björn (1997), *Vad fördröjer bussen?- en studie av stadsbusstrafikens framkomlighet och förslag till framkomlighetsfrämjande åtgärder*, examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola, Institutionen för trafikteknik, Thesis 92

Wendle, Björn och Linderholm, Leif (2002), *30 km/tim – bra eller dåligt för busstrafiken?*, Trivector Traffic, Lund, Rapport 2002:45

Wretstrand, Anders 2011, Föreläsning: *Generaliserad restid* Kurs: VTTN10 Kollektivtrafik 2011-03-18

## 11.1 Figurer

Figur 6 och 7: hastighetsplaner erhållna av Karlstads kommun. Framtida hastighetsplan är endast arbetsmaterial.

Övriga kartor: Karlstadsbuss linjekarta 2012. Bearbetade av författarna.

## Bilaga 1 – Inventeringsprotokoll linje 5

Vid inventeringen av linjerna har följande faktorer identifierats

- Områdestyp eller vägtyp
- Hållplatsutformning osv.
- Raksträckor
- Tvära svängar
- Lätta svängar (något hastighetsdämpande)
- Korsningar
- Cirkulationsplatser
- Bussgator
- Farthinder
- Övergångsställe

Sträckorna från inventeringsprotokollet har justerats efter färdtidsdatan i bilaga 4 vid modellering i STRUTS. Sträckornas längd i protokollet nedan är de uppmätta och är därmed okorrigerade.

*---Villaområde---*

### **Hållplats Henstad**

50 km/h

*Tvär sväng 60 meter (Vänster- och högersväng)*

*Raksträcka 50 meter*

*Korsning, lämna företräde åt höger, ska rakt fram*

*Raksträcka 80 meter*

*Korsning, lämna företräde åt höger, ska rakt fram*

*Raksträcka 70 meter*

### **Hållplats Mässgatan körbanehållplats**

*Raksträcka 10 meter*

*Korsning, lämna företräde åt höger, ska rakt fram*

*Bussgata start*

*Raksträcka 50 meter*

*Lätt sväng 30 meter*

*Raksträcka 50 meter*

*Lätt sväng 20 meter*

*Raksträcka 40 meter*

*Hinder för biltrafik*

*Raksträcka 10 meter*

*Korsning, lämna företräde åt höger, ska rakt fram*

*Raksträcka 30 meter*

### **Hållplats Liljecronas väg körbanehållplats**

*Raksträcka 20 meter*

*Lätt sväng 40 meter*

*Raksträcka 60 meter*

*Korsning, lämna företräde åt höger, ska rakt fram*

*Raksträcka 80 meter*

*Korsning, lämna företräde åt höger, ska rakt fram*

*Raksträcka 40 meter*

**Hållplats Kavaljersvägen körbanehållplats**

*Raksträcka 20 meter*

*Korsning, lämna företräde, svänga höger*

*Tvär sväng 20 meter*

*---Huvudled ---*

*Raksträcka 130 meter*

**Hållplats Morbror Rubens väg körbanehållplats**

*Raksträcka 330 meter*

**Hållplats Brobyvägen körbanehållplats**

*Lätt sväng 50 meter*

*Raksträcka 140 meter*

*Korsning, ska vänster, lämna företräde, Stopp troligt*

*Tvär sväng 20 meter*

*Raksträcka 20 meter*

**Hållplats Mor Märta's väg fickhållplats**

*Raksträcka 250 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 85 meter*

**Hållplats Kaprifolgatan fickhållplats**

*Raksträcka 220 meter*

**Hållplats Ö Gustavsbergsv. Fickhållplats**

*Raksträcka 340 meter*

**Hållplats Jättens väg Fickhållplats**

*Raksträcka 360 meter*

**Hållplats Violgatan fickhållplats**

*Raksträcka 100 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 30 meter*

*Cirkulationsplats, lämna företräde, rakt fram*

*Tvär sväng 50 meter (Cirkulationsplats)*

*Raksträcka 30 meter*

**Hållplats Våxnäs bytespunkt Körbanehållplats**

*Raksträcka 20 meter*

*Övergångsställe*

*Tvär sväng höger 30 meter (Cirkulationsplats)*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 150 meter*

*Tvär sväng 40 meter*

*Raksträcka 70 meter*

**Hållplats Spårgatan körbanehållplats**

*Raksträcka 30 meter*

*Tvär sväng 20 meter*

*Raksträcka 200 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 140 meter*

**Hållplats Västerstrands fickhållplats**

*Raksträcka 30 meter*

*Övergångsställe med farthinder*

*Raksträcka 250 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 90 meter*

**Hållplats Klaravik**

*Raksträcka 320 meter*

**Hållplats Idalagatan fickhållplats**

*Raksträcka 80 meter*

*övergångsställe*

*Raksträcka 150 meter*

*Korsning, trafikljus, ska rakt fram*

*Raksträcka 270 meter*

**Hållplats Länsstyrelsen körbanehållplats**

*Raksträcka 20 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 100 meter*

*Övergångsställe*

*170 meter raksträcka*

*Övergångsställe*

*Korsning, lämna företräde, ska höger, troligt stopp*

*Tvär sväng 20 meter*

*Raksträcka 160 meter*

*Övergångsställe*

*--- centralt---*

*Korsning, vänstersväng, lämna företräde för mötande trafik*

*Tvär sväng 20 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 90 meter*

**Hållplats Residenstorget**

*Raksträcka 30 meter*

*Övergångsställe*

*Raksträcka 120 meter*

**Hållplats Stora Torget**

## Bilaga 2 – STRUTS-modell linje 5

Acc. Längd	Sth	Kommentar	Stopp	Restid	Faktisk restid	Skyltad hastighet
km	km/h	T.ex. stationsnamn		minuter	hh:min:sek	
0,000	15	<b>Hpl Henstad</b>	1	0,0	00:00:00	50
0,060	40	Tvär sväng slut		0,2		50
0,110		Korsning		0,4		50
0,120				0,4		50
0,190		Korsning		0,5		50
0,200				0,5		50
0,250	50	<b>Hpl Mässgatan</b>	20	0,6	00:00:41	50
0,260				0,7		50
0,270		Korsning		1,1		50
0,310	40	Lätt sväng start		1,2		50
0,340		Lätt sväng slut		1,3		50
0,390		Lätt sväng start		1,3		50
0,410	50	Lätt sväng slut		1,4		50
0,450	20	Farthinder start		1,5		50
0,460	50	Farthinder slut		1,5		50
0,470		Korsning		1,5		50
0,480				1,5		50
0,490	30	<b>Hpl Liljecronas väg</b>		1,5	00:01:31	50
0,510		Lätt sväng start		1,6		50
0,550	40	Lätt sväng slut		1,7		50
0,610	20	Korsning		1,8		50
0,620	30			1,8		50
0,690	20	Korsning		2,0		50
0,700	30			2,0		50
0,720		<b>Hpl Kavaljersvägen</b>	22	2,1	00:02:11	50
0,730				2,2		50
0,740	15	Korsning+tvär sväng start		2,6		50
0,760	50	Tvär sväng slut		2,7		50
0,900	30	<b>Hpl Morbror Rubens väg</b>		2,9	00:03:00	50
0,910				2,9		50
1,230	30	<b>Hpl Brobyvägen</b>		3,6	00:03:44	50
1,280		Lätt sväng slut		3,7		50
1,420	15	Korsning+tvär sväng start	1	4,0		50
1,440	30	tvär sväng slut		4,2		50
1,470	50	<b>Hpl Mor Märta's väg</b>	14	4,3	00:04:26	50
1,720				5,1		50
1,730	30	Övergångsställe start		5,1		50
1,740	50	Övergångsställe slut		5,1		50
1,830	30	<b>Hpl Kaprifolgatan</b>		5,2	00:05:11	50

1,840	50			5,3		50
2,050		<b>Hpl Ö Gustavsbergsvägen</b>	13	5,6	00:05:47	50
2,060				6,0		50
2,390		<b>Hpl Jättens väg</b>	15	6,5	00:06:29	50
2,400				6,6		50
2,760		<b>Hpl Violgatan</b>	17	7,5	00:07:18	50
2,770				7,6		50
2,860	30	Övergångsställe start		8,1		50
2,870	50	Övergångsställe slut		8,1		50
		Cirkulationsplats+tvär sväng				
2,890	20	start		8,2		50
2,940	50	Tvär sväng slut		8,3		50
2,980		<b>Hpl Våxnäs Bytespunkt</b>	13	8,5	00:08:06	50
2,990				8,5		50
3,000	40	Övergångsställe start		8,8		50
		Övergångsställe				
		slut+cirkulationsplats+tvär				
3,010	20	sväng start		8,9		50
		Tvär sväng				
3,040	50	slut+övergångsställe start		9,0		50
3,050	50	Övergångsställe slut		9,0		50
3,200	20	Tvär sväng start		9,2		50
3,240	50	Tvär sväng slut		9,4		50
3,270		<b>Hpl Spårgatan</b>		9,4	00:09:03	50
3,300	20	Tvär sväng start		9,5		50
3,320	50	Tvär sväng slut		9,5		50
		Övergångsställe start, skylt				
3,520	30	30		9,9		30
3,530	30	Övergångsställe slut		9,9		30
3,670		<b>Hpl Västerstrands</b>		10,2	00:09:55	30
3,680				10,2		30
		Övergångsställe med				
3,700	20	farthinder start		10,2		30
3,710	30	Övergångsställe slut		10,3		30
3,780	50	Skylt 50		10,4		50
3,950	40	Övergångsställe start		10,6		50
3,960	50	Övergångsställe slut		10,7		50
4,040		<b>Hpl Klaravik</b>	13	10,8	00:10:44	50
4,050				10,9		50
4,370		<b>Hpl Idalagatan</b>		11,6	00:11:22	50
4,380				11,7		50
4,450	40	Övergångsställe start		11,7		50
4,460	50	Övergångsställe slut		11,8		50
4,600		Trafikljus	17	12,0		50
4,610				12,1		50
4,910	30	<b>Hpl Länsstyrelsen</b>		12,9	00:12:42	50
4,920				12,9		50

4,930	20	Övergångsställe start		12,9		50
4,940	30	Övergångsställe slut		13,0		50
5,030	20	Övergångsställe start		13,2		50
5,040		Övergångsställe slut		13,2		50
5,200	20	Övergångsställe start		13,7		50
5,210	15	Övergångsställe slut+tvär sväng start		13,7		50
5,230	20	Tvär sväng slut		13,8		50
5,380	30	Övergångsställe start + skylt		14,3		30
5,390	15	Övergångsställe slut+tvär sväng start	2	14,3		30
5,410	20	Tvär sväng slut+övergångsställe start		14,5		30
5,420		Övergångsställe slut		14,6		30
5,480		<b>Hpl Residenstorget</b>	14	14,7	00:14:45	30
5,490				14,8		30
5,510	20	Övergångsställe med avsmalning		15,2		30
5,520				15,2		30
5,620		<b>Hpl Stora Torget</b>	1	15,5	00:15:30	30



## Bilaga 3 – Ackumulerade fördröjningar

### Linje 1

Campus – Ikea

Hållplats	Nuvarande restid	Restid hastighetsplan A	Acc. Fördröjning
Campus	0,0	0,0	0,0
Klasmossens IP	0,2	0,2	0,0
Höstgatan	1,1	1,1	0,0
Frödingshöjd	3,0	3,0	0,0
Universitetet	5,3	5,3	0,0
Klarinettgatan	7,1	7,1	0,0
Södra kyrkogatan	15,3	15,4	0,1
Stora torget	16,9	17,1	0,2
Residentorget	19,4	19,6	0,2
Drottninggatan	20,2	20,3	0,2
Busstationen	21,5	21,7	0,2
Karolinen	23,2	23,4	0,2
Tingvallahallarna	25,0	25,2	0,2
Ramgatan	25,8	26,0	0,2
Låglandsgatan	26,6	26,8	0,2
Stenhagsgatan	27,2	27,5	0,3
Våxnäs bytespunkt	27,5	27,8	0,3
Violgatan	28,3	28,6	0,3
Jättens väg	29,2	29,5	0,4
Ö Gustavbergsv.	29,6	29,9	0,3
Kaprifolgatan	30,0	30,3	0,3
Mor Märta's väg	30,3	30,5	0,2
Biltema	31,5	31,7	0,2
Bergvik köpcentrum	33,3	33,4	0,1
Ikea	35,4	35,6	0,2

## Ikea – Campus

Hållplats	Nuvarande restid	Restid hastighetsplan A	Acc. Fördröjning
Ikea	0,0	0,0	0,0
Bergvik köpcentrum	2,4	2,4	0,0
Biltema	3,5	3,4	-0,1
Mor Märta's väg	5,0	5,0	-0,1
Kaprifolgatan	5,8	5,7	-0,1
Ö Gustavbergsv.	6,3	6,2	-0,1
Jättens väg	6,8	6,7	-0,1
Violgatan	7,4	7,3	-0,1
Våxnäs bytespunkt	8,4	8,3	-0,1
Stenhagsgatan	9,3	9,2	-0,1
Låglandsgatan	10,1	10,0	-0,1
Ramgatan	11,1	11,1	-0,1
Tingvallahallarna	11,9	11,8	0,0
Karolinen	13,8	13,8	0,0
Busstationen	15,7	15,7	0,0
Drottninggatan	17,5	17,4	0,0
Residenstorget	18,9	18,8	0,0
Stora torget	19,9	19,8	0,0
Södra kyrkogatan	22,1	22,1	0,0
Klarinettgatan	30,8	30,7	-0,1
Universitetet	31,9	31,8	-0,1
Frödingshöjd	34,1	34,2	0,1
Höstgatan	35,5	35,5	0,1
Klasmossens IP	35,9	36,0	0,1
Campus	36,1	36,2	0,1

**Linje 2**

Universitetet – Stora torget

<b>Hållplats</b>	<b>Nuvarande restid</b>	<b>Restid hastighetsplan A</b>	<b>Acc. Fördröjning</b>
Universitetet	0,0	0,0	0,0
Kronoparkskyrkan	1,6	1,7	0,1
Kronoparkens C	3,1	3,4	0,3
Fagottgatan	4,5	4,9	0,4
Basungatan	5,8	6,2	0,4
Rönndungen	7,8	8,1	0,3
Talludden	9,0	9,3	0,3
Sidogatan	9,8	10,2	0,4
Lövvägen	10,5	10,8	0,3
Polhemsgatan	11,2	11,6	0,4
Kroppkärrsbadet	11,7	12,3	0,6
Sunnegatan	12,4	13,0	0,6
Norrstrandsskolan	13,0	13,6	0,6
Mårbackagatan	13,6	14,3	0,7
Ransättersgatan	14,2	14,9	0,7
Norrstrandstorget	15,1	15,9	0,8
Hagaborg	15,7	16,5	0,8
Hantverkaregatan	16,3	17,2	0,9
Nygatan	17,0	18,1	1,1
Karlstad CCC	17,7	18,8	1,1
Östra Torggatan	18,7	19,9	1,2
Stora Torget	19,6	20,7	1,2

Stora torget - Universitetet

<b>Hållplats</b>	<b>Nuvarande restid</b>	<b>Restid hastighetsplan A</b>	<b>Acc. Fördröjning</b>
<b>Stora Torget</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Östra Torggatan</b>	0,9	0,9	0,0
<b>Karlstad CCC</b>	2,1	2,1	0,0
<b>Nygatan</b>	2,6	2,6	0,1
<b>Hantverkaregatan</b>	3,7	3,8	0,1
<b>Hagaborg</b>	4,6	4,7	0,1
<b>Norrstrandstorget</b>	5,0	5,1	0,1
<b>Ransättersgatan</b>	5,6	5,7	0,1
<b>Mårbackagatan</b>	6,5	6,7	0,1
<b>Norrstrandsskolan</b>	7,1	7,2	0,2
<b>Sunnegatan</b>	7,8	7,9	0,2
<b>Kroppkärrsbadet</b>	8,6	8,8	0,2
<b>Polhemsgatan</b>	9,2	9,5	0,3
<b>Lövvägen</b>	9,7	10,1	0,4
<b>Sidogatan</b>	10,4	10,8	0,4
<b>Talludden</b>	10,9	11,3	0,4
<b>Rönndungen</b>	12,2	12,6	0,4
<b>Basungatan</b>	13,4	13,7	0,3
<b>Fagottgatan</b>	14,3	14,5	0,2
<b>Kronoparkens C</b>	14,9	15,2	0,3
<b>Kronoparkskyrkan</b>	16,4	16,6	0,2
<b>Universitetet</b>	17,5	17,8	0,3

**Linje 4**

Transtigen – Bergvik köpcentrum

<b>Hållplats</b>	<b>Nuvarande restid</b>	<b>Restid hastighetsplan A</b>	<b>Acc. Fördröjning</b>
Transtigen	0,0	0,0	0,0
Tjäderstigen	0,6	0,6	0,0
Uttervägen	1,5	1,5	0,0
Kroppkärrskolan	2,2	2,2	0,0
Lingonstigen	3,4	3,4	0,0
Lorensbergsparken	5,3	5,5	0,2
Gustaf Fröding	5,7	5,9	0,2
Skogsbackeskolan	7,6	8,0	0,4
Norra Kyrkogården	8,1	8,5	0,4
Korsets kapell	9,3	9,7	0,4
Nobelgymnasiet	10,0	10,3	0,3
Nokiagatan	10,9	11,3	0,4
Kyrkogårdsallén	11,7	12,1	0,4
Östra Infarten	12,7	13,2	0,4
Nobelplan	13,4	13,9	0,5
Nolbygatan	14,3	14,8	0,5
Sundsta Badhus	14,9	15,4	0,5
Hantverkaregatan	15,6	16,2	0,5
Nygatan	16,8	17,5	0,7
Karlstad CCC	17,7	18,4	0,7
Östra Torggatan	18,9	19,6	0,7
Stora Torget	20,2	20,8	0,7
Residenstorget	22,4	23,1	0,7
Drottninggatan	23,1	23,8	0,7
Karlstad busstatione	24,4	25,1	0,7
Karolinen	26,1	26,7	0,7
Tingvallahallarna	27,6	28,3	0,7
Ramgatan	28,6	29,3	0,7
Låglandsgatan	29,6	30,3	0,7
Sydvärnsgatan	30,4	31,2	0,8
Petersbergsgatan	31,1	31,9	0,8
Bågegatan	31,9	32,7	0,8
Plintgatan	32,9	33,6	0,8
Vårdcentralen Våxnäs	34,0	34,8	0,8
Våxnäs Centrum	34,8	35,6	0,8
Våxnäs bytespunkt	35,3	36,1	0,8
Engelska skolan	37,1	37,9	0,8
Oskarslund	38,5	39,2	0,7
Strågatan	39,8	40,5	0,6
Gräsdalsgatan 11	40,3	40,9	0,6

<b>Frögatan</b>	40,8	41,4	0,6
<b>Axgatan</b>	41,5	42,2	0,6
<b>Biltema</b>	42,9	43,5	0,6
<b>Bergvik Köpcenter</b>	45,7	46,2	0,6

Bergvik köpcentrum – Transtigen

Hållplats	Nuvarande restid	Restid hastighetsplan A	Acc. Fördröjning
Bergvik Köpcenter	0,0	0,0	0,0
Biltema	1,2	1,2	0,0
Axgatan	2,4	2,4	0,0
Frögatan	3,0	3,0	0,0
Gräsdalsgatan 11	3,4	3,4	0,0
Strågatan	3,8	3,8	0,0
Oskarslund	5,3	5,3	-0,1
Engelska skolan	6,6	6,6	-0,1
Våxnäs bytespunkt	9,1	9,0	-0,1
Våxnäs Centrum	9,5	9,4	-0,1
Vårdcentralen Våxnäs	10,2	10,2	0,0
Plintgatan	11,3	11,3	0,0
Bågegatan	12,7	12,7	0,0
Petersbergsgatan	13,5	13,5	0,0
Sydvärnsgatan	14,6	14,6	0,1
Låglandsgatan	15,9	16,0	0,1
Ramgatan	16,9	17,0	0,1
Tingvallahallarna	17,7	17,8	0,1
Karolinen	19,3	19,5	0,1
Karlstad busstatione	21,3	21,4	0,1
Drottninggatan	23,0	23,1	0,1
Residenstorget	24,4	24,5	0,1
Stora Torget	25,4	25,5	0,1
Östra Torggatan	28,0	28,1	0,1
Karlstad CCC	28,9	29,0	0,1
Nygatan	29,6	29,7	0,1
Hantverkaregatan	31,1	31,3	0,2
Sundsta Badhus	32,1	32,3	0,2
Nolbygatan	33,0	33,2	0,2
Nobelplan	33,7	33,9	0,2
Östra Infarten	34,6	34,7	0,2
Kyrkogårdsallén	35,1	35,3	0,1
Nokiagatan	35,8	36,0	0,1
Nobelgymnasiet	36,8	37,0	0,1
Korsets kapell	37,1	37,3	0,1
Norra Kyrkogården	37,3	37,5	0,1
Skogsbackeskolan	38,0	38,1	0,1
Gustaf Fröding	39,4	39,7	0,3
Lorensbergsparken	39,9	40,2	0,3
Lingonstigen	41,0	41,4	0,4
Kroppkärrskolan	42,0	42,4	0,4

<b>Uttervägen</b>	42,5	42,9	0,4
<b>Tjäderstigen</b>	43,0	43,5	0,4
<b>Transtigen</b>	43,5	44,0	0,5



**Linje 5**

Henstad – Stora torget

<b>Hållplats</b>	<b>Nuvarande restid</b>	<b>Restid hastighetsplan A</b>	<b>Acc. Födröjning</b>
<b>Henstad</b>	0,0	0,0	0,0
<b>Mässgatan</b>	0,6	0,7	0,1
<b>Liljecronas väg</b>	1,5	1,7	0,1
<b>Kavaljersvägen</b>	2,1	2,2	0,1
<b>Morbror Rubens väg</b>	2,9	3,1	0,1
<b>Brobyvägen</b>	3,6	3,7	0,1
<b>Mor Märta's väg</b>	4,3	4,4	0,1
<b>Kaprifolgatan</b>	5,2	5,4	0,1
<b>Ö Gustavsbergsvägen</b>	5,6	5,7	0,1
<b>Jättens väg</b>	6,5	6,7	0,1
<b>Violgatan</b>	7,5	7,5	0,2
<b>Våxnäs bytespunkt</b>	8,5	8,6	0,2
<b>Spårgatan</b>	9,4	9,6	0,2
<b>Västerstrandsskolan</b>	10,2	10,3	0,1
<b>Klaravik</b>	10,8	11,0	0,2
<b>Idalagatan</b>	11,6	11,9	0,2
<b>Länsstyrelsen</b>	12,9	13,2	0,3
<b>Residenstorget</b>	14,7	15,1	0,3
<b>Stora Torget</b>	15,5	15,8	0,3

Stora torget – Henstad

Hållplats	Nuvarande restid	Restid hastighetsplan A	Acc. Fördröjning
Stora Torget	0,0	0,0	0,0
Residenstorget	0,8	0,8	0,0
Länsstyrelsen	2,0	2,0	0,0
Idalagatan	4,2	4,2	0,0
Klaravik	4,9	5,0	0,2
Västerstrandsskolan	5,3	5,5	0,2
Spårgatan	6,2	6,4	0,2
Våxnäs bytespunkt	7,4	7,6	0,2
Violgatan	8,2	8,4	0,2
Jättens väg	8,9	9,1	0,2
Ö Gustavsbergsvägen	9,4	9,5	0,1
Kaprifolgatan	9,8	9,8	0,0
Mor Märta's väg	10,0	10,0	0,0
Brobyvägen	10,5	10,6	0,1
Morbror Rubens väg	10,9	11,0	0,1
Kavaljersvägen	11,2	11,4	0,2
Liljecronas väg	11,6	12,0	0,3
Mässgatan	12,4	12,8	0,4
Henstad	12,8	13,3	0,5

**Linje 8**

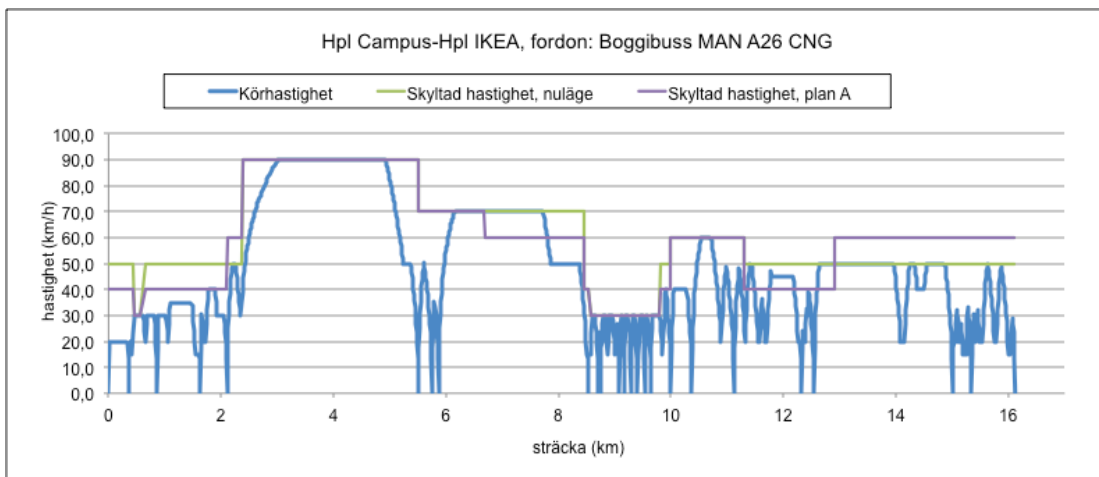
Grava kyrka – Sjöstad

<b>Hållplats</b>	<b>Nuvarande restid</b>	<b>Restid hastighetsplan A</b>	<b>Acc. Fördröjning</b>
Grava kyrka	0,0	0,0	0,0
Malörtsvägen	1,4	1,4	0,0
Stodenevägen	3,2	3,1	-0,1
Anisvägen	4,2	4,2	0,0
Ingefärsvägen	5,3	5,3	0,0
Stodeneskolan	6,3	6,3	0,0
Fruktvägen	7,4	7,5	0,1
Skönviksvägen	8,5	8,6	0,1
Skåre Centrum	9,4	9,7	0,3
Bryngfjorden	12,5	13,1	0,6
Norra Älvåker	13,1	13,7	0,6
Södra Gärdesgatan	13,9	14,3	0,4
Trangårdstorpsvägen	14,8	15,1	0,3
Södra Fjärstadsgatan	16,3	16,7	0,4
Klarälvsgatan	14,4	17,9	0,5
Södra Råtorp	18,1	18,7	0,5
Scandic Klarälven	20,7	21,3	0,6
Tingvalla IP	21,1	21,7	0,6
Södra Klaragatan	21,9	22,5	0,6
Residenstorget	23,2	23,8	0,6
Stora Torget	24,2	24,9	0,6
Södra Kyrkogatan	27,0	27,7	0,6
Pråmkanalen	28,1	28,8	0,6
Nöjesfabriken	29,1	29,8	0,7
Stagnellska	29,5	30,2	0,7
Geijersgatan	30,5	31,2	0,7
Strandvägen	30,9	31,6	0,7
Vågmästaren	31,4	32,1	0,7
Hamnpirsgatan	33,0	33,6	0,7
Teknikcenter	33,8	34,5	0,7
Lambergsgatan	35,1	35,8	0,7
Engholmsgatan	35,3	36,0	0,7
Furustigen	35,5	36,2	0,7
Tulegatan	35,8	36,6	0,8
Faktorigatan	36,3	37,1	0,8
Sjöstad	39,3	40,0	0,7

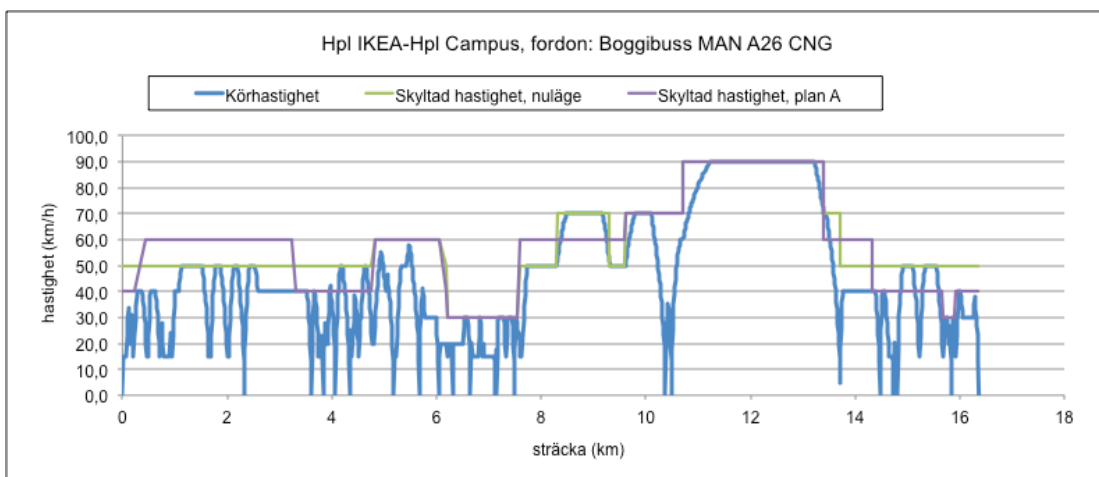
## Sjöstad – Grava kyrka

Hållplats	Nuvarande restid	Restid hastighetsplan A	Acc. Fördröjning
Sjöstad	0,0	0,0	0,0
Faktorigatan	2,7	2,7	0,0
Tulegatan	3,0	3,0	0,0
Furustigen	3,7	3,7	0,0
Engholmsgatan	4,1	4,1	0,0
Lambergsgatan	4,5	4,5	0,0
Teknikcenter	5,5	5,5	0,0
Hamnpirsgatan	6,2	6,2	0,0
Vågmästaren	7,9	7,9	0,0
Strandvägen	9,0	9,0	0,0
Geijersgatan	9,8	9,8	0,0
Stagnellska	11,0	11,0	0,0
Nöjesfabriken	11,8	11,8	0,0
Pråmkanalen	12,8	12,8	0,1
Södra Kyrkogatan	13,5	13,5	0,1
Stora Torget	14,7	14,7	0,1
Residenstorget	16,8	16,9	0,1
Södra Klaragatan	17,8	17,9	0,1
Tingvalla IP	18,3	18,4	0,1
Scandic Klarälven	18,9	19,0	0,1
Södra Råtorp	21,1	21,1	0,1
Klarälvsgratan	21,7	21,8	0,0
Södra Fjärstadsgatan	22,7	22,9	0,2
Trangärdstorpsvägen	23,7	23,9	0,2
Södra Gärdesgatan	24,6	24,7	0,1
Norra Älvåker	25,2	25,3	0,1
Bryngfjorden	25,6	25,6	0,1
Skåre Centrum	27,9	28,3	0,4
Skönviksvägen	28,7	29,1	0,4
Fruktvägen	29,5	30,1	0,6
Stodeneskolan	29,9	30,7	0,8
Ingefärsvägen	30,4	31,2	0,8
Anisvägen	31,1	39,9	0,8
Stodenevägen	31,6	32,5	0,9
Malörtsvägen	33,4	34,3	0,9
Grava kyrka	34,1	35,0	0,9

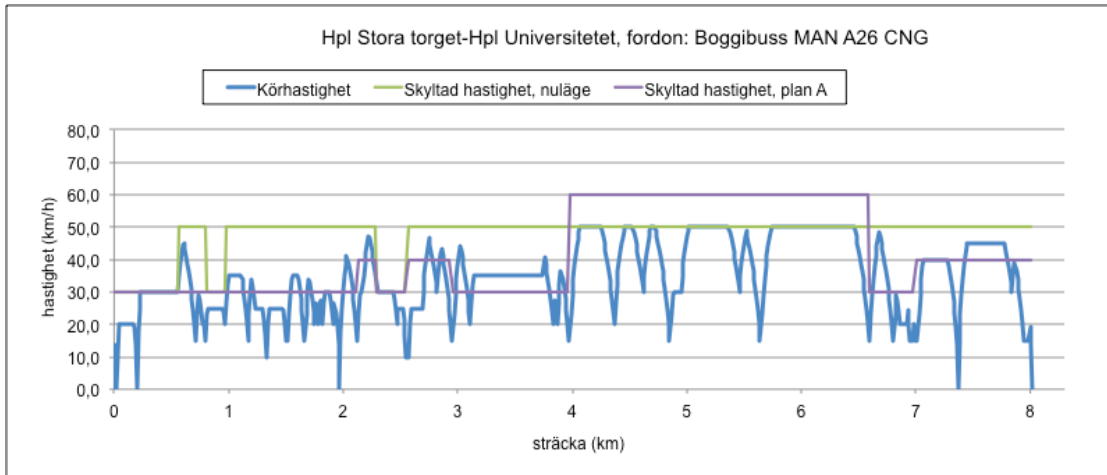
## Bilaga 4 – Körprofiler



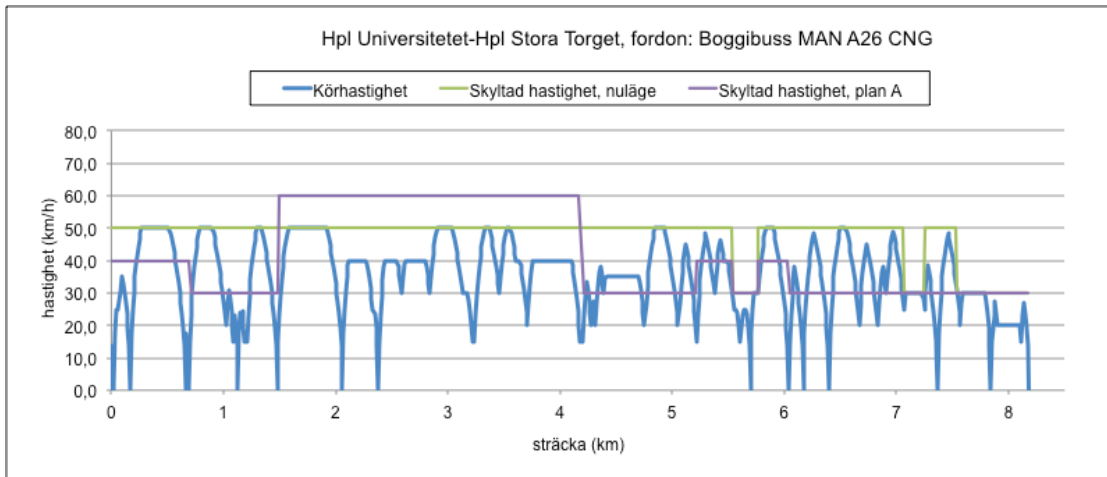
Figur 25. Modellerad körprofil för linje 1, Campus - IKEA



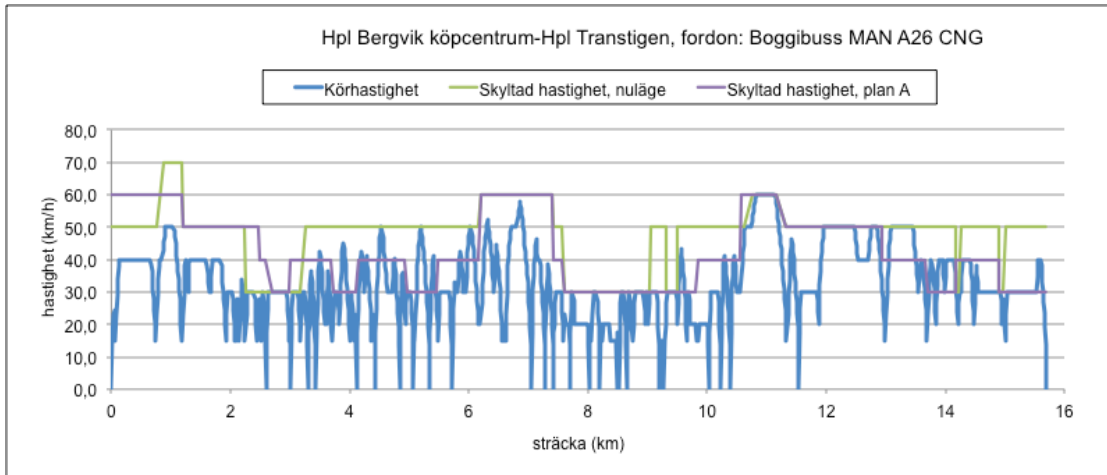
Figur 26. Modellerad körprofil för linje 1, IKEA - Campus



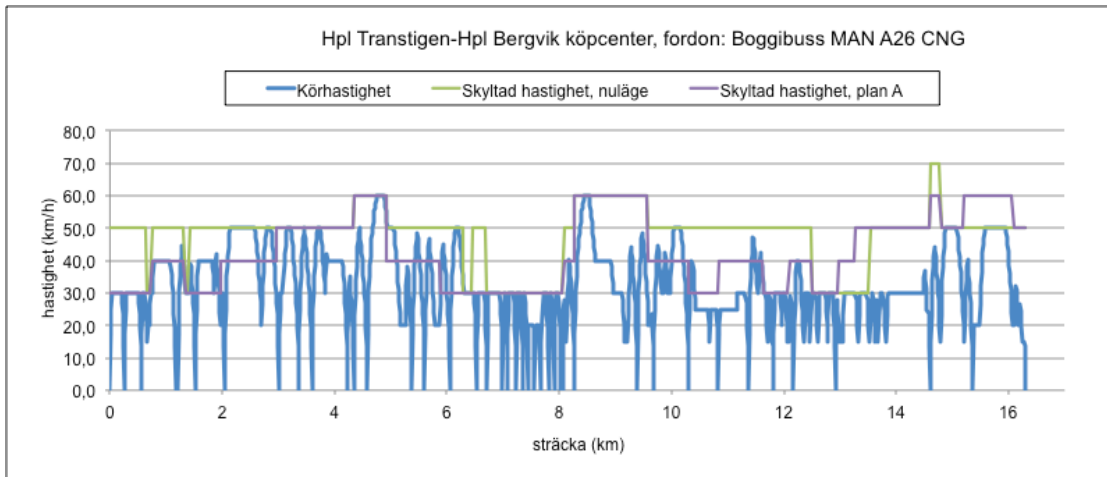
Figur 27. Modellerad körprofil för linje 2, Stora torget - Universitetet.



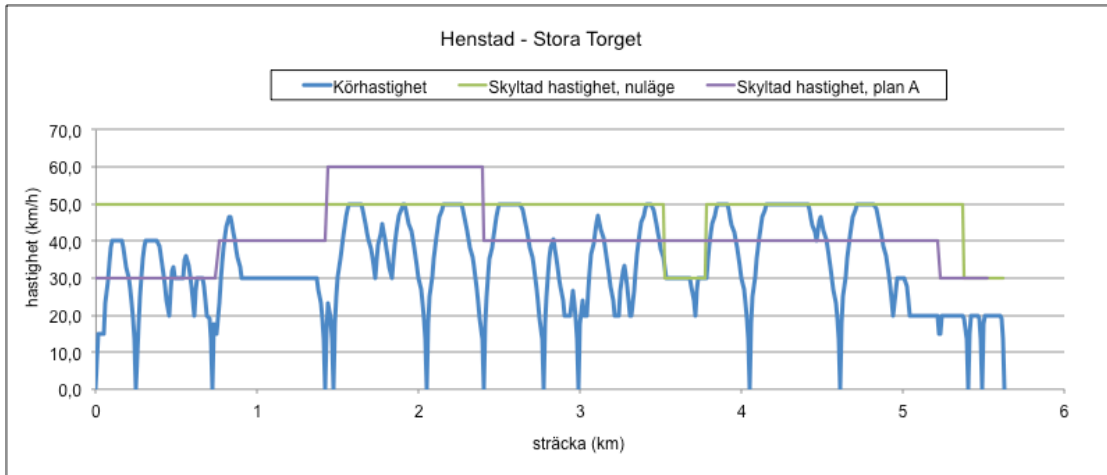
Figur 28. Modellerad körprofil för linje 2, Universitetet - Stora Torget.



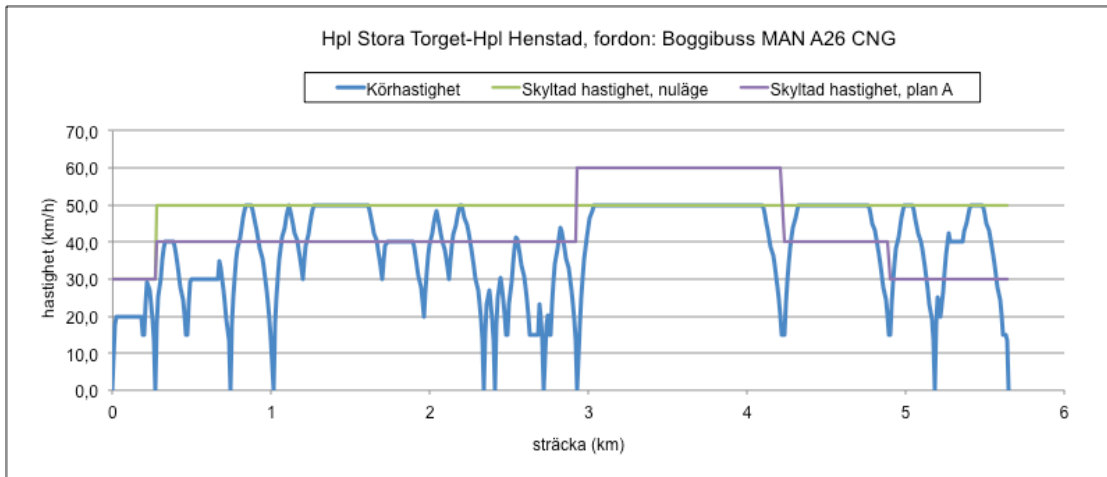
**Figur 29. Modellerad körprofil för linje 4, Bervik köpcentrum - Transtigen.**



**Figur 30. Modellerad körprofil för linje 4, Transtigen - Bergvik köpcentrum.**

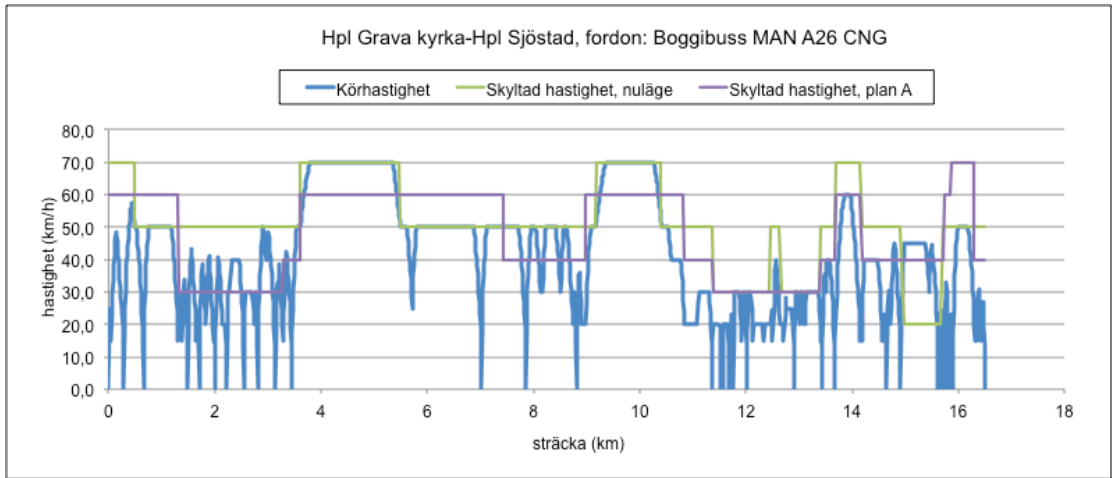


Figur 31. Modellerad körprofil för linje 5, Henstad - Stora Torget.

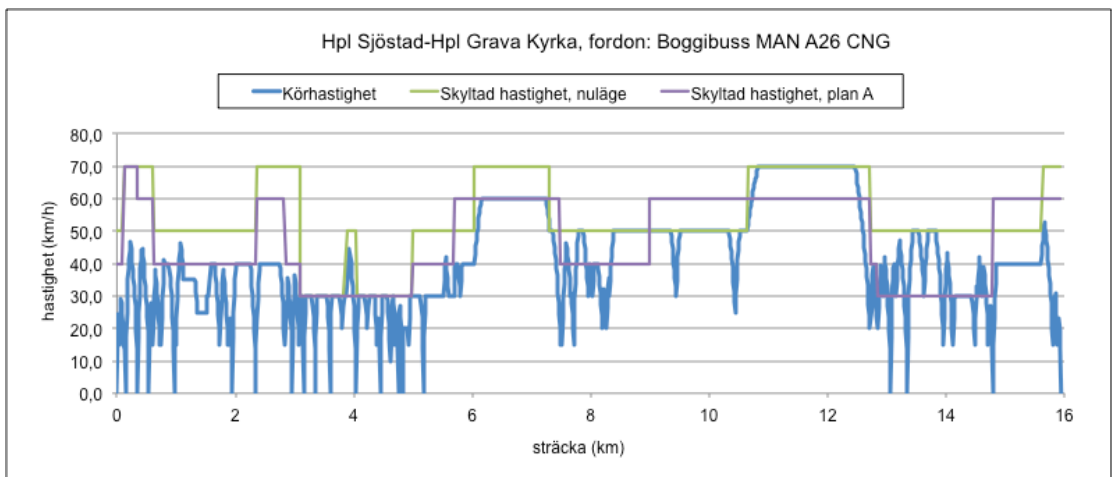


Figur 32. Modellerad körprofil för linje 5, Stora Torget - Henstad.





Figur 33. Modellerad körprofil för linje 8, Grava kyrka - Sjöstad.



Figur 34. Modellerad körprofil för linje 8, Sjöstad - Grava kyrka.