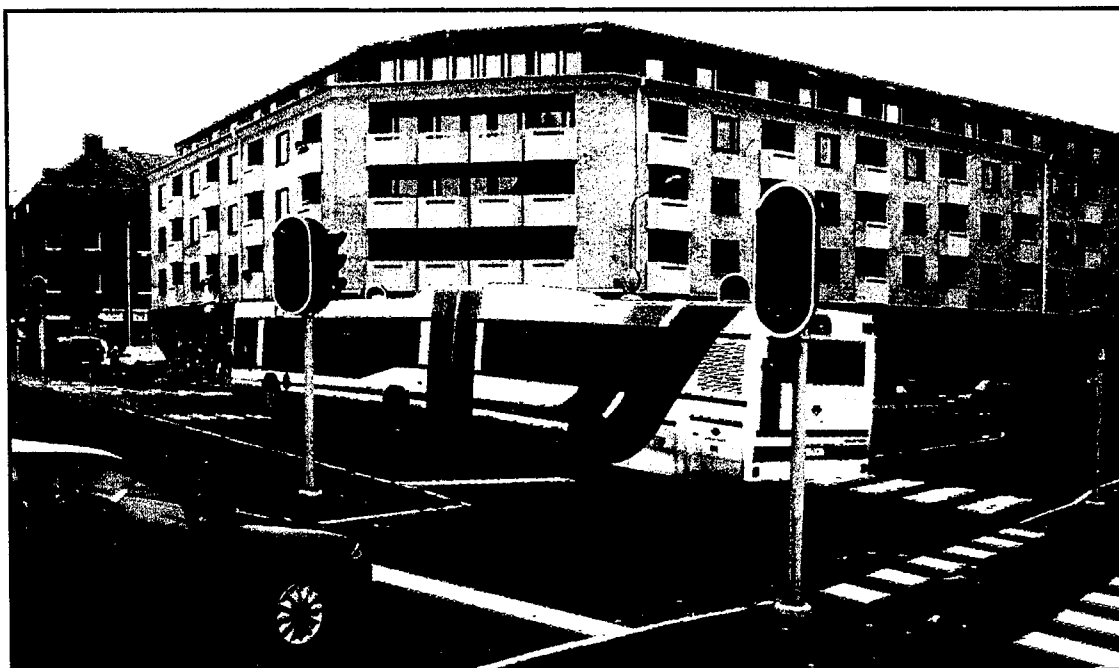




Högprioriterade bussystem



*Per-Gunnar Andersson, Christer Ljungberg, Jan
Hammarström, Björn Wendle
Trivector*

I KFBs (Kommunikationsforskningsberedningen) publikationsserier redovisar forskare sina projekt. Publiceringen innebär inte att KFB tar ställning till framförda åsikter, slutsatser och resultat.

Högprioriterade bussystem

*Per-Gunnar Andersson, Christer Ljungberg,
Jan Hammarström, Björn Wendle
Trivector*

Förord

Denna rapport utgör avrapportering av projektet "Högprioriterade bussystem". En genomgång har gjorts av förutsättningar för att öka busstrafikens attraktivitet genom att öka reshastigheten. Dessutom redovisas erfarenheter från genomförda projekt såväl i Sverige som i Europa och övriga världen. Rapporten begränsas till det som kan vara av intresse för svenska förhållanden.

Arbetet är gjort av Trivector AB på uppdrag av KommunikationsForskningsBeredningen. Projektet har KFB Dnr 95-420-732.

Rapporten har författats av tekn lic Per Gunnar Andersson, tekn lic Christer Ljungberg, civ ing Jan Hammarström och civ ing Björn Wendle.

Delar av resultaten i denna rapport är hämtat från Wendles examensarbete "Vad fördröjer bussen?" som gjordes vid Institutionen för Trafikteknik, LTH, våren 1997.

Projektledare har varit tekn lic Christer Ljungberg, Trivector. KFB:s handläggare har varit Håkan Jansson.

Lund juni 1997
Trivector AB

Innehåll

Förord

Innehåll

Sammanfattning I

Summary VI

1.	Projektbeskrivning	1
1.1	Inledning	1
1.2	Bakgrund	1
1.3	Syfte	2
1.4	Metod	2
1.5	Avgränsningar	3
1.6	Definitioner	3
2.	Orsaker till fördröjning	5
2.1	Allmänt	5
2.2	Fördröjning på länkar	5
2.2	Fördröjning i korsningar	9
2.3	Hållplatsstopp	11
2.4	Avstånd mellan hållplatserna	17
3.	Högprioriterade bussystem	18
3.1	Vad menas med ett högprioriterat bussystem?	18
3.2	Snabbhet	18
3.3	Enkelhet	21
3.4	Attraktiva fordon	22
3.4	Bra information	24
3.6	Tänk Spårvagn kör Buss	26
4.	Metoder att förbättra fram-komligheten för bussar	27
4.1	Busskörfält och bussgator	27
4.2	Signalprioritering	33
4.3	Effektivare hållplatsstopp	36
4.4	Optimera hållplatsavstånden	42
4.5	Bussprioriterande åtgärder i gatu- miljön	44 44
5.	Effekter av bussprioriterande åtgärder	49
5.1	Effekter på framkomligheten	49
5.2	Beräkningsexempel	50

6.	Praktikfall från Linköping	56
6.1	Allmän beskrivning	56
6.2	Studerade bussprioriterande åtgärder	56
6.3	Korsningar	58
6.4	Biltrafikens fördröjning i signalreglerade korsningar	72
6.5	Kölängd	74
6.6	Länkar	75
6.7	Hållplatser	76
6.8	Trafiksäkerhet	77
6.9	Samhällsekonomisk analys	80
6.10	Sammanfattning	81
7.	Exempel på högprioriterade bussystem	83
7.1	Exempel från Sverige	83
7.2	Exempel från Europa och Japan	88
7.3	Högprioriterade bussystem i USA och Kanada	92
7.4	Erfarenheter från projekten	100
8.	Slutsatser och kommentarer	101
8.1	Prioritera bussar	101
8.2	Åtgärder	101
8.3	Effekter	103
8.4	Fortsatt forskning	104
	Referenser	106

Sammanfattning

Det finns ett ökande intresse för att söka skapa högkvalitativa kollektivtrafiksystem utifrån existerande bussystem. En allt mer utbredd uppfattning är att det inte behövs tunnelbanor eller spårvägar för att skapa ett snabbt och attraktivt kollektivtrafiksystem. På allt fler håll i världen byggs avancerade bussystem ut. Ofta projekteras anläggningarna så att en övergång till snabbspårväg skall vara möjlig.

I Sverige pågår, för närvarande, projekt med denna inriktning i bl.a. Stockholms innerstad, Jönköping, Nacka, Lund, Linköping, Malmöhus län och Sundsvall. I Europa finns ett antal städer främst i Tyskland, Frankrike och Holland som jobbar mot samma mål.

I dessa projekt arbetar man ofta med att genom olika fysiska åtgärder skapa förutsättningar för en busstrafik som har den spårburna trafikens fördelar.

Orsaker till fördröjning

De faktorer som fördröjer bussen kan vara av många olika slag. De vanligaste orsakerna till fördröjning är hållplatsstoppen, stopp vid signalreglerade korsningar eller andra typer av korsningar samt resande i lägre fart än önskat. Det sistnämnda beror till största delen på trängsel och störningar från övrig trafik.

Om hållplatsstoppen är en fördröjning kan givetvis diskuteras. En viss hållplatstid måste man naturligtvis ha men det finns många delar i betjäningen av passagerare som skulle kunna fungera snabbare än den gör idag. Förutom signalreglerade korsningar finns givetvis andra typer av korsningar som fördröjer bussen. I rapporten beskrivs kortfattat de viktigaste orsakerna till att bussen fördröjs. De delas upp i följande delar:

- Fördröjning på länkar
- Fördröjning i korsningar
- Hållplatsstopp
- Avstånd mellan hållplatserna

Högprioriterade bussystem

Med ett högprioriterat bussystem menas ett system som kan erbjuda ungefär samma standard som ett spårburet alternativ. Tankesättet är att "tänka spårvagn och köra buss". Detta innebär att man bör tänka på hur ett spårburet fordon skulle prioriterats i motsvarande situation och sedan tillämpa detta på bussen. De fyra nyckelorden för att åstadkomma ett högprioriterat bussystem är:

- Snabbhet
- Enkelhet
- Attraktiva fordon
- Bra information

Ökad snabbhet kan t ex åstadkommas med egna bussbanor. Fordonen på dessa banor har absolut prioritet vilket, förutom högre hastighet, bidrar till en ökad punktlighet. Snabbheten innebär också korta vänte- och bytestider. Hög turtäthet ger ett stort urval av avgångar och det kollektiva alternativet blir alltmer likt bilen - man kan åka när man vill. Snabbheten i ett bussystem kan bl a uppnås genom signalprioritering, egna bussbanor och förlängning av hållplatsavstånd. Signalprioitering ger främst förbättrad punktlighet. Egna bussbanor gör att man kan öka bussens reshastighet mot ett mål på ca 25-30 km/h.

Ett trafiksystem som har en enkel uppbyggnad ger också möjlighet till en bättre planering av trafiken med möjligheter till besparingar som följd. En linjestruktur med få och enkla linjer är också lätt att lära sig. Ett linjenät med en bra struktur är också lätt att åskådliggöra på en schematiserad bild. Det är viktigt att ha en enkel tidtabell. Med styv tidtabell och avgångsstid samma minuttal varje timme, är det lättare för resenärerna att lära sig de olika tiderna bättre.

I dag beställs bussar för att tillgodose specifika behov. Utvecklingen går mer och mer mot s k låggolvsbussar. Bussarna blir ofta utrustade med bekväma sittplatser och bra informationssystem. Det är även viktigt att tänka på god ventilation, bra belysning etc.

Beslutet att resa med kollektivtrafiken eller inte beror ofta på den vid tillfället tillgängliga informationen. Beroende på vid vilket tillfälle man behöver informationen kan denna delas upp i olika nivåer.

- den **strategiska informationen** syftar till att påverka allt fler att åka kollektivt t ex av miljöskäl.
- den **taktiska informationen** syftar till att underlätta valet av en bra lösning för de som redan bestämt sig för att åka kollektivt.
- den **operativa informationen** gäller "ombordinformation", t ex visning av nästa hållplats.

I detta sammanhang är det viktigt att tänka på att bra information aldrig kan "rädda" ett svårbegripligt system.

Möjligheter till förbättringar

Busskörfält, som är en vanlig åtgärd för bättre framkomlighet, kan indelas i två typutföranden beroende på placeringen i körbanan. Dessa är kantstenskörfält och mittkörfält. Syftet med att införa busskörfält är att minska restiden och öka regulariteten. Betydelsen av separata busskörfält visar sig mest under rusningstid. Erfarenheter som man kan dra av genomförda effektstudier är bl.a. att körtiderna minskar och att regulariteten förbättras. Antalet resenärer liksom biltrafikens körtider påverkas ej nämnvärt. Om man utgår från sambandet mellan flöde och hastighet för biltrafik och vet att bussen i genomsnitt färdas 1,4 till 1,6 gånger långsammare, visar det sig vara

intressant att överväga införande av busskörfält vid ett totalt trafikflöde av ca 350-650 fordon/timma.

Signalprioritering är en annan vanlig metod för ökad framkomlighet. I Malmö, där detektoravståndet uppgår till 330 meter, studerades införande av ovillkorlig signalprioritering i två korsningar. Resultatet visar att biltrafiken påverkades först vid ca 70 busspassager per timma under rådande förhållanden. Något villkor för tidsavståndet mellan bussprioriteringar skulle mot bakgrund av detta inte behövas så länge antalet busspassager understiger 70 st/timma. Man valde att i Malmö begära prioritet ca 300 m före korsningen samt att ha en maximal gröntid i bussfasen på 40 sekunder. Resultaten i denna undersökning gäller för oberoende signalanläggningar och relativt få busspassager.

Sett till bussens framkomlighet ger den raka typen av busshållplats störst fördelar. Den ger ett enkelt retardation- och accelerationsförlopp utan sidoförflyttningar och skapar inte de väntetider vid utfart som ofta är fallet med bussfickor. Detta kan spara omkring 5 sekunder per hållplats. Förutom bättre framkomlighet ger den raka hållplatsen följande fördelar:

- Avsaknaden av tvära sidoförflyttningar vid infart och utfart ger en ökad komfort för passagerarna i bussen och minskar risken för olyckor med stående passagerare eller med sådana som antingen håller på att sätta sig eller ställa sig.
- Minskad olycksrisk när bussen ska återvända till trafikströmmen längs gatan.
- Generellt fås mer plats för väderskydd och informationsutrustning.

Effekter av åtgärder

Det mest påtagliga och kanske det viktigaste målet med högprioriterade bussystem är att skapa en trafik som är snabb. För att nå detta måste man genomföra en rad olika bussprioriterande åtgärder. Vissa av dem ger direkt stora effekter på framkomligheten men de allra flesta ger endast mindre bidrag. De är dock alla viktiga och tillsammans har de små åtgärderna en avgörande betydelse.

De största fördröjningarna fås av hållplatsstopp och trafiksignaler. Övriga faktorer ger mindre fördröjningar men de är dock så pass stora att man inte kan bortse från deras betydelse.

Om man sammanfattar resultaten visar det sig att alla åtgärder utom möjligtvis busskörfältet har en mycket stor samhällsekonomisk nytta. Busskörfält kan dock i andra sammanhang innebära mycket stora vinster. Pay-off tiden för olika investeringar är mycket korta, i de flesta fall kortare än 5 år. Den mest lönsamma åtgärden är att öka hållplatsavståndet eftersom det ger en stor tidsvinst till en låg kostnad. I tabell I visas tidsvinst, samhälls-

ekonomisk nytta för resenärerna och bussbolaget samt pay-off tid för olika åtgärder.

Tabell I Tidsvinst, samhällsekonomisk nytta och pay-off tid för olika åtgärder.

Åtgärd	Tidsvinst/ tur (s)	Samhällsekono- misk nytta (kr/år)	Pay-off tid (år)
Optimera hållplats- avståndet	140	750 000	0,3
Effektivisera hållplatsstoppen	135	715 000	1,2
Signalprioritering	40	210 000	2,4
Effektivare hållplatsut- formning	10	53 000	3,8
Ta bort cirkulations- plats	6	32 000	4,7
Inför busskörfält	20	106 000	12,3
<i>Summa:</i>	<i>351</i>	<i>1 866 000</i>	<i>1,7</i>

Att effektivisera hållplatsstoppen är den näst mest lönsamma åtgärden. Det är också en av de åtgärder som kan ge störst tidsvinster. Fördelen med denna åtgärd är att den kan genomföras i etapper så att kostnaderna sprids ut över tiden. Det bästa sättet att genomföra en effektivisering av hållplatsstoppen är troligtvis att ställa större krav på fordonen vid upphandling av ny trafik.

Signalprioriteringens stora vinst ligger i att förutom den totala minskningen av fördröjningen även minskar skillanden i fördröjning mellan hög- och lågtrafik.

Om alla dessa åtgärder infördes skulle det innebära en total tidsvinst på nästan 6 minuter vilket motsvarar 16-17 % av den totala åktiden. Det är ungefär lika mycket som den totala hållplatstiden på en tur.

Exempel

Det finns ett flertal exempel på högprioriterade bussystem både i Sverige och internationellt. I Jönköping har man ett system som bygger på spårvägsprinciper med egna bussbanor. Samtidigt som trafiken blir billigare minskar resuppoffringen. I Nacka planerar man att införa separata busskörfält, signalprioritering, miljövänliga bussar samt hållplatsinformation för att öka bussystemets attraktivitet. I Sundsvall drivs ett projekt som syftar till att praktiskt testa och vidareutveckla de erfarenheter och metoder som tagits fram inom ett stort antal forsknings- och utvecklingsprojekt de senaste åren.

Bland de internationella exemplen kan nämnas Trans-Val de Marne (Paris), Zuidtangent (Amsterdam), Almere (Holland) och Nagoya (Japan). I USA och Kanada finns bl a exempel från Pittsburgh, Ottawa och Seattle.

Summary

There is a growing interest to make better public transport systems based on existing bus systems. More and more believe that it isn't necessary to build underground or light rail systems to create more attractive public transport systems. All over the world new advanced bus transport systems are built. Often the systems are designed to make it possible to change them to light rail in the future.

In Sweden there are ongoing projects aiming to better bus traffic in Stockholm, Jönköping, Nacka, Lund, Linköping, Malmöhus county and Sundsvall. In Europe there are a number of cities in Germany, France and the Netherlands working in the same direction.

In all these projects the aim is to create better bus traffic through a number of physical measurements in the traffic environment to make the busses run faster and more on time.

Reasons for delays

There is a lot of different reasons for delays in bus traffic. The most common reasons are bus stops, signalized intersections, or other forms of intersections and slower travel speed than expected. The last one often depends on over crowded streets and disturbance from other road users.

If the stops are a delay can of course be discussed. There must be an amount of time at the bus stop but of course there is a lot to do to make it more efficient. In the report the reasons to delays are discussed in four topics:

- Delays at links
- Delays in intersections
- Bus stops
- Distance between stops

High priority bus systems

The characteristics of a bus rapid transit system are that the buses are able to offer about the same standard as a tramway in question of traffic ability. The device the planners have to have in mind is: "Think tramway, drive bus" and then apply this to the bus system. There are four "key words" to think of when creating a bus rapid transit system:

- rapidity
- simplicity
- attractive vehicles
- good information

Increased rapidity is possible to achieve by separate buslanes. The vehicles in these lanes have absolute priority that, besides higher speed, also

contributes to better punctuality. The rapidity also brings shorter periods of waiting and time to change buses for the passengers. High frequency of departures makes the bus more like the car - you can go whenever you want to. The rapidity in a bus rapid transit system can for instance be achieved through priority at traffic signals, separate bus lanes and increased distance between bus stops. Priority at traffic signals mainly has its effect on punctuality. Separate bus lanes make it possible to run the bus at a speed of about 25-30 km/h including time at bus stops.

A traffic system which has a simple structure also gives the possibility to better planning of the traffic. That in turn results in lower costs for operating the system. Another advantage of a structure with few and simple lines is easy for the traveller to understand. A simple structure is also easier to illustrate on a scheme with a time table that is easier to understand. The passenger then knows for example that the bus leaves at every quarter of an hour.

Nowadays buses are designed to satisfy certain customer needs. The development trend is towards common use of low floor buses. The buses often get equipped with comfortable seats and good information systems. Good lightning and ventilation is also of great importance.

The decision whether to go with the buses or not often depends upon the information available for the moment. Depending on the actual occasion, the information can be divided into different levels:

- The **strategical information** aims to influence more people to choose the public transport alternative.
- The **tactical information** aims to make a good solution for those who have already decided to go by bus.
- The **operational information** concerns the “on board information”, for instance showing the next bus stop.

It is also important to have in mind that a good piece of information never can “rescue” a complex system.

Opportunities to improvements

Bus lanes, which is an often used method to make bus traffic faster, can be of two types, i.e. along the kerbstone or in the middle of the road. The aim of the bus lanes is to reduce travel time and to make the punctuality better. The effect of the bus lanes is best in peak traffic. The result is that bus lanes are effective if the traffic flow in the street is over 350-650 vehicles/lane and hour.

Priority in signalized intersections is also a common way to make bus transport faster. A study in Malmö shows us that there is no delays in car traffic as long as the number of passing buses are less than 70 an hour.

Bus stops should be built without a bay to make the stops faster. Compared with the bay the straight bus stop is 5 seconds faster. The fastness of the bus isn't the only argument for straight bus stops:

- No sideways movements when the bus is braking or accelerating makes the comfort better and there is less risk for injuries
- Less risk for accidents when the bus is going out in the road again
- Better space for shelters and information equipment

Results of measurement

One of the most important purposes with a high priority bus system is to improve the speed of the system to make it more attractive. To reach this purpose a lot of different measures are needed. Some are of great importance other just helps the system a little. All measures are very important, even the small ones, so it is the whole chain that makes a good system with high speed.

The largest delays are at bus stops and in signalized intersections. Other elements give less delays but are nevertheless of importance so they can't be left out.

The results in this report shows that all measures, except bus lanes, have a very high cost benefit. The bus lanes are efficient in other ways so they should be built nevertheless. In table I the results of different measurements are shown.

Table I Time-savings for a "normal" Swedish bus route, cost-benefit and pay-off time for different measurements

Measurement	Time-saving/ run (sec)	Cost-benefit (SEK/year)	Pay-off time (years)
Bus stop distance	140	750000	0,3
More effective bus stops	135	715000	1,2
Priority in signalized intersections	40	210000	2,4
Better bus stop design	10	53000	3,8
Remove roundabouts	6	32000	4,7
Buslanes	20	106000	12,3
<i>Sum:</i>	<i>351</i>	<i>1866000</i>	<i>1,7</i>

The second best measurement is to make more efficient bus stops. This also one of the measurements that give most time-saving. The advantage is that

it's possible to make bus stop more efficient in steps so the cost can be spread over a number of years.

The advantage of priority in signals is not only the speed but also less difference in running time between peak and other times of the day.

If all measurements the total time-saving should be 6 minutes for a normal Swedish bus route. Six minutes is 16-17 % of the overall run time and is the same as the total time at bus stops per run.

Examples

There are several examples of bus rapid transit systems all over the world. In Jönköping for instance, there is a system based upon the principals of a tramway. As the costs for running the system get lower the total travel time for the passengers also gets lower.

In Nacka there are plans for implementing separate buslanes, priority at traffic signals and new buses together with information at bus stops in order to increase the attractiveness of the system. In Sundsvall there is a project going on with the aim to measure and develop experiences won through a great number of research projects conducted during the past years.

Among the international examples of bus rapid transit systems Trans-Val de Marne (Paris), Zuidtangent (Amsterdam), Almere (Holland) and Nagoya (Japan) are worth mentioning. In the United States and Canada there are examples from Pittsburgh, Ottawa and Seattle.

1. Projektbeskrivning

1.1 Inledning

Det finns ett ökande intresse för att söka skapa högkvalitativa kollektivtrafiksystem utifrån existerande bussystem. En allt mer utbredd uppfattning är att det inte behövs tunnelbanor eller spårvägar för att skapa ett snabbt och attraktivt kollektivtrafiksystem. På allt fler håll i världen byggs avancerade bussystem ut. Ofta projekteras anläggningarna så att en övergång till snabbspårväg skall vara möjlig.

I Sverige pågår, för närvarande, projekt med denna inriktning i bl.a. Stockholms innerstad, Jönköping, Nacka, Lund, Linköping, Malmöhus län och Sundsvall. I Europa finns ett antal städer främst i Tyskland, Frankrike och Holland som jobbar mot samma mål.

I dessa projekt arbetar man ofta med att genom olika fysiska åtgärder skapa förutsättningar för en busstrafik som har den spårburna trafikens fördelar. Ibland görs detta genom att skapa särskilda bussbanor.

1.2 Bakgrund

Under de senaste åren har diskussionen om snabbare och mer tillförlitlig kollektivtrafik intensifierats. Detta märks bl.a. genom satsningar och planer på ny och utbyggd spårtrafik som t ex utbyggnaden av Västkustbanan, nya järnvägslinjer runt Mälaren, Citytunnel under Malmö, diskussioner om Götalandsbanan, planer och byggande av snabbspårvägar i Stockholm och sydvästra Skåne, utbyggnad av pendeltåg i Östergötland etc. Liknande funderingar finns även på andra platser i Sverige där man vill skapa en attraktivare kollektivtrafik.

Under de senaste åren har det i Sverige, men framför allt i Europa, startats projekt där man vill skapa en attraktiv kollektivtrafik utan dyra satsningar på spårburen trafik. Lösningen är att skapa busstrafik som i standard motsvarar spårtrafiken. Detta åstadkommes genom ökad framkomlighet, tydligare stråk, bekvämare fordon och förutsättningar för bekvämare körning.

I Sverige har detta tänkande kommit längst i Jönköping där CityBussarna startade i juni 1996. CityBussarna är resultatet av projektet KomFort! 96 som syftade till en busstrafik med hög standard i Jönköpings tätort, där mottot varit "TÄNK SPÅRVAGN KÖR BUSS". Knappt ett år efter starten kan konstateras att den, jämfört med den tidigare busstrafiken, något billigare trafiken inneburit en resandeökning runt 5% i Jönköping. Detta i en tid när kollektivtrafiken i övrigt tappat resenärer. De två stomlinjerna i Jönköping svarar för 30% av resursinsatsen men 60% av resorna.

1.3 Syfte

Projektets syfte har varit att belysa vilka åtgärder som är effektiva för att skapa ett högprioriterat busstrafiksystem. Ett vidare syfte har varit att undersöka juridiska, organisatoriska och genomförandemässiga aspekter på de olika åtgärderna.

Vissa typer av åtgärder, som varit självklara om det gällt spårtrafik, är mycket svåra att genomföra när det gäller busstrafik. I andra länder finns andra regler som varit av intresse att jämföra med de svenska.

Målet har varit att försöka skapa en exempelsamling på vilka typer av åtgärder som är effektiva, lagliga och möjliga att genomföra. Även aspekten med högkvalitativa bussystem som grund för en senare konvertering till spår har varit av intresse.

1.4 Metod

Projektets innehåll bygger på olika delar. Underlaget består främst av tre huvudsakliga källområden.

En litteraturinventering har gjorts vilken omfattat litteratur från hela världen eftersom detta krävts för att få tillräckligt med material. Till exempel har dokumentation från genomförda projekt i Pittsburgh (USA), Ottawa (Kanada), Paris (Frankrike) och Amsterdam (Holland) studerats. Information från dessa platser har hämtats vid studieresor såväl inom som utom detta projekt. Förutom information från dessa orter har material från ett antal prioriterade bussystem studerats. Kunskapen från litteraturinventeringen har arbetats in i olika kapitel i rapporten. Det finns således ingen redovisning av enbart litteraturstudien.

Nytta och kostnader hos olika åtgärder, har beräknats för ett utvalt stråk i Linköping. Dessutom har resultat från ett examensarbete vid LTH¹ sammanfattats i denna rapport. Under denna rubrik har vi också studerat vad som stör bussen i gatumiljön samt vilka åtgärder som kan vidtas för att förbättra framkomligheten. Erfarenheter har bl.a. hämtats från de projekt i Jönköping, Nacka, Linköping, Sundsvall och Malmöhus län där Trivector har arbetet med denna typ av frågor.

För det studerade exemplet i Linköping har dessutom beräkningar av de samhällsekonomiska effekterna av olika fysiska åtgärder genomförts. Här beskrivs nytta och kostnader vad gäller såväl bussar, övrig trafik, säkerhet som miljö.

¹ Wendle, B. 1997, Vad fördröjer bussen?, Thesis 92, Inst för Trafikteknik, LTH, Lund

Rapportering, innebär framtagning av denna rapport som beskriver hur man kan arbeta med denna typ av åtgärder för att skapa avancerade högprioriterade bussystem.

1.5 Avgränsningar

Projektet behandlar endast busstrafik som går på väg och i första hand tätortstrafik. Vissa utvecklingar görs till förortstrafik med buss. Vi har inte studerat spårbussar och andra mellanformer mellan landsvägs- och spårtrafik. Vidare behandlas endast lösningar och idéer som är av sådan art att de kan vara aktuella för Svenska förhållanden.

1.6 Definitioner

I denna rapport används många olika begrepp. Vissa är välkända och kan inte missförstås medan andra är mer oklara. För att klargöra vad som menas med olika begrepp finns här en lista med förklaringar. I de fall det finns några generella definitioner används de.

Accelerationsfördröjning - tidsförlust för att från stillastående eller en låg hastighet kunna uppnå önskad körhastighet. Se även fördröjning.

Belastningsgrad - aktuellt antal passagerare i bussen dividerat med det tillåtna antalet passagerare.

Fickhållplats - en hållplats där bussen tvingas att göra en sidoförskjutning för att kunna stanna vid hållplatsen. Normalt hållplatser utformade som en ficka men kan även vara sådan att fysiska hinder, t ex parkerade fordon, före och /eller efter hållplatsen tvingar bussen till sidoförskjutningar.

Färdhastighet - bussens medelhastighet inklusive alla hållplatsstopp. Det är den hastigheten resenären har från sin starthållplats till sin målhållplats. Kallas ibland även för åkshastighet eller reshastighet.

Fördröjning - den tidsförlust som någonting i körvägen orsakar bussen jämfört med om bussen hade kunnat köra rakt förbi med normal körhastighet. Vid t ex hållplatsstopp är fördröjningen lika med stopptiden plus tidsförlusten pga retardation- och acceleration före resp efter hållplatsen.

Fördröjning i trafiksignal - stopptiden plus retardations- och accelerationsförluster. Se även fördröjning.

Hållplatstid - den tid bussen står still på hållplatsen.

Hållplatsfördröjning - den totala tidsförlusten vid ett hållplatsstopp. Omfattar hållplatstid samt ret/acc fördröjning.

Körhastighet - bussens momentan hastighet. I vissa sammanhang (ej i denna rapport) avses med körhastighet bussens medelkörhastighet på en viss sträcka. Se även medelkörhastighet.

Körtid - inkluderar hela tidsåtgången för en viss tur eller sträcka förutom hållplatstiden. Omfattar alltså även stopp utanför hållplats.

Medelkörhastighet - bussens medelhastighet exklusive hållplatsuppehållen. Se även körhastighet.

Omlopp - Körschema för hur en buss kör under en dag eller ett trafikdygn. Visar avgångstider, körtider, ändhållplatstider mm.

Rak hållplats - Hållplats där bussen kan stanna utan att förflytta sig i sidled.

Reshastighet - se färdhastighet.

Retardationsfördröjning - tidsförlust då bussen går från aktuell körhastighet till en lägre hastighet eller stillastående. Se även fördröjning.

Stopptid - tid för stopp utanför hållplatserna. Kan t ex vara stopp i köer, trafiksignaler, trängsel eller pga väjningsplikt i korsning.

Tur - bussens färd från ändhållplats till ändhållplats. Ibland används begreppet halvvarv för att beskriva samma sak. Två på varandra följande turer bildar då ett helvarv.

Tvär sväng - en plats, ofta en korsning, där bussen tvingas att göra en riktningsförändring på 90 eller nästan 90 grader med en liten körradie (mindre än 10 m). Den lilla radien tvingar bussen till en kraftig hastighetsminskning.

Åkhastighet - se färdhastighet.

2. Orsaker till fördröjning

För att bussen bättre ska kunna konkurrera med personbilen krävs bl a att skillnaden mellan restiderna blir så liten som möjligt. I detta kapitel redogörs för de orsaker som leder till att bussen fördröjs.

2.1 Allmänt

De faktorer som fördröjer bussen kan vara av många olika slag. De vanligaste orsakerna till fördröjning är hållplatsstoppen, stopp vid signalreglerade korsningar eller andra typer av korsningar samt resande i lägre fart än önskat. Det sistnämnda beror till största delen på trängsel och störningar från övrig trafik.

Om hållplatsstoppen är en fördröjning kan givetvis diskuteras. En viss hållplatstid måste man naturligtvis ha men det finns många delar i betjäningen av passagerare som skulle kunna fungera snabbare än den gör idag. Förutom signalreglerade korsningar finns givetvis andra typer av korsningar som fördröjer bussen. I detta kapitel beskrivs kortfattat de viktigaste orsakerna till att bussen fördröjs. De delas här upp i följande delar:

- Fördröjning på länkar
- Fördröjning i korsningar
- Hållplatsstopp
- Avstånd mellan hållplatserna

2.2 Fördröjning på länkar

Att bussarna har hög framkomlighet på länkarna mellan korsningarna är av mycket stort intresse. Ett mål med högprioriterade bussystem är att bussen endast ska behöva stanna på hållplatserna och då krävs länkar av mycket hög standard.

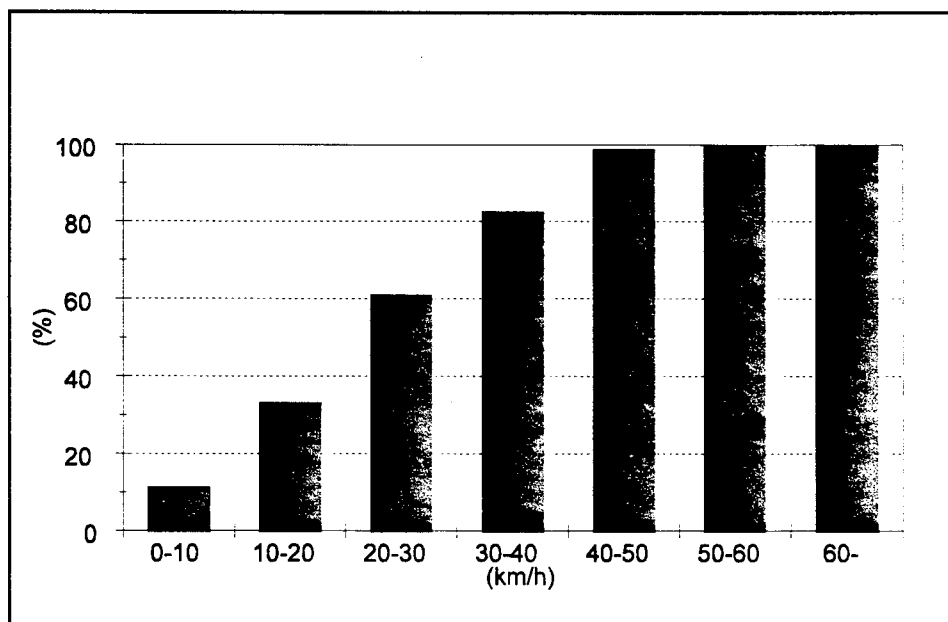
I vanliga busslinjesystem är det mycket ovanligt att man uppnår detta mål. Kapacitetsproblem och trängsel gör att bussarna tvingas sänka hastigheterna och göra ofrivilliga stopp. Ett annat mycket vanligt problem är att länkarna är för korta, dvs avstånden mellan hållplatser och korsningar är för små vilket gör att bussen sällan kan hålla en konstant hög hastighet. En stor del av körtiden är bussen därför antingen under retardation eller acceleration.

Körhastigheter och hastighetsfördelning

Studier som Trivector gjort i en rad svenska städer visar att medelkörhastigheterna sällan överskrider 30 km/h. Åk hastigheterna som även inkluderar hållplatsstoppen är vanligen omkring 20 km/h, något högre i små städer och

något lägre i större städer. I centrala delar är hastigheterna ofta betydligt lägre.

I februari 1997 gjordes en detaljmätning av busstrafikens körhastighet och körmönster på linje 3 i Lund. Mätningarna gjorde det möjligt att se momentanhastigheten löpande under hela körtiden och av detta framkom några intressanta fakta. Bland annat kunde hastighetens fördelning sammanställas i olika intervall, se figur 2.1.



Figur 2.1 Kumulativ hastighetssfördelning i procent av körtiden på linje 3 i Lund.

Av figuren syns att det är endast under 16 % av körtiden som bussen har möjlighet att hålla en hastighet som är högre än 40 km/h. Under drygt 60 % av körtiden är hastigheten lägre än 30 km/h. Linje 3 är en relativt krokig linje med många riktningsförändringar men har trots det en medelkörhastighet på drygt 23 km/h vilket är en ganska normalt för en stadsbusslinje. Förhållandet i figuren kan därför i stort antas vara rimlig och gälla även för andra linjer. I de centrala delarna av Lund var hastigheterna ännu lägre. Under cirka 85 % av körtiden var hastigheten lägre än 30 km/h.

Både vid amerikanska² och danska³ studier har man jämfört skillnaderna mellan busstrafikens och biltrafikens färdhastigheter. Dessa studier är mycket samstämmiga och visar att biltrafiken i stort sett alltid kan hålla en färdhastighet som är 1,4-1,6 gånger större än busstrafikens.

² Levinson H S., 1983. Analyzing Transit Travel Time Performance. Transportation Research Record 915, Transportation Research Board, Washington D.C.

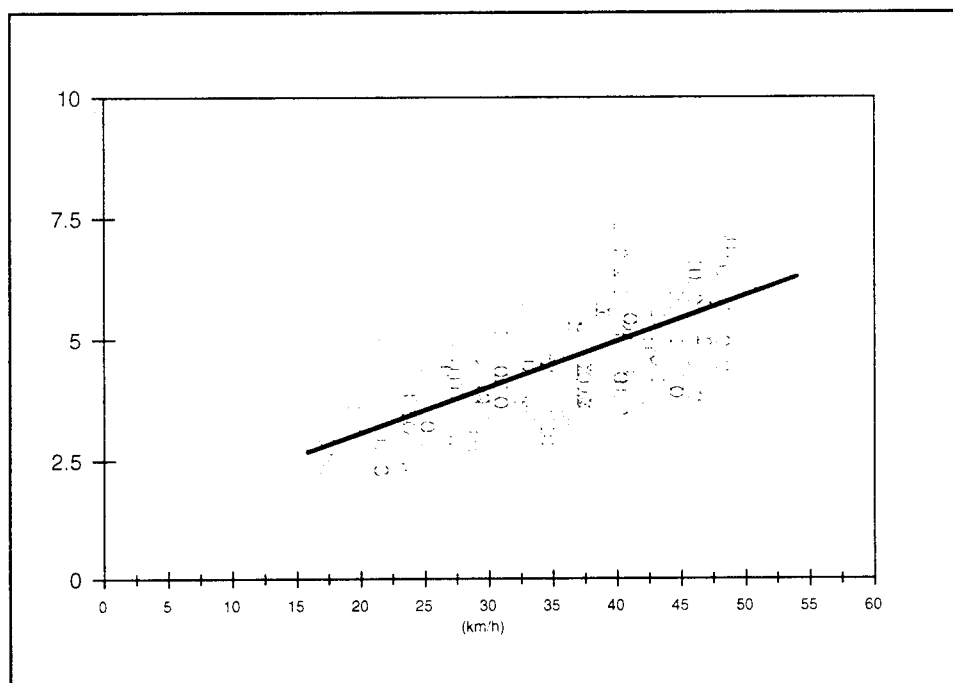
³ HT (Hovedstadsområdets Trafikselskab), 1991, Projekt FRISK: Fremkommelighed i Storkøbenhavn - Fase 2, København.

Retardations- och accelerationsfördröjningar

Som tidigare nämnts är det endast under en mycket liten del av körtiden som bussen håller en konstant hastighet. Istället är bussen under ständig hastighetsförändring med antingen retardation före ett stopp eller acceleration efter. Förutom att detta ger en ojämnhet i körningen som är obekväm för passagerarna och skadlig för miljön ger det också tidsfördröjningar.

Detaljmätningen på linje 3 i Lund gav många intressanta resultat även om retardations- och accelerationsfördröjningar. Tidigare har sådana fördröjningar mest uppskattats utifrån teoretiska resonemang men nu gavs möjlighet att testa dem i verklig linjetrafik. Allmänt kan man säga att mätningarna stämmer väl överens med de teoretiska beräkningar som gjorts tidigare, särskilt vad gäller de antagna nivåerna för retardation och acceleration. Normal acceleration /retardation vid ett stopp är $0,9\text{--}1,0\text{ m/s}^2$. Retardationen och accelerationen samband med en tvär sväng är cirka $0,7\text{ m/s}^2$.

Retardations- och accelerationsfördröjningar är beroende av hastigheten. Ett stopp på en länk med hög körhastighet har därför större betydelse än på sträckor med låga körhastigheter. I figur 2.2 visas som exempel retardationsfördröjningen som funktion av körhastigheten vid ett hållplatsstopp. Normalt är retardations- och accelerationsfördröjningarna tillsammans i storleksordningen 8-12 s vid hållplatsstopp och trafiksignaler vilket betyder att dessa fördröjningar utgör omkring 30-40 % av den totala fördröjningen vid hållplatsstopp eller stopp vid trafiksignal. Fördröjningen i tvärsvingar är 4-7 s. I den cirkulationsplats som finns längs linjen är fördröjningen 3-9 s.



Figur 2.2 Fördröjning pga retardation före hållplatsen som funktion körhastigheten. Regressionslinje: $y = 1,18 + 0,095x$; $r = 0,604$.

Konflikter med övriga trafikanter

I korsningar är det helt uppenbart att bussen fördröjs pga av andra trafikanter men att de även har betydelse på länkar är mindre tydligt. Det är dock inget ovanligt att parkerade bilar, distributionsfordon, cyklister eller andra bussar hindrar bussen från att hålla önskad hastighet. Det är dock mycket svårt att säga hur stor denna inverkan är.

En uppskattning som gjorts är att under eftermiddagens högtrafik är bussens körhastighet i centrala Lund endast omkring 80 % av vad den är tidigt på morgonen eller sent på kvällen då få andra trafikanter finns på gatorna. Det visar att inverkan från andra trafikanter kan ha stor betydelse för busstrafikens framkomlighet.

Ett annat problem av samma karaktär är utfarter från fickhållplatser. Här kan bussen också orsakas stora fördröjningar för det är långt ifrån alltid bilisterna visar den hänsyn som krävs för att släppa ut bussen! I kapitel 5 diskuteras alternativa hållplatsutformningar som minskar detta problem.

Tvåra svängar och farthinder

Två delar i gatuutformningen som försämrar framkomligheten på länkar är tvåra svängar och farthinder. Med tvåra svängar menas här korsningar eller kurvor där bussen, med en liten radie (mindre än 10 m), tvingas byta riktning med 90 grader eller i det närmaste 90 grader. En sådan riktningsförändring kräver låg körhastighet och ökar färdtiden. Farthinder kan vara av olika slag några av de vanligaste typerna är gupp, avsmalningar, sidoförskjutning och upphöjda korsningar.

Tvåra svängar innebär tidsförluster i samband med retardation och acceleration före och efter svängen. Fördröjningen är beroende av hastigheten men är normalt omkring 3-8 sekunder. Förutom den fördröjning som varje tvärsväng orsakar bussen innebär den också en minskad komfort för passagerarna. Undersökningar gjorda i Lund visar att detta obehag är större för stående passagerare än sittande och att obehaget ökar med ökad hastighet⁴. Störst obehag känner stående långt bak i bussen vilket blir särskilt tydligt om man kör ledbussar med bakplattform. Eftersom det inte finns några stående bland bilpassagerare torde obehaget vara relativt sett större för busspassagerare än för bilister.

Gupp och upphöjda korsningar är de farthinder som orsakar busstrafiken störst fördröjningar. Farthinder tillkommer i de flesta fall för att sänka medelhastigheten för motorfordon på en given sträcka. Syftet är att öka trafiksäkerheten för trafikanterna, i synnerhet de oskyddade. Att olyckorna och dess konsekvenser ökar med ökad hastighet är ett välkänt faktum. På gator med busstrafik kommer denna målsättning ofta i konflikt med viljan att skapa en god framkomlighet för kollektivtrafiken. Det finns flera studier, bla

⁴ Gårder P, 1982, Busstrafik och gupp, Inst. för Trafikteknik, Lund.

i Sverige och England där man studerat framförallt guppens betydelse för framkomligheten. Normalt innebär ett gupp en fördröjning på 5-15 sekunder för personbilar. För tunga fordon, t ex bussar, är fördröjningen ungefär dubbelt så lång.

2.2 Fördröjning i korsningar

I korsningar där olika trafikströmmar möts och ska korsa varandra uppstår olika typer av intressekonflikter. Olika intressenter ställer olika krav på korsningen och valet av korsning måste oftast bli en kompromisslösning som alla kan acceptera. Faktorer som vanligen väger tungt vid val av korsning är trafiksäkerhet, kapacitet och miljöbelastning.

Busstrafikens framkomlighet varierar mellan olika korsningstyper och vill man prioritera bussen ska man naturligtvis så långt som möjligt välja sådana lösningar som ger liten fördröjning. I detta avsnitt görs en översikt över hur de vanligaste typerna av korsningar påverkar busstrafiken.

En viktig del av fördröjningen i alla typer av korsningar är tidsförlusten på grund av retardation före och acceleration efter korsningen, se avsnitt 2.1. Ofta är kanske den tid bussen står still inte särskilt lång men den tid bussen förlorar pga att den måste sänka körhastigheten är lika stor varje gång oavsett hur långt själva stoppet blir.

Trafiksignaler

Trafiksignaler är den vanligaste orsaken till stopp utanför hållplats och problemen växer med ökade trafikmängder. Varje stopp vid en trafiksignal tar i genomsnitt omkring 25 sekunder om man inkluderar retardations- och accelerationsförluster före och efter signalen. I högtrafik kan fördröjningen bli avsevärt mycket större. Att åtgärda korsningar med trafiksignaler är därför en av de allra viktigaste åtgärderna för att prioritera busstrafiken.

Idag sker på många platser en successiv övergång från föråldrade signaler till mer moderna i samband med övergången till engelsk signalväxling. De nya signalerna är ofta förberedda för signalprioritering och någon ombyggnad är därför inte nödvändig. Det enda som krävs är egentligen att man programmerar om styrenheten samt ser till att fordonen förses med den utrustning som krävs.

Stopplik

Fördröjning vid stopplik är i storleksordningen 5-15 sekunder om man bortser från inverkan av överordnad trafik. Eftersom bussar i allmänhet har en sämre accelerationsförmåga jämfört med bilen, drabbas bussen hårdare av stopplik.

Väjningsplikt och högerregel

Vid väjningsplikt eller högerregel beror fördröjningen i huvudsak på storleken hos det överordnade flödet. I enskilda korsningar kan därför fördröjningarna bli mycket stora särskilt i högtrafik. Detta är en stor anledning till bussens dåliga regularitet i högtrafik

Cirkulationsplats

Denna korsningstyp blir allt vanligare och det finns många anledningar till det. Cirkulationsplatser har en stor kapacitet (om inte trafikflödena är för stora eller för ojämnt fördelade), hög trafiksäkerhet med hastighetssänkande effekt och låga underhållskostnader. För stadsbusstrafiken har cirkulationsplatsen dock en del negativa effekter. De viktigaste kanske är att det inte finns någon möjlighet att prioritera vissa fordon framför andra och att de innebär förskjutningar i sidled.

Hur stora den geometriska fördröjningen (dvs den del av fördröjningen som beror på den fysiska utformningen) är i cirkulationsplatser är i princip helt okänd. Det finns få studier gjorda och ofta får grova antaganden göras och detta gäller såväl tunga som lätta fordon. I Vägverkets handbok VU 94 sägs att den geometriska fördröjningen vid små radier, 10-15 m, kan antas vara cirka 5 s när den skyltade hastigheten är 50 km/h. Detta är ett medeltal för både tunga och lätta fordon och det görs ingen skillnad mellan dem. Mätningar i Lund 1997 gav fördröjningar på 3-9 s för busstrafiken. Antalet observationer var dock litet så resultatet ska tolkas försiktigt. För att få en större kunskap om fördröjningar och körmönster i cirkulationsplatser är det nödvändigt med vidare forskning. Sådan forskning skulle bl a kunna ge svar på verkliga hastigheter i cirkulationen, betydelse av olika utformningar och radier samt skillnader mellan olika fordonstyper.



Figur 2.3 Exempel på upphöjd överkörningsbar rondell i Höllviken.

En vanlig åtgärd för att underlätta passagen genom cirkulationsplatsen för tunga fordon är att göra en del av rondellen överkörningsbar så att man kan köra rakare i genom. Ofta är denna yta något upphöjd och belagd med ett annat material än övriga körytor vilket gör den obekväm för bussresenären om bussen kör rakt fram. I avsnitt 4.5 diskuteras möjligheterna att köra bussen rakt igenom rondellen.

2.3 Hållplatsstopp

Hållplatsstoppen utgör omkring 16-25 % av den totala färdtiden vid normal stadsbusstrafik. Varje stopp på hållplats tar i genomsnitt cirka 25-30 sekunder varav den tid då bussen står still är cirka 16-20 sekunder. Övrig tid är retardations- och accelerationsförluster.

Hållplatsstoppen är en komplicerad process med många olika delar, t ex inbromsning till hållplatsen, dörröppning och dörrstängning, på- och avstigning, kontroll av färdbevis m m. Alla dessa delar tar tid och tillsammans orsakar de betydelsefulla fördröjningar. Här nedan görs en kort genomgång av de viktigaste momenten i hållplatsstoppen. Retardation- och acceleration vid hållplatsstopp och andra typer av stopp har behandlats i avsnitt 2.1.

Dörröppning och dörrstängning

Dörröppning och dörrstängning tar omkring 5-10 sekunder per hållplatsstopp och är oberoende av antalet påstigande. Tiden kan dock påverkas med valet av dörr. Den idag vanligaste typen, bladdörren, är långsammare än klaverdörren som fanns tidigare. Hur dörren drivs verkar också ha betydelse - elektriska dörrar är något snabbare än de som drivs med tryckluft.

Även om skillnaderna per hållplatsstopp mellan olika dörrtyper är små så kan det ha stor betydelse totalt sett. I en studie från Stockholm⁵ motsvarade skillnaden 3 % av omloppstiden. **Med snabbare dörrar finns det alltså helt klart tid att tjäna och därför borde man ställa större krav på dörrarna vid upphandling av nya fordon.**

Färdbevishantering

Valet av färdbevis har stor betydelse för påstigningstiden. Kontantbiljetter är långsammast eftersom de kräver personlig service för hantering av betalning, eventuell växel och själva biljetten. Förbetalda biljetter, t ex förköpskort med magnetremsa, är snabbare men "makuleringen" i biljettavläsaren är relativt tidskrävande. Periodkort, t ex månadskort, som normalt inte krävt makulering utan endast att man visat upp det för föraren eller annan kontrollant vilket gör påstigningen snabb. På senare tid har det blivit allt vanligare att även

⁵ Kronborg P. 1986, Möbleringens betydelse för stadsbussars effektivitet, TFB-stencil nr 20, Stockholm.

periodkortet är av magnetkortstyp och ska registreras i avläsaren. Med tanke på busstrafikens hastighet är detta en olycklig utveckling.

Att man helt och hållet löser biljett innan man stiger på fordonet är ovanligt när det gäller busstrafik i Sverige. Det kräver att det finns någon typ av biljetmaskin på hållplatserna vilket det antingen inte finns resandeunderlag för eller så anses risken för vandalism för stor. Det finns dock för andra kollektiva färdmedel, t ex Stockholms tunnelbana och lokaltågstrafiken i Skåne, Pågatågen. I Schweiz är biljettautomater på hållplatserna relativt vanligt även i medelstora städer. Med detta färdbevisförfarande blir påstigningstiderna betydligt kortare än för övriga system. Generellt kan man säga att ju högre grad av självbetjäning som finns desto fortare går det och förbetalda biljetter är "snabbare" än kontantbetalning. Förköp ger också ökade förutsättningar för att ändra påstigningsförfarandet.

Trafikantcirkulation

För stadsbussar har på- och avstigningstiden större betydelse än för bussar i regional trafik. Behovet av en snabb passagerarbetjäning har därför gett en utveckling med fler dörrar för stadsbussar än för regionalbussar. För regionalbussarna är antalet sittplatser viktigare än snabb betjäning eftersom restiden och reslängden normalt är längre. De flesta stadsbussar av normal storlek (cirka 12 m långa) som trafikerar svenska städer har idag två framdörrar, två mittdörrar och en eller ibland två bakdörrar.

Generellt sett ger fler dörrar kortare hållplatstid. Påstigning i två framdörrar istället för en minskar påstigningstiden per påstigande från 2-3 sekunder till cirka 1-2 sekunder⁶. De lägre talen gäller om ingen kontantbetalning förekommer.

I Sverige är det vanligaste att trafikantcirkulationen sker så att man går på i framdörrarna och av i mitt- eller bakdörrarna. Undantag har förekommit bl a i Göteborg och Malmö. Ur kapacitetssynpunkt är detta inte det optimala förfarandet men av andra skäl, till exempel färdbevishantering, risk för tjuvåkning och säkerhet har detta ändå valts. I andra länder förekommer andra, snabbare metoder för trafikantcirkulation, se tabell 2.1.

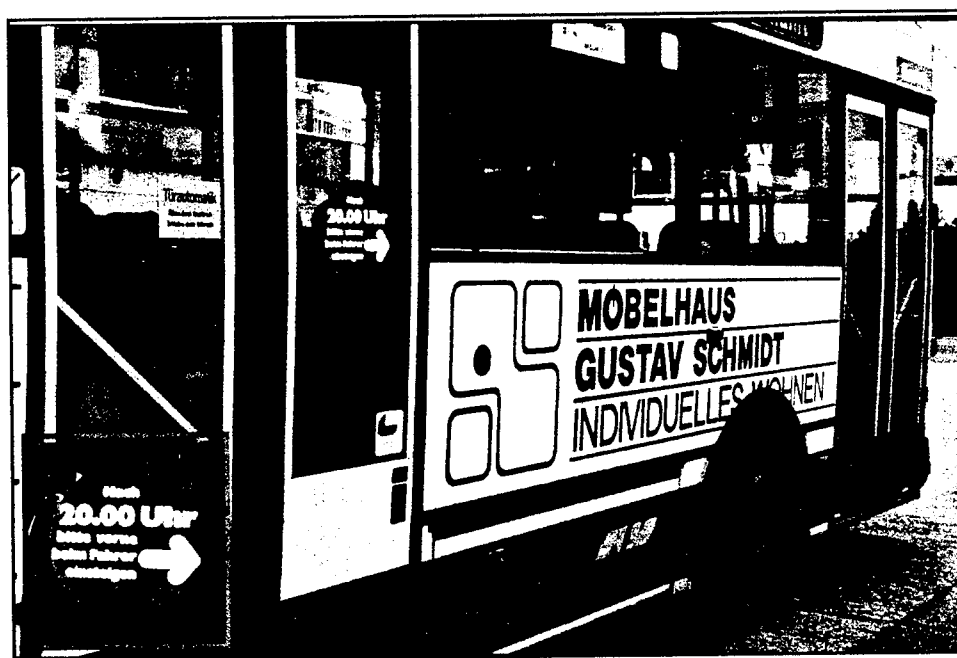
⁶ Sundberg J, Peterson B E, 1989a, Kapacitet i kollektiva trafiksystem - Del 3: Uppehåll vid hållplats, KTH Stockholm.

Tabell 2.1 Metoder för trafikantcirkulation.

Cirkulation	Förekomst
A Påstigning bak, avstigning fram och i mittdörrarna.	Bussar med konduktör vilket möjliggör visering under färd. Ovanlig idag.
B På- och avstigning i alla dörrar.	Bl a i Tyskland, Schweiz och Frankrike.
C Påstigning fram och bak, avstigning i mitten.	Italien och i princip på äldre spårvagnar i Göteborg.
D Påstigning fram, avstigning i mittdörr.	Äldre svenska stadsbussar som saknar bakdörr.
E Påstigning fram, avstigning i mitt- och bakdörr.	Den vanligaste metoden i Sverige och Norden.

Källa: Eklund P. 1994. Trafikantcirkulation och låga golv i stadsbussar. KFB-rapport 1994:18, Stockholm

För att komma till rätta med tjuvåkning och minska överfallsriskerna är det vanligt att under vissa tider begränsa påstigningen till framdörren. I bl a Tyskland sker påstigningen kvällstid, efter 20.00, normalt framtill för att föraren ska få bättre kontroll.



Figur 2.4 I Tyskland är det vanligen tillåtet att stiga på i alla dörrar fram till kl 20 på kvällen.

En modifierad variant av metod C har under 1996 införts på de nya stombusslinjerna i Jönköping just i syfte att minska på- och avstigningstiden. Stomlinjenätet trafikeras av ledbussar med fyra dörröppningar. Påstigning sker i framdörren samt i första dörren efter leden, dörr nummer 3 räknat framifrån. Avstigning ska ske i de övriga två dörrarna, nummer 2 och 4. Metod B används på stomlinjerna i Linköping och spårvagnarna i Norrköping med början hösten 1998.

I Stockholm hade man för avsikt att tillåta på- och avstigning i alla dörrar på det nya stomlinjenät som införas med början 1998. Detta påstigningsförfarandet provades på linje 47 en tid under 1995 och SL upplevde inte att problemen med tjuvåkning skulle vara större än på övriga linjer. Beräkningar hos SL visar också att körtidsvinsten och därmed ett mindre vagnbehov mer än väl balanserar den förväntade ökningen av fuskåkandet. Beslut fattades under 1997 att inledningsvis inte tillåta påstigning i alla dörrar på stomlinjerna.

Nya färdbevis kan komma att förenkla hanteringen så att behovet av passagerarkontroll av föraren minskar. Detta betyder att hindren för att ha på- och avstigning i flera eller alla dörrar minskar. En sådan utvecklingen skulle få klart positiva effekter på hållplatstiden. Risken att fler tjuvåker finns men det intäktsbortfallet ska jämföras med de restidsvinster som görs. Kortare restider ger fler resenärer samtidigt som det minskar antalet vagntimmar. I vissa fall kan den kortare körtiden innebära att samma turtäthet kan hållas med färre antal vagnar och då finns stora pengar att spara.

En jämförelse mellan en traditionell stadsbuss hos SL i Stockholm och en italiensk stadsbuss (2+4+2 dörrar) med påstigning i alla dörrar och betalningsautomat vid bakdörrarna visade att påstigningstiden var 50 % kortare i den italienska bussen⁷. Här finns alltså en klar potential att minska stadsbussarnas omloppstider, se avsnitt 4.3.

Fordonens utformning

Fordonets invändiga utformning har stor betydelse för hållplatstiden. Förutom antalet dörrar som diskuteras ovan är också bussens möblering och instegshöjd viktigt.

Stadsbussar är normalt glesare möblerade än andra typer av bussar. Anledningen är att det är viktigare att kunna ta en stor mängd passagerare än att alla får en sittplats. Påstigningen blir också snabbare ju mer ledig golvyta det finns. Under högtrafik leder detta till att många får stå medan det under övriga tider är ovanligt att alla sittplatser blir upptagna. Hur många sittplatser man bör ha är dock alltid en avvägningsfråga och kan inte fastslås generellt.

⁷ Larsson J, Thambert LG, 1994. Kollektivtrafikens design i staden, TFK-rapport 1994:7, Stockholm

På- och avstigningstider påverkas också av hur många passagerare som redan finns i bussen och då framför allt av antalet stående passagerare. Ju närmare bussens kapacitetsgräns man kommer desto större betydelse får belastningsgraden⁸ för betjäningstiden av på- och avstigande passagerare. Dess påverkan är dock ett komplicerat problem och några bra och enkla tumregler finns inte. Flera undersökningar⁹ visar dock på en kraftig ökning av betjäningstiden då det är fler än 2-3 stående/m². När det blir 4-5 stående/m² ökar betjäningstiden med upp emot 300 %. En beläggning på 4 stående/m² kan för svenska förhållanden anses var en övre gräns för att få en acceptabel komfort.

Låggolvbussar och lågentrébussar är två relativt nya typer av stadsbussar som har blivit vanliga under 1990-talet. De kännetecknas av att golvet vid framdörren är plant och utan trappsteg. Syftet med lågt golv utan trappsteg är framförallt att göra på- och avstigningen smidigare för resenärerna. Störst betydelse har detta för människor med rörelse- eller annat funktionshinder samt äldre. En förhoppning är att på detta sätt kunna minska behovet av färdtjänst. Antalet studier av påstigningsförloppet i låggolvbussar är ännu så länge begränsat. 1992 gjordes ett försök i Uppsala där ett antal försökspersoner fick agera på- och avstigande på en arrangerad försökslinje¹⁰. Resultatet blev att lågt golv ger kortare hållplatstid än normala bussar. Den totala hållplatstiden minskade med 10-15 %. I denna rapport refereras till en tysk tidskrift där man menar att hållplatstiden kan minskas så mycket som 25-59 % med införandet av låggolv. Weidmann¹¹ anser att betjäningstiden minskar med cirka 40 % om man övergår från traditionella fordon med tre steg till låggolvsfordon.

Hållplatsens utformning

Med avseende på bussens körmönster kan hållplatser delas upp i två typer. Den första fås om man stannar vid gatans kant (eller vid en plattform) utan att göra någon större förflyttning i sidled och kallas i fortsättningen för rak hållplats. Den andra typen avser sådana hållplatsstopp där bussen gör en mer kraftig förflyttning i sidled. Det vanligaste exemplet på detta är en vanlig bussficka men samma typ av förflyttning fås också då bussen ska köra intill gatukanten då det finns parkerade bilar före och/eller efter hållplatsområdet. Denna typ benäms fortsättningsvis fickhållplats.

⁸ Belastningsgraden är 100 % när bussen är full, d v s när bussen har så många passagerare som den är registrerad för.

⁹ Weidmann U, 1994, Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr, IVT nr.99, Zürich.

¹⁰ Eklund P, 1994, Trafikantcirkulation och låga golv i stadsbussar, KFB-rapport 1994:18, Stockholm.

¹¹ Weidmann U, 1994, Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr, IVT nr.99, Zürich.

Bussfickor har oftast byggts i tron att dessa underlättar för busstrafiken. Ofta är det dock så att bussen har problem att ta sig ut ifrån bussfickan eftersom den hindras av trafiken som redan finns på gatan. Efterlevnaden av trafikregeln att bussen har företräde när den blinkar ut är dålig. I rusningstrafik kan dessa förseningar bli omfattande. Effekten av bussfickor blir då istället att biltrafiken får en fördel på busstrafikens bekostnad.¹²

Det är viktigt att bussfickan eller det reserverade området vid hållplatsen är av tillräcklig längd så att bussen enkelt kan komma in och ut till hållplatsen. Är denna sträcka för kort så kan inte bussen stå helt parallellt med hållplatsen. Då uppstår lätt ett glapp mellan bussen och hållplatsytan vilket försvårar på- och avstigningen. Om hållplatsen ska betjäna mer än en buss måste den vara så lång att bussarna vid avfärd inte blockerar varandra.

Det finns inga studier som direkt har klarlagt skillnaderna mellan olika hållplatstyper men det finns skäl att tro att de raka hållplatserna är "snabbare". Dels slipper man vänta på att övrig trafik ska släppa ut bussen på gatan igen och dels behöver man inte förflytta sig i sidled. Uppskattningsvis kan raka hållplatser spara omkring 5 sekunder jämfört med fickhållplatser. I en artikel i Public Transport International anges att raka hållplatser tillsammans med en effektivare av- och påstigning kan ge tidsvinster på 5-10 sekunder per hållplats¹³.



Figur 2.5 Exempel på rak hållplats i Münster, Tyskland.

¹² Heunemann G, 1993, Priority for buses serving central zones. Report 5, 50th International Congress Sydney 1993, UITP, Bryssel

¹³ Public Transport International 2/1997 s.44

2.4 Avstånd mellan hållplatserna

Avstånden mellan hållplatser har stor betydelse för en linjes omloppstid. Många hållplatser ger visserligen korta gångavstånd för resenärerna men denna vinst i total färdtid kan snabbt ätas upp av flera hållplatsstopp. Om det totala antalet resande är konstant ger fler hållplatser att antalet påstigande per hållplats blir färre. Detta är en klar nackdel eftersom en stor del av hållplatstiden är oberoende av antalet resenärer och är alltså lika stor oavsett om det är en eller flera påstigande.

Förutom att det blir fler hållplatsstopp så påverkas också färdtiden mellan hållplatserna (inbromsning och acceleration kan sägas höra till hållplatsstoppen). Med alltför korta körsträckor mellan hållplatserna kommer bussen kanske inte upp i sin maximala tillåtna körhastighet eller i vart fall kommer den tid då bussen kan utnyttja sin maximala hastighet att vara kort. Medelhastigheten minskar kraftigt då hållplatsavståndet är mindre än 200 m och om hållplatsavståndet inte överstiger 300 m så kommer bussen aldrig att nå upp till en körhastighet på 50 km/h ¹⁴. Förutom låga körhastigheter så ger korta hållplatsavstånd också en ryckig körrytm vilket påverkar åkkomforten negativt.

¹⁴ Holmberg B, 1975, Kollektivtrafik i tätort - Bilaga 1, SOU 1975:48, Kommunikationsdepartementet, Stockholm.

3. Högprioriterade bussystem

Som beskrevs i kapitel 2 finns det ett antal olika orsaker till att bussen fördröjs. I så kallade högprioriterade bussystem har man genom ett koncept försökt förbättra framkomligheten för bussen. I detta kapitel beskrivs vad ett högprioriterat bussystem innebär samt det koncept som ligger till grund för en effektivare busstrafik.

3.1 Vad menas med ett högprioriterat bussystem?

Ett högprioriterat bussystem är ett system som kan erbjuda ungefär samma standard som ett spårburet alternativ kan göra. När man diskuterar prioriterade busstrafiksystem är det nästan alltid fyra nyckelord som man lägger tyngpunkten på. Dessa nyckelord hittar vi i såväl svenska som utländska projekt. Nyckelorden är:

- **Snabbhet**
- **Enkelhet**
- **Attraktiva fordon**
- **Bra information.**

I det följande kommenterar vi dessa nyckelord och beskriver vad de innebär för en prioriterad busstrafik.

3.2 Snabbhet

Att snabba, direkta resor är viktiga för att få en hög kollektivtrafikandel är känt. Att den konventionella busstrafiken brottas med låga körhastigheter är också känt. Under senare år har man också alltmer börjat diskutera hur man på olika sätt kan öka körhastigheten. Man har då kastat blickar på spårtrafiken med sina egna banor och försökt att tillämpa dessa principer på busstrafik.

Det första man tänker på när man pratar om t.ex. snabbspårväg är snabbheten i systemet. Fordonen går på egen bana och i korsningar med annan trafik har man nästan alltid absolut prioritet. Den egna banan bidrar på så sätt till bättre punktlighet vilket i sin tur ger en ökad standard för resenären.

Dessa tankar kan överföras till busstrafik utan större problem. Bussar på egen bana finns på ett flertal platser i världen. Att ordna absolut prioritet för bussarna i de punkter där bussbanan korsar övrig trafik i plan är heller inget praktiskt problem. Däremot kan det vara ett känslomässigt problem.

Att snabbheten i systemet har betydelse visas av studier från Holland. Där har man konstaterat att kollektivtrafikens andel av resandet är 26% om restidsfaktorn (restid koll/restid bil) är 1,8 och 55% vid restidsfaktor 1,2.¹⁵ Norska studier¹⁶ visar att kollektivtrafikandelen är låg om restidsfaktorn är över 2. Barnfamiljer och höginkomsttagare är de grupper som sätter högst värde på en snabb trafik.¹⁷

Svenska resultat om resenärernas preferenser, bl a från en undersökning i Eskilstuna, visar att snabbheten är den näst viktigaste faktorn efter behovstillfredsställelse med linjer och tider.¹⁸

Snabbhet innebär inte bara fordon som går snabbt utan stopp. Väntetider och bytestider, som båda är direkt beroende av turtätheten, är också av stor betydelse för systemets totala snabbhet. Hög turtäthet ger ett stort urval av avgångar och det kollektiva alternativet blir allt mer likt bilen - man kan åka när man vill.

Snabbheten i ett bussystem kan ökas främst genom att:

- ge bussarna prioritet i signaler
- låta dem gå på egna banor
- förlänga hållplatsavstånden

Från ett stort antal studier vet vi att det bästa sättet att snabba upp busstrafik är att **öka hållplatsavstånden**. Inom projektet KomFort-96 i Jönköping har vi studerat effekten på medelhastigheten. Det visade sig att halva vinsten beror av en utglesning av hållplatserna så att medelavståndet ökar från 400 till 600 meter. I exemplet Jönköping skulle en ökning av medelhastigheten på 3 km/h (från 22 till 25 km/h) bli fallet.

Hållplatserna kan också placeras i linje med bussens körväg vilket innebär att sidoförskjutningar bortfaller. Om parkering längs gatan är tillåten byggs hållplatsen ut som en bula i gatan. Effekten är ökad framkomlighet genom att hållplatsuppehållet tar kortare tid. Förbjuder man dessutom omkörning vid hållplatserna kommer bussen att ha "fri" väg när den startar från hållplatsen vilket ytterligare ökar framkomligheten.

¹⁵ Zuid-Tangent Beleidsplan, Amsterdam 1993

¹⁶ Hammer,F, Norheim,B, 1993, Busspassasjerers verdesetting av nye rutetilbud - samvalgsanalyse i forsøkkbyene Tromsø, Trondheim og Kristianssand, TØI-rapport 166/33, TØI, Oslo

¹⁷ Norheim,B, Stangeby,I, 1996, Fakta om kollektiv transport, TØI, Oslo

¹⁸ RES-VAN Resor och kvalitetsanalys i Eskilstuna, Kirstein-Walerud 1993

Vad som fördröjer bussen har under våren 1997 presenterats i ett examensarbete¹⁹ som i huvudsak utförts vid **Trivector**.

Prioritet i trafiksignaler ger i första hand bättre punktlighet, och i andra hand ökad hastighet. Tidsförlusten i en normal trafiksignal uppges till i medeltal ca 15-19 sekunder⁵ exklusive retardation och acceleration. Räknar man på tidtabellstid kan prioritering ge tidsvinster upp till 20-30 sekunder^{5,20}. Detta baseras på antagandet att en buss som får rött får vänta i ca 40 sekunder innan det åter blir grönt. Utgår vi från att bussen vid prioritering får vänta som mest 10 sekunder på grönt ljus har vi en tidsvinst på 30 sekunder. Detta innebär att marginalen i tidtabellen kan minskas genom att punktligheten blir bättre. En busslinje som passerar 10 signalreglerade korsningar sparar därmed ca 3 minuter per halvvarv på prioriteringen. Detta motsvarar mellan 5 och 10% av tiden på en normal busslinje.

Egna bussvägar kan ge stora tidsbesparingar dels genom en högre hastighet än på vanliga gator dels genom genare sträckor. Genom att hägna in bussbanorna kan hastigheter upp till 80 km/h utan vidare accepteras utan att man behöver ställa nya krav på fordonen.

I Jönköping har vi funnit att medelhastigheten kan höjas med 3 km/h genom att bygga egna bussvägar och busskörfält samt att prioritera bussarna i trafiksignaler. Vid byggandet av busskörfält måste man vara observant på effekterna för övrig trafik och tillgängligheten för butiker längs gatan. Egna busskörfält innebär också behov av att markera "bussöverfarter" i gatan på samma sätt som cyklister har särskild markering. I Frankrike använder man vita rutor för att markera sådana överfarter.



Figur 3.1 Exempel från Frankrike på markering med vita rutor på kollektivkörfält i korsning (TVM i Paris).

¹⁹ Wendle, B. 1997, Vad fördröjer bussen?, Thesis 92, Institutionen för trafikteknik, LTH, Lund

²⁰ Signalprioritering i Malmö, Utvärdering av två korsningar, 1993, Trivector AB, Lund

Det viktiga för att nå de uppställda målen med korta restider och en pålitlig trafik är alltså att dels öka hastigheten, dels att förbättra punktligheten i de fall det konstateras att denna inte är bra. Detta görs lämpligast genom att bussarna fysiskt skiljs från biltrafiken i så stor utsträckning som möjligt. Detta kan göras antingen genom att busskörfälten fysiskt skiljs från övriga körfält med en kant på ca 10 cm höjd eller en målad linje, eller genom att bygga helt nya bussvägar.

Genom en utbyggnad av busskörfält och bussvägar i de aktuella stråken kan restiderna i det kollektiva alternativet minskas. Man bör redan här påpeka att man kommer in på frågor om att byta framtida minskningar i driftskostnader mot investeringar i infrastruktur idag. I Jönköping beräknades den årliga driftskostnadsminskningen motivera investeringar motsvarande 150 Mkr.

Busskörfält och bussvägar kan alltså öka reshastigheten för busstrafiken mot ett mål på 25-30 km/h. Med en medelbilhastighet i tätorter på 25-30 km/h kommer kollektivtrafiken att ha en bra konkurrenskraft med hög turtäthet, hög punktlighet och hög medelhastighet. Restidskvoten mellan kollektivt och bil kan i ett större antal relationer förväntas ligga under 2,0 vilket är ett måste om kollektivtrafiken ska upplevas som ett alternativ till bilen. Egna körfält för bussarna kan också betyda mycket som symbolvärde.

3.3 Enkelhet

Under senare år har en marknadsanpassning av kollektivtrafiken pågått i Sverige. Denna har inneburit att allt fler typer av linjer har kommit till i form av servicelinjer, skollinjer, industriturer, expresslinjer etc. Samtidigt som resenärerna får ökade resmöjligheter blir systemet svårare att överblicka. I en del fall tror man att man skall kunna lösa detta problem med en förbättrad information. Detta är dock att börja i fel ände.

Ett trafiksystem som har en enkel uppbyggnad ger också möjlighet till en bättre planering av trafiken med möjligheter till besparingar som följd.

När man skall bygga upp ett enkelt och begripligt trafiksystem sneglar man ofta på spårsystemen som med ekonomisk nödvändighet sedan länge har en inbyggd enkelhet. Fördelen med spårsystem är att de ofta består av ett fåtal linjer vilket gör att det är lätt att åskådliggöra systemet. Även system med ett flertal linjer, t.ex. Göteborgs spårvägssystem och Stockholms tunnelbana, är välkända av resenärerna. Spårsystemens oflexibla uppbyggnad innebär att man under långa tider kan lita på linjesträckningarna. Detta medför att invånarna efter hand lär sig systemet.

Dessa fördelar med spårtrafik bör man ta vara på även vad gäller busstrafik. Det är därvid viktigt att bussen verkligen håller sig till sin sträcka även vid vägarbeten och andra planerade störningar. Bussen har fördelen att vid

oplanerade störningar, t.ex. trafikolyckor, kunna köra andra vägar. Detta bör dock ske endast i yttersta undantagsfall.

Enkelheten i systemen hotas också av det faktum att dagens resande till hälften utgörs av fritidsresor och att tätorterna har växt och glesats ut med flera olika centra. Det kräver såväl god kunskap om trafikering, som politisk vilja för att i nuläget konstruera ett enkelt och effektivt system. Enkelheten i systemet skall också på sikt kunna bli strukturerande, med förbättringar för miljön som följd. Det är då viktigt att man verkligen utnyttjar kollektivtrafikens struktur. I en utredning från 1994 om framtiden för Göteborgs spårvägar²¹ pekar man på att just detta är ett problem. Staden har inte i tillräcklig utsträckning växt längs spårvägslinjerna. Systemets oflexibla struktur gör det mycket dyrt att i efterhand rätta till dessa planeringsmissar.

Ett linjenät med en bra struktur är också lätt att åskådliggöra på en schematiserad bild. Kan nätet inte schematiseras är det heller inte överskådligt och begripligt.

Att systemet är enkelt uppbyggt bör inte gälla bara själva linjenätstrukturen. Även vad gäller tidtabell ger enkelhet fördelar. Med styv tidtabell, och avgångstid samma minuttal varje timme, lär sig resenärerna tiderna bättre. Styv tidtabell ger även ökad kunskap om trafiken till de som normalt inte åker buss.²²

3.4 Attraktiva fordon

Bussar för linjetrafik blir allt mer olika. Efterhand som kollektivtrafiken allt mer kundanpassas blir kraven på fordonen allt mer specialiserade. För tjugo år sedan såg i stort sett alla linjebussar likadana ut.

Idag beställs bussar för ett specifikt behov. De kan vara servicelinjer, tätortstrafik, regionaltrafik, expressbusstrafik eller långlinjetrafik. Den busstrafik länshuvudmännen ansvarar för inkluderar idag ett stort antal busstyper.

Servicelinjer trafikeras med små bussar med lågt och plant golv. I tätortstrafik går utvecklingen mot låggolvsbussar dvs normalstora bussar med lågt golv i hela fordonet. Tätortsbussar kan vara standard- eller ledbussar. För förorts- och regionaltrafik får bussarna allt högre sittkomfort. Andelen sittplatser är högre än i en tätortsbuss. Idag finns exempel på regionalbussar med mycket hög standard. Det mest exklusiva för närvarande är de expressbussar som

²¹ Spårvagnsutredningen 1993, Huvudrapport, 1994, Rapport nr 5 : 1994, Trafikkontoret, Göteborg

²² P G Andersson, 1991, Effekter av regelbundna avgångstider i kollektivtrafiken, TFB-rapport 1991 : 2.

Länstrafiken Malmöhus satt in mellan Malmö och Trelleborg och Norrlands-kusten mellan Sundsvall och Umeå. Dessa dubbeldäckare är 4,18 m höga, 2,6 m breda och 15 m långa och har plats för 90 sittande. I bussarna i f d Malmöhus län finns ett avancerat informationssystem som bl a talar om antalet minuter till nästa hållplats. På nedervåningen är bussen i låggolvsutförande, dvs plant insteg i samtliga dörrar.

Bussar med stor kapacitet kan också vara långa. På kontinenten provas dubbelledade bussar med längder upp till 25 meter. För projektet Zuid-Tangent utanför Amsterdam tänker man sig några sådana bussar för att klara kapaciteten.



Figur 3.2 Exempel på 25 meter lång dubbelledad låggolvsbuss med fem dubbeldörrar och bakplattform utan podestrar.

Stora bussar medför även fler sittplatser. Om turtätheten inte förändras medför detta bättre komfort för resenären. Sannolikheten att få sittplats ökar.

Det låga golvet ger en snabbare på- och avstigning vilket i sin tur gör att hållplatstiderna kan kortas. Studier i Uppsala visar att låggolvsbussar har 15% mindre ståtvid hållplatser än vanliga tätortsbussar. Låter man sedan resenärerna stiga på och av i samtliga dörrar, som på tåg och tunnelbanor, minskar hållplatstiden med 45% om bussen har tre på- och avstigningsdörrar.²³

Bussarna som skall trafikera huvudstråken bör ha hög komfort med stor andel sittplatser. Bussarna ska naturligtvis ha ett lågt golv, helst i hela fordonets längd. En snygg och kanske egen design på stomlinjebussarna ökar effekten av att trafiken inte bara är "vanlig busstrafik" utan något speciellt.

Ska busstrafiken jämföras med spårväg eller järnväg ska på- och avstigning också anpassas därefter. Bussarna bör därför byggas med tanke på enkel på- och avstigning i samtliga dörrar. En ledbuss kan då förses med tre eller fyra dubbeldörrar.

²³

Trafikantcirkulation och låga golv i stadbussar. TFB 1992

Inne i bussen ska resenären hitta bekväma stolar och en bra miljö vad gäller värme/kyla och ventilation. Även belysning nattetid ska vara bra. Informationen är givetvis den bästa för att såväl vaneresenärer som sällanresenärer skall hitta rätt avstigningshållplats med byte till önskad målpunkt.

Man bör undersöka om olika busstyper för olika trafikuppgifter kan ge fördelar för de resande. Detta är ett område för fortsatt forskning.

En kvalitetsmätning som Temo²⁴ genomförde under 1995 för ÖstgötaTrafiken visade att resenärerna värderade fordonet högst (tillsammans med föraren) bland undersökta kvalitetsfaktorer.

3.4 Bra information

Någon studie som visar att det kollektiva resande skulle öka enbart genom förbättrad information finns inte i Sverige idag. Valet av färdmedel påverkas också av en mängd andra faktorer. Ett antal studier har dock visat vilken nytta systemen har, och vad man är beredd att betala för servicen. Detta går att omsätta i ett ökat resande.

Ett antal städer runt om i världen har dock försökt sig på att uppskatta effekten av information. I Strassbourg har man konstaterat en ökning av antalet resenärer på 1 - 2%. Man har också räknat fram att systemet har en pay-off-tid på 4 år.²⁵

Toronto, som sedan ett tiotal år har ett avancerat trafikledningssystem med telefonupplysningssystem i realtid, är ett av de få ställen som verkligen försökt göra en utvärdering av kostnad och nytta med sitt system. Ökningen i resandet har man uppskattat till 0.5 - 1 %.

I Sverige har en undersökning vid SL pekat på att man är beredd att betala ca 90 öre per resa för realtidsinformation. Detta betyder att alla hållplatser med mer än 20-30 påstigande per dag borde kunna utrustas med sådan information.

God information om taxa och påstigningsförfarandet påverkar påstigningstiden. Schweiziska studier visar att resenärer med god kunskap om systemet har en kortare påstigningstid än resenärer med dålig kunskap.

Nya metoder för informationsöverföring inom kollektivtrafiken sägs idag vara speciellt intressanta eftersom kollektivtrafiksystemen ofta tenderar att bli alltmer komplicerade och svåröverskådliga vad gäller t ex nätstrukturer

²⁴ Hedström, Å, 1995, PM: ÖstgötaTrafiken kvalitetsmätning, 1995, Bromma

²⁵ Teknik för trafikledning och trafikantinformation. Internationell utveckling. TFB-rapport 1989:112, Ola Fogelberg och Christer Ljungberg

och tidtabeller. Här är det dock av stort vikt att arbeta både med informationen, **och** att skapa ett enkelt och begripligt system. **En aldrig så bra information kan inte "rädda" ett svårbegripligt system.**

Beslutet att resa med kollektivtrafiken eller inte beror ofta på den vid tillfället tillgängliga informationen. För att denna information skall kunna göras tillgänglig på ett kostnadseffektivt sätt krävs ofta att man använder sig av "ny teknik" vad gäller informationsteknologi och kommunikationssystem.

Idag finns de tekniska möjligheterna att överföra mer information snabbare, mer flexibelt och mer diversifierat än någonsin tidigare. På många håll i världen har utvecklingen av dessa informationssystem medfört en dramatisk förbättring för kollektivtrafikresenärer i fråga om informationens tillgänglighet och kvalitet.

Utvecklingen av de tekniska möjligheterna har på många håll gått hand i hand med ett mer kundorienterat synsätt. Man har förstått att de nya tekniska möjligheterna kan ge en förbättrad reskvalitet som i sin tur ger ökat resande.

Informationen kan uppdelas i strategisk, taktisk och operativ information.

- Den **strategiska** informationen handlar om hur man kan påverka resenärerna att resa med kollektivtrafiken i stället för med andra färdmedel. Här är gränsen mellan vad som är marknadsföring och information mycket flytande.
- Med **taktisk** information menar vi information som skall underlätta valet av en bra lösning för de som har bestämt sig för att åka kollektivt. Denna typ av information handlar t ex om resvägar och restider.
- Den **operativa** informationen är sådan som handlar om hur man på ett enkelt och bra sätt skall kunna genomföra det valda resalternativet.

Erfarenheterna från tidigare forskning och tekniska system finns samlade i en handbok för trafikantinformation¹¹. Denna handbok innehåller flera goda idéer för hur trafikantinformationen kan förbättras. Den pekar också på vilka effekter man kan åstadkomma med förbättrad information.

Förbättringar av informationen kan göras för informationen såväl före, under som efter resan. För att åstadkomma en högklassig information med realtidsinformation på hållplatser etc bör man satsa på någon form av integrerat informationssystem. Ett sådant system, som tar sin utgångspunkt i positionering av bussen, ger följande möjligheter:

¹¹ Handbok i trafikantinformation, TFB-rapport 1992:28

- styrning av bussen linjenummer och destinationsnummerskyltar
- styrning av utrop
- visning av nästa hållplats inne i bussen
- styrning av biljettmaskiner
- visning av avgångstider i realtid på hållplatser
- visning av bussavgångar i realtid på text-TV
- telefonupplysningssystem i realtid
- styrning av signalprioritering
- passagerarräkning
- färdtidsmätning

3.6 Tänk Spårvagn kör Buss

Fördelen med busstrafik är att den använder samma infrastruktur som den övriga biltrafiken. Detta ger ett rationellt utnyttjande av gator och vägar men innebär också att bussen måste anpassa sig till majoriteten, dvs privatbilarna, vilket innebär nackdelar för busstrafiken.

Flaskhalsar som bussen ofta drabbas av är förutom in- och utfarter till tätorter även köer på de större vägarna, krav att lämna företräde i korsningar etc.

Genom att flera för bussen uppsnabbande åtgärder genomförs, som t ex hållplatsindragningar eller separata körfält, ges totalt sett en betydande tidsvinst även om varje enskild åtgärd i sig inte ger så stort bidrag. Indragningen av en hållplats med lågt resande kan verka omotiverad för de boende vid hållplatsen med tanke på den lilla tidsvinst som görs, men för de genomresande blir tidsvinsten betydande med flera hållplatsindragningar.

Faktorer i trafikmiljön som påverkar bekvämligheten för bussresenären negativt är sidoförskjutningar av bussen. Sådana uppstår dels när man ska in till eller ut från en hållplatsficka, dels när bussen kör genom cirkulationsplatser eller trånga korsningar. För högvärdig busstrafik bör man då "TÄNK SPÅRVAGN" dvs hur skulle man löst problemet för spårvagnen. Är svaret att spårvagnen skulle kört rakt genom cirkulationen så bör även bussen köra rakt genom cirkulationen. Den övriga biltrafiken stoppas på samma sätt som om bussen varit en spårvagn. Lösningar av denna typ kan i vissa fall kräva lokala trafikföreskrifter. Det ovan redovisade tankesättet innebär att man minskar de negativa effekterna av bussens flexibilitet.

4. Metoder att förbättra framkomligheten för bussar

I detta kapitel beskrivs ett antal metoder för att förbättra framkomligheten för bussar och åstadkomma ett så högprioriterat bussystem. Vissa är enkla och kan genomföras relativt omgående medan andra kräver större resurser och noggrannare planering. Alla är dock viktiga och behövs för att skapa en högvärdig busstrafik som kan konkurrera med biltrafiken.

4.1 Busskörfält och bussgator

Typer av busskörfält

Ett sätt att öka framkomligheten för kollektivtrafiken är att anlägga bussgator eller busskörfält. Hur stora effekterna av denna åtgärd blir varierar givetvis från plats till plats beroende på bl.a. storleken på övriga trafikflöden. Betydelsen av separata kollektivtrafikkörfält visar sig mest under rusningstid. Även korta sträckor med blandtrafik kan bidra till förseningar för kollektivtrafiken.

Busskörfälten kan indelas i två typutföranden:

- kantstenskörfält (beläget vid körbanans kant)
- mittkörfält (beläget i mitten av gatan)

Körfälten kan antingen vara permanenta eller tidbegränsade t.ex. till högtrafikperioder. Trafiken kan också vara antingen med- eller motriktad vid kantstenskörfält men endast medriktad vid mittkörfält.

Effekter av busskörfält

Mätningar visar på att körtiden mellan hållplatser kan minskas med 15-20 % med hjälp av busskörfält vilket i första hand har effekter på regulariteten¹². Ett exempel från Trondheim visar att fram till hösten 1985 var kollektivtrafikens hastighet i Trondheim 7-8 km/h under rusningstid¹³. Genom att anlägga kollektivtrafikkörfält ökade hastigheten till 15 km/h.

En högre regularitet minskar behovet av reservvagnar och har därmed positiv effekt på trafikföretagens ekonomi. Den upplevs dessutom positivt av trafikanten. Kostnaden per vagnkilometer sjunker snabbt med ökande hastighet. Som exempel på detta kan nämnas att kostnaden per vagnkilometer

¹² Kommunikationsdepartementet, 1975, Kollektivtrafik i tätort, SOU 1975:47, Stockholm

¹³ Miljøhåndboken, 1996, Miljøhåndboken - Trafikk og miljøtiltak i byer og tettsteder Del 1, Transportøkonomisk institutt, Oslo

sjunker med i storlekordningen 30-40 % vid en körhastighetsökning från 15 till 25 km/h.

I Örebro infördes reserverad bussgata på en 1,2 km lång sträcka. Medelhastigheten ökade därefter med 4 km/h. Tidsvinsten motsvarade 1-1,5 minuter per riktning eller 2-3 minuter per omlopp. Vinsten är relativt liten och kan, såsom fallet var i Örebro, reduceras av körtidsförluster på sträckorna före och efter bussgatan där trafikförhållandena försämrats. Försämringen består i att utrymmet för den övriga trafiken minskat i och med att ett körfält ägnats åt bussarna, varför viss trängsel kan uppstå innan trafiken "sjunker undan" på det minskade körutrymmet. Detta visar att införandet av bussgator har olika effekter beroende på var de införs.

Gemensamt för flera exempel är att medelhastigheten för bussen ökar längs stråket med buskörfält/bussgata medan fördröjningen för bussen oftast ökar i anslutningarna till dessa p.g.a. det minskade utrymmet för den övriga trafiken enligt resonemanget ovan. Då man inför reserverade kollektivtrafikkörfält är det mycket viktigt att tänka på att bussen får god framkomlighet även i anslutningarna så att fördröjningen ej förskjuts till annan plats i systemet. Detta belyser ytterligare vikten av att se de bussprioriterande åtgärderna som ett system av åtgärder där kontinuiteten är viktig. Innebörden i detta resonemang är att buskörfält **måste** vara obrutna ända fram till stopplinjen i en signalkorsning.



Figur 4.1 Exempel på buskörfält som är genomgående fram till stopplinjen. I detta fall från Osnabrück i Tyskland möjliggör detta att bussen kan svänga vänster från höger körfält.

Samutnyttjande av kollektivtrafikkörfält

Då det gäller samutnyttjande av kollektivtrafikkörfält för flera trafikslag har olika undersökningar gjorts. Erfarenheter från USA visar att öppnande av kollektivtrafikkörfälten för samåkning i privatbilar leder till fördröjningar för bussen. Kombination av körfält för bussar och t.ex. taxi är möjlig då turtätheten är relativt låg och då man ej använder separata signaler i korsningarna. Om cyklar i busskörfälten ska tillåtas eller inte beror på körfältets bredd. I ett högprioriterat bussystem bör dock blandning mellan trafikslagen undvikas så långt som möjligt. Bussvägar med hög turtäthet som enbart används för busstrafik har i många fall lika stor kapacitet som ett spårburet alternativ. Anläggningskostnaden för bussvägarna är dock betydligt lägre.

Erfarenheter från Stockholm visar att överträdelser vad gäller utnyttjande av körfälten är av betydande storlek. Bussfiler som anläggs längs trottoarkanter får mindre respekt av övriga trafikanter och kräver därför mer övervakning jämfört med om körfältet skulle legat mittcentrerat eller motriktat. I de sistnämnda fallen minskar restiden mer än i de förstnämnda vilket bidrar till att höja attraktiviteten hos kollektivtrafiken. Acceptansen av bussfiler från övrig trafik kan vara mindre om det är brist på parkeringsplatser eller angöring för godsleveranser. Man erhåller högre effektivitet om man samtidigt med byggandet av bussgator inför restriktioner för övrig trafik. Detta kan t.ex. gälla minskade parkeringsytor och högre avgifter.

Effektstudier

I Stockholm har omfattande före- och efterstudier gjorts för att mäta effekterna vid införande av busskörfält¹⁴. Mätningarna har normalt omfattat bussarnas körtider, regularitet och antal passagerare. Dessutom har biltrafikflödena mätts liksom bilarnas otillåtna användning av busskörfälten. I några fall har olycksutvecklingen studerats. Mot bakgrund av genomförda effektstudier kan erfarenheterna av busskörfält sammanfattas på följande sätt:

- Bussarnas körtider minskar och regulariteten förbättras
- Antalet resenärer påverkas inte nämnbart
- Biltrafikens körtider på den aktuella sträckan påverkas inte i någon högre utsträckning vilket kan bero på en viss överkapacitet innan åtgärd eller att biltrafiken väljer en annan väg efter åtgärd.
- Trafikolyckssituationen påverkas inte entydigt i någon riktning
- Kapacitetsförhållandena på sträcka före busskörfält måste beaktas så att bussen ej fördröjs p.g.a. köbildning.

¹⁴ Kollektivtrafikberedningen, 1984, Trafiksanering och busstrafik, KTB-rapport 1984:2, Solna

- Busskörfält kan medföra krav på att övergångsställen signalregleras eftersom bussen har en annan hastighet än biltrafiken.
- Busskörfälten längs kantsten kan försvåra varudistribution.
- Busskörfält i gatumitt kan medföra speciella slussningsproblem om hållplatserna är belägna vid höger körbanekant.

I tabell 5.1 sammanställs några av resultaten för olika typinföranden av busskörfält. Vid indelningen har man slagit samman gator med olika antal körfält och studerat dessa som en grupp. De olika typerna är:

I) Busskörfält längs kantsten. Tot 3-6 körfält.

II) Busskörfält i mitten av gatan. Tot 4-6 körfält.

Tabell 4.1 Effekter av busskörfält efter försök i Stockholm

Typfall	Längd (m)	Antal körfält	antal bussar/ maxh	antal bil- ar/ maxh	Körtidsförändring buss (min)	Körtidsförändr bil (min)
I	200-750	5-6	35-70	800-2750	-0.2 - -0,7	-0.5 - +1.2
II	300	4-5	60	900	-	0

Det finns få studier gjorda om vilka effekter förbättrad framkomlighet för kollektivtrafiken har på miljön. Däremot finns det kunskap om hur körmönster och genomsnittshastigheter påverkar avgasutsläpp och buller. Det finns även kunskap om utsläppsförhållanden när det gäller buss kontra privatbil. Mot bakgrund av detta är det möjligt att få reda på de miljömässiga effekter som följer av olika former av kollektivtrafikprioritering.

Erfarenheter visar att städer som införde bussgator fick en resandeökning, medan städer som inte införde bussgator fick ett minskat resande under samma tidsperiod. I städer där längden bussgator har ökat har man i vissa fall erhållit ett fördubblat antal resor jämfört med städer som ej byggt ut bussgatusystemet. Då det gäller busskörfält med motriktad trafik finns ett exempel från Taipei där man ville undersöka resandeökningen då man införde busskörfält med motriktad trafik. Mer än 50 % av de 2,2 miljoner resor som sker varje dag genomförs med buss. Efter att ha infört motriktade körfält för enbart bussar, kunde man konstatera en resandeökning på 28,9 %. Man kan sammanfattningsvis säga att det finns olika erfarenheter vad gäller busskörfältens påverkan på antalet resande.

För att studera busskörfältens inverkan på den övriga trafiken och vice versa, gäller det att hitta intressanta mått som beskriver dessa förhållanden. Av intresse är att veta under vilka förhållanden man bör överväga att införa

busskörfält och vilka konsekvenser detta i så fall får för biltrafiken i form av fördröjning etc. De mått som huvudsakligen använts hittills är:

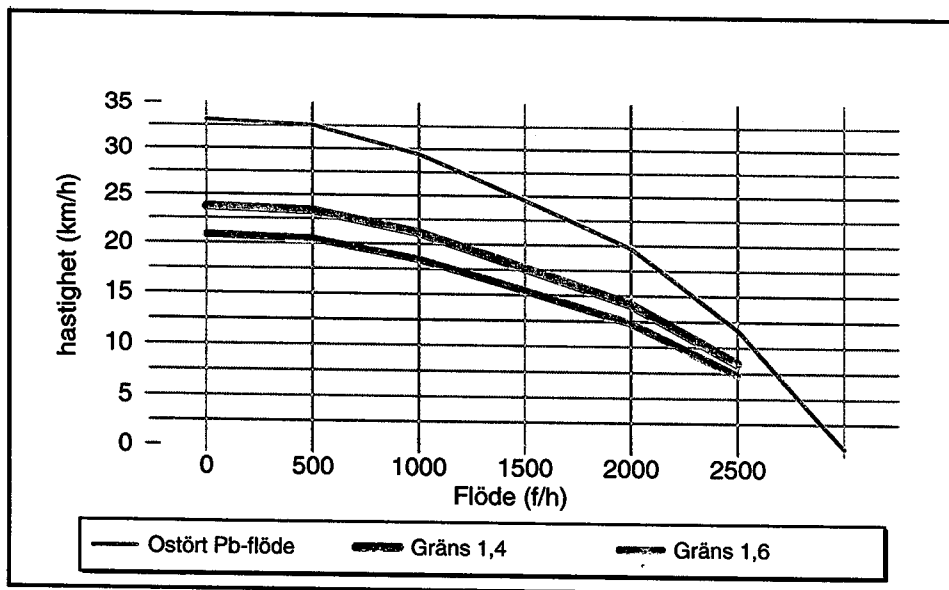
1. Regelmässiga förseningar i förhållande till tidtabell och bristande regularitet.
2. Bussarnas medelkörhastighet på den aktuella sträckan
3. Tillräckligt körbaneutrymme
4. Behovet av distributionstrafik till affärer m.m. längs den aktuella sträckan

För att få en fingervisning om när det kan vara aktuellt att införa kollektivtrafikkörfält utgår vi i denna studie från sambandet mellan flöde och hastighet för biltrafik i tätort, se figur 4.1. Sambandet erhöles efter mätningar i Storbritannien¹⁵ 1968. Undersökningar från Köpenhamn visar att hastigheten för bilar är i genomsnitt cirka 1,4-1,6 gånger högre än kollektivtrafikens färdhastighet (inkl. hållplatsuppehåll). Då man känner sambandet mellan flöde och hastighet för personbilar i tätort kan ett samband för buss fås med hjälp av ovanstående faktorer.

I TRÅD 92 redovisas hastigheter för grön resp. gul standard. Gränsen mellan grön och gul standard är 20 km/h, medan gränsen mellan gul och röd standard är 15 km/h. Dessa hastigheter avser färdhastigheten.

I praktiken är reshastigheten för personbilarna lägre i och med inblandningen av tunga fordon. Då enbart personbilar förekommer i körfältet ligger kapacitetstaket på 2 500 fordon/h, men med ca 10 % inblandning av tunga fordon är motsvarande siffra 1 800- 2 000 f/h.

¹⁵ Nielsen G, 1992, Veg, buss eller bane?, Nordisk vegteknisk Forbund 15:1992, Oslo



Figur 4.2 Hastighetens beroende av flödet för personbilar och bussar vid antagandet att bussens färdhastighet är 1,4 resp. 1,6 gånger lägre än bilens körhastighet

Diagrammet visar att följande flödesgränser för införande i huvudsak gäller då man utgår från TRÅDs standarder.

- Grön:** < 650 f/h (införande behövs ej)
Gul: 650 < Q < 1 500 f/h (införande utreds vidare)
Röd: > 1 500 f/h (införande nödvändigt)

Om man antar en inblandning av tung trafik motsvarande ca 10 %, kommer kurvorna att förskjutas nedåt. Eftersom kapacitetstaket sjunker med ca 20 % gör vi det antagandet att sänkningen av kapaciteten sjunker proportionellt ned till 20 % vid 2000 fordon/dygn. Motsvarande gränser för införande av buskörfält blir då följande:

- Grön:** < 350 f/h (införande behövs ej)
Gul: 350 < Q < 1 200 f/h (införande utreds vidare)
Röd: > 1 200 f/h (införande nödvändigt)

Detta resonemang innebär att det är meningsfullt att börja diskutera införandet av separata buskörfält först vid personbilsflöden i storleksordningen 350-650 f/h. Länklängdens inverkan har dock inte studerats och detta kan ge andra resultat jämfört med de ovanstående. Måttet ska därför betraktas som en grov tumregel. Vidare finns andra aspekter att ta i beaktande då man studerar körfältens införande. Dessa kan t.ex. vara hållplatsavståndet, gaturummets utformning samt bebyggelsestrukturen.

Att bestämma bussens körhastighet i buskörfältet är svårt och kräver ett antagande beroende på omständigheterna i varje enskilt fall. För att kunna

göra ett rimligt antagande bör man utgå från någon form av färdtidsmätning och därefter bedöma hur mycket hastigheten kommer att öka beroende på länkens längd, hållplatsavstånd, påverkan från övrig trafik etc. Färdhastigheten bedöms öka med 10 km/h vilket är rimligt med tanke på ovanstående faktorer.

Sammanfattning

Busskörfälten kan indelas i två typutföranden beroende på placeringen i körbanan. Dessa är kantstenskörfält och mittkörfält. Syftet med att införa busskörfält är att minska restiden och öka regulariteten. Betydelsen av separata busskörfält visar sig mest under rusningstid. Erfarenheter som man kan dra av genomförda effektstudier är bl.a. att körtiderna minskar och att regulariteten förbättras. Antalet resenärer liksom biltrafikens körtider påverkas ej nämnvärt. Om man utgår från sambandet mellan flöde och hastighet för biltrafik och vet att bussen i genomsnitt färdas 1,4 till 1,6 gånger långsammare, visar det sig vara intressant att överväga införande av busskörfält vid ett totalt trafikflöde av ca 350-650 fordon/dygn.

4.2 Signalprioritering

I ARGUS beskrivs signalprioritering på följande sätt:

Kollektivtrafik kan prioriteras både i oberoende och samordnade trafiksignaler. Signalprioriteringen kan vara passiv eller aktiv.

Passiva prioriteringsmetoder innebär att signalanläggning och korsningsutformning specialanpassas för kollektivtrafik. Passiva metoder är förutom bussfält och hållplatsplacering val av gröntidsfördelning och fasbilder.

Aktiva prioriteringsmetoder kännetecknas av att bussarna kan ge sig tillkänna och påverka signalbilden. Tre huvudprinciper kan urskiljas:

- Förlängning av pågående grön fas. Om en buss anmäler sin ankomst fördröjs signalväxlingen från pågående fas.
- Avkortning av tvärfas. Bussen bör anmäla i så god tid att korsningen hinner utrymmas innan bussen hunnit fram till korsningen.
- Särskild fas för busstrafiken som endast kommer in om någon buss anmält. Fasen bör vara kort och kunna kopplas in flera gånger under ett omlopp.

Vilken typ av prioritering som bör väljas beror på trafiksituationen och de möjligheter som signalanläggningen medger. När busslinjer korsar varandra kan prioritering av den ena skapa fördröjning för den andra.

Bussprioritering kan utvärderas med Vägverkets metod för objektanalys.

Rätt genomförd bidrar signalprioriteringen till ökad framkomlighet för busstrafiken. Vid anpassning av styrapparater moderniseras dessa oftast så att även övrig trafik får bättre framkomlighet. En dåligt utförd signalprioritering kan dock försämra framkomligheten för såväl busstrafik som övrig trafik. Vid utformning av signalprioritering måste först följande frågeställningar besvaras:

- ska prioriteringen vara ovillkorlig eller avvägas med hänsyn till konsekvenserna för annan trafik?

- ska alla bussar prioriteras lika mycket eller ska de behandlas olika (t.ex. ska endast de bussar som ligger efter tidtabellen eller vissa tungt belastade bussar prioriteras)?

Inom bussprioriteringsprojektet i Stockholm konstaterade man att:

- Om en kraftfull prioritering ska kunna göras måste en säker selektering av bussar från andra fordon kunna göras

- bussar behöver detekteras på ett långt avstånd från signalen, 200-300 meter eller mer. Ju tidigare detektering kan ske, desto bättre möjlighet finns för ett balanserat tillrättaläggande av förhållandena i korsningen för all trafik. I Lindau i Tyskland anmäler bussarna sin ankomst till signalen hela 700 meter i förväg. Spridningen i bussarnas ankomsttider ökar dock när det är lång tid mellan detektering och ankomst till signalen.

Det är önskvärt att en uträkningsfunktion avbryter prioriteringskrav (=avanmäter prioritering) då bussen passerar stopplinjen.

Effektiv bussprioritering kräver att tillräcklig tid förflyter mellan bussen och bussens ankomst till stopplinjen. För att kunna stoppa fientliga trafikströmmar i en korsning och garantera grönt ljus för buss i tillfart krävs ett tidsmässigt detektoravstånd på 10-40 sekunder beroende på mintider för fotgängare och erforderlig växlings- och utrymmestid. Detta leder till önskemål om detektoravstånd på mer än 200 meter. I tätort begränsas dock avståndet mellan detektering och stopplinje ofta av förekomsten av busshållplatser och avståndet till angränsande signalanläggningar. Ibland behövs också en indikation vid infart till hållplats för att kunna göra en prognos på bussens ankomst till nästa signalkorsning.

I Malmö, där detektoravståndet uppgår till 330 meter, studerades införande av ovillkorlig signalprioritering i två korsningar¹⁶. Resultatet visar att biltrafiken påverkades först vid ca 70 busspassager per timma under rådande förhållanden. Något villkor för tidsavståndet mellan bussprioriteringar skulle mot bakgrund av detta inte behövas så länge antalet busspassager understiger 70 st/timma. Man valde att i Malmö begära prioritet ca 300 m före korsning-

¹⁶ Signalprioritering i Malmö, Studie gjord av Trivector 1993

en samt att ha en maximal gröntid i bussfasen på 40 sekunder. Resultaten i denna undersökning gäller för oberoende signalanläggningar och relativt få busspassager.

Då det gäller hållplatsers lokalisering, antingen hitom eller bortom korsningarna gäller att man bör alternera lägena på dessa. Signalprioriteringen måste givetvis samordnas med korsningarna. Då man har problem med utrymme i korsningar kan man tillämpa s.k. korta körfält för vänstersvängande bussar. För att underlätta vänstersvängar för bussar i korsningar kan en s.k. "bussluss" användas. Principen bygger på att trafiken får växelvis tillträde i korsningen m.h.a. signaler. Ytterligare ett sätt är att korta av bussfilen strax före korsningen (set back) och därefter köra i blandtrafik.

Resultat från studier i Tyskland¹⁷ visar att om man inför signalprioritering i en serie korsningar kan fördröjningens andel av den totala restiden reduceras till 2-3 % av ursprungliga ca 10 %. Allmänt kan sägas att man kan reducera de signalreglerade korsningarnas fördröjande inverkan till 1-3 % av den totala restiden. Även om restiden förkortas med hjälp av signalprioritering är det främst punktligheten som förbättras. Svenska undersökningar har visat att stopp vid trafiksignaler i större tätorter utgör 10-20 % av bussen totala färdtid medan motsvarande siffror för mindre tätorter är 5-10 %. Genom signalprioritering kan man tänka sig en minskning av uppehållen till hälften och vinsten skulle då bli 3-10 % av färdtiden¹⁸.

I en undersökning som utfördes i Halmstad jämfördes funktionen hos en prioriterad signalreglerad korsning med en icke prioriterad¹⁹. Den form av bussprioritering som fanns i signalanläggningen kallas för Aktiv bussprioritering med cyklisk signalgruppsordning. Detta innebär att alla signalfaser finns med i varje omlopp, även om en buss blir prioriterad. Bussprioriteringen ger därför ingen fullständig företrädesrätt åt bussen, utan ger endast en förbättrad framkomlighet.

Av resultatet framgår att den undersökta signalanläggningen minskar körtiden genom korsningen från 45 till 34 sek, då signalprioriteringen är inkopplad. Körtiderna för övriga fordon i korsningen uppvisar ingen signifikant skillnad mellan in- och urkopplad bussprioritering, vilket också var fallet i Trivectors studie i Malmö.

Andelen fordon som får stanna vid sin färd genom korsningen är ungefär lika i de båda situationerna. De flesta fordon tvingas dock att stanna. Även kölängderna är ungefär lika i de båda situationerna.

¹⁷ Brilon W, Laubert W, 1994, Journal of Advanced Transportation, Vol. 28, sid 313-340

¹⁸ Kollektivtrafik i tätort, SOU 1975:47

¹⁹ Håkansson K, Mårtenson H, 1983, Aktiv signalprioritering i en signalreglerad korsning, Examensarbete LTH Lund

4.3 Effektivare hållplatsstopp

Hållplatsstoppen är en fördröjning som av naturliga skäl inte går att undvika. Det går dock att vidta en rad åtgärder för att de ska gå så fort och smidigt som möjligt. Om man vidtar andra prioriterande åtgärder som ökar standarden och därmed på sikt ger ökat resande är det ännu viktigare att man också effektiviserar hållplatsuppehållen.

Förbättrad färdbevishantering, låggolvsbussar och effektivare trafikantcirkulation är viktiga åtgärder som visat sig fungera bra. Ytterligare modifieringar av fordonen och nya hållplatsutformningar kan också ge resultat. Den största effekten skulle dock fås om man gjorde längre avstånd mellan hållplatserna och om deras placering var mer genomtänkt, se avsnitt 5.4.

“Snabbare” färdbevis

Ett nytt kort som inom en inte allt för avlägsen framtid kommer att bli vanlig som färdbevis är de så kallade kontaktlösa korten. Det är ett så kallat "smart kort" med samma teknik som i dagens svenska telefonkort. Dessa har funnits en tid men varit för dyra för att användas till färdbevis. Nu har dock priset sjunkit och är idag billigare än magnetkorten. Med tanke på hållplatstider är det framförallt deras egenskap att det kan fungera kontaktlöst, det vill säga det är inte nödvändigt att fysiskt makulera kortet i en avläsare. Det räcker att man håller kortet någon decimeter framför avläsaren så dras avgiften från kortet. Man kan till och med ha kvar kortet i plånboken när man "betalar". En annan fördel är att det går att använda som ett gemensamt betalningsmedel för en rad olika tjänster, t ex färdbevis, telefonkort, parkeringsautomater och småinköp i affärer.

System med kontaktlösa kort som färdbevis har införts eller är på gång på många platser över hela världen. Svenska städer där man redan använder kontaktlösa biljettsystem är Uppsala, Östersund och Luleå. Enligt Peter Eklund som är utvecklingschef på Uppsalabuss fungerar systemet, som nu funnits i cirka 2 år, tillfredsställande.

En leverantör av kontaktlösa färdbevissystem är det finska företaget Buscom. I företagets informationsfoldrar finns resultaten av en finsk studie där tidsåtgången vid påstigning med deras kontaktlösa kort, Proximity Card, jämförs med andra typer av färdbevis. Resultaten finns i tabell 4.2.

Tabell 4.2 Tidsåtgång vid påstigning för olika färdmedel, enligt Buscom.

Färdbevis	Beskrivning	Tid/passagerare (s)
Kontaktkort	Kort som måste stoppas i en avläsare, t ex magnetkort.	3,5
Touch and go - kort	Kortet ska nudda en läsare.	2,5
Traditionellamånadskort	Färdbevis som visas av föraren men ej makuleras.	2
Proximity Card	Kontaktlöst kort.	1,7

Resultaten i den finska studien verkar stämma väl överens med tidigare erfarenheter och visar att det finns en klar potential att minska hållplatstiderna genom att införa kontaktlösa kort. I Uppsala har man ej genomfört några studier av hur påstigningstiderna har förändrats men Peter Eklunds bedömning är att påstigningen har effektiviserats och att det går snabbare med de kontaktlösa färdbevisen.

Systemet med biljettautomater på hållplatserna som beskrevs i avsnitt 4.3 är troligtvis det allra snabbaste. Då tar man bort flera tidskrävande moment i påstigningen och snabbar på så sätt upp trafiken. Tillåter man dessutom påstigning i flera dörrar går det ännu fortare.

Effektivare trafikantcirkulation

Effekterna av att tillåta av- och påstigning i flera eller alla dörrar beskrevs i avsnitt 4.3. Bl a så nämndes att påstigningstiden var 50 % kortare för en italiensk stadsbuss med på- och avstigning i alla dörrar jämfört med en svensk standardbuss. Beräkningar som Trivector har gjort visar att tillåten påstigning i alla dörrar för svenska förhållanden skulle ge en minskning av hållplatstiden med omkring 20 %. Eftersom hållplatstiden vanligen är omkring 20 % av den totala omloppstiden finns här helt klart en potential att minska körtiderna.

Ett hinder för att införa en ny typ av trafikantcirkulation har färdbevishanteringen varit. De flesta färdbevis som använts hittills kräver betjäning och visering av föraren och då måste alla gå på genom framdörren. Men med självbetjäningssystem som magnetkort och de kontaktlösa kort som beskrivs ovan är detta inte längre nödvändigt. De som använder sådana kort kan själva betala sin avgift utan assistans av föraren. Det finns en risk att det blir mera tjuvåkande men det kan, i varje fall till viss del, stävjas med tätare kontroller. Fler kontroller innebär en dryg kostnad men den potentiella tidsvinsten i form av kortare hållplatsuppehåll är så stor att det ändå är intressant. Genom kortare hållplatsuppehåll kommer man i vissa fall också kunna spara in bussar eftersom turerna går fortare att köra. Att minska antalet bussar i systemet innebär stora vinster som skulle kunna betala de extra kontrollanter som kan bli nödvändiga.

Det finns också en säkerhetsaspekt som är viktig att ta med i diskussionen. Det blir svårare för föraren att ha uppsikt över vilka passagerare som stiger på. Föraren kan inte heller direkt avvisa personer som uppträder störande och hotfullt mot andra passagerare. För att förhindra sådana händelser kan påstigningen i de bakre dörrarna tidsbegränsas, t ex genom att bara tillåta det under dagtid. I tyska städer är detta en vanlig restriktion och efter kl 20.00 är det bara tillåtet med påstigning genom framdörren.

Bättre information

Ovana passagerare som inte känner till t ex destinationer, taxor, biljettsystem, rabatter och avgångstider behöver längre påstigningstider medan vaneresenärerna oftast är snabba. Vana passagerare är 0,1-0,3 sekunder snabbare än genomsnittet och ovana är cirka 0,5 sekunder långsammare²⁰.

Bättre information skulle dock kunna få ovana passagerare att agera smidigare. Man skulle t ex kunna ha enkel men tydlig information på hållplatserna där man förklarar hur betalning skall ske och vad för taxa som gäller. Många hållplatser saknar också sådan elementär information som destinationer och linjebeskrivning.

Åtgärder på fordonen

Att låggolv är en viktig utveckling för att minska hållplatstiden är det ingen tvekan om. Hur stor denna effekt är finns det dock bara bristfällig information om. De tillgängliga undersökningarna talar om en minskning av hållplatstiden med mellan 10-60 % men resultaten är osäkra och spridningen mycket stor. En jämförande studie av hållplatstider för bussar i svensk linjetrafik vore därför önskvärd för att ytterligare klargöra fördelarna med låggolv och för att se hur stora effekterna är. Detta är alltså ett område för vidare forskning.

Möbleringen inne i bussen kan kanske också göras effektivare. Färre sittplatser ger mer gång- och ståyta vilket underlättar cirkulationen och snabbar upp hållplatstiden. Denna effekt är dock liten då antalet passagerare är litet men betydande då bussen är fylld eller nästan fylld till 100 %. Att ta bort sittplatser är inte heller enbart positivt eftersom man då också minskar möjligheterna att få en sittplats vilket för många är viktigt. Valet av bussens möblering kan därför inte göras generellt utan måste göras utifrån de förhållande som finns och för den trafik den är tänkt att producera. En annan viktig aspekt är att de stående måste ha möjlighet att hålla sig i något. Det är därför viktigt att bussar med mycket ståyta är rikligt utrustade med handtag, räcken och liknande. Om påstigning är tillåtet i alla dörrar är det av stort värde om bussar har bakplattform med breda dörrar.

²⁰ Weidmann U, 1994, Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr, IVT nr.99, Zürich.

Ju fler dörrar som används desto fortare går på- och avstigningen, se avsnittet om trafikantcirkulation ovan. Men det är också så att val av dörrtyp är viktigt. En dörröppning- och dörrstängningscykel för den numera vanliga bladdörren tar cirka 5-7 s medan klaverdörren klarar samma procedur på cirka 3 s. Det är en skillnad på 2-4 s per hållplatsstopp och i längden får det betydelse. Att dörrarna fungerar snabbt och smidigt får också större betydelse för avstigningen när den snabbas upp med låggolv och glesare möblering. Är dörrarna långsamma blir de en bromskloss där avstigande passagerare får stå och vänta på att de ska öppnas så mycket att det går att stiga av. När det gäller bussarnas dörrar så finns ett utvecklingsbehov med att ta fram både snabba och driftssäkra dörrar. Dörrarnas möjliga öppnings-/stängningshastighet begränsas av vad man kan tillåta med tanke på passagerarnas säkerhet. Även detta är alltså ett område inom vilket fortsatt forskning är viktigt.

Hållplatsutformning

I avsnitt 4.3 nämns att det i princip finns två typer av busshållplatser. Dels en rak eller enkel där bussen kan stanna utan sidoförflyttning och dels bussfickan där bussen gör en sidoförflyttning för att komma ifrån körbanan och intill gatukanten. Även en rak hållplats kan i praktiken fungera som bussficka om det finns parkerade fordon i direkt anslutning till hållplatsområdet.

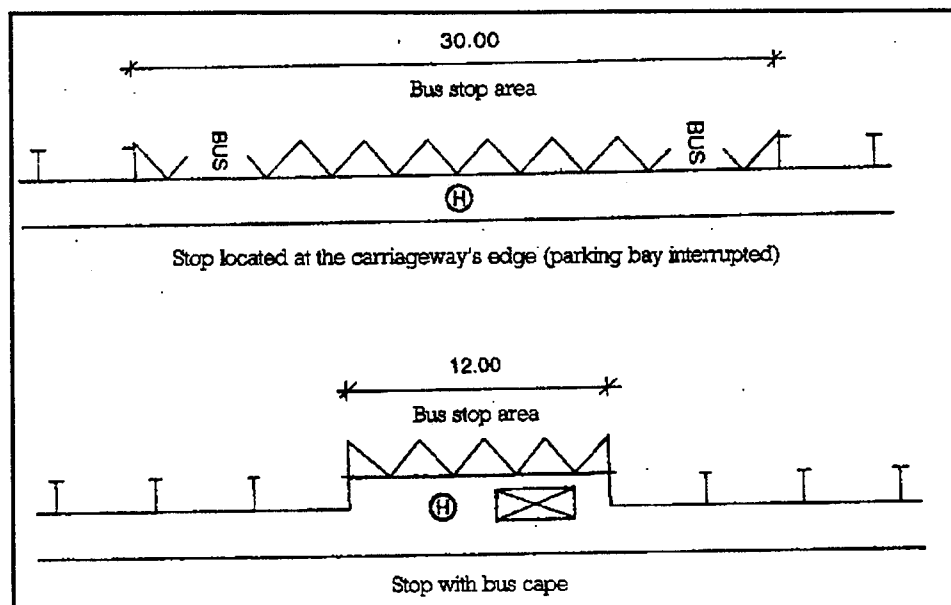
Sett till bussens framkomlighet är den raka typen av busshållplats att föredra. Den ger ett enkelt retardation- och accelerationsförlopp utan sidoförflyttningar och skapar inte de väntetider vid utfart som ofta är fallet med bussfickor. Detta kan spara omkring 5 sekunder per hållplats. Bussens framkomlighet är dock inte de enda fördelarna och Hussmann²¹ listar följande:

- Avsaknaden av tvära sidoförflyttningar vid infart och utfart ger en ökad komfort för passagerarna i bussen och minskar risken för olyckor med stående passagerare eller med sådana som antingen håller på att sätta sig eller ställa sig.
- Minskad olycksrisk när bussen ska återvända till trafikströmmen längs gatan.
- Generellt fås mer plats för väderskydd och informationsutrustning.

Ett sätt att få även hållplatser på gator med parkerade fordon att fungera som raka är att bygga plattformar som sticker ut en bit i gatan, se figur 5.2. Sådana hållplatser ger det raka körmönster som efterfrågas för att ge en hög framkomlighet för bussen, även om andra fordon har parkerat längs gatan. En annan fördel, som illustreras mycket väl i figuren, är att de tar mycket mindre

²¹ Hussmann H, 1995, The Bus Transit System and its Contribution to Promoting Mobility and Quality of Life, UITP Report 4, 51st International Congress Paris 1995, UITP, Bryssel.

utrymme i anspråk. Hållplatser av den här typen kommer att finnas på de stomlinjer som är planerade för centrala Stockholm.



Figur 4.3 En traditionell rak hållplats och en med uttåståendeplattform ("bulhållplats"). Källa: Heunemann.



Figur 4.4 Exempel på "bulhållplats" i Stockholm.

Hur blir då effekten på övriga trafikanter då bussen stannar mitt i ett körfält? Helt klart kommer den övriga trafiken att påverkas eftersom bussen blir ett hinder. Trafiken kan komma att flyta mindre jämt och övriga trafikanter måste bli mer uppmärksamma. Det är dock intressant att fundera på om detta är negativt eller positivt? Svaret beror naturligtvis på vilken tyngd man lägger på olika aspekter och vilka intressen man företräder. Heunemann uttrycker det på följande sätt:

"The fact that moving traffic is impeded when a bus stops may be viewed as a disadvantage, but this actually contributes to calming traffic in the urban area"²².

I Tyskland finns hållplatser av denna typ som innebär att bussen stannar på gatan och stoppar bakomvarande trafik. Hållplatserna finns även på relativt vältrafikerade gator. I gatans mitt finns en heldragen linje vilket gör det förbjudet att försöka köra om. Detta blir ett sätt att prioritera bussen som efter hållplatsstoppet har fritt utrymme framåt på gatan och slipper att trängas med övriga trafikanter.

Det är dock viktigt att komma ihåg att sådana hållplatser inte är ett tänkbart alternativ i alla lägen. T ex så bör man vara restriktiv med införandet på gator där trafiken är omfattande och hastigheterna höga. Hussmann²³ anger några situationer där man trots den sämre framkomligheten bör välja bussfickor:

- Vid stopp där bussar regelbundet stannar mer än 30 s.
- Vid stopp på gator där den tillåtna hastigheten är över 50 km/h.
- Vid stopp på gator där trafikköer kan orsaka allvarlig fara för efterföljande fordon (övergångsställen, platser med mindre än 100 % synlighet).

Trafiksäkerheten för olika typer av hållplatser är dåligt känd. En studie²⁴ gjordes 1979 men avser egentligen hållplatser på vägar där den tillåtna hastigheten är större än 50 km/h. Resultatet blev att det inträffar något fler olyckor på enkla (raka) hållplatser än på bussfickor, 1,36 respektive 1,11 per 1 000 hållplatser och år. Detta resultat är dock mycket osäkert. Olycksmaterialet är litet, totalt 71 olyckor på tre år, och avser endast olyckor som inträffat utanför tätort. Om det är relevant för stadsbusstrafik är därför mycket tveksamt. Det strider också mot de uppfattningar som Hussmann ger uttryck för ovan men som han tyvärr inte validerar med någon utförd studie. Detta är ett område inom vilket ytterligare forskning behöver bedrivas.

²² Heunemann G, 1993, Priority for buses serving central zones, Report 5, 50th International Congress Sydney 1993, UITP, Bryssel.

²³ Hussmann H, 1995, The Bus Transit System and its Contribution to Promoting Mobility and Quality of Life, UITP Report 4, 51st International Congress Paris 1995, UITP, Bryssel.

²⁴ Statens Vägverk, 1979, Busshållplatser på landsbygd och vid högläsniga trafikleder. TU 1979:3, Stockholm

4.4 Optimera hållplatsavstånden

Att öka avståndet mellan hållplatserna är troligtvis den åtgärd som skulle få störst effekt på stadsbussens framkomlighet. Då finns dock risken att vissa grupper, bl a äldre och funktionshindrade skulle få en kraftigt försämrad tillgänglighet och därmed i princip inte kunna använda kollektivtrafik. Under de senaste åren man gått mot ett mer differentierat linjenät för att kunna erbjuda fler den service som just de efterfrågar. De s k servicelinjerna har korta hållplatsavstånd, en hög personlig servicenivå och går nära både bostäder och viktiga offentliga målpunkter. Om sådana linjer införs i större skala skulle man få större utrymme för att förändra det övriga linjenätet så att restiderna minskar, t ex genom ökade hållplatsavstånd. Man kan också införa stomlinjer där framkomligheten prioriteras högt. De grupper som efterfrågar korta avstånd skulle då kunna hänvisas till servicelinjerna. Det finns dock en risk att man med alltför många linjer och linjevarianter skapar ett svåröverskådligt system.

Enligt handboken PLANK²⁵ kan man teoretiskt beräkna det optimala hållplatsavståndet. Det fås genom att minimera summan av gångtids- och resuppostringen. Det ideala hållplatsavståndet varierar dock eftersom olika resenärer värderar gångtid respektive restid olika men enligt PLANK bör hållplatsavståndet vara minst 300 m. Detta gäller dock under förutsättning att "resandet är jämt utspritt på hållplatser och bebyggelsen är homogen". Dessa förutsättningar finns dock sällan vilket gör att kortare, och längre, avstånd ofta är nödvändiga. I en undersökning²⁶ gjord i USA 1973 kom man fram till att det optimala avståndet mellan hållplatsstopp är cirka 800 m. Med det menas avståndet mellan de hållplatser som bussen **stannar** på. Hållplatser som bussen passerar utan att stanna är ju inte något framkomlighetsproblem.

Det är inte nödvändigtvis så att ett konstant avstånd mellan hållplatserna är det optimala. Black hänvisar till omfattande undersökningar och beräkningar som gjordes i USA på 1960-talet som visar att hållplatsavståndet bör öka ju närmare centrum bussen kommer. Detta grundas på att beläggningen i bussen antas öka ju närmare centrum man kommer och eftersom den totala tidsförlusten vid ett hållplatsstopp blir större ju fler passagerare det finns i bussen blir det optimala avståndet större.

Vid Institutionen för Trafikteknik i Lund har det gjorts optimeringsberäkningar där man har tittat på vilka hållplatsavstånd man bör ha för att minimera resenärernas totala restidsuppostring²⁷. I den totala restiden ingår i det här

²⁵ PLANK, 1981, Planeringshandbok för kollektivtrafik - Metodbilaga Tätort, Transportforskningsdelegationen 1981:9, Stockholm

²⁶ Black A, 1995, Urban Mass Transportation Planning, McGraw-Hill, New York

²⁷ Johansson S, 1997, Opublicerat paper om hållplatsoptimering, Inst för Trafikteknik, Lund

fallet tiden i fordonet samt gångtiden till och från hållplatsen. Gångtiden har vikten 2. Som exempel används ett antal linjer i Malmö. Beräkningarna visar att för att minimera restidsuppostringen bör man överlag öka hållplatsavståndet och mest bör det öka på landsbygdssträckor och i industriområden. Endast i centrum kan det vara motiverat att minska hållplatsavståndet eftersom det idag är relativt långt. I Malmö låg det optimala hållplatsavståndet i centrum på cirka 340 m medan det på landsbygdssträckor var över 1 200 m. Den teoretiska optimeringen innebar att restiden i snitt minskade med 3 %. Med gångtiden oviktad minskar den totala restiden med i snitt 9 %.

Även om 800 m mellan hållplatserna låter väl långt för svenska förhållanden är det helt klart att på många ställen är det alltför kort avstånd mellan hållplatserna. Resultatet blir att den tid bussen kan köra med konstant hög hastighet blir liten vilket i sin tur minskar nyttan av införda fysiska åtgärder. Hastighetsfördelningen på linje 3 i Lund, klargör att hastigheter över 40 km/h bara uppnås under 17 % av körtiden och 60 % av körtiden är hastigheten lägre än 30 km/h. Detta beror till stor del på korta hållplatsavstånd. För att skapa en bra kollektivtrafik med hög framkomlighet är det därför helt nödvändigt att öka hållplatsavstånden. Andra åtgärder riskerar annars att få en mycket liten effekt eftersom det ofta är hållplatsavstånden som dimensionerar de möjliga körhastigheterna.

Levinson²⁸ har också gjort beräkningar som visar på vilken betydelse hållplatsavstånden har för färdhastigheten, dvs hastigheten inklusive hållplatsuppehållen. Om man har en genomsnittlig hållplatstid på 20 s och går från ett hållplatsavstånd på cirka 200 m till 400 m ökar färdhastigheten från 14 till 25 km/h vilket är en ökning med nästan 80 %. Om hållplatsavståndet ökas till 800 m ökar färdhastigheten med ytterligare 10 km/h till 35 km/h. Levinson redovisar inte de yttre förutsättningarna och maxhastighet men det viktiga är att se vilken stor betydelse hållplatsavståndet har för färdhastigheten och vilken potential det finns att öka färdhastigheten genom att öka hållplatsavståndet. Även en så liten ökning av hållplatsavståndet som från 200 till 250 m i snitt ger en ökad färdhastighet med 3 km/h. Ottawa i Kanada är ett exempel på att det går att uppnå höga kör- och reshastigheter med buss. I Ottawa finns bussvägar med ett hållplatsavstånd på omkring 1 km. På dessa är reshastigheten upp emot 50 km/h och maxhastigheten omkring 80 km/h!

Hållplatsavståndet har också betydelse för reslängden. Om det är långt mellan stoppen kommer fler långa resor att göras medan det vid korta hållplatsavstånd blir svårt att locka resenärer som reser i längre relationer. Hållplatsuppehåll känns mer irriterande vid långväga resor än vid korta²⁹.

²⁸ Levinson H S, 1983, Analyzing Transit Travel Time Performance, Transportation Research Record 915, Transportation Research Board, Washington D.C.

²⁹ Simpson B J, 1994, Urban Public Transport Today, E & FN Spon, London

4.5 Bussprioriterande åtgärder i gatumiljön

Det är inte överallt som det är möjligt och inte heller önskvärt med busskörfält eller bussvägar. På sådana gator och vägar ska bussen samsas med andra trafikanter om det gemensamma utrymmet. På många ställen går detta alldeles utmärkt och fördröjningar på grund av konflikter och trängsel med övriga trafikanter är få. Men det finns också gator där problemen är stora och det blir vanligare med trängsel ju närmare centrum man kommer. Några sådana problem och tänkbara åtgärder diskuteras i detta avsnitt.

Hur kraftiga åtgärder man ska vidta mot andra trafikanter i syfte att förbättra för kollektivtrafiken är till stor del en politisk fråga. Det är upp till ansvariga politiker att avgöra vilka mål som samhället ska sätta upp inom trafikplaneringen såväl som inom andra områden som till exempel sjukvård och skola. För att förbättra kollektivtrafiken är det dock helt nödvändigt att man vågar införa vissa restriktioner mot andra trafikmedel.

Restriktioner mot övrig trafik

Ett vanligt problem är gator med mycket parkerade fordon. En studie³⁰ på gator med parkerade fordon och/eller varuleveranser i Malmö och Lund visar att under eftermiddagstrafiken når bussarna bara upp till cirka 80 % av den hastighet som är möjlig att hålla när gatan är i stort sett fri från övriga trafikanter. Det innebär en fördröjning på cirka 2-3 s per 100 m. Problemen består dels av öppnade dörrar och människor som ska ta sig i eller ur sina fordon och dels av det faktum att den del som återstår av gatan ofta blir mycket smal och trång. Särkilt besvärligt blir detta om det förekommer cyklister i blandtrafik. I sådana situationer bör man överväga om inte parkeringsplatserna längs gatan ska tas bort. Distributionsfordon är också ett vanligt problem. De parkerar ofta för att lasta eller lossa varor i anslutning till gatan och hindrar på detta sätt trafiken i allmänhet och busstrafiken i synnerhet. Bussen har ju på grund av sin storlek och bundenhet till en viss linjesträckning små möjligheter att undvika sådana situationer. På gator med busstrafik bör det därför finnas en tillräcklig mängd lastzoner och allra bäst är det om varudistributionen kan ske från någon annan gata.

De vanligaste restriktionerna är parkeringsbegränsningar och trafiksanering. Det är dock viktigt att införandet av olika sådana restriktioner följs av en ordentlig satsning på kollektivtrafiken så att det finns fullgoda alternativ till bilen. Saknas en bra kollektivtrafik finns risk för att centrum förlorar i attraktivitet till förmån för externt belägna verksamheter som t ex olika köpcentra och stormarknader.

³⁰ Wendle B, 1997, Vad fördröjer bussen?, Thesis 92, Institutionen för trafikteknik, LTH, Lund

Att restriktioner mot biltrafiken i stort är positivt för kollektivtrafiken råder det ingen större tvekan om. Resultaten visar på ett ökat kollektivresande och ökat cyklande då biltrafiken minskar³¹, men vilka effekter det direkt har på busstrafikens framkomlighet är sämre känt. Ytterligare forskning krävs därför inom detta område. En minskad biltrafik på gatorna borde ge mera plats till bussen på de platser där de delar körbana och därmed en högre framkomlighetsstandard. Det finns dock en effekt av biltrafikrestriktioner som kan vara till nackdel för bussen och det är att det ofta ger en ökning av cykeltrafiken. Cykeltrafik kan när den förekommer i blandtrafik vara ett lika stort problem som biltrafiken. I Lunds centrum är körhastigheten under eftermiddagen mellan 15.00-17.00 endast cirka 80 % av vad som är möjligt under andra tidpunkter. Detta beror till stor del på att bussen tvingas lämna företräde och anpassa sig till cyklister och gående. I Lunds centrum är dessa trafikanter troligen mer störande än biltrafiken.

Att förbjuda eller begränsa cykeltrafiken är ingen bra åtgärd för att höja busstrafikens framkomlighet. Tvärtom är cykeltrafiken ett viktigt komplement till bussen och att använda cykel som matarfordon kan väsentligt öka kollektivtrafikens tillgänglighet³². På gator med busstrafik bör dock cykeltrafiken så långt som möjligt gå på separata cykelbanor.

Alternativa farthinder

Farthinder på gator med busstrafik bör i största möjliga mån undvikas. Anses farthindren ändå nödvändiga kan kanske en alternativ linjedragning övervägas. Är inte heller detta möjligt finns det några typer av farthinder som trots allt är bättre än andra.

Ett alternativ till vägbulor är väghålor. I ett försök i Västerås 1982-84 byggdes väghålor i längsgående riktning och med en sådan bredd att bussarna kunde gränsla dem³³. Försöket visade att väghålorna inte ger någon restidsökning för bussarna. Däremot minskade hastigheterna för övrig trafik från nästan 50 km/h till 40-43 km/h beroende på riktning.

Gupp som är så smala att bussen kan gränsla dem, ibland kallad "guppkudde" kan vara ett alternativt farthinder. Effekten blir i princip densamma som för väghålor. En variant av detta är "kombinationsguppet" där man bygger ramper som passar bussens hjulavstånd upp till guppet så att överfarten blir smidigare. I Göteborg har man positiva erfarenheter av kombinationsgupp och mätningar där visade att medelhastigheten var 28 km/h för både bussar

³¹ Stangeby I, Norheim B, 1995, Fakta om kollektivtransport - Erfaringer og løsninger for byområder, Transportøkonomisk institutt, Oslo

³² Ljungberg C, 1987, Cykeltrafik - en kunskapsöversikt, Rapport R78:1987 Byggningsrådet, Stockholm.

³³ Trafiksäkerhetsverket, 1985, Effekter av olika fartdämpare på genomfartsgator, Borlänge

och personbilar³⁴ vilket kan jämföras med 15-20 km/h för bussar och 25-30 km/h för bilar vid normala gupp. Studier av tyska guppkuddar har gett liknande resultat.

En sänkning av hastighetsgränsen är troligtvis det "farthinder" som är lindrigast för busstrafiken. Redan idag kör ofta bussen med en mycket låg hastighet och det är sällan bussen når upp till en medelkörhastighet över 30 km/h i centrala och halvcentrala områden. I avsnitt 2.2 refereras till en mätning på linje 3 i Lund. Där var körhastigheten lägre än 30 km/h under hela 60 % av körtiden. I centrum var hastigheten högre än 30 km/h under endast 15 % av körtiden. En sänkning av hastighetsgränsen till 30 km/h i centrala Lund skulle därför inte öka restiden med mera än 10-20 s på en sträcka som är nästan 2 km lång. Det betyder att en sänkning av hastighetsgränsen i mycket liten utsträckning kommer att förlänga restiderna för bussresenären och, om gränsen efterlevs, ge positiva trafiksäkerhetseffekter.

Sänkta tillåtna hastigheter skulle kunna försämra bussens konkurrenssituation. Bussen är låst till en viss linjesträckning med givna målpunkter. Med den privata bilen har man dock möjlighet att själv välja resväg och i viss mån resmål vilket gör att man kan undvika gator med låga hastigheter. Så även om bussen inte förlorar så mycket tid på en hastighetssänkning så kan skillnaden i resstandard jämfört med bilen öka. Detta vore i så fall olyckligt eftersom det är skillnaden i resstandard som till stor del avgör vilket färdmedel man väljer.

Prioritering i cirkulationsplatser

Ett sätt att vinna tid för bussen kan vara att signalreglera rondeller och ge bussarna absolut prioritet. Signalerna träder endast i funktion då bussen har anmält att den ska passera. Motsvarande exempel på detta finns idag i Norrköping och Göteborg där man har löst framkomligheten för spårvagnar på detta sätt. I Jönköping kör man med bussar rakt igenom en signalreglerad rondell.

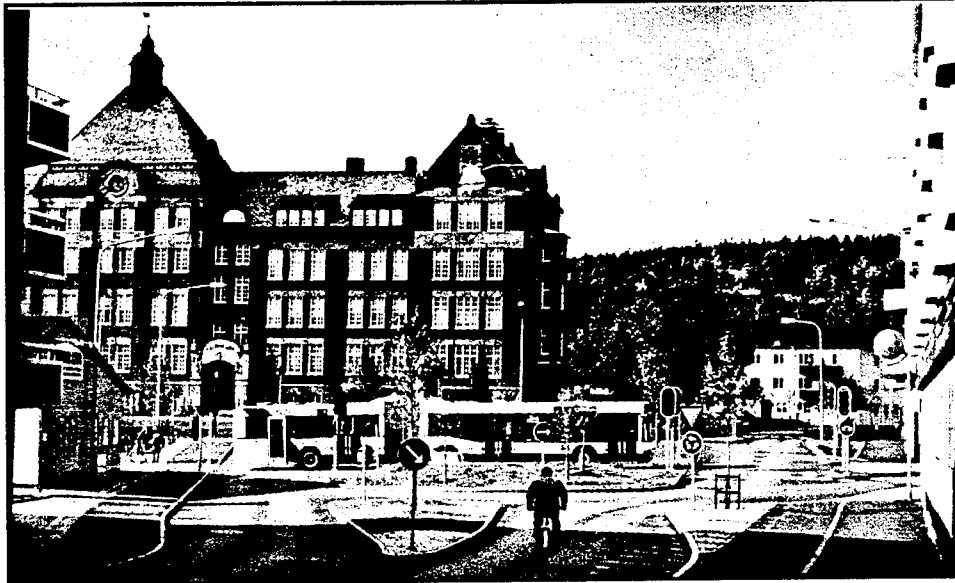
I Norrköping har man haft denna lösning ända sedan tiden för högertrafikomläggningen 1967. Det är på grund av platsbrist som man har valt denna lösning. Allmänt sett tycker man att lösningen är tekniskt krånglig med avseende på signalregleringen. Signalstyrningen fungerar så att en speciell fas finns inlagd för spårvagnen som träder i kraft då fordonet anmäler. Fasen ligger dock alltid på samma ställe i omloppet så om fordonet anmäler precis efter att denna fas har passerat, måste det vänta tills nästa fas träder in. I övrigt fungerar lösningen bra. I de två cirkulationsplatser som finns, har cirka 12 olyckor skett på en 10-årsperiod där spårvagnarna är inblandade.

I Göteborg har man också denna lösning på ett par ställen. Den främsta erfarenheten därifrån är att lösningen blir otydlig för övriga trafikanter. Det är därför stor risk att missförstånd uppstår vilket i värsta fall kan leda till

³⁴ Trafiknämnden Göteborgs Stad, 1993, Farthinder och busstrafik, Göteborg

olyckor. Man måste desutom beakta att spårvagnarna lyder under järnvägssäkerhetslagen.

I Jönköping har man positiva erfarenheter från att köra buss igenom cirkulationsplatser. Idag har man ett detektoravstånd på endast 100 meter vilket är relativt kort.



Figur 4.4 Torpaplan i Jönköping med buss som kör rakt genom cirkulationsplats. Bussen skyddas av trafiksignaler.

Ett exempel på en rondell där bussar körs rakt igenom är Cepière-rondellen i Toulouse. Den är en trafikplats kopplad till ringleden runt Toulouse som står för förbindelserna mellan centrum och de sydvästra förorterna, bl.a. dom i Mirail som har en mycket hög befolkningstäthet. Den ligger i ett område med mycket skolelever. Centralaxeln mellan centrum och Mirail trafikeras av tre busslinjer. De är linje 148 (7 minuterstrafik, 1050 påstigande/dygn) och linje 57 och 58 (10-minuterstrafik, 500 påstigande/dygn). Under terminstid är det 3250 resenärer som byter buss vid hållplatsen i mitten av cirkulationsplatsen.

Inledningsvis fanns inga körbanor för bussarna genom rondellen och de tre linjerna betjänade två hållplatser (en i varje riktning) på ömse sidor om cirkulationsplatsen. Dessa hållplatser erbjöd inte tillräckligt med plats för att ta emot resenärerna (mest skolelever) på bästa sätt m.a.p. säkerhet och komfort. För att nå hållplatserna gick fotgängarna tidigare över flera körytor istället för att använda tunnlarna. Dessutom störde bussarnas manövrar i cirkulationsplatsen den övriga trafiken.

Efter allmän begäran och en allvarlig olycka ansökte man om en ombyggnad för fotgängarnas säkerhet. Detta ledde till en studie och därefter till anläggandet av en central körbana reserverad åt bussar och två busshållplatser inne i rondellen. Två trafikljus har satts upp vid ingången till Mirail-avenyn och vid

västra delen av bussskorridoren. Vid dessa ljus har bussarna företräde genom signalprioritering. Cirkulationsplatsen är oval. Innerradierna är 45 resp. 60 m.

För att förbättra cirkulationsplatsen finns det planer på att bredda körbanan i de norra delarna. För närvarande störs trafiken av köerna som bildas vid bussskorridorens trafikljus. Erhållna förbättringar avser främst busstrafiken som underlättas av korridoren (bekvämlighet, säkerhet och tidsvinst även i högtrafik). Dessutom beräknas fotgängarna få en förbättring av bekvämlighet och säkerhet för fotgängarna som skall till och från bussen.

Betydelse av identitet och synbarhet

Busstrafiken har en stor nackdel som inte spårburna kollektivtrafiksystem har. Förutom själva fordonen och hållplatser är den näst intill osynlig och många gånger är även hållplatserna svåra att identifiera. Linjedragningen av spårvägar är självklar och tydlig genom sina spår och luftledning. Hur kan man göra även busslinjer synbara i gatumiljön och varför är det så viktigt?

Busskörfält och andra ytor som är reserverade för busstrafiken respekteras dåligt av annan trafik. Vissa missbrukar dem medvetet för att vinna tid och kortare resväg men det finns andra som inte ser skillnaden och gör det av misstag. En tydligare markering skulle därför kunna hjälpa bilisterna att bättre uppmärksamma busskörfälten och därmed skulle bussen få den framkomlighet och prioritet som önskas. Alternativa beläggningar med en färg som avviker från övrig köryta har provats i många städer, bland annat i japanska Nagoya där bussfälten har en stark gul färg³⁵. Ett problem är dock att de på många ställen i vårt land skulle döljas av is och snö under en lång tid av året. En nivåskillnad skulle också kunna höja uppmärksamheten. Nivåskillnaden skall vara av sådan typ att den går att köra över utan att äventyra trafiksäkerheten men ändå så att det känns att man gör något fel. Det kan åstadkommas med till exempel en utfasad nivåskillnad eller en bågformad förhöjning.

³⁵ Larsvall J, Thambert LG, 1994, Kollektivtrafikens design i staden, TFK-rapport 1994:7, Stockholm

5. Effekter av bussprioriterande åtgärder

Skapandet av ett högprioriterat bussystem har många effekter, både mätbara och sådana som är svårare att värdesätta. Alla har dock stor betydelse för att få ett väl fungerande och attraktivt system. I detta kapitel diskuteras effekter på framkomligheten som kan förväntas vid införandet av ett högprioriterat bussystem. Ett beräkningsexempel visar översiktligt den samhällsekonomiska nyttan med olika åtgärder.

5.1 Effekter på framkomligheten

Det mest påtagliga och kanske det viktigaste målet med högprioriterade bussystem är att skapa en trafik som är snabb. För att nå detta måste man genomföra en rad olika bussprioriterande åtgärder. Vissa av dem ger direkt stora effekter på framkomligheten men de allra flesta ger endast mindre bidrag. De är dock alla viktiga och tillsammans har de små åtgärderna en avgörande betydelse. I tabell 7.1 finns en sammanställning av hur mycket en rad olika faktorer fördröjer busstrafiken. Kan dessa framkomlighetsproblem elimineras genom bussprioriterande åtgärder fås tidsvinster enligt tabellen nedan. Införs istället sådana fördröjande element i ett befintligt system **ökar** restiden med motsvarande storlek.

Tabellen är framtagen genom färdtidsmätningar i Malmö och Lund 1996 men värdena kan antas gälla generellt för svenska förhållanden. Fördröjningarna pga av trängsel ska dock tolkas försiktigt eftersom dessa i mycket stor grad beror av lokala förhållanden. För t ex Lund spelar den stora mängden cyklister en stor roll för "trängselfördröjningen".

De största fördröjningarna fås av hållplatsstopp och trafiksignaler. Övriga faktorer ger mindre fördröjningar men de är dock så pass stora att man inte kan bortse från deras betydelse.

Tabell 5.1 Fördröjning vid olika framkomlighetsproblem.

Framkomlighetsfaktor		Fördröjning (s)
Hållplatsstopp	hållplatstid per påstigande	1.7-4
	tid för dörröppn+stängn	5-7
	tot hållplatstid, medel	16-20
	fördröjn pga ret+acc	8-12
	total fördröjn, medel	24-32
Stopplikt	fördröjn pga ret+acc	5-15
Cirkulationsplats (rondellradie ca 13 m)	fördröjn pga ret+acc	3-9
Trafiksignal	stopptid, medel	15-19
	stopptid, max	>30
	fördröjn pga ret+acc	7-11
	total fördröjn, medel	22-30
Väjningsplikt - vid stopp	se hållplatsstopp eller trafiksignal	
Väjningsplikt - ej stopp	se tvära svängar	
Tvära svängar (körradie <10 m)	fördröjning	3-8
Gupp	fördröjning, buss	5-15
Trängsel - park fordon och/ eller varuleveranser	fördröjning per 100 m	2-3
Trängsel centralt (Lund)	fördröjning per 100 m	3-5

5.2 Beräkningsexempel

För att visa på vad olika bussprioriterande åtgärder kan ge för nytta för busstrafiken har ett exempel beräknats. Beräkningen utgår från linje 3 i Lund. Denna linje har valts eftersom den är en normal svensk stadsbusslinje. Framkomligheten är varken särskilt dålig eller särskilt bra. Den är genomgående och har sina ändar i var sitt bostadsområde. Linjelängden är knappt 11 km och den trafikeras med 15-minuterstrafik. Totalt görs cirka 940 000 resor på linjen varje år.

Exemplet visar enbart nyttan för busstrafiken och eventuella försämringar för övriga trafikanter är inte beaktade. Förändringar i trafiksäkerhet eller miljöbelastning är inte heller studerade. Dessa faktorer måste självklart

studeras innan ett eventuellt genomförande. De flesta åtgärderna ger dock inga negativa effekter utan innebär enbart en effektivisering av busstrafiken.

Nyttan är beräknad utifrån resenärernas och bussens tidsvinst (färre vagntimmar) och värderad till 40 respektive 360 kr/timme. Bussens tidsvinst uppstår egentligen först då den inbesparade tiden blir så stor att samma trafik kan genomföras med färre antal bussar. För att få sådana effekter krävs vanligtvis att man genomför mer än en åtgärd.

Förutom den samhällsekonomiska nyttan har den s k pay-off tiden beräknats. Den ger helt enkelt återbetalningstiden på gjord investering och har räknats ut som den samhällsekonomiska vinsten delat med anläggningskostnaden. Några kapitalkostnader ingår inte i beräkningen. Anläggningskostnaden är mycket svår att beräkna och är därför endast grovt uppskattad utifrån olika projekt som genomförts tidigare.

Signalprioritering

Signalprioritering ger ofta stora samhällsekonomiska vinster. Detta visas också i praktikfallet från Linköping, se kapitel 6. Signalprioriteringen har också den positiva egenskapen att den sällan försämrar framkomligheten för övrig trafik. Det kan till och med vara så att byte av regleringssystem förbättrar framkomligheten för samtliga trafikanter eftersom ny, modernare teknik införs. Kostnaden för att införa signalprioritering varierar från fall till fall beroende på vad som redan finns. Med modern utrustning kan därför kostnaderna vara betydligt lägre än de som antagits i detta beräkningsexempel. Generellt gäller dock att återbetalningstiden är kort.

Om signalprioritering införs i de fyra signalkorsningarna med sämst framkomlighet skulle detta innebära en genomsnittlig tidsvinst på cirka 40 sekunder per tur. I högtrafik skulle vinsten bli betydligt större, upp emot 100 sekunder per tur. Enligt värdena i tabell 5.1 borde tidsvinsterna bli ännu större men eftersom bussen inte behöver stanna för rött ljus varje gång blir den genomsnittliga vinsten lägre. Totalt fås dock vinst för resenärerna och bussbolaget på omkring 210 000 kr/år. Pay-off tiden är cirka 2,4 år. Kan sedan flera linjer dra nytta av signalprioriteringen i en viss korsning blir vinsten ännu större.

Signalprioriteringen är troligtvis den åtgärd som är lättast att genomföra. Den är också en av de åtgärder som ger störst tidsvinst, särskilt i högtrafik. Den stora tidsvinsten i högtrafik är mycket viktigt eftersom det är de inbesparade sekunderna i högtrafik som möjliggör en trafik med större punktlighet och därmed högre standard. Hög punktlighet ger också möjlighet att minska reglertiden på ändhållplats eftersom säkerhetsmarginalen inte behöver vara så stor.

Busskörfält och bussgator

Nyttan av busskörfält och bussgator är svår att uppskatta generellt. Varje gata och varje planeringssituation är unik vilket gör att också effekterna varierar. På vissa platser kan en kort bussgata på bara några tiotal meter innebära minuter i inbesparad tid medan vissa busskörfält på längre sträckor endast har betydelse för framkomligheten under den värsta rusningstrafiken. Busskörfält och bussgator har dock även en mer symbolisk betydelse som är svår att uttrycka i ekonomiska termer. De ger en exklusiv prioritet för kollektivtrafiken som kan vara ovärderlig för dess anseende. Sådana markeringar visar tydligt att busstrafiken är viktig och att den inte utgör någon andra klassens färdmedel. Bussgator innebär också ofta att tillgängligheten till busstrafiken ökar, d v s att gångavstånden minskar.

Längs linje 3 finns inget stort behov av busskörfält eller nya bussgator (en bussgata finns redan och den går centralt i ett bostadsområde för att kunna ge en hög tillgänglighet). Som exempel skulle man dock kunna tänka sig ett busskörfält i var riktning på Dalbyvägen som är en av de större infartsvägarna till Lunds tätort. Här går även regionalbusstrafik som skulle kunna dra nytta av en sådan åtgärd. Busskörfältet skulle behöva vara cirka 600-700 m långt och skulle grovt uppskattat kunna ge en tidsvinst på cirka 20 sekunder per tur. I högtrafik skulle tidsvinsten kunna uppgå till omkring 25-30 sekunder. Störst effekt skulle busskörfältet få om det kombinerades med signalprioritering i de korsningar som finns på sträckan.

Busskörfälten skulle innebära en samhällsekonomisk nytta för busstrafiken på drygt 100 000 kr/år vilket skulle innebära en pay-off tid på cirka 12 år. Observera att den samhällsekonomiska beräkningen inte tar hänsyn till den försämrade framkomlighet som busskörfälten troligtvis skulle leda till för biltrafiken. Å andra sidan kommer flera linjer än linje 3 att kunna dra nytta av busskörfältet.

Effektivare påstigning

Vad gäller att effektivisera hållplatsstoppen finns mycket att göra. I detta exempel har vi valt att räkna på tre olika grupper av åtgärder. Grupperna redovisas dels var för sig och dels vad de ger om man genomför samtliga föreslagna åtgärder.

1. Införande av snabbare dörrar, bättre information (på hållplats, i tidtabeller osv), gratis färd för vårdnadshavare med barnvagn mm är alla små åtgärder som tillsammans har betydelse. Viktigast av dessa är dock att dörrarna görs snabbare. Totalt kan dessa åtgärder minska hållplatstiden med cirka 35 sekunder på linje 3.
2. Kontaktlösa kort snabbar upp färdbevishanteringen som är ett av de mest tidskrävande momenten i påstigningsförloppet. Totalt skulle det kunna ge i storleksordningen 40 sekunder.

3. Påstigning i alla dörrar³⁶ ger en snabbare påstigning framför allt när det finns många resenärer. Det bidrar också till att det blir lättare att fylla hela bussen. Detta är den enskilda åtgärd på hållplats som skulle ge störst effekt, uppskattningsvis 60 sekunder per tur.

Åtgärderna är olika svåra att genomföra. Bättre information kan enkelt utarbetas och införas medan kontaktlösa kort kräver relativt stora investeringar i hela systemet. Snabbare dörrar kan vara svårt att skapa på befintliga bussar men ett sådant krav bör ingå vid upphandling av nya bussar.

Påstigning i alla dörrar kräver relativt små investeringar - en knapp så att passagerarna själva kan öppna dörren utifrån och extra kortläsare vid de bakre dörrarna. Hållplatserna ska också ha tillräcklig längd. Svårigheten med påstigning i alla dörrar är kontroll av färdbevis. Risken för fuskåkning ökar när man inte längre måste stiga på framme hos föraren vilket leder till minskade biljettintäkter för trafikutövaren. Eventuellt ökar detta behovet av kontrollanter och denna kostnad ska då vägas mot den tidsvinst som fås. Nyttan av påstigning i alla dörrar är dock så stor att den troligen mer än väl uppväger de förlorade biljettintäkterna och kostnaden för tätare kontroller.

Tabell 5.2 Samhällsekonomisk vinst med olika åtgärder som effektiviserar påstigningen.

Åtgärd	Tidsvinst/tur (s)	Samhällsekonomisk nytta (kr/år)	Pay-off tid (år)
1. Snabbare dörrar, bättre information	35	185000	1,6
2. Kontaktlösa kort	40	210000	1,9
3. Påstigning i alla dörrar	60	320000	0,5
<i>Summa:</i>	<i>135</i>	<i>715000</i>	<i>1,2</i>

Ta bort cirkulationsplats

Cirkulationplatser har som vi tidigare nämnt en negativ effekt på busstrafikens framkomlighet. De innebär både tidsfördröjningar och försämrad bekvämlighet för resenärerna. I vissa fall kan de dock vara att föredra framför andra korsningstyper, t ex oprioriterade trafiksignaler. De har ju också positiva effekter vad gäller kapacitet och trafiksäkerhet.

På linje 3 finns en cirkulationsplats i en trevägskorsning där bussen ska rakt fram. Denna cirkulationsplats fördröjer bussen cirka 6 sekunder per tur vilket

³⁶ Beräkningen förutsätter en buss med tre dubbeldörrar, 2+2+2

enbart är fördröjning på grund av retardation och acceleration. Väntetid på grund av andra fordon är mycket ovanligt. Om man byggde om korsningen till en trevägskorsning och gjorde bussens färdväg till huvudväg skulle fördröjningen elimineras. Detta skulle ge en samhällsekonomisk vinst på 32 000 kr/år. Pay-off tiden är nästan 5 år vilket näst efter busskörfältet gör denna åtgärden till den minst lönsamma.

Effektivare hållplatsutformning

“Raka” hållplatser är snabbare än fickhållplatser. I kapitel 4 sägs att skillnaden är omkring 5 sekunder. En ombyggnad av två fickhållplatser på linje 3 som har problem med fördröjning vid utfarterna skulle utifrån detta ge en tidsvinst på 10 sekunder/tur och en samhällsekonomisk nytta på drygt 50 000 kr/år. Det innebär en pay-off tid på mindre än 4 år.

Optimera hållplatsavståndet

Att optimera hållplatsavståndet innebär i de allra flesta fall att öka det jämfört med dagens nät. Vikten av ett ökat hållplatsavstånd har nämnts flera gånger tidigare i rapporten och beräkningsexemplet understyrker det ytterligare. När man ökar hållplatsavståndet ska man dock vara medveten om att gångavståndet ökar och att detta också påverkar resstandarden, särskilt som man ofta viktat gångtiden dubbelt så högt som restiden. Alla studier visar dock att generellt är hållplatsavstånden för korta och det vore samhällsekonomiskt fördelaktigt att öka dessa.

Idag har linjen 38 hållplatser och ett hållplatsavstånd på 280 m. En ökning av hållplatsavståndet med 100 m skulle innebära en reduktion av antalet hållplatser till 28. Uppskattningsvis skulle en sådan förändring kräva 5 nya hållplatser. Tidsvinsten av en sådan åtgärd uppgår till hela 140 sekunder per tur vilket skulle ge en samhällsekonomisk nytta på nästan 750 000 kr/år. Det gör den till den klart mest lönsamma åtgärden av alla som studerats, pay-off tiden är 0,3 år.

Sammanfattning

Om man sammanfattar resultaten från beräkningsexemplet visar det sig att alla åtgärder utom möjligtvis busskörfältet har en mycket stor samhällsekonomisk nytta. Busskörfält kan dock i andra sammanhang innebära mycket stora vinster. Pay-off tiden för olika investeringar är mycket korta, i de flesta fall kortare än 5 år. Den mest lönsamma åtgärden är att öka hållplatsavståndet eftersom det ger en stor tidsvinst till en låg kostnad. I tabell 5.3 visas tidsvinst, samhällsekonomisk nytta för resenärerna och bussbolaget samt pay-off tid för de olika åtgärderna.

Tabell 5.3 Tidsvinst, samhällsekonomisk nytta och pay-off tid för olika åtgärder.

Åtgärd	Tidsvinst/ tur (s)	Samhällsekono- misk nytta (kr/år)	Pay-off tid (år)
Optimera hållplats- avståndet	140	750000	0,3
Effektivisera hållplatsstoppen	135	715000	1,2
Signalprioritering	40	210000	2,4
Effektivare hållplatsut- formning	10	53000	3,8
Ta bort cirkulations- plats	6	32000	4,7
Inför busskörfält	20	106000	12,3
<i>Summa:</i>	<i>351</i>	<i>1866000</i>	<i>1,7</i>

Att effektivisera hållplatsstoppen är den näst mest lönsamma åtgärden. Det är också en av de åtgärder som kan ge störst tidsvinster. Fördelen med denna åtgärd är att den kan genomföras i etapper så att kostnaderna sprids ut över tiden. Det bästa sättet att genomföra en effektivisering av hållplatsstoppen är troligtvis att ställa större krav på fordonen vid upphandling av ny trafik.

Signalprioriteringens stora vinst ligger i att förutom den totala minskningen av fördröjningen även minskar skillanden i fördröjning mellan hög- och lågtrafik. Denna vinst finns dock inte med i tabell 5.3.

Om alla dessa åtgärder infördes skulle det innebära en total tidsvinst på nästan 6 minuter vilket motsvarar 16-17 % av den totala åktiden. Det är ungefär lika mycket som den totala hållplatstiden på en tur.

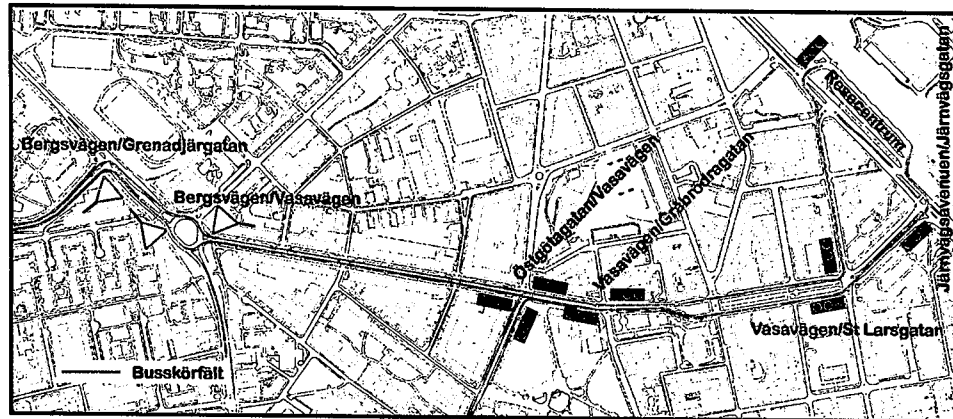
6. Praktikfall från Linköping

Med avsikt att studera effekter av bussprioriterande åtgärder har ett sammanhängande stråk studerats. Som objekt för studien av bussprioriterande åtgärder har ett stråk i Linköping valts. Antalet korsningar som bussen passerar uppgår till 10 st. 4 av dessa är idag signalreglerade. Meningen med studien är att utröna vad olika bussprioriterande åtgärder har för effekt på bussens framkomlighet samt på övrig trafik.

I följande kapitel visas korsningarna i dagsläget. Sist i kapitlet visas stråket i sin helhet med de beskrivna åtgärderna genomförda. I kapitel 6.2 redovisas principerna för de bussprioriterande åtgärderna.

6.1 Allmän beskrivning

Studieobjektet är ett ca 1 450 meter långt stråk i centrala Linköping (se figur 6.1).



Figur 6.1 Det för bussprioriterande åtgärder studerade stråket i dagsläget.

Trafikflödet uppgår till ca 13 000 fordon/årsmedeldygn i stråkets västra del, medan det i östra delen uppgår till ca 9 500 fordon/årsmedeldygn. Den östra delen av Vasavägen har två körfält i vardera riktningen, medan den västra har ett. Stråket är centralt beläget med järnvägsstationen och busstationen (Resecentrum) i den östra änden.

6.2 Studerade bussprioriterande åtgärder

Enligt de färdtidsmätningar som har gjorts längs stråket är framkomligheten otillfredsställande med avseende på färdhastigheten. Någon form av

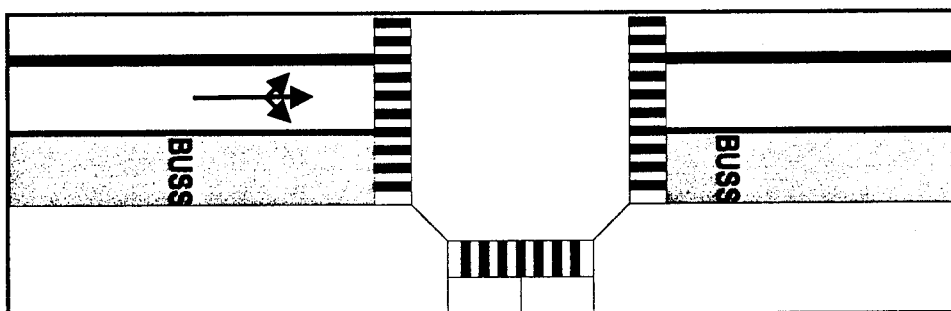
bussprioriterande åtgärder bör därför genomföras. I denna studie studeras effekter av signalprioritering och införande av busskörfält.

De bussprioriterande åtgärder som föreslås längs stråket är busskörfält på sträckan mellan Östgötagatan och Järnvägsgatan. Fram till Birgittagatan läggs busskörfälten längs kantstenen. Mellan Birgittagatan och S t Larsgatan föreslås bussarna gå med dörrarna in mot den centrala gräsytan. Detta innebär att gatorna på respektive sida av planteringen dubbelriktas. I den ena riktningen tillåts endast bussar. Hållplatsen Klostergatan placeras i grönområdet. Signalerna längs stråket bussprioriteras.

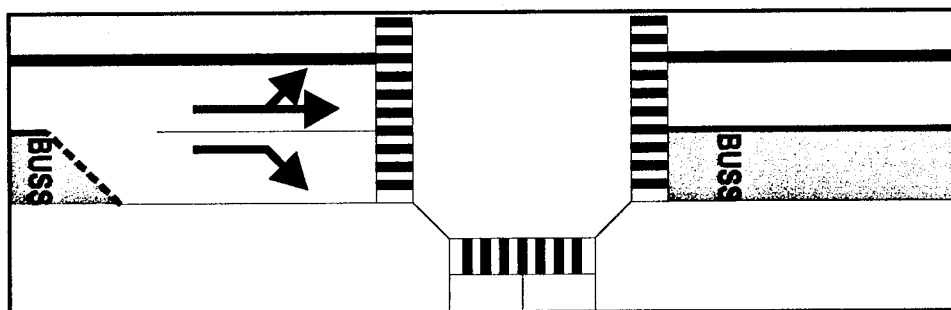
För korsningarnas del delas åtgärderna upp i följande slag:

- I) Enbart signalprioritering
- II) Signalprioritering med separata busskörfält ända fram till korsningen
- III) Signalprioritering med avkortade separata busskörfält

Principfigurer över de två sistnämnda visas i figur 6.2 respektive 6.3.



Figur 6.2 Principen för separata busskörfält dragna ända fram till korsningen



Figur 6.3 Principen för separat busskörfält som avslutas ett stycke innan korsningen

I det fall de separata busskörfälten dras ända fram till korsningen måste busstrafiken ges s.k. absolut prioritet för att konflikter med biltrafiken inte ska förekomma. Vid absolut prioritering ges röd signal för samtliga tillfarter till korsningen medan bussen får grönt.

För att få fram beräkningsunderlag till den samhällsekonomiska kalkylen gjordes först en beräkning av fördröjningen för den aktuella biltrafiken i korsningen med hjälp av beräkningsprogrammet CAPCAL. Programmet används för beräkning av kapacitet i vägkorsningar. Ur detta program erhöles den fördröjning som skulle uppstå för biltrafiken vid införande av de bussprioriterande åtgärderna.

Vinsten för busstrafiken består i att man slipper den genomsnittliga fördröjningen av trafiken i dagsläget i och med att busstrafiken är prioriterad. Tidsvinsterna som görs räknas m h a olika tidsvärden om till att ingå i den samhällsekonomiska kalkylen. De ingångsvärden som använts i denna är:

Tidsvärde bussresenär:	40 kr/h
Driftskostnad buss	340 kr/h
Antal busspassager/år:	se respektive korsning nedan
Antal bussresenärer/år:	ca 1 500 000

Resultatet visar att busstrafiken gör en tidsvinst för respektive korsning då signalprioritering införs. Storleksordningen på denna ligger i tidsintervallet 10-15 sekunder per korsning. Genom att dessa mindre tidsvinster adderas görs sammanlagt en relativt stor vinst om man ser till hela stråket.

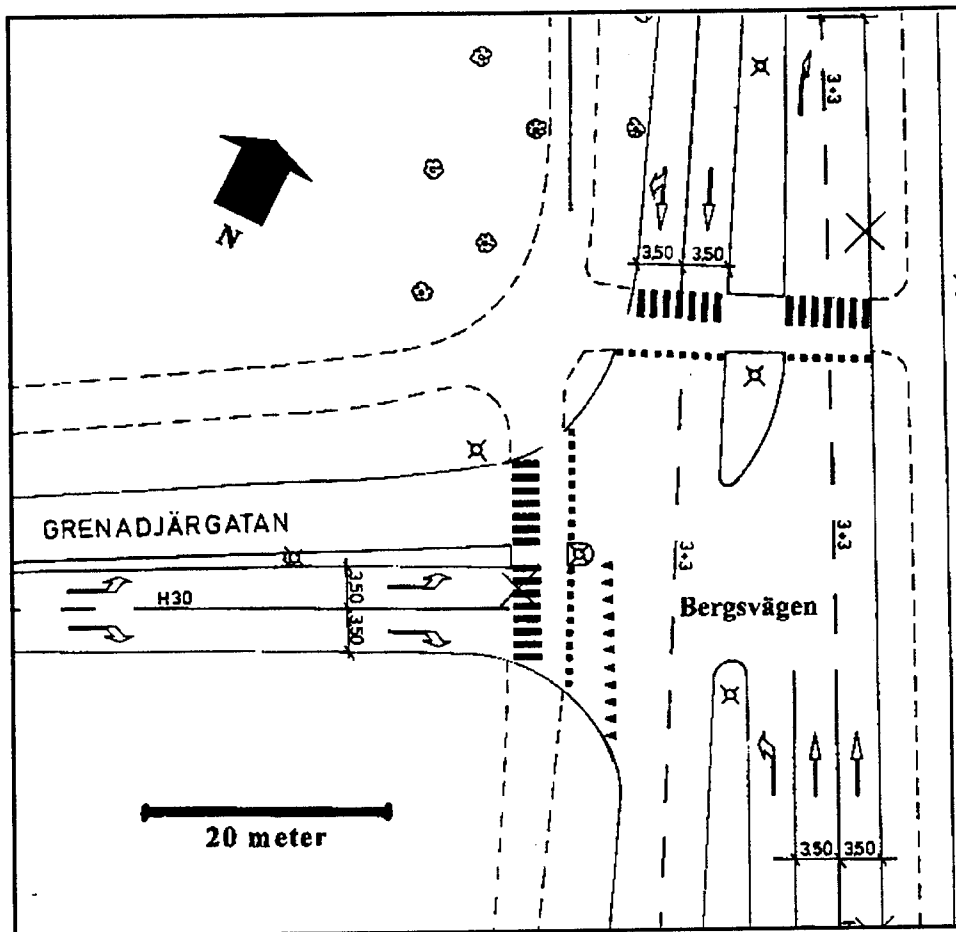
6.3 Korsningar

I detta kapitel beskrivs aktuella korsningar längs stråket. Eventuella tidsförluster för biltrafiken jämförs med eventuella vinster för bussen. För att utvärdera de olika åtgärderna görs en samhällsekonomisk kalkyl för respektive korsning.

Inom ramen för projektet har även försök gjorts att få fram allmängitiga samband mellan biltrafikens fördröjning i relation till det totala inkommande flödet i korsningen. Det har dock visat sig omöjligt att fastställa ett generellt samband. Detta samband måste beräknas från fall till fall. Ytterligare forskning krävs därför inom detta område

Bergsvägen/Grenadjärgatan

Denna korsning är idag väjningspliktsreglerad. Totalt inkommande flöde är ca 1500 fordon under maxtimmen. Korsningen visas i figur 6.4.



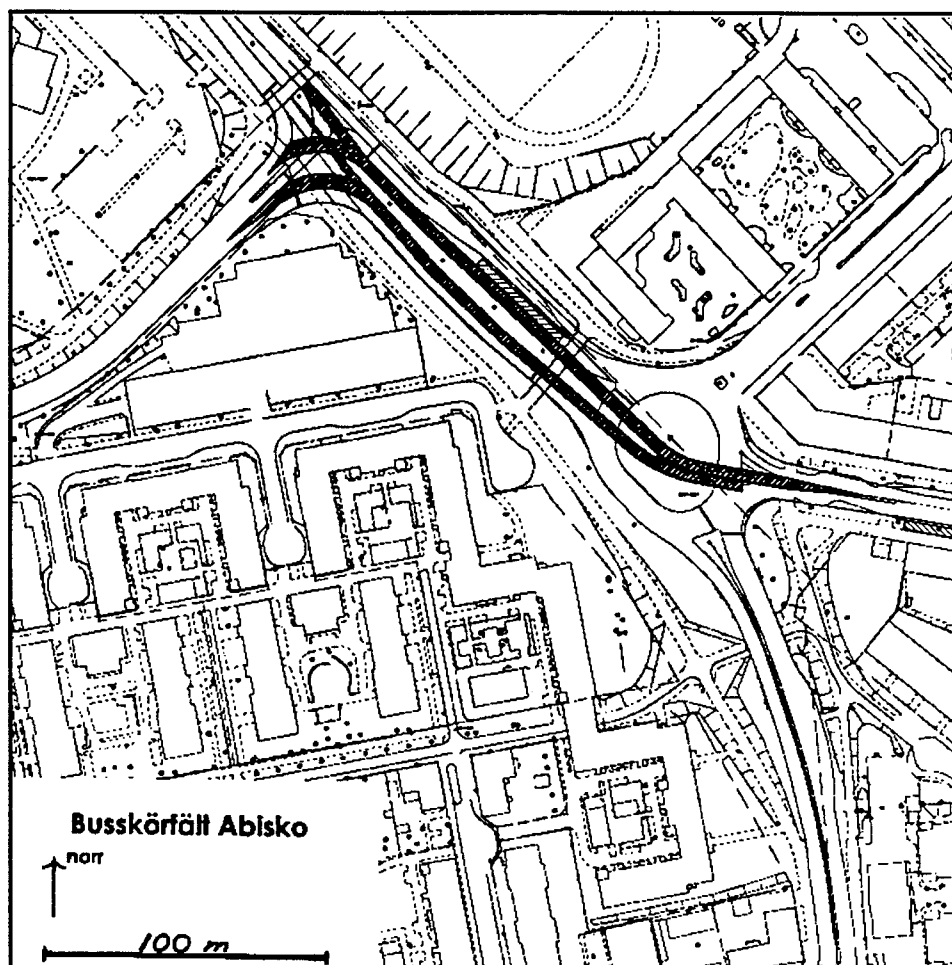
Figur 6.4 Korsningen Grenadjärgatan/Bergsvägen i dagsläget

Bussen kommer idag ifrån Grenadjärgatan och är tvungen att lämna företräde för trafiken på Bergsvägen varvid en tidsförlust uppstår. Under maxtimmen uppgår trafiken till ca 13 bussar.

För att förbättra bussens framkomlighet föreslås att ett separat busskörfält anläggs genom korsningen. För att bussprioriteringen ska ske på ett smidigt och säkert sätt är det troligt att man måste signalreglera korsningen. Detta görs inte så mycket av kapacitetsskäl som av säkerhetsskäl. Eftersom antalet busspassager inte är så stort räknas med att den övriga biltrafiken ej påverkas i nämnvärd grad. Detta antagande härrör från resultatet av en undersökning gjord i Zürich där man studerade bussprioriteringens inverkan på biltrafiken³⁷. Påverkan på biltrafiken kunde uppvisas först vid ca 70 busspassager/timme.

³⁷ Signalprioritering i Malmö, Trivector 1993

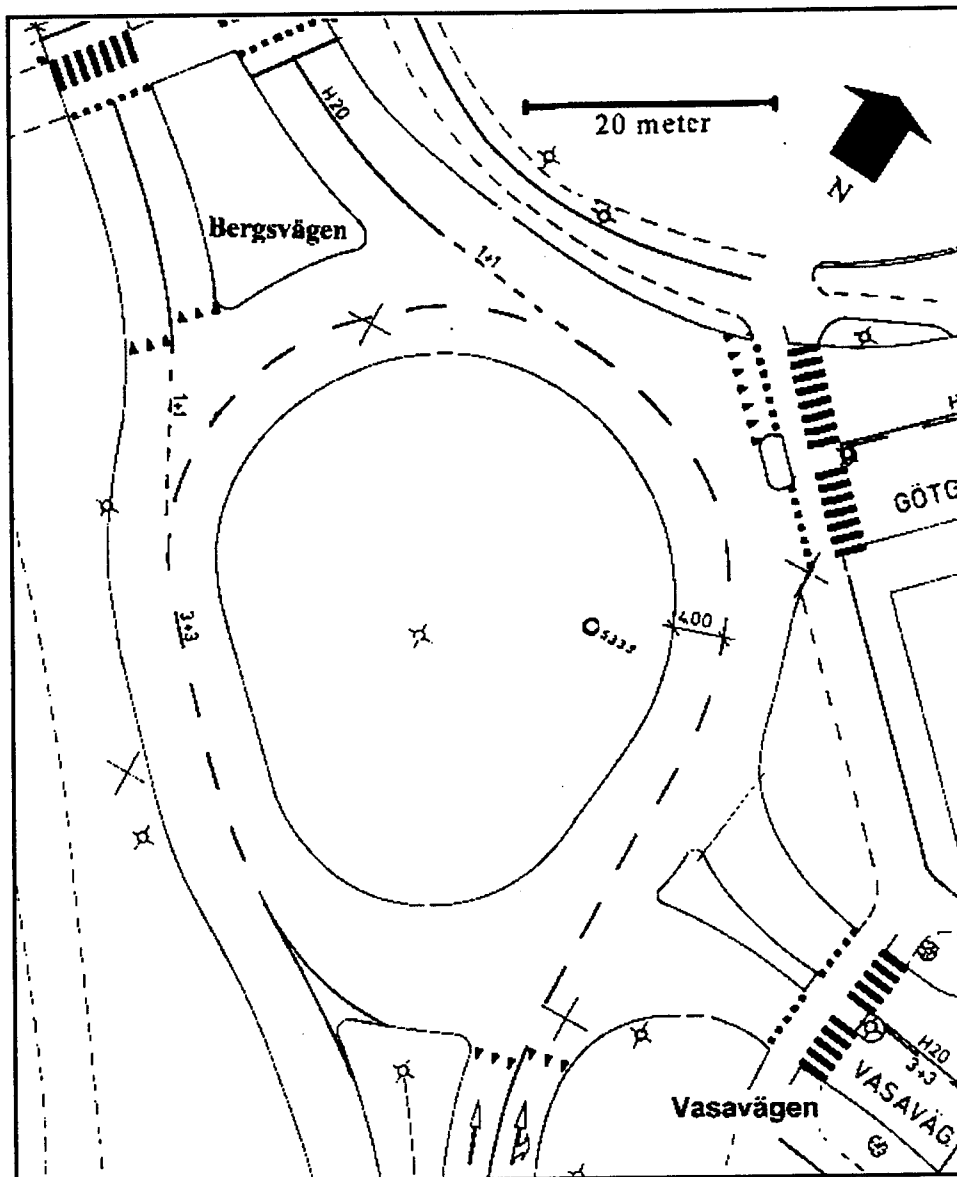
För Bergsvägen (här benämnt Abisko), mellan Grenadjärgatan och Bergsvägen, föreslås bussprioriterande åtgärder göras enligt figur 6.5.



Figur 6.5 Bussprioriterande åtgärder längs Bergsvägen

Bergsvägen/Vasavägen (cirkulationsplats)

Antalet busspassager uppgår här till ca 140 per dygn och ca 13 under maxtimmen. I figur 6.6 visas korsningen i dagsläget.



Figur 6.6 Cirkulationsplatsen Bergsvägen/Vasavägen i dagsläget

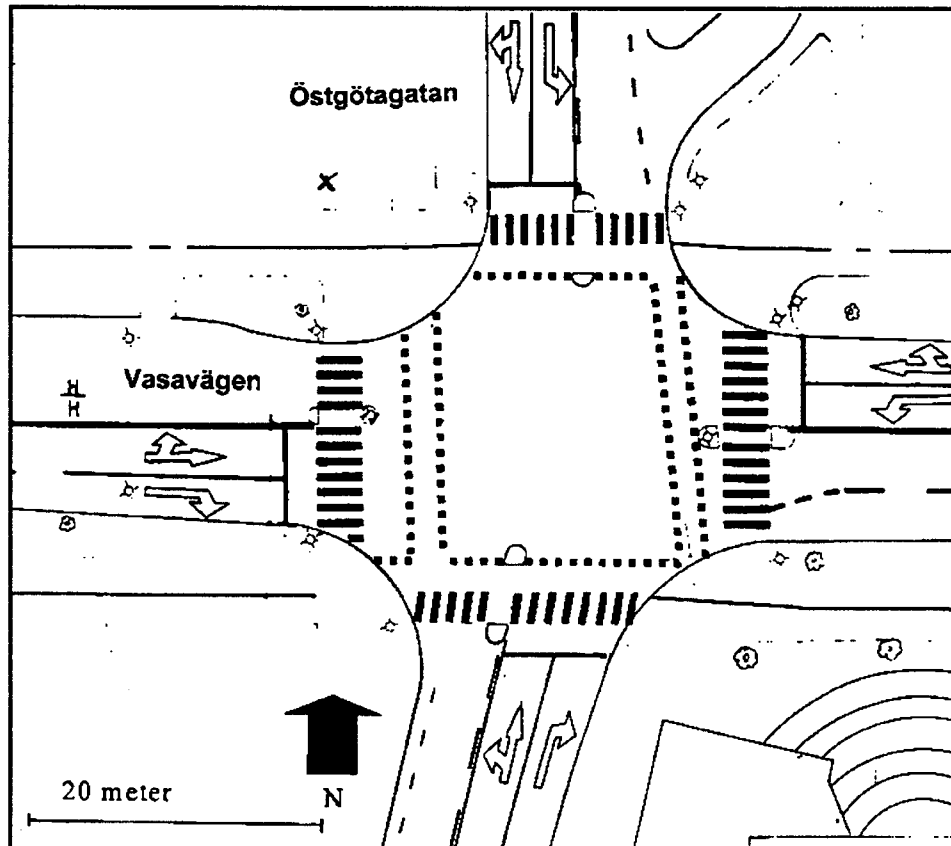
För att minska fördröjningen genom denna korsning och öka komforten för resenärerna, föreslås att bussen kör rakt igenom cirkulationsplatsen. För att detta ska vara möjligt måste den övriga trafiken signalregleras. Erfarenheter från bl.a. Jönköping visar att detta kan ske utan problem. Det är främst av trafiksäkerhetsskäl som invändningar mot denna trafiklösning kan göras. Eftersom antalet busspassager är relativt få räknas med att övrig biltrafik inte påverkas. Med hänsyn tagen till att bussen slipper sänka hastigheten p.g.a. sidoaccelerationen samt att ressträckan blir kortare, uppskattas tidvinsten till ca 10 sekunder per buss om åtgärden genomförs.

För att mer noggrannt kunna förutsäga effekter på säkerheten samt på övrig trafik krävs ytterligare forskning. Någon samhällsekonomisk kalkyl har

därför ej gjorts i denna studie. En djupare studie av kollektivtrafiklösningar i cirkulationsplatser kommer att studeras av Trivector under 1998 och 1999 i ett projekt finansierat av Vägverket.

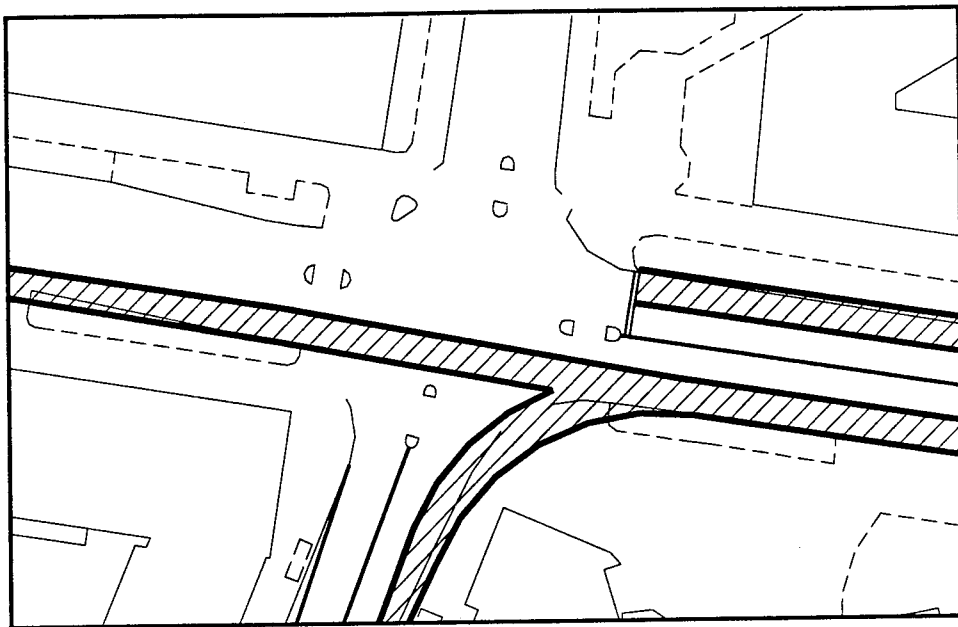
Östgötagatan/Vasavägen

Korsningen är idag signalreglerad. Antalet bussar som passerar korsningen uppgår till ca 290 per dygn och 16 under maxtimmen. Totalt inkommande flöde är ca 1450 fordon under maxtimmen. Korsningen har idag åtta inkommande körfält. En skiss över korsningen visas i figur 6.7.



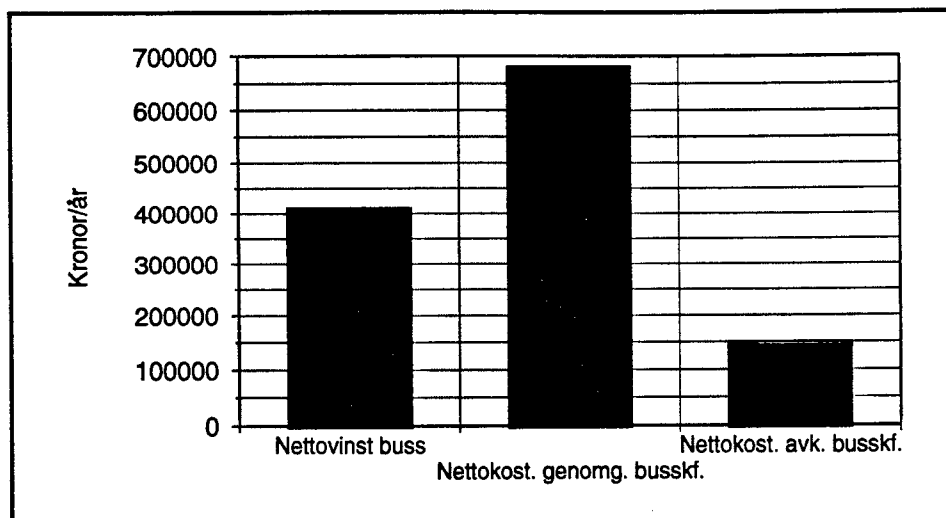
Figur 6.7 Korsningen Vasavägen/Östgötagatan i dagsläget

Om bussprioriterande åtgärder införs beräknas bussvinsten uppgå till ca 15 sekunder, vilket motsvarar biltrafikens fördröjning i dagsläget. Busskörfälten föreslås bli placerade längs kantstenen främst av den anledningen att en hållplats är belägen mellan Östgötagatan och Gråbrödragatan.



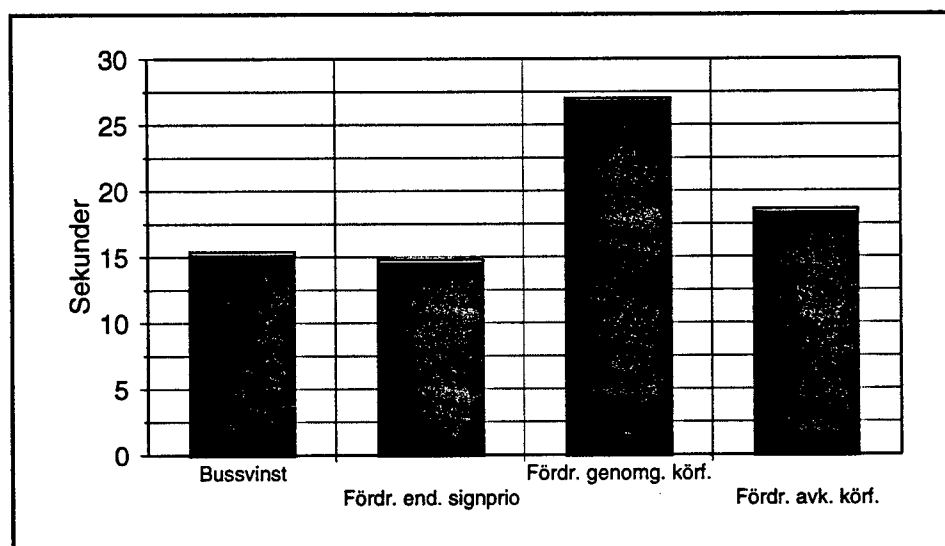
Figur 6.8 Korsningen Vasavägen/Östgötagatan med genomgående busskörfält

De samhällsekonomiska konsekvenserna visas i figur 6.9. Den samhällsekonomiska vinsten består av tidsvinst för resenärer samt inbesparad driftkostnad för bussen. Kostnaderna består av tidsfördröjning för bilister, fordonskostnader (slitage, bränsleförbrukning etc), miljökostnader (emissioner) samt tidsförluster för godstransporter. Presentationen har valts att göras som nettoeffekter, d.v.s. som skillnader jämfört med dagsläget. Det blir samhällsekonomiskt mest lönsamt att införa enbart signalprioritering eftersom nettokostnaden då är noll (bortsett från anläggningskostnaden). Om man p.g.a. tidsvinst för bussarna på länkarna ändå inför separata busskörfält är det i detta praktikfall mer fördelaktigt att korta av dessa en bit innan korsningen för att minska inverkan på biltrafiken.



Figur 6.9 Samhällsekonomiska vinsten för buss jämfört med kostnaden för biltrafiken vid införande av signalprioritering och busskörfält i korsningen Östgötagatan/Vasavägen.

Om man jämför tidsvinsten för bussen med de tre alternativen ur ren fördröjningssynpunkt blir resultatet enligt figur 6.10.

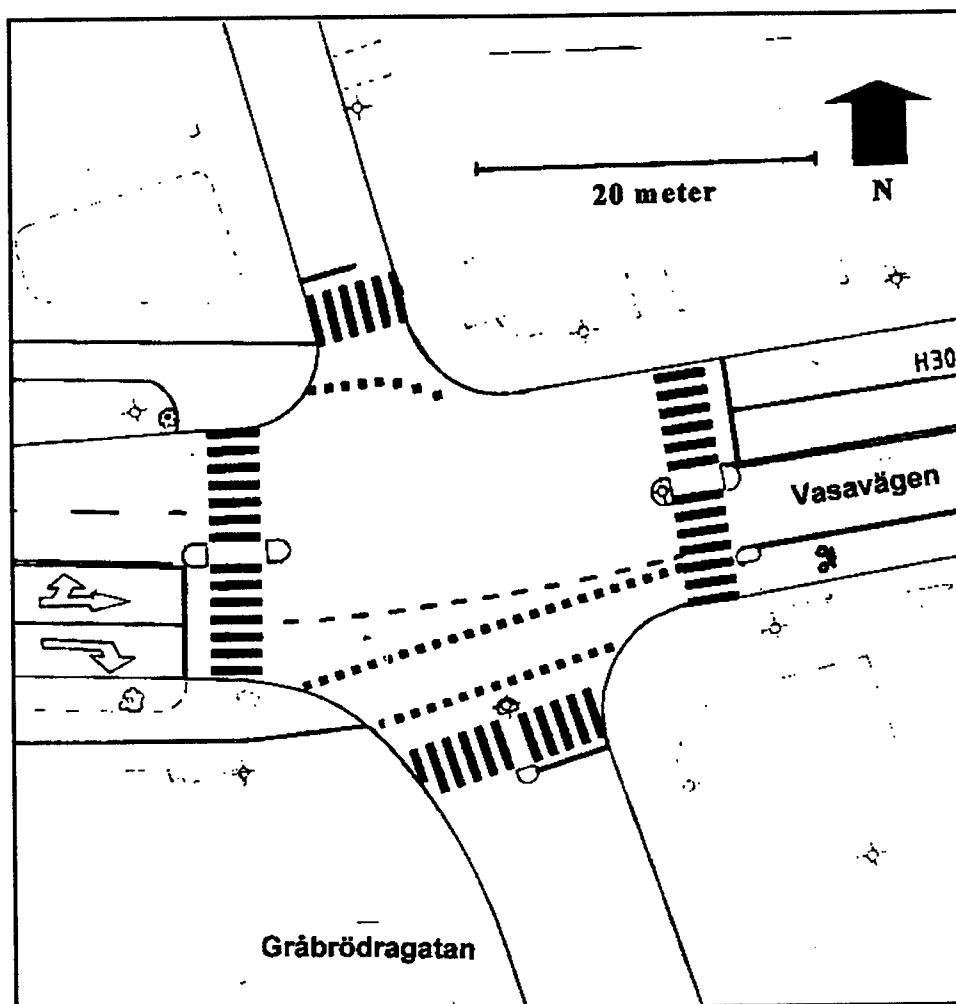


Figur 6.10 Tidsvinsten per buss jämfört med fördröjningen per bil i korsningen Vasavägen/Östgötagatan

Man kan konstatera att fördröjningen för biltrafiken blir som störst i alternativet med genomgående busskörfält och minst med enbart bussprioritering. Fallet med enbart bussprioritering kan anses motsvara dagens situation så länge antalet busspassager understiger 70 per timme.

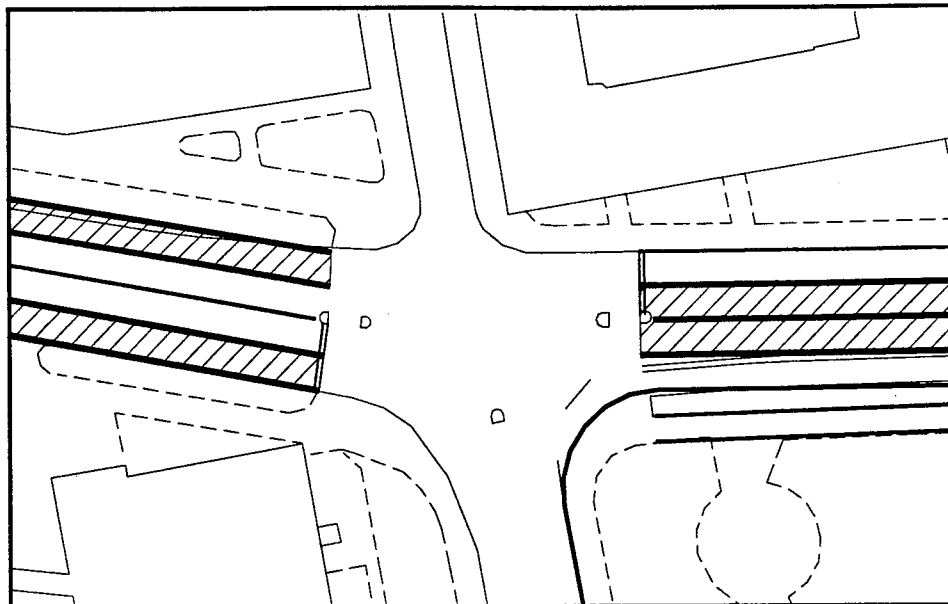
Vasavägen/Gråbrödragatan

Denna korsning är idag signalreglerad. Totalt inkommande flöde är ca 1300 fordon under maxtimmen. Korsningen har totalt sex inkommande körfält. Figur 6.11 visar korsningen i dagsläget.



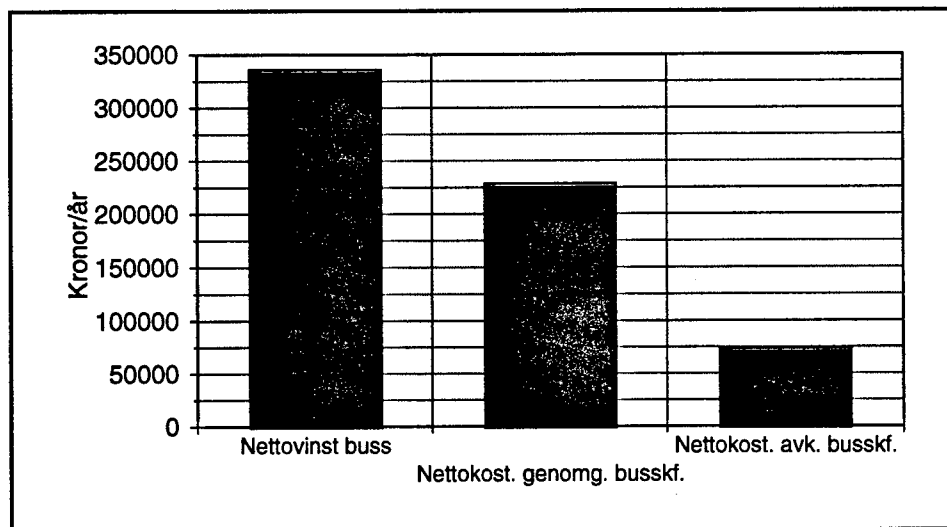
Figur 6.11 Korsningen Vasavägen/Gråbrödragatan

Beroende på förslaget att bussarna ska köra i motriktad trafik mellan Gråbrödragatan och S:t Larsgatan, krävs det att busskörfälten anläggs i gatumitt. Detta för att konflikter med biltrafiken ska undvikas vid den s.k. växlingspunkten då bussarna byter till att gå i motriktad trafik. För att växlingen ska ske smidigt och säkert från körfältet längs höger körbanekant till gatumitt krävs absolut prioritering av bussen i korsningen. Detta innebär att all trafik, utom bussen, får röd signal i korsningen.



Figur 6.12 Korsningen Vasavägen/Gråbrödragatan med växling från siodeliggande busskörfält till centralt placerade busskörfält

De samhällsekonomiska konsekvenserna visas i figur 6.13. Den samhällsekonomiska vinsten består av tidsvinst för resenärer samt inbesparad driftkostnad för bussen. Kostnaderna består av tidsfördröjning för bilister, fordonskostnader (slitage, bränsleförbrukning etc), miljökostnader (emissioner) samt tidsförluster för godstransporter. Presentationen har valts att göras som nettoeffekter, d.v.s. som skillnader jämfört med dagens alternativ. Även här understiger antalet busspassager 70 per timme.



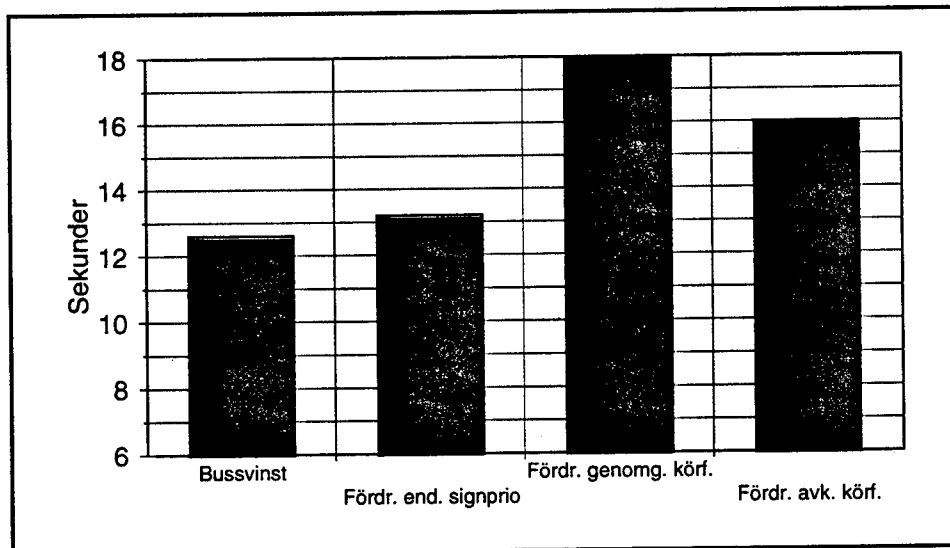
Figur 6.13 Samhällsekonomiska vinsten för buss jämfört med kostnaden för införande av signalprioritering och busskörfält i korsningen Vasavägen/Gråbrödragatan

I figur 6.13 kan man utläsa att det blir samhällsekonomiskt mest lönsamt att enbart införa signalprioritering eftersom nettokostnaden då är noll. Om man

p.g.a. tidsvinst på länkar ändå inför separata busskörfält är det i detta praktikfall mer fördelaktigt att korta av dessa en bit innan korsningen för att minska inverkan på biltrafiken. Resultatet tar inte hänsyn till kostnader för kollektivtrafikresenären i form av störningar i busstrafiken. I andra studier visar det sig att busstrafiken drar mycket stor nytta av genomgående busskörfält. Om man vill ha en bra och pålitlig busstrafik måste man välja genomgående busskörfält trots att detta fördröjer bilarna mest.

Om man jämför tidsvinsten för bussen med de tre alternativen ur ren fördröjningssynpunkt blir resultatet enligt figur 6.14.

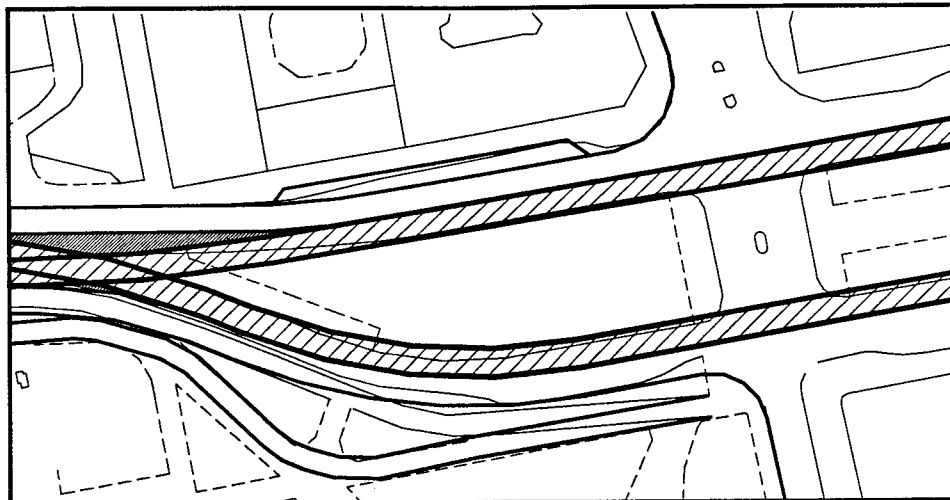
Man kan konstatera att fördröjningen för bilisterna blir som störst i alternativet med busskörfält ända fram till korsningen och minst med enbart bussprioritering. Fallet med enbart bussprioritering kan anses motsvara dagens alternativ så länge antalet busspassager understiger 70 per timme.



Figur 6.14 Tidsvinst per buss jämfört med fördröjning per bil i korsningen Vasavägen/Gråbrödragatan

Vasavägen/Platensgatan

Denna korsning är idag reglerad med väjningsplikt. Den södra tillfarten är enkelriktad. Totalt inkommande flöde är ca 1260 fordon under maxtimmen. Enligt förslaget ska bussen här köra i motriktad trafik. Trafikbilden riskerar dock att bli otydlig och förvirrande p.g.a. denna trafiklösning. Med anledning av detta kan det vara nödvändigt att införa trafiksignaler i korsningen för att höja trafiksäkerheten.



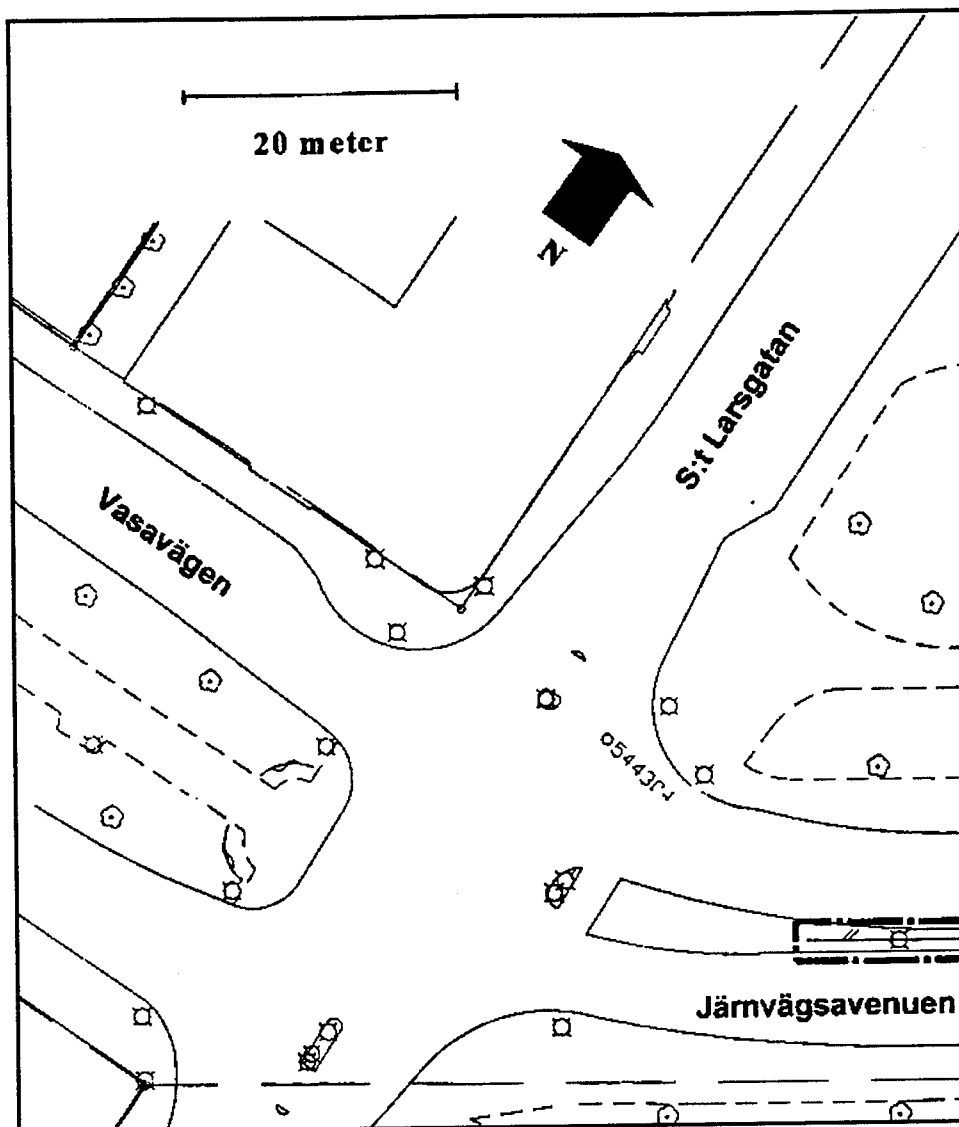
Figur 6.15 Korsningen Vasavägen/Platensgatan med motriktade busskörfält

Vasavägen/S:t Larsgatan

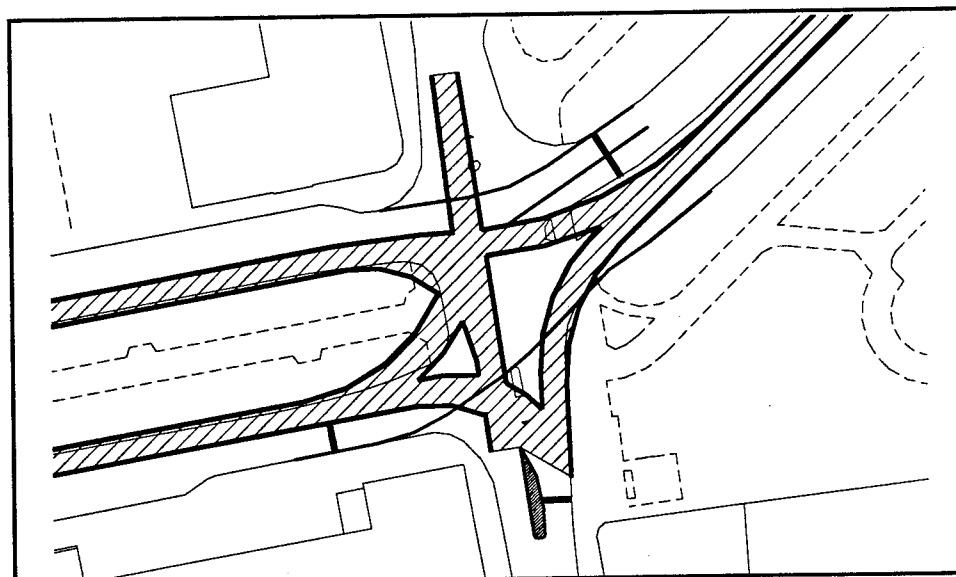
Denna korsning är idag signalreglerad. Totalt inkommande flöde är 1265 fordon under maxtimmen. Figur 6.13 visar korsningens utseende i dagsläget. Antalet busspassager uppgår i medeltal till ca 50 per timme och maximalt ca 80 per timme.

Korsningen är "navet" efter den linjeomläggning av stadsbussarna som genomfördes 1997 i Linköping. Här passerar stadens samtliga busslinjer. De bussprioriterande åtgärder som presenterades i inledningen har provats i denna korsning bortsett från alternativet med avkortade körfält som ej är går att genomföra då bussarna här växlar till/från motriktad trafik. Längs Järnvägsavenuen är busstrafiken enkelriktad i riktning mot Resecentrum.

Risken med signalprioriteringen är i detta fall att busspassagera är så många att bussarna prioriterar ut varandra. En vidare studie bör därför genomföras för att mer i detalj utröna effekterna av denna.

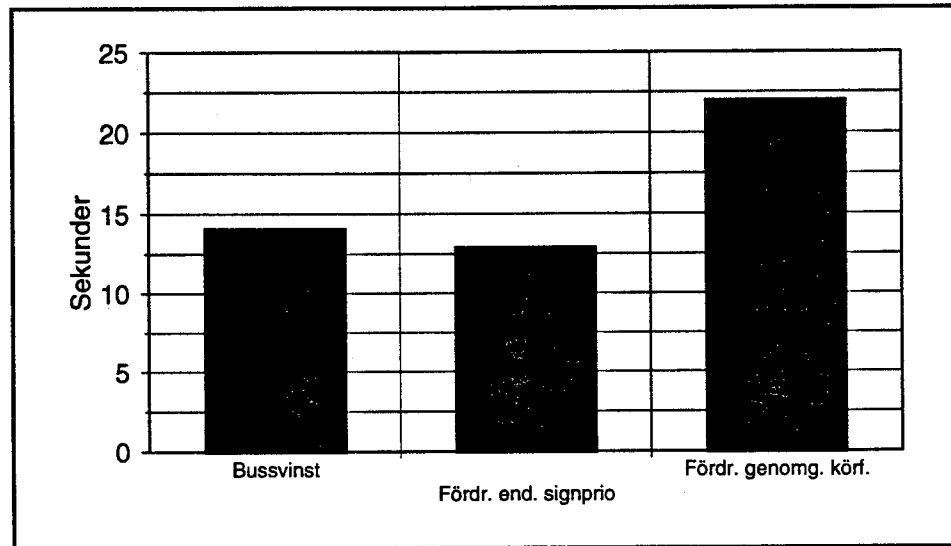


Figur 6.16 Korsningen Vasavägen/St Larsgatan och Järnvägsavenuen i dagsläget



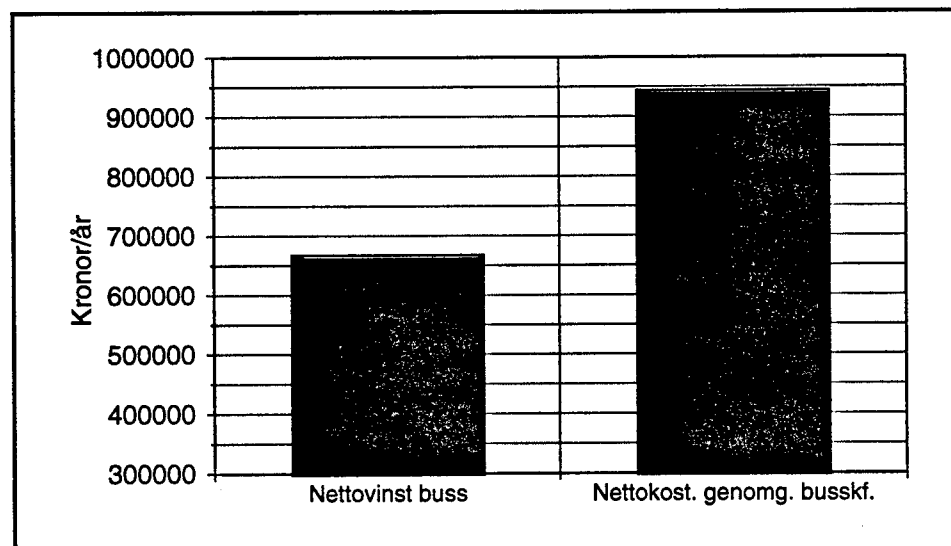
Figur 6.17 Korsningen Vasavägen/st Larsgatan med busskörfält

De grovt beräknade samhällsekonomiska konsekvenserna visas i figur 6.14. Den samhällsekonomiska vinsten består av tidsvinst för resenärer samt inbesparad driftskostnad för bussen. Presentationen har valts att göras som nettoeffekter, d.v.s. som skillnader jämfört med dagens alternativ.



Figur 6.19 Tidsvinsten per buss jämfört med fördröjning per bil i korsningen Vasavägen/S:t Larsgatan

Man kan konstatera att inverkan på biltrafiken blir relativt stor då separata busskörfält införs. För att utröna om signalprioritering överhuvudtaget är genomförbar i korsningen med hänsyn till antalet busspassager behövs ytterligare studier genomföras. Kalkylen nedan bygger på att signalprioriteringen är möjlig att genomföra.

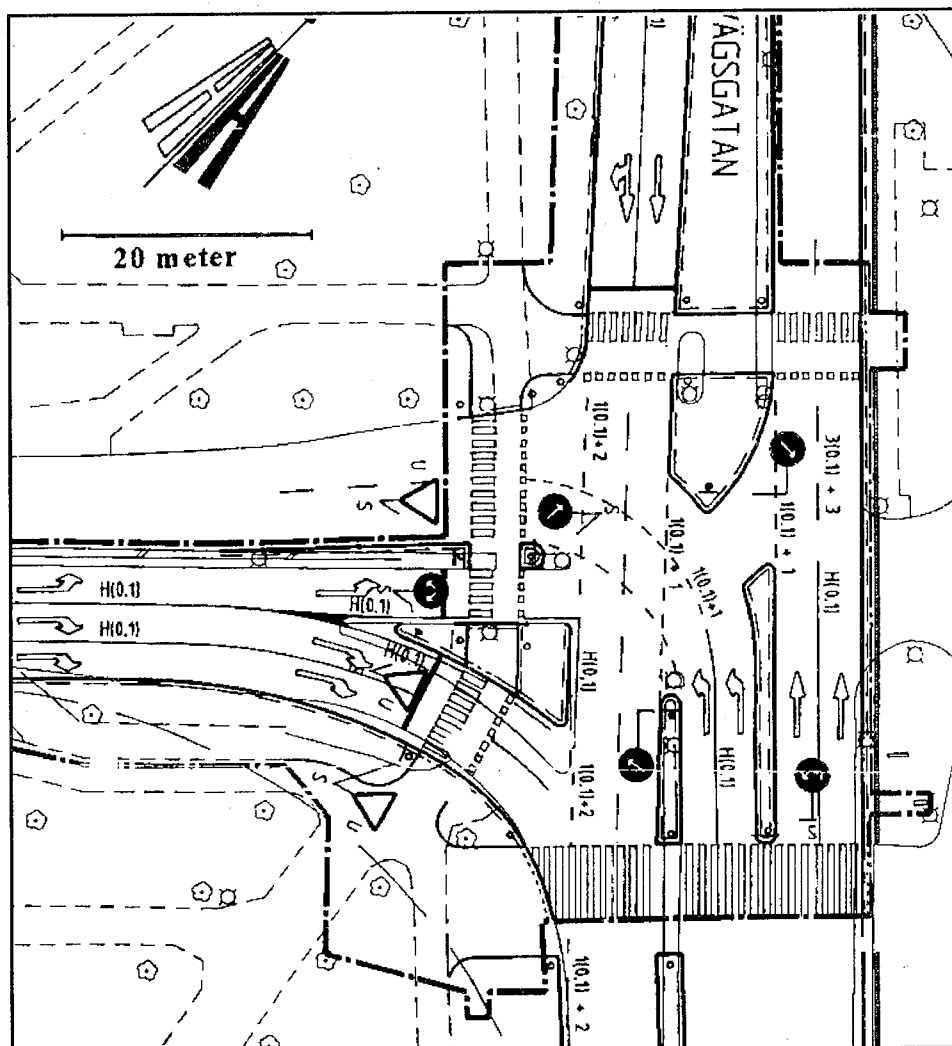


Figur 6.18 Samhällsekonomiska vinsten för buss jämfört med kostnaden för biltrafiken vid införande av signalprioritering och busskörfält i korsningen Vasavägen/S:t Larsgatan

Figur 6.18 visar att införandet av separata busskörfält innebär att bussvinsten blir lägre jämfört med förlusten för biltrafiken. I figur 6.19 visas konsekvenserna ur ren fördröjningssynpunkt för biltrafiken ställd mot tidsvinsten för bussen.

Järnvägsavenuen/Järnvägsgatan

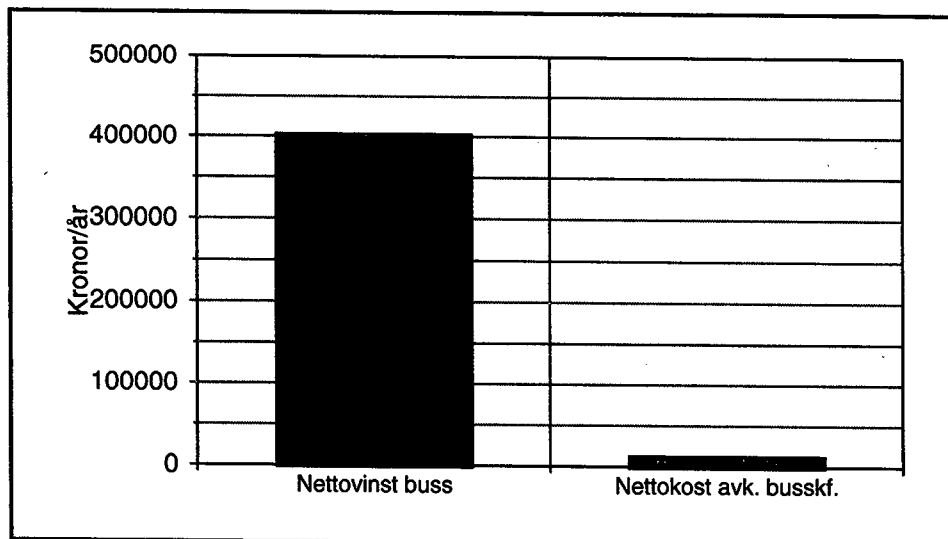
Denna trevägskorsning är idag signalreglerad. Totalt inkommande flöde är ca 3100 fordon under maxtimmen. Antalet busspassager uppgår i medeltal till ca 35 per timme och maximalt 57 per timme.



Figur 6.20 Korsningen Järnvägsgatan/Järnvägsavenuen i dagsläget

Den mesta busstrafiken kommer från den västra tillfarten. En mindre del kommer även söderifrån.

Då busskörfälten dras ända fram till korsningen blir fördröjningen för biltrafiken stor i och med att ett körfält helt försvinner. Detta alternativ redovisas inte i den samhällsekonomiska kalkylen. Alternativet med avkortade busskörfält har utvärderats samhällekoniskt enligt den princip som presenterats i de tidigare korsningarna. Resultatet visas i figur 6.21.

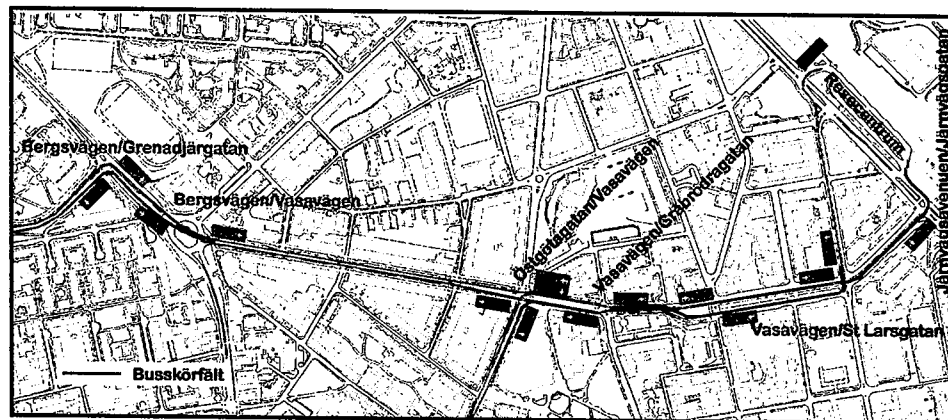


Figur 6.21 Samhällsekonomiska vinsten för buss jämfört med kostnaden för biltrafik vid införande av signalprioritering och busskörfält i korsningen Järnväggsgatan/Järnvägsavenuen

Nettokostnaden för att införa avkortade körfält tillsammans med signalprioritering är inte så stor. Bussvinsten är klart större än nettokostnaden för biltrafiken.

Det bussprioriterade stråket

Stråkets utseende efter genomförande av de bussprioriterande åtgärderna visas i figur 6.22.



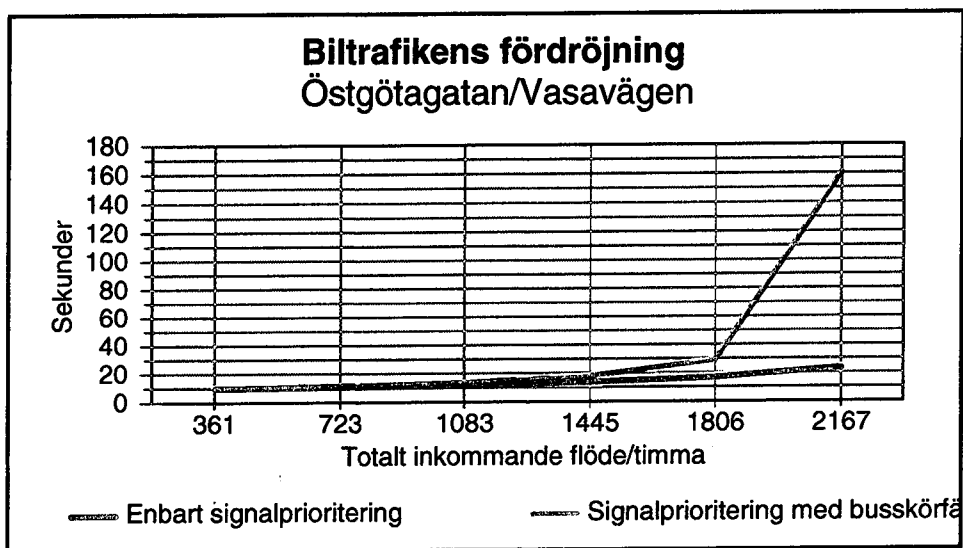
Figur 6.22 Stråket efter genomförande av de bussprioriterande åtgärderna

6.4 Biltrafikens fördröjning i signalreglerade korsningar

Enligt Trivectors rapport "Signalprioritering i Malmö - utvärdering av två korsningar" nämns att biltrafiken påverkades av bussars signalprioritering

först om antalet busspassager översteg 70/timme. Om antalet busspassager är större bör en separat studie genomföras för att utröna påverkan på buss- respektive biltrafik.

Den genomsnittliga tidsvinsten för bussarna är ungefär 10 - 15 sekunder per buss och korsning då signalprioritering genomförs. Exempel från tidigare undersökningar visar på en tidsvinst i samma storleksordning. För att påvisa hur fördröjningen varierar med totalt inkommande flöde i korsningen har även detta studerats. Resultatet av en av korsningarna redovisas i figur 6.23. Fördröjningen har här redovisats för alternativen med enbart signalprioritering samt signalprioritering med avkortade körfält.

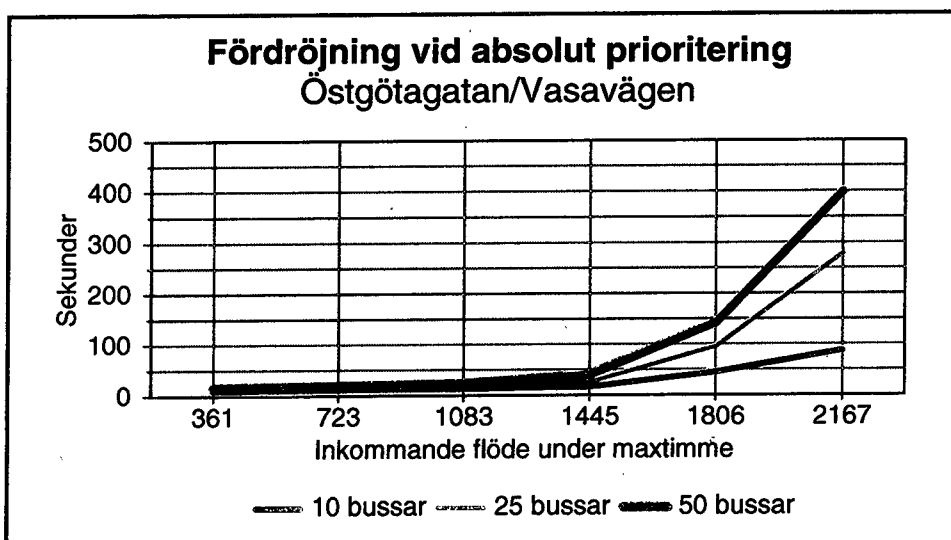


Figur 6.23 Biltrafikens fördröjning vid införande av bussprioriterande åtgärder. X-axeln representerar inkommande flöde under maxtimmen. Den till synes udda skalan representerar % andelar av dagens flöde (1445 ford/maxh) i steg om 25 %.

I figur 6.23 framgår att fördröjningen för biltrafiken vid de båda åtgärderna är relativt lika fram till ett flöde av ca 1 800 fordon/h. Därefter märks en markant skillnad i fördröjningen. Jämfört med dagens flöde motsvarar detta en ökning av fördröjningen med 25 %. För korsningen Vasavägen/ Gråbrödragatan sker också en stor skillnad i fördröjning då flödet ökar med 25 % jämfört med dagsläget.

Att dra några långtgående slutsatser avseende det maximala antalet fordon som kan passera korsningen är ej möjligt att göra med detta underlag. Då man beslutar att införa busskörfält är det viktigt att studera att inte korsningen "kollapsar" med avseende på trafiksituationen.

I figur 6.20 visas biltrafikens fördröjning vid införande av s.k. absolut prioritering av bussen. Absolut prioritering innebär att samtliga tillfarter till korsningen har rött medan bussen har grön signal.



Figur 6.24 Biltrafikens fördröjning vid absolut (samtliga tillfarter visar röd signal) prioritering av bussar. X-axeln representerar inkommande flöde under maxtimmen. Den till synes udda skalan representerar %-andelar av dagens flöde (1445 ford/maxh) i steg om 25 %.

Man kan här konstatera att om absolut prioritering skulle införas i den studerade korsningen skulle skillnaderna i fördröjningarna vid varierat antal busspassager göra sig gällande vid ca 1 400 fordon/h.

6.5 Kölängd

I detta avsnitt görs en jämförelse mellan fördröjning och antal stopp för biltrafiken före resp. efter införande av olika åtgärder för respektive korsning. Jämförelsen görs för dagens trafikflöden. Redovisning av kölängderna sker i tabell 6.1.

Tabell 6.1 Medelkölängden i antal fordon för respektive korsning vid olika bussprioriterande åtgärder (V och Ö=västra resp. östra infarten).

	Signalprio	Signalprio samt körfält ända fram	Signalprio samt avkortat körfält
Östgötagatan V	1,6	4	1,7
Östgötagatan Ö	1,9	10,3	4,1
S:t Larsg. V	0,8	6,6	-
Järnvägsgatan V	7,2	105,1	7,2
Gråbrödrag. V	3,8	7,6	3,9
Gråbrödrag. Ö	1,6	5,8	3,6

Man kan i tabell 6.1. se att kölängden generellt blir längre då separata busskörfält införs jämfört med om enbart signalprioritering införs. Då busskörfält införs blir kölängden kortare i fallet då körfälten upphör en bit innan korsningen. Skillnaden är dock ej så stor om man jämför fallen med enbart signalprioritering med signalprioritering och avkortade körfält.

6.6 Länkar

För att öka bussens hastighet på länkarna föreslås att separata busskörfält införs. Störningarna p.g.a. biltrafiken beräknas därmed minska. I detta kapitel presenteras de sträckor där busskörfält kan göra nytta och de effekter de kan tänkas ha.

Separata busskörfält har studerats längs Bergsvägen (Grenadjärgatan-Vasavägen) och Vasavägen (Östgötagatan-S:t Larsgatan) samt längs Järnvägsavenuen. Längs Järnvägsavenuen är busstrafiken enkelriktad. Separata busskörfält studeras på en länklängd på totalt ca 1 150 meter.

För att få fram hur hög medelhastigheten är idag längs stråket har en färdtidsmätning genomförts. Medelhastigheten på det aktuella stråket är enligt denna 17 km/h inklusive hållplatsuppehåll. Värdena gäller för eftermiddagen då framkomligheten är som lägst.

Mellan Gråbrödragatan och S:t Larsgatan föreslås, som tidigare nämnts, att bussarna ska gå i motriktad trafik, d.v.s. med dörrarna in mot mitten av gatan så att påstigning kan ske från det där belägna grönområdet. Detta innebär att bussarna måste byta sida i en växlingspunkt. För att förenkla detta och minska konflikten med övrig biltrafik föreslås att busskörfälten förläggs till vägmitt enligt figur. Om busskörfälten lagts längs körbanekanten skulle en konflikt uppstå mellan bil- och busstrafiken då bussarna ska växla över från höger- till vänstertrafik. Detta beskrivs ytterligare i kapitlet om trafiksäkerhet, kap 6.8.

För att få fram de effekter ett separat busskörfält kan tänkas ha på bussens framkomlighet görs ett antagande om en hastighetshöjning som kan tänkas rimlig med hänsyn till införandet. Om man antar att bussen kan hålla färdhastigheten 27 km/h istället för 17 km/h blir tidsvinsten 70 s om man ser på hela stråket. Eftersom kvoten mellan färdhastighet och åkshastighet enligt mätningar i Lund är ca 1,3 (Vad fördröjer bussen?, Wendle 1997) innebär detta att bussen håller ca 35 km/h i det separata busskörfältet.

Ur samhällsekonomisk synvinkel innebär tidsvinsten en vinst både för bussföretaget (i form av minskade driftskostnader) och för resenärerna i form av tidsvinster. Kostnaden drabbar främst biltrafiken i korsningarna där bl.a. fördröjningen ökar. Resultatet av den samhällsekonomiska beräkningen visas i figur 6.21. I denna visas den totala bussvinsten både på länkar och i

korsningar jämfört med de nettokostnader införandet av busskörfälten medför i korsningarna.

Införandet av separata busskörfält medför en kapacitetsförlust för biltrafiken. Om man antar att dygnsmedelflödet är i genomsnitt 11 000 fordon/dygn och att maxtimflödet är 11 % av detta uppgår maxtimflödet till ca 1210 fordon/h i båda riktningarna d.v.s. 605 fordon per riktning. Om detta flöde skall färdas i ett körfält i stället för två skulle medelhastigheten enligt figur 5.1 i kap. 5 sjunka från 33 km/h till 31 km/h. Denna uppskattning är dock mycket grov och tar inte hänsyn till eventuell omfördelning av trafiken från den ena gatan till den andra.

Resultatet av införandet av separata busskörfält innebär att bussen gör en tidsvinst på drygt en minut jämfört med dagens förhållanden. För biltrafikens del kan man anta en viss sänkning av medelhastigheten i och med att utrymmet blir mindre. Denna tidsförlust antas dock i detta sammanhang vara försumbar. De största förlusterna gör biltrafiken i korsningarna. Den förlust som uppstår för biltrafiken uppgår till ca 1,3 mkr medan vinsten för bussarna uppgår till ca 1,9 mkr.

I detta sammanhang bör det påpekas att busskörfältets avslutning i korsningarna har stor betydelse för hur stor tidsvinsten blir längs stråket. En dåligt utformad anslutning till korsningen kan göra att den tidsvinst busskörfälten medför på länkarna "äts upp" i korsningarna. Risken för förlust av vunnen tid är som störst vid busskörfält som kortas av ett stycke innan korsningen. Om körlängden på gata framförvarande bilar är av betydelse kan detta orsaka en betydande fördröjning för busstrafiken. Detta kan bl.a. ha sin orsak i att de bilar som svänger höger eventuellt kan behöva invänta gående som korsar gatan "runt hörnet".

Det antal bilar som kan ge fördröjningar av denna typ kan diskuteras från fall till fall men redan två bilar i kö framför bussen bedöms ge upphov till betydande störningar.

6.7 Hållplatser

För att beräkna inverkan på övrig trafik av bussars uppehåll vid hållplatser beroende på om stoppen görs i körfält med övrig trafik eller i separata busskörfält används en beräkningsmetodik som presenteras i HCM (Highway Capacity Manual).

Tidsförlusten i sekunder per timme (kapacitetsförlusten) ges av:

$$T = (g/C) * (N) * (D + L) \quad \text{där:}$$

g = gröntid per cykel (s)

C = omloppstid (s)

N = antal bussar som stannar per timme (antas till 10)

D = uppehållstid vid hållplats

L = start- och stopptid

Som räkneexempel används hållplatsen belägen mellan Östgötagatan och Gråbrödragatan. I det första fallet studeras påverkan om bussen gör uppehåll i angränsande körfält (a bussficka). I det andra fallet (b) studeras inverkan om bussen stannar i körfält med ordinarie trafik. I fall (c) beskrivs vad som händer om man tar bort ett körfält för biltrafiken (anlägger busskörfält).

- (a). Förlusten är enligt HCM 4 s per buss. Tidsförlusten per timme blir då $10 * 4 = 40$ s.
 g/C kvoten är $22,6/40 = 0,57$
antalet tillgängliga sekunder: $0,57 * 3\,600 = 2\,050$ s
den procentuella förlusten blir: $40/2\,050 = 2\%$
Kapacitetsförlusten för den tvåfältiga vägen blir då **1 %**.
Om man antar att kapaciteten i det genomgående körfältet är 1 800 f/h, blir kapacitetsförlusten $0,01 * 1\,800 = \mathbf{18\ f/h}$
- (b). $g = 22,6$ sek $C = 40$ sek $N = \text{antag } 25$ st $D = 15$ s $L = 6$ s
Tidsförlust/timme = $0,57 * 10 * (15 + 6) = 120$ s
den procentuella förlusten blir då $120/2\,050 = 6\%$ Totalt minskar då kapaciteten med **3 %** för den tvåfältiga vägen.
kapacitetsförlust $0,03 * 1\,800 = \mathbf{54\ f/h}$
- (c). Om man tar bort ett körfält för biltrafiken minskar kapaciteten med **50 %** totalt för den tvåfiliga vägen.

Resultatet visar att kapacitetsförlusten blir tre gånger stor då man gör hållplatsuppehållet i samma fil som biltrafiken jämfört med om man har en hållplatsficka. Å andra sidan blir fördröjningen för bussen mindre om man undviker att ha en bussficka. Vid anläggning av busskörfält minskar kapaciteten med 50 % för en tvåfilig väg. Detta innebär att prioritering av busstrafiken sannolikt också kommer att medföra minskad trafik på den aktuella gatan

6.8 Trafiksäkerhet

Under den senaste femårsperiod har 38 personer skadats i samband med trafikolyckor på den aktuella sträckan enligt polisens statistik. Samtliga är

oskyddade trafikanter, 20 fotgängare och 18 cyklister. Av cyklisterna har fyra bedömts som svårt skadade och av fotgängarna endast en. Dessutom har polisen registrerat 51 egendomskadeolyckor mellan motorfordon under de fem åren.

Bussar har varit inblandade i en olycka med personskada (fotgängare) och åtta med egendomsskada. Totalt blir det ca 3% av personskadorna och 16% av egendomskadeolyckorna. Busstrafiken utgör ungefär 2,5% av motorfordonstrafiken på sträckan, vilket betyder att bussar är betydligt oftare inblandade i trafikolyckor än övriga motorfordon.

Polisrapporteringen är bristfällig, det vet man med säkerhet. Hur stort bortfallet är på berörd sträcka går det givetvis inte att veta, men bortfallet generellt i Sverige är enligt Kommunförbundet³⁸ ca 2,4 ggr för svårt skadad och 2,2 ggr för lindrigt skadad trafikant som uppsökt sjukvård. Antar man att bortfallet även gäller för aktuell sträcka är det troliga antalet skadade under fem år ca 85 personer, varav 12 svårt. Bortfallet för egendomskadeolyckor är ca 6 ggr, vilket innebär att det sannolikt inträffat ca 300 st under fem år.

Kostnaderna för de polisrapporterade trafikolyckorna på sträckan har beräknats till drygt 0,9 Mkr per år. Tar man hänsyn till bortfallet i statistiken bli den årliga kostnaden 2,6 Mkr.

Hur påverkar ombyggnaden säkerheten?

En ombyggnad enligt förslaget påverkar trafiksäkerhetssituationen på flera sätt. Dels genom en trolig omfördelning av trafiken till andra gator, dels genom den förändrade fysiska utformningen.

En av effekterna blir med all sannolikhet att sträckan blir mindre attraktiv för personbilstrafik genom att vissa körfält görs om till busskörfält och att det därmed blir sämre framkomlighet. Detta leder då till en viss omfördelning av trafik från den aktuella sträckan till andra gator. Hur stor denna omfördelningseffekt blir är mycket svår att bedöma, likaså vilka andra gator som blir berörda.

En minskad trafik innebär normalt att olycksfrekvensen också minskar, medan en ökad trafik innebär att olycksfrekvensen ökar. Däremot ökar inte olycksfrekvensen i samma takt som trafikökningen. Detta beror på att den tillkommande trafiken normalt medför att hastighetsnivån sänks, vilket i sin tur är positivt för säkerheten, i alla fall vad gäller skadeutfallet. Om nu ombyggnaden medför att trafiken minskar på den ombyggda sträckan och motsvarande trafik söker sig andra vägar, är det troligt att olyckorna ökar något på dessa gator, men inte i proportion till trafikmängdsökningen.

³⁸ Kommunförbundet, 1992,Handledning för kommunalt trafiksäkerhetsprogram, Stockholm

Hur blir det då på den aktuella sträckan? Om vi antar att vi kan erhålla en lika stor trafikminskning utan ombyggnaden, hade trafikminskningen troligen inneburit en något minskad olycksfrekvens, men inte i samma utsträckning som trafikminskningen. Det beror då på att olycksriskerna inte skjunker proportionellt med trafikmängden, eftersom den trafik som finns kvar kan köra snabbare, vilket är en nackdel för säkerheten. Men ombyggnaden medför att den mindre trafiken samtidigt får mindre utrymme, och har därför mindre möjlighet att ta sig fram med höga hastigheter. Man kan säga att fordonsmängden närmar sig sträckans kapacitetsgräns, vilket ger ett mer bundet trafikflöde. Detta är positivt ur säkerhetssynpunkt eftersom risken för personskadeolyckor då minskar.

Slutsatsen av ovanstående resonemang är att ombyggnaden ger en positiv trafiksäkerhetseffekt genom den omfördelning som förväntas ske av trafiken. Orsaken är att ombyggnaden minskar den totala kapacitet för motorfordons-trafiken i gatusystemet.

För de oskyddade trafikanterna kan ett busskörfält vara såväl positivt som negativt ur säkerhetssynvinkel. För cyklister längs gatan är bedömningen att busskörfältet ger färre konflikter genom att de blir mer synbara än tidigare. Bussarna i körfältet kan dock utgöra ett något större hot, eftersom bussarnas hastigheter ökar. Vi bedömer att den totala förändringen för cyklister därmed blir oförändrad. För vänstersvängande cyklister kan bussfältet dock innebära en enklare trafiksituation och därmed en något lägre olycksrisk.

Ombyggnaden förenklar de korsande trafikanternas situation eftersom det vanligtvis endast är en fordonsström i vardera riktning att hålla reda på. Det kan samtidigt utgöra en ökad risk de gånger bussarna kommer, eftersom dessa troligen ankommer med högre hastighet än motorfordonen i det angränsande körfältet. Då många har svårt att uppskatta ankommande fordons hastighet, och framför allt skillnader i hastighet, kan detta utgöra en fara för missbedömningar och därmed en ökad olycksrisk.

Signalprioritering för bussar kan också utgöra ökade olycksrisker för oskyddade trafikanter. Signalprioriteringen innebär att man går ifrån den traditionella fasväxlingen vilket oftast bidrar till en mer komplex signalfunktion. Det ger en större sannolikhet för att misstag begås, framför allt att oskyddade trafikanter missuppfattar kommande signalbild. Många oskyddade trafikanter har nämligen för vana att gå/köra efter motorfordonens förväntade signalbild (vilket normalt innebär mot rött under säkerhetstiden). Vid bussprioritering kan detta vara ödestigret. Den ökade komplexiteten kan därför innebära att olyckorna ökar något i de signalreglerade korsningarna. Är signalprojektören dock medveten om problematiken, kan han genom en logisk fasväxling lindra dessa effekter.

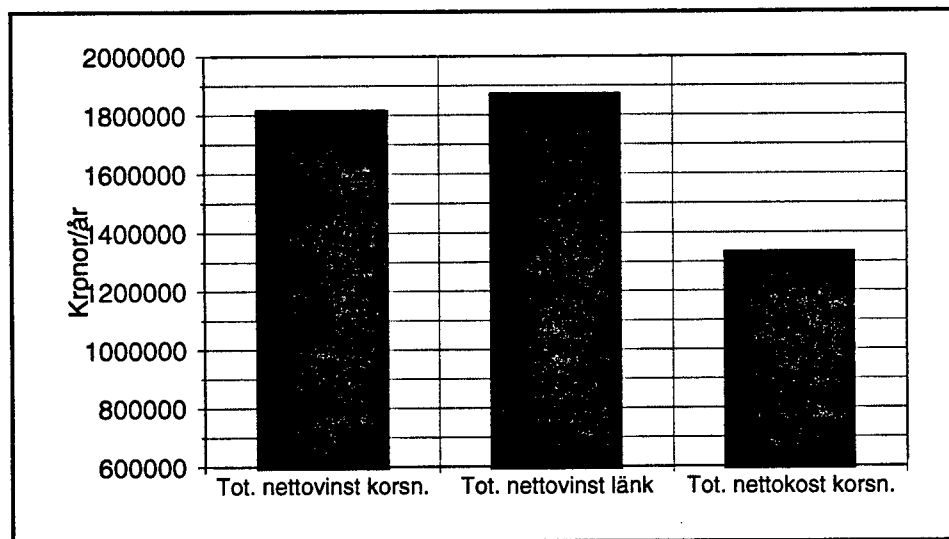
Förutom de aspekter som tagits upp finns det givetvis andra detaljer i ombyggnaden som kan påverka säkerheten i den ena eller annan riktningen. Men kunskaperna inom detta område är dock högst begränsad, vilket visar på

behovet av forskningsinsatser. Det är därför svårt att spekulera om det totala utfallet blir positivt eller negativt. Förutom det som nämnts ovan kan exempelvis ett ökat kollektivtrafikresande påverka utfallet. Men med dagens kunskap om trafiksäkerhetseffekter blir vår bedömning att den föreslagna förändringar inte i nämnvärd utsträckning påverkar den totala trafiksäkerhets-situationen i området.

6.9 Samhällsekonomisk analys

För att utvärdera samhällsekonomi för hela objektet summeras de olika nyttorna längs hela stråket för länkar och korsningar. Här antas att busskörfält införs längs hela stråket på föreslagna sträckor. Det är svårt att omsätta busskörfältens inverkan på biltrafiken i samhällsekonomiska termer. Detta kräver en vidare utredning.

Den totala vinsten för bussen på länkarna beräknas uppgå till 1 872 000 kr/år. Busstrafikens vinst i korsningarna beräknas uppgå till totalt 1 816 000 kr/år. För att motivera införandet av busskörfält skall då nettovinsten för bussarna på länken uppväga den nettokostnad införandet av busskörfälten medför i korsningarna. Denna nettokostnad blir 1 334 615 kr/år. Totalt sett uppstår alltså en samhällsekonomisk vinst vid införande av busskörfält om man bortser från effekter för biltrafiken på länkarna samt anläggningskostnader för signalprioritering och busskörfält. Sammanställningen visas i diagramform i figur 6.26.



Figur 6.26 Sammanställning av samhällsekonomiska konsekvenser för det studerade stråket i Linköping

Som nämndes i kapitel 6.6 har det stor betydelse hur busskörfälten ansluts till korsningen. I detta praktikfall blir den samhällsekonomiska vinsten som störst om busskörfälten kortas av ett stycke innan korsningen. Detta beror på att andelen svängande i korsningarna är relativt liten. I andra fall där andelen svängande peronbilar är större är det i de flesta fall en vinst att förlänga

busskörfälten ända fram till korsningen. Men blir vinsten för bussen alltid som störst då busskörfältet dras fram till korsningen. Frågan är ofta hur stor förlusten för biltrafiken blir i och med anläggandet av busskörfälten.

I de fall andelen svängande biltrafik hade varit stor i de två korsningar där avkortade busskörfält studerats hade bussarna utsatts för en tidsförlust som i princip hade ätit upp den vinst som uppkommit på länkarna. I samhällsekonomiska termer uppskattas denna tidsförlust till 1,12 mkr.

Om man tar hänsyn till anläggnings- och driftskostnaderna vid införande av signalprioritering och busskörfält beräknas denna kostnad uppgå till ca 0,9 mkr per år. Uppräknat med skattefaktorer blir denna kostnad ca 1,4 mkr per år. Detta innebär alltså att den samhällsekonomiska vinsten för busstrafiken blir större även då man tar hänsyn till denna post.

6.10 Sammanfattning

Sammanfattningsvis kan sägas att de bussprioriterande åtgärderna längs det studerade stråket lönar sig samhällsekonomiskt. Då det gäller korsningarna är det i samtliga studerade korsningar lönsamt att införa signalprioritering så länge antalet busspassager totalt understiger 70 per timme i båda riktningarna. Det är ofta bäst att dra busskörfälten ända fram till korsningen eftersom det annars lätt kan hända att tidsvinsten på länkarna "äts upp" av "strul" i korsningen.

I detta praktikfall uppstår en samhällsekonomisk vinst vid införandet av busskörfält, d.v.s. nettovinsten överstiger nettokostnaden. De föreslagna bussprioriterande åtgärderna ger en total tidsvinst på ca 2 minuter. I tabell 6.3 listas förslagen till åtgärder för de korsningar där åtgärder är aktuella samt de samhällsekonomiska konsekvenserna av dessa. Observera att anläggningskostnader för respektive åtgärd ej är medtagna.

Tabell 6.3. Sammanställning av de samhällsekonomiska kalkylerna för det studerade stråket i Linköping

Objekt	Åtgärd	Vinst	Kostnad	Netto
Vasavägen/ Östgötagatan	Signalprioritering samt avkortade busskörfält	410300	150400	259900
Vasavägen/ Gråbrödragatan	Signalprioritering samt genomgående busskörfält	335700	228500	107200
Vasavägen/ S:t Larsgatan	Signalprioritering samt genomgående busskörfält	667400	943300	-275900
Järnväsgatan/ Järnvägsavenuen	Signalprioritering samt avkortade busskörfält	402900	12400	390500
Länk	Separata buss- körfält	1872400	-	1872400
Summa		3688700	1334600	2354100

7. Exempel på högprioriterade bussystem

I detta kapitel redogör vi kortfattat för några intressanta projekt som alla har inslag av högprioriterad busstrafik. De fem svenska exemplen, i Jönköping, Nacka, Malmöhus län, Sundsvall och Linköping, är intressanta bl a på grund av belägenheten i Sverige, medan de utländska ger idéer till mer avancerade lösningar. De utländska exempel som presenteras är: Trans Val-de-Marne (TVM), Zuidtangent, Nagoya och Almere. Trots att flera av dem är byggda eller planeras i större orter, är de intressanta på grund av att de är genomarbetade projekt med stora trafikvolym, och att man därmed har kunnat testa många intressanta uppslag. Kunskaper från dessa system har vi fått dels genom besök på platsen dels genom UITP (internationella kollektivtrafik unionen) där Trivector är medlem. Dessutom redovisas erfarenheter från Pittsburgh, Ottawa och Seattle som inhämtats vid en studieresa hösten 1996.

7.1 Exempel från Sverige

Jönköping, KomFort-96

Under ett antal år har planerarna i Jönköping arbetat med ett större projekt för att förbättra kollektivtrafiken, och även ge förbättringar för biltrafiken. Genom en trafiksanering i centrum får man möjlighet till ett avancerat bussystem med hög prioritet för bussarna. Ett förbättrat stomvägnät ger ökad framkomlighet för bilarna. Där de båda systemen möts var målsättningen planskilda korsningar. Bussystemet, med egna bussbanor, byggs enligt spårvägsprinciper.

Projektet som gick under namnet KomFort 96 öppnades i juni 1996 under namnet CityBussarna. De första arbetena med ombyggnader påbörjades våren 1994. Trivector har sedan 1990 varit engagerade som huvudkonsult i projektet som började som en studie av miljövänlig kollektivtrafik.

Åtgärder genomförs i ett paket för både bussar och bilar. Denna helhetssyn är viktig för att få acceptans och genomslag hos både bilister och bussresenärer.

För att vända den nedåtgående trenden i kollektivtrafikåkandet krävs offensiva satsningar. Trivectors utredningar har visat på en helt ny linjenätsstruktur som både ger **billigare trafik och samtidigt minskar resuppoffringen** (restiderna blir kortare) för resenärerna! Detta Columbi ägg består av ett stomlinjesystem med en fast struktur som utgår från bandstaden. Detta ger en god framkomlighet som ökar medelreshastigheten väsentligt. Den ökade reshastigheten åstadkoms genom ombyggnader och förbättringar på ett 20-tal punkter och sträckor.



Bild 7.1 Bussarna i Jönköping färdas i kritiska punkter på egna bussbanor.

Egna banor för bussen, signalprioritering i korsningar osv gör detta till ett avancerat bussystem med en medelhastighet på ca 25 km/h att jämföra med tidigare 20 km/h. Stomlinjenätet trafikeras med bussar, men kan i en framtid konverteras till spårvagnar eller andra trafiksystem. Bussystemet är än så länge unikt för Norden.

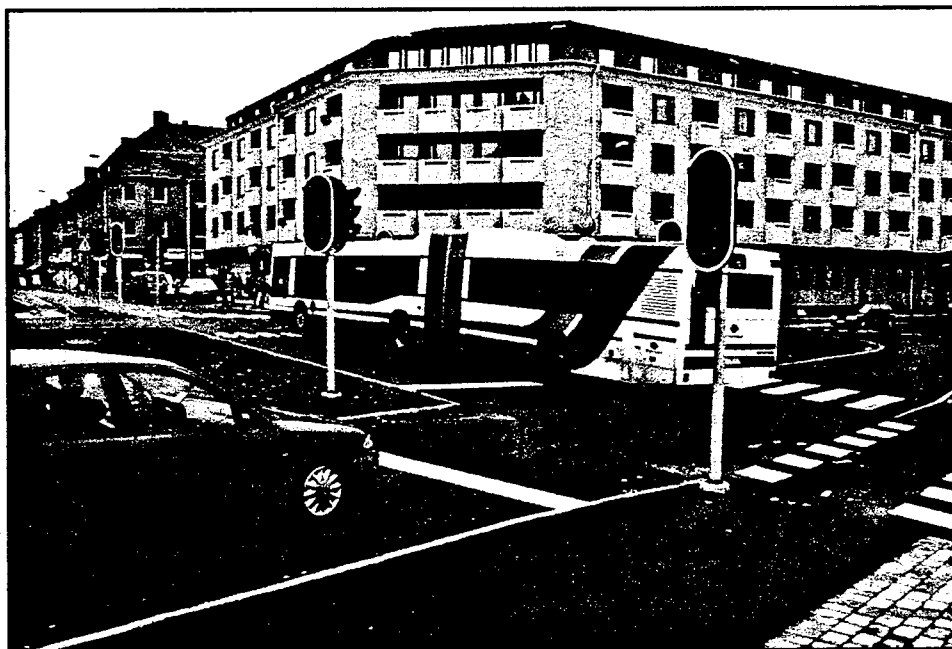


Bild 7.2 Genom signalprioritering och körning genom cirkulationsplatser kan bussens framkomlighet förbättras

Samhällsnyttan med de satsningar som ingår i **KomFort 96 i Jönköping** består av **tidsvinster för bussar och bilar, miljövinster, och trafiksäkerhetsvinster**. Kostnaderna för paketet består av **investeringskostnader** på ca 75 miljoner kronor för kollektivtrafiken. De totala samhällsekonomiska vinsterna beräknas till 18,5 miljoner kronor per år. Investeringskostnaden motsvarar 9,4 miljoner kronor per år vilket ger en nytto/kostnadskvot på 2,0.

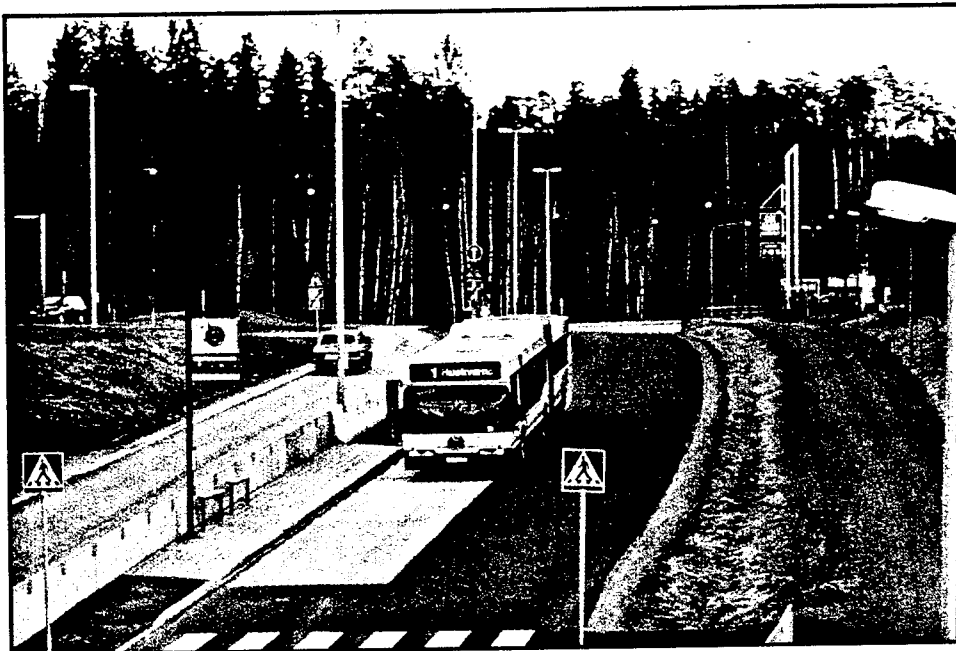


Bild 7.3 Genom att på olika sätt markera hållplatserna kan systemet tydliggöras



Bild 7.4 CityBuss i Jönköping på linje 1 passerar ett spårviddshinder. I bakgrunden syns den nya planskildheten med riksväg 40.

Att beräkningarna varit riktiga visar erfarenheterna efter nästan ett års drift. Resandet har ökat med ca 5% sedan starten samtidigt som trafiken fått bättre standard och blivit billigare. Resande ökningen ska ses som ett trenbrott eftersom resandet tidigare minskat med ca 5% per år. Redan hösten 1996 tvingades man öka turtätheten på en av stomlinjerna eftersom resandet under dagtid! ökat så att kapacitetsproblem uppstod. Detta trots att de båda stomlinjerna trafikeras med ledbussar.

Malmöhus län

Inom den kollektiva trafiken i Malmöhus län har man sedan 1994 satsat på högvärdig busstrafik som komplement till Pågatågen. Expressbusslinjerna går i de relationer där det saknas spår. För att snabba upp dessa busslinjer har man studerat vilka möjligheter som finns att korta körtiden.

Som exempel har linje X100 mellan Malmö och Falsterbo studerats. Inom ramen för Malmöhusöverenskommelsen ingår en del uppsnabbande åtgärder längs busslinjen till Falsterbonäset. Den mest påtagliga är motorvägshållplatsen Vellinge Ängar, invigd i juni 1995, som innebär att bussarna slipper köra av motorvägen för att ta upp resande från Vellinge.



Figur 7.5 Motorvägshållplatsen Vellinge Ängar söder om Malmö.

Studien visar att man med relativt begränsade insatser kan nå rejäla restidvinster för busstrafiken mellan Malmö och Falsterbonäset. De föreslagna åtgärderna skulle innebära att restiden mellan Malmö C och Falsterbonäset skulle minska från 51 minuter till 41 minuter. Den totala investeringen på knappt 20 mkr kan jämföras med de ca 800 mkr en snabbspårväg skulle kosta på samma sträcka. Detta är ett tydligt exempel på att många små åtgärder tillsammans kan ge en stor vinst.

De förslag till åtgärder längs busslinjen Malmö - Falsterbo som redovisas i studien kommer att ytterligare stärka kollektivtrafiken. De föreslagna åtgärderna beräknas i kombination med ökad turtäthet från 15 till 10 minuter i högtrafik ge en resandeökning på ca 100%. Detta innebär en minskad biltrafik med ca 10%, vilket i sin tur innebär mindre trängsel för de kvarvarande bilisterna. Minskningen i biltrafik medför förbättringar på miljön, minskade olyckskostnader samt sannolikt något kortare restid för kvarvarande bilister.

Nacka, KOBRA

Det av KFB (Kommunikationsforskningsberedningen) finansierade modellortsprojektet KOBRA i Nacka innebar att ett totalt förändringsprojekt studerades för att skapa en högkvalitativ kollektivtrafik, med bussar som bas.

Dagens kollektivtrafiknät i Nacka bygger i princip på att varje delområde i Nacka har en egen busslinje som går i riktning mot Slussen. Detta medför att standarden för resor till och från Slussen är bra medan resor inom Nacka ofta kräver byten och långa omvägar. Systemet kräver dessutom många linjer vilket gör det svårt att överblicka.

Nacka har idag ett högt kollektivresande i vissa relationer, särskilt in mot Stockholm. En målsättning med projektet var att öka kollektivresandet i de relationer som har lägre kollektivandel, t ex det lokala resandet inom Nacka.

I KOBRA utgör en stombusslinje tillsammans med Saltsjöbanan basen i systemet. Stombusslinjen får i högtrafik 3- minuterstrafik. Under högtrafik, då resandet är mycket stort i vissa relationer, kompletteras stomlinjerna av högtrafiklinjer. Dessa linjer utformas som snabba direktlinjer från några bostadsområden till viktiga målpunkter, främst Slussen och centrala Nacka. Dessutom ska lokala busslinjer erbjuda trafik mellan bostäder och lokala affärs- och servicecentrum samt knyta an till stomlinjerna och högtrafiklinjerna.

Åtgärder som planeras för snabba och bekväma resor på enkla och tydliga stomlinjer är bl a separata busskörfält, prioritet i trafiksignaler, införandet av miljövänliga bussar med lågt golv och lågt insteg, information vid hållplatser om när nästa buss kommer samt upprustning av hållplatser och terminaler. Dessutom planeras nya infartsparkeringar som underlättar för byte från bil eller cykel till kollektiva transporter.

Miljöeffekterna av den nya trafikeringen består främst av minskad restid för resenärerna, men även gatumiljön påverkas och blir trivsammare med de planteringar av träd och buskar samt varierad markbeläggning som föreslås. Projektet innehåller även flera av de åtgärder som Naturvårdsverket föreslår för att nå ett miljöanpassat trafiksystem.

Sundsvall, MOPS

Modellortsprojekt Sundsvall, MOPS, syftar till att praktiskt testa och vidareutveckla de erfarenheter och metoder som tagits fram inom ett stort antal forsknings- och utvecklingsprojekt de senaste åren. MOPS ska ta tillvara de kunskaper som finns inom områden som effektivare, attraktivare och miljövänligare kollektivtrafik.

Särskilt ska man visa på att det är möjligt att minska biltrafiken och uppnå miljöförbättringar i tätorter genom åtgärder inom kollektivtrafiken. Modellortsprojektet ska visa på de synergieffekter man får när man samtidigt genomför flera förbättringsåtgärder.

Trivector har tagit fram ett helt nytt linjenät som bygger på stomlinjetänkande. Detta koncept har dock inte kunnat genomföras fullt ut på samma sätt som i Jönköping, pga topografi och ortens geografiska utbredning. Huvudidén är dock detsamma, med gena linjedragningar, signalprioriteringar etc. Ett år efter trafikomläggningen pekar utvecklingen på en resandeökning med ca 10 %.

Linköping, LÖT

I Linköping genomförde ÖstgötaTrafiken och Linköpings kommun i samarbete 1996 en översyn av tätortstrafiken kallad LÖT (Linköping Översyn Tätortstrafiken) med Trivector som konsult. Projektets huvudsyfte var att spara ca 23% av kostnaderna för kommunen samtidigt som den resterande trafiken skulle göras attraktivare.

Resultatet blev ett linjenät baserat på två stomlinjer kompletterade med sex lokallinjer. Lokallinjerna ska dels fungera som matning till stomlinjerna, dels erbjuda ökad närhet till kollektivtrafiken. Förutom dessa linjer finns ett utvecklat servicelinjenät som delvis även det fungerar som matning till stomlinjerna. Servicelinjenätet beräknas ge ett minskat färdtjänstresande i tätorten genom att det har en betydligt bättre yttäckning än det tidigare servicelinjenätet.

Den nya trafiken, som startade i augusti 1997, trafikeras i huvudsak med enbart biogasbussar. På stomlinjerna utgörs dessa av ledbussar med fyra dubbeldörrar. För att minska hållplatstiderna tillåts från augusti 1998 på- och avstigning i samtliga dörrar.

7.2 Exempel från Europa och Japan

Paris, Trans-Val de Marne (Frankrike)

Projektet Trans-Val de Marne (TVM) i utkanten av Paris syftar till att skapa en tangentiell förbindelse mellan de radiella järnvägs-, tunnelbane- och busslinjerna som går in mot Paris centrum. TVM trafikeras av bussar på egen bana medan andra delar av det tangentiella nätet trafikeras med spårvagnar.

I projektbeskrivningen anges tre huvudmål:

- att skapa en led som strukturerar kollektivtrafiken.
- att förbättra kollektivtrafiken till förorterna
- att förbättra förbindelserna med de radiella linjerna (4 spårförbindelser och ett 20-tal busslinjer)

TVM är 12,5 km lång och har 23 stationer med ca 600 meters avstånd. På de större stationerna finns biljettautomater för att snabba upp påstigningen. Större delen av linjen består av en 6,5 till 7 meter bred bussväg som är helt separerad från övrig trafik. Körbanor för övrig trafik ligger på var sida om bussbanan och är vardera 6 meter breda.

Av stadsmiljöskäl har man i de centrala delarna av Créteil valt att låta bussarna köra blandat med övrig trafik. Det är endast i korsningarna som bussarna har fått egna körfält. Bussbanorna är belagda med **röd asfalt** för att man tydligt ska se att det är något särskilt med den. I korsningar markeras banan med vita rutor. För trafiken krävs 19 ledbussar som erbjuder en turtäthet av 4-5 minuter i högrafik och 8-10 minuter i lågrafik. Fördelarna med TVM anses vara:

- Hög hastighet (22 km/h inkl hållplatsstopp)
- Hög punktlighet
- Dessutom satsas på realtidsinformation och signalprioritering



Bild 7.6 Bussbanorna är ibland belagda med röd asfalt för att man ska se att det är något särskilt med den

Punktligheten nås förutom genom prioriterade banor och signaler även genom att bussarna, liksom tunnelbanetåg, stannar på samtliga hållplatser. Det senare kan vara en förklaring till den relativt låga medelhastigheten.

Fördelen med bussbanorna är vidare att även "vanliga" busslinjer kan dra nytta av dem på delsträckor.

Genomförandet har inte varit helt lätt trots en noggrann diskussion med allmänhet och berörda institutioner innan projektet påbörjades. Längs de större vägarna har körbanebredden minskats för att få plats med bussbanorna. Samtidigt har gångbanorna breddats. Detta har kritiserats enligt följande:

- i korsningarna har ytorna för övrig biltrafik blivit för små
- fotgängarnas säkerhet anses ha försämrats
- antalet parkeringsplatser har minskat
- negativ påverkan på grönområden och alléer

Finansieringen av de 594 MFFR som TVM kostat kommer till 50% från staten och 50% från regionen. TVM betjänar 57000 invånare varav 30000 har närmre än 500 meter till hållplats. Resandet beräknas till 43000 resenärer per dag vilket blir 11,7 miljoner resor per år. En resenär som åker hela sträckan vinner 16 minuter efter starten av TVM. Den totala restidsvinsten per år har beräknats till 1,2 miljoner timmar.



Bild 7.7 Bussbana byggd på bro över cirkulationsplats. Denna åtgärd sparar mellan 5 och 10 minuter i högtrafik för bussarna.

Amsterdam, Zuidtangent (Holland)

Projektet Zuidtangent innebär en högvärdig kollektivtrafik med bussar på egen bana för att förbättra de tangentiella förbindelserna i området väster, söder och öster om Amsterdam.

Bakgrunden till projektet är att kollektivtrafiken idag har bra kvalitet på radiella relationer in mot Amsterdams centrum medan kvaliteten på

tangentiella relationer är dålig genom att kapaciteten är för låg. Samtidigt har biltrafiken ökat starkt de sista åren. Den förväntas dessutom öka ännu mer allt eftersom att nya bostäder byggs och arbetstillfällena blir fler i Amsterdams ytterområden. Man kommer att bygga ca 15.000 nya bostäder i området. I Shiphof räknar man med att antalet arbetsplatser kommer att öka åren 1993-2010 från 45.000 till 70.000, dvs en ökning med 55%.

Turintervallerna är högt (år 2010 behövs troligen dubbelledade bussar i 7,5 minuterstrafik) vilket medför att både bytes- och väntetiderna blir mycket korta. Detta minskar i sin tur den upplevda restiden. Bussarna kommer att gå på egna banor och vara högprioriterade i korsningar vilket gör att medelhastigheten blir 40 km/h (inkl hållplatsstopp). Idag har bussarna en medelhastighet på drygt 20 km/h (inkl hållplatsstopp). Bussarna kommer alltså att köra på halva tiden jämfört med idag. Detta innebär stora besparingar samtidigt som trafiken blir mer attraktiv och hela systemet blir mer pålitligt.

De utbyggnader som kommer att göras fram till år 2010 beräknas ge följande effekter:

- det kollektiva resandet beräknas öka med 2-5 gånger
- tillväxten av personbilskilometrarna minskar från en faktor 1,7 till 1,4

Man har valt bussar som går på egna banor med hög standard, vilket ger en möjlighet att i framtiden gå över till spårvagnstrafik. Delar av bansystemet kommer att byggas på fd järnvägsbanvallar. I Uithoorn har man renoverat den gamla järnvägsbron över kanalen som nu används enbart av bussar.

Almere (Holland)

I den holländska "new townen" Almere (112.000 inv), som fortfarande är under uppbyggnad, finns ett bussnät som är uppbyggt med särskilda bussbanor. Bussarna har samma företräde i korsningar som spårvagnarna har i Amsterdam. Detta innebär att man kan hålla hög hastighet och därmed erbjuda snabba resor till centrum och stationen. Almere är av intresse framför allt för kollektivtrafikens totalt höga standard och mindre för dess linjenät.

Nagoya (Japan)

I den Japanska staden Nagoya (2,1 milj inv) har man sedan början av 1980-talet utvecklat ett avancerat stombussnät för att öka attraktiviteten i bussnätet genom högre hastighet och bättre tidtabellshållning. Busslinjerna matas med "vanliga" bussar och utgör i sin tur ett komplement till tunnelbanan. Den första linjen på 10,5 km öppnades 1982. En andra linje på 10,4 km öppnades 1985. Turtätheten i morgonrusningen är 1 till 2 minuter.

Bussvägarna har anlagts i mitten av gatorna och målats i en avvikande gul färgsättning. Medelhastigheten är 25 km/h och hållplatsavstånden är 350 till 1250 meter. Även i Nagoya har man avancerad signalprioritering för att öka medelhastigheten.

7.3 Högprioriterade bussystem i USA och Kanada

Under veckan 9-17 november 1996 besökte Per Gunnar Andersson och Christer Ljungberg tre nordamerikanska städer som arbetar på ett offensivt sätt med kollektivtrafiken. Resan gjordes i samband med att vi höll en workshop på en konferens i Orlando. De tre städer vi besökte var: Pittsburgh i Pennsylvania, Ottawa i Kanada och Seattle i Washington.

Pittsburgh

Allmänt

Pittsburgh ligger i de västra delarna av delstaten Pennsylvania i USA. Staden har 370.000 invånare, och regionen 2,2 miljoner. Staden ligger där floderna Allegheny och Monongahela förenas till Ohiofloden och har en av USA:s största flodhamnar. Staden är uppbyggd kring tung stålindustri, och har haft stora problem med arbetslöshet under senare år. I staden finns flera universitet.

Allmännt om kollektivtrafiken

Port Authority Transit, PAT, ansvarar för kollektivtrafiken i Pittsburgh och Allegheny County. För driften av detta system har man 888 bussar, 55 light rail fordon, 6 renoverade spårvagnar, 1 bergbana och man sponsrar också specialtransporter för handikappade i en form av paratransit.

PAT's 2900 anställda utför trafik som ger 255000 dagliga resenärer och ungefär 78 miljoner resor per år.

Driften betalas till ca 40 % av biljettintäkter, 7% av andra kommersiella källor, och 53 % av skattemedel.

Man har en kollektivtrafikandel på mellan 10-15% vilket är högt för amerikanska mått mätt. Detta förklaras delvis genom att man på grund av den bergiga topografin har ett boende som passar ganska bra för kollektivtrafikförsörjning. Man har också genom detta kunna satsa hårt på light-rail och bussvägar i dessa korridorer. Medelhastigheten för busstrafken i Pittsburgh är 21,6 km/h.

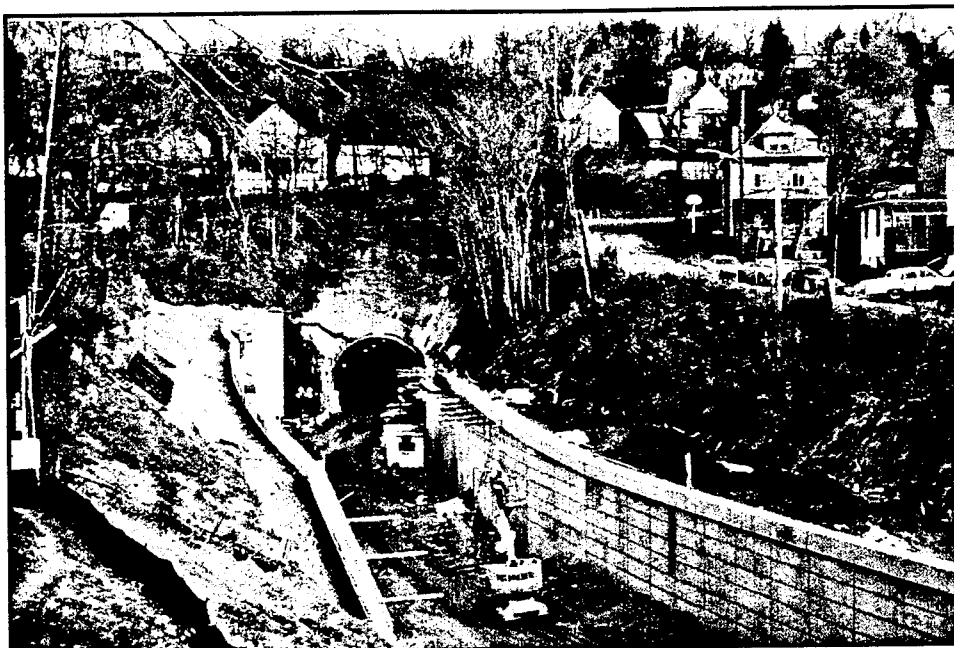


Bild 7.8 *Den tredje bussvägen mot flygplatsen byggs delvis längs en nedlagd järnväg med bl.a. renovering av en tunnel.*

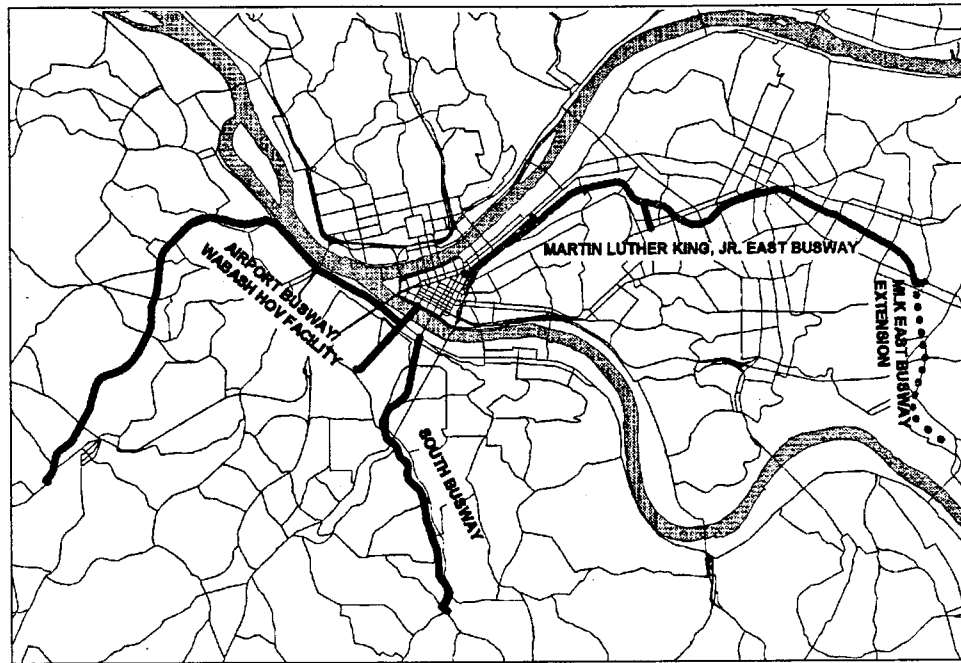
Light-rail systemet omfattar 17 km bana, medan bussvägssystemet idag omfattar 18 km.

Högprioriterat bussystem

Bussvägssystemet omfattar 2 bussvägar och den tredje öppnas under 1998. Data för de tre bussvägarna visas i tabell 3.1 nedan.

Tabell 7.1 *Bussvägarna i Pittsburgh*

Bussväg	Längd (km)	Öppningsår	Buss- linjer	Sta- tioner	Turinter- vall högtrafik	Resenä- rer/dag
South Busway	7	1977	19	9	4 min	13000
Martin Luther King Busway	11	1983	27	6	10 min	27000
Airport Busway	13	1998	-	8	-	-



Figur 7.9 Det prioriterade bussvägnätet i Pittsburgh

South Busway går delvis tillsammans med light-rail, bl a genom en tunnel genom berget strax söder om centrum. Bussvägarna är ungefär 8 m breda.

Man har på många ställen anlagt park-and-ride-parkeringsplatser som på vissa ställen används flitigt. Längs Martin Luther King bussvägen finns som exempel 35 park-and-ride-parkeringar med tillsammans 3461 parkeringsplatser.

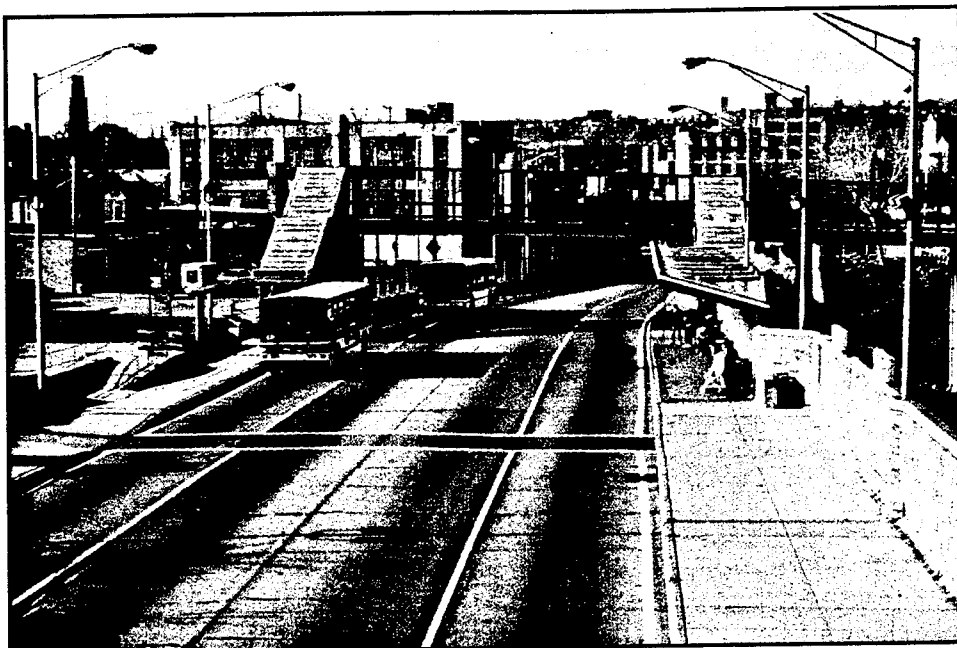


Bild 7.10 Martin Luther King bussvägen med station som möjliggör omkörning.

Ottawa

Allmänt

Ottawa är Canadas huvudstad och har ca 310.000 invånare. Storstadsområdet Ottawa-Hull har ca 920000 inv. Näringslivet är främst baserat på stadens nationella funktioner, och största arbetsgivare är den federala regeringen. Staden ligger i provinsen Ontario vid Ottawa River. På andra sidan floden är den franskspråkiga provinsen Quebec, där staden Hull ligger.

Allmänt om kollektivtrafiken

Ottawa-Carleton Regional Transit Commission planerar och driver i regionen Ottawa Carleton på uppdrag av Regional Council.

För driften av detta system har man 794 bussar varav 57 är Orionbussar för specialtransporter för handikappade i en form av paratransit.

OC-Transpo's 2150 anställda utför trafik som ger 265.000 dagliga resenärer och ungefär 72 miljoner resor per år.

Driften betalas till ca 52 % av biljettintäkter, 2% av andra kommersiella källor, och 46 % av provinsiella och regionala skattemedel.

Man har en kollektivtrafikandel på ca 20% vilket är ett resultat av de mycket medvetna satsningar på bl a bussvägar man gjort alltsedan 1970-talet. Man har idag en strategisk plan som syftar till att genom olika insatser som bussprioritering, försvårande för bilar i centrum osv ytterligare öka denna andel.

Högprioriterat bussystem

Det avancerade bussvägssystemet "Transitway" har utvecklats sedan 1970-talet. Förmodligen är detta idag det mest avancerade bussvägssystemet i världen. Det är en integrerad del av Ottawas busslinjenät och omfattar idag totalt 31 km.



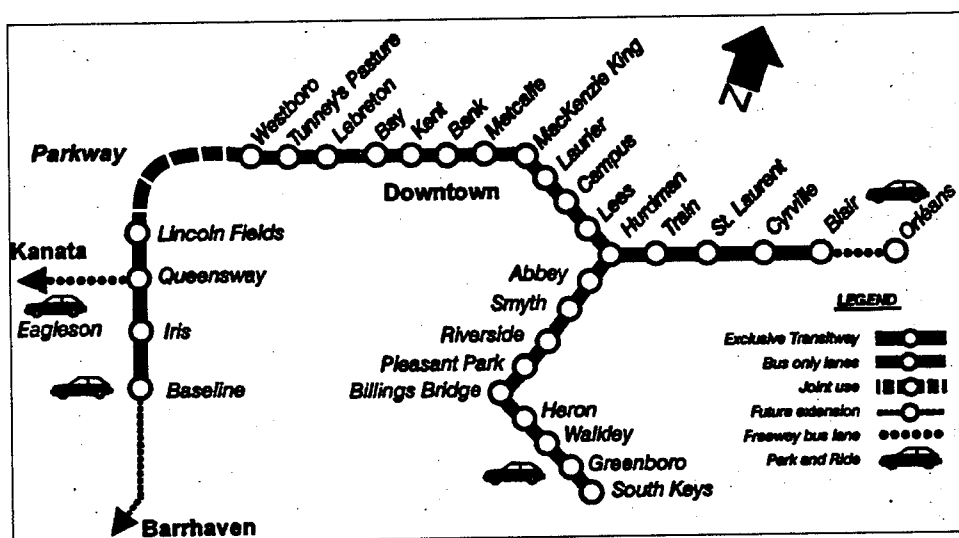
Bild 7.11 Del av bussvägssystemet

Bussvägen är 13 m bred, 2 st 4 m körfält och resten till vägrenar. Vid stationerna är bredden 17 m för att bussar skall kunna passera varandra. Det finns 22 stationer längs bussvägssystemet och dessa är mycket avancerat uppbyggda. De liknar med tågstationer än busshållplatser. Stationerna är byggda under perioden 1983 - 1996 och har tillsammans kostat 100 milj canadensiska dollar. Totalt sett har bussvägssystemet under perioden 1978-1996 kostat 420 miljoner canadensiska dollar. Detta betyder ca 2,4 miljarder i svenska kronor (1 CAD \$ = 5.60 SEK).



Bild 7.12 Exempel på busstation. Bussar på Transitway angör på övre planet medan anslutande lokalbussar angör på nedre planet.

Varje arbetsdag görs 200.000 resor på bussvägssystemet. 78 st expresslinjer använder bussvägarna under högtrafik. Den högsta hastigheten uppgår till 80 km/h medan medelhastigheten uppgår till 50 km/h inklusive hållplatsuppehåll.



Figur 7.13 Transitway - Ottawas avancerade bussvägar

Det finns idag 4 park-and-ride-anläggningar med tillsammans 1535 parkeringsplatser. Planer finns för utbyggnad med ytterligare 300 platser.

OC Transpo är även i övrigt ett mycket framåt kollektivtrafikföretag. Sedan lång tid tillbaka har man ett automatiskt informationssystem i realtid, och alla bussar är försedda med fordonsdatorer som positionerar sig med död räkning.

Man satsar mycket på samråd med medborgarna vid införandet av nya åtgärder.

Seattle

Allmänt

Seattle ligger i delstaten Washington på USA:s västkust. Staden har 531.000 invånare och 1,6 miljoner i King County. Staden har en av USA:s viktigaste hamnar. Näringslivet består av en mångsidig industrisektor med skogs-, fiske- och livsmedelsindustri. Kända industrier är också Boeing Company och Microsoft.

Som besökare upplevar man staden som ganska europeisk.

Allmänt om kollektivtrafiken

Central Puget Sound Regional Transit Authority, RTA, ansvarar för kollektivtrafiken i Seattle och King, Pierce och Snohomish Counties. Trafiken drivs av Metro, King County Department of Transportation. För driften av detta system har man 785 bussar, 373 trådbussar, 5 veteranspåragnar, 2 Alweg-vagnar (monorail) och 25 färjor.

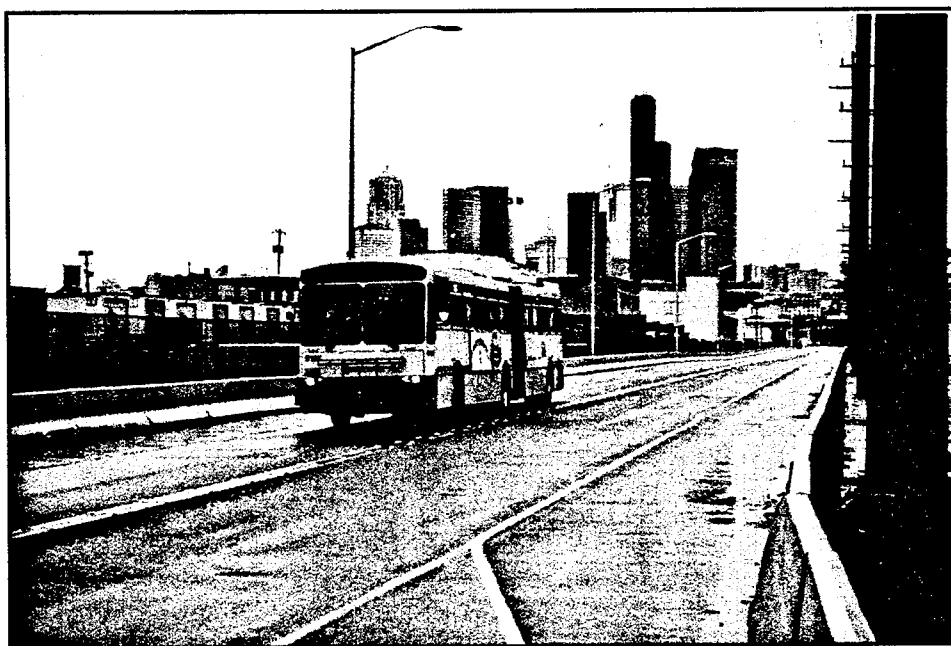


Bild 7.14 Söder om busstunneln kör duobussarna med diesel motor på egen bussväg.

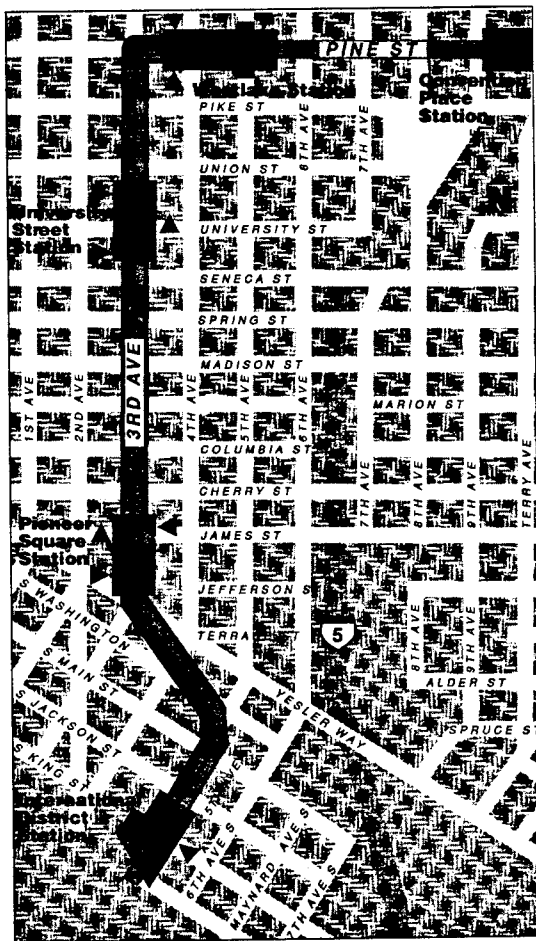
Metros 3700 anställda utför trafik som ger ungefär 82 miljoner resor per år.

Driften betalas till ca 22 % av biljettintäkter, 4% av andra kommersiella källor, och 74 % av skattemedel.

RTA la 1994 fram en strategisk "regional transit master plan" där man ville satsa på ett utbyggt light rail system och pendeltåg på befintligt järnvägsnät, 8 regional stomlinjer för buss etc. I en folkomröstning 1995 sa väljarna nej till denna plan med minsta möjliga majoritet. RTA har därför under 1995 och 1996, med mycket lokalt samråd, gjort en reviderad version med en mindre startetapp. Denna gick igenom vid en folkomröstning i anslutning till presidentvalet 1996.

Högprioriterat bussystem

Den intressanta bussåtgärden som finns i Seattle är den 2 km långa tunneln för bussar under Seattles downtown. I denna tunnel kör bussarna som trådbussar, för att utanför köra på diesel eller naturgas. Busstunneln är förberedd för lightrail, bl a är spåren redan lagda.



Figur 7.15 Transit tunnel - busstunneln under Seattle city

Syftet med tunneln är att lösa trafikproblemen som uppstått genom att Seattles city och King County attraktivitet för företag och boende. Detta har gett problem med trängsel, låga hastigheter, svårt med rättidigheten för bussarna, konflikter med gående osv.

Det finns tre underjordiska stationer, alla med en mycket avancerad utformning. I ändarna finns två stationer i ytläge. 29 busslinjer använder tunneln och antalet passagerare per dag är 40200. Tunneln öppnades 1990. Kostnaden var 479 miljoner dollar vilket är ungefär 3,3 miljarder svenska kronor.

Fördelarna med tunneln är en minskad tid för bussarna genom centrum från 20 till 8 minuter. Antalet bussar på ytan har minskat med ca 20%. Olyckorna på de linjer som går genom tunneln har minskat med 40% på

tunneldelen, och 26% på hela linjerna. Tunnel trafikeras av 843 turer/dag.



Bild 7.16 Tunnel avsedd för trådbussar och förberedd för Light-Rail.

Vid byggandet 1986-1990 användes såväl cut-and-cover teknik, som borrhning. Tunneln har ett avancerat säkerhets och övervakningssystem.

Som besökare kan man uppleva de stora, vackert utformade stationerna som ödsliga, med relativt lite passagerare.

7.4 Erfarenheter från projekten

Alla de projekt som nämnts i föregående kapitel har som gemensam nämnare att de försökt skapa ett buss-system med hög standard genom att i vissa avseenden köra buss som man kör spårvagn.

Det finns i de ovan presenterade projekten många intressanta erfarenheter som borde komma till nytta vid planering av nya svenska kollektivtrafiksystem. Som exempel kan nämnas:

Paris - röd asfalt

Amsterdam - användning av fd järnvägsbanvallar

USA/Kanada - egna bussvägar med stora stationer

Almere - Utbyggnad av nya bostadsområden längs bussvägarna

8. Slutsatser och kommentarer

8.1 Prioritera bussar

Det finns ett ökande intresse för att söka skapa högkvalitativa kollektivtrafiksystem utifrån existerande bussystem. En allt mer utbredd uppfattning är att det inte behövs tunnelbanor eller spårvägar för att skapa ett snabbt och attraktivt kollektivtrafiksystem. På allt fler håll i världen byggs avancerade bussystem ut. Ofta projekteras anläggningarna så att en övergång till snabbspårväg skall vara möjlig.

I Sverige pågår, för närvarande, projekt med denna inriktning i bl.a. Stockholm, Jönköping, Nacka, Lund, Linköping, Malmöhus län och Sundsvall. I Europa finns ett antal städer främst i Tyskland, Frankrike och Holland som jobbar mot samma mål.

I dessa projekt arbetar man ofta med att genom olika fysiska åtgärder skapa förutsättningar för en busstrafik som har den spårburna trafikens fördelar i form av trygghet, snabbhet och tydlighet. Prioriterade bussystem syftar också till att minska nackdelarna med bussens flexibilitet.

Föreliggande studie har studerat olika aspekter på hur man kan prioritera busstrafik för att skapa en för resenären attraktivare och för trafikutövaren billigare trafik. Högre medelhastighet ger minskade kostnader per vagnkilometer eftersom fordon och personal kan utnyttjas effektivare.

8.2 Åtgärder

Åtgärder för att nå dessa mål är vanligen anläggandet av busskörfält, bussvägar och bussbanor, införandet av signalprioritering, ombyggnad av hållplatser samt mer eller mindre omfattande ombyggnader av gaturummet.

Bussskörfält och bussgator

En av de vanligare åtgärderna för att prioritera bussar är att anlägga busskörfält. Störst framkomlighet ger dessa om de läggs mitt i gatan eller motriktat mot övrig trafik. I dessa båda fall är risken för "tjuv" användning minst. Motriktade busskörfält (förekommer på enkelriktade gator) innebär ökad tydlighet eftersom hållplatser i båda riktningarna längs en linje då kan placeras i samma gata. Studier visar att busskörfält kan öka medelhastigheten med ca 50% i centrala delar av våra tätorter.

Bussskörfält ska vara avsedda för busstrafiken under hela dygnet. Bussskörfält som endast gäller viss tid har fler tjuvanvändare än permanenta busskörfält. Amerikanska studier visar att busstrafiken får sänkt medelhastighet om andra

trafikanter (taxi, samåkning (HOV) och cyklister) tillåts använda busskörfälten.

Busskörfältets kontinuitet är viktigt eftersom varje början och slut medför fördröjningar för bussen när den kommer i konflikt med övrig trafik. Det är därför viktigt att bygga busskörfält som är genomgående på långa sträckor. Denna kontinuitet är också viktig för busstrafikens image och tydlighet i gaturummet.

Bussgator ger vanligen en ökad tillgänglighet till busstrafiken. Dessutom innebär bussgatan ofta stora besparingar för busstrafiken eftersom körvägarna blir kortare. Hastigheten på en bussgata kan variera mellan 30 och 80 km/h beroende på den miljö den går genom. Det är viktigt att planera bussgatan så att trafiksäkerhet och bullerstörningar inte uppstår. Bussgators säkerhet har studerats i början på 1980-talet. I studien fann man att en "genomsnittlig" bussgata med 200 meters längd och 10 min turintervall i genomsnitt endast får en personskadeolycka vart hundra år med buss inblandad. Vidare konstaterades att buss på bussgata är säkrare för omgivningen än buss i blandtrafik.

Signalprioritering

Prioritering av bussar i trafiksignaler utnyttjas allt mer i större städer. Signalprioritering är oftast aktiv, dvs bussen anmäler på något sätt till signalen att den är på väg. Signalen ger sedan bussen grönt. Beroende på hur långt före bussen anmäler sin ankomst kan sannolikheten för grönt vara olika. I Malmö visade det sig att ett avstånd på 330 meter före korsningen ger bussen grönt i alla fall utom med gående i tvärfas. Anmälan sker normalt 100-500 meter före korsningen. På några platser används sk passiv prioritering vilket innebär att signalerna tidsätts efter bussarnas körtider och förväntade hållplatstider. Detta innebär att all trafik flyter genom stråket med ungefär samma tempo.

Vinsten med signalprioritering är främst ökad regularitet. Skillnader i körtid jämnas ut och blir mer lika mellan låg- och högtrafik. Tidsvinsten för en passage har beräknats till ca 25 sekunder per korsning. För en "normal" linje kan tidsvinsten uppskattas till minst 1-2 minuter per helvarv.

Hållplatser

Alla mätningar av stopptid längs en busslinje visar att hållplatstiden är den största delen då bussen står still. Indragning av hållplatser är således en effektiv metod för att öka bussens hastighet. Hållplatsindragningar står samtidigt i strid med en god tillgänglighet till kollektivtrafiken. Det är därför viktigt att studera hållplatsavståndet för att få en optimal balans mellan hastighet och tillgänglighet.

En studie vid LTH visar att det optimala hållplatsavståndet varierar med typ av bebyggelse. Endast i de centrala delarna av våra städer kan det vara aktuellt att minska hållplatsavstånden. I övrigt gäller att en ökning är

önskvärd för att den totala restiden för alla resenärer ska bli så låg som möjligt. Detta innebär hållplatsavstånd i centrum på ca 350 meter, i halvcentrala och glesare ytterområden 500-600 meter och i tätare ytterområden 400-500 meter. I dag är det genomsnittliga hållplatsavståndet för tårtorslinjer runt 350 meter vilket egentligen endast kan accepteras i centrum. Extremt långa hållplatsavstånd finner vi på TransitWay-systemet i Ottawa där man har 1000 meter mellan stoppen. Detta medför en medelhastighet på hela 50 km/h inklusive hållplatsuppehåll.

När man diskuterar hållplatser är det inte bara avståndet utan även utformningen av hållplatsen som har betydelse för framkomligheten. Den viktigaste utformningsfaktorn är om hållplatsen byggs som ficka eller ligger rakt med bussens körväg. Det senare löses i vissa fall med en utstickande bula i körbanan om det tillåts parkerade bilar längs kantstenen. Den raka hållplatsen innebär kortare hållplatsuppehåll, ca 5 sekunder, samtidigt som den innebär en bekvämare körning vilket ökar busstrafikens standard. Avsaknaden av sidoförskjutningar, främst före ett hållplatsstopp upplevs positivt av resenären.

Andra åtgärder i gatumiljön

Förutom de ovan beskrivna vanligaste åtgärderna för prioritering av bussar finns andra åtgärder som ger positiva effekter. Det är framför allt prioritet i gaturummet som restriktioner mot övrig trafik, alternativa farthinder, prioritering i cirkulationsplatser samt åtgärder som bidrar till ökad identitet och synbarhet.

Dessa åtgärder är sådana som tillsammans med övriga åtgärder skapar en helhet för en prioriterad busstrafik. Alternativa farthinder innebär t.ex. Att man bygger en grop i stället för gupp för att bussen inte ska påverkas av åtgärden. Det gäller dock att se till att bussarna för den skull inte kör för fort i miljöer där man vill ha dämpad trafik.

I cirkulationsplatser kan man tänka sig att låta busskörfälten gå rakt genom rondellen. Övrig trafik stoppas med signaler. Detta är ett exempel på lösning där devisen "Tänk spårvagn kör buss" är tillämplig.

8.3 Effekter

I studien har vi gjort en beräkning av hur olika åtgärder tillsammans kan skapa en attraktiv och prioriterad busstrafik. Redan nu ska påpekas att helheten är mycket viktig. Det gäller att skapa långa kontinuerliga stråk för att få så stor effekt av varje delåtgärd som möjligt. Vi har gjort en beräkning på en "normal" svensk stadsbusslinje som visade att det är möjligt att spara in ca 16% av omloppstiden. För en linje med en omloppstid på 90 minuter innebär det en besparing på 14 minuter per varv. En besparing som leder till att minst en buss kan sparas in. Dessutom kommer linjen att bli mer attraktiv

för resenären. Beräkningar med hjälp av elasticitetsmodellen visar att resandeökningen kan förväntas bli ca 10% med angiven tidsvinst.

Effekter av samma storlek kan även nås på regionala busslinjer. Ett exempel är expressbusstrafiken mellan Malmö och Falsterbo som kan snabbas upp med ca 10 minuter med hjälp av ett 20-tal större eller mindre fysiska åtgärder. Denna tidsvinst motsvarar 25% av restiden mellan centrala Malmö och Falsterbo.

Förutom en betydligt snabbare och därmed attraktivare trafik innebär ett samlat åtgärds paket att man visar satsningen på kollektivtrafiken. Detta medför att kollektivtrafiken lyfts fram och blir synligare i stadsmiljön, även om den inte rullar på spår. Den ökade medvetenhet och kunskap om kollektivtrafiken som detta leder till innebär också ökad sannolikhet för att en resa genomförs med buss. Storleken på denna resandeökning är svår att uppskatta eftersom det finns få studier som visar vad tydlighet är värd. Det vi vet är att tågtrafik har visat sig ge ett ökat resande med ca 20% jämfört med buss när man nollställt för alla skillnader i standard. Detta tyder på att tydligheten och fastheten i ett system kommer att ge ett ökat resande.

8.4 Fortsatt forskning

I likhet med många andra forskningsprojekt har även detta projekt svarat på många frågor men kanske stället ännu fler nya. Nedan redovisas några områden som vi känner kan vara intressanta att fortsätta studera med utgångspunkt från resultaten av detta projekt.

Ovan har visats att hållplatstiden är av stor betydelse för vilken medelhastighet som bussen kan hålla. Hållplatstiden beror främst på hur lång tid varje resenär tar på sig vid av- respektive påstigning. Vid påstigning har biljettsystemet stor betydelse. Flera studier har gjorts som visar påstigningstiden. Samtliga dessa är dock gjorda innan de elektroniska biljettsystemen infördes. Det finns således behov av att göra nya studier som visar hur hållplatstiden påverkas av ökat antal registreringar av magnetkort. Hur lång tid tar det när resenären ska ladda sitt kort med nya pengar eller köpa ett nytt 30-dagarskort. Hur stor är vinsten med kontaklösa kort? etc.

Körmönstret har betydelse för den totala medelhastigheten. Bättre kunskap om störningar i busstrafiken vore därför av vikt. Fortsatt forskning bör här koncentreras på fler mätningar av körmönster i olika miljöer såsom centrala delar av tätorter (framtida 30-zoner), cirkulationsplatser, effekter av signalprioritering med olika ambition etc.

Det finns också behov av ett närmare studium av enskilda åtgärders effekter på busstrafiken. Ofta genomförs flera åtgärder samtidigt vilket innebär att man mäter synnergieffekten. Det vore önskvärt att enskilda åtgärder kunde studeras mera noggrant.

Den sista punkten vi vill peka på för fördjupade studier är trafiksäkerheten kring hållplatser såväl i tätort som på landsbygd. Vi har i denna studie redovisat olika lösningar på hållplatsutformning för att skapa en snabbare kollektivtrafik. Det har varit svårt att hitta studier som visar på hur olika utformningar påverkar trafiksäkerheten för såväl busspassagerare som övriga trafikanter.

Referenser

Black A, 1995, *Urban Mass Transportation Planning*, McGraw-Hill, New York.

Brilon W, Laubert W, 1994, *Journal of Advanced Transportation*, Vol. 28, sid 313-340 "*Priority for Public Transit in Germany*".

Eklund P, 1994, *Trafikantcirkulation och låga golv i stadsbussar*, KFB-rapport 1994:18, Stockholm.

Gårder P, 1982, *Busstrafik och gupp*, Inst. för Trafikteknik, Lund.

Heunemann G, 1993, *Priority for buses serving central zones*, Report 5, 50th International Congress Sydney 1993, UITP, Bryssel.

Holmberg B, 1975, *Kollektivtrafik i tätort - Bilaga 1*, SOU 1975:48, Kommunikationsdepartementet, Stockholm.

HT (Hovedstadsområdets Trafikselskab), 1991, *Projekt FRISK: Fremkom-melighed i Storkøbenhavn - Fase 2*, Köpenhamn.

Husmann H, 1995, *The Bus Transit System and its Contribution to Promoting Mobility and Quality of Life*, UITP Report 4, 51st International Congress Paris 1995, UITP, Bryssel.

Håkansson K, Mårtenson H, 1983, *Aktiv signalprioritering i en signalregle-rad korsning*, Examensarbete LTH, Lund.

Johansson S, 1997, *Opublicerat paper om hållplatsoptimering med exempel från Malmö Stadstrafik*, Inst. för Trafikteknik, Lund.

Kollektivtrafikberedningen, 1984, *Trafiksanering och busstrafik*, KTB-rapport 1984:2, Solna.

Kommunförbundet, 1992, *Handledning för kommunalt trafiksäkerhetsprog-ram*, Stockholm.

Kronborg P, 1986, *Möbleringens betydelse för stadsbussars effektivitet*, TFB-stencil nr 20, Stockholm.

Larsvall J, Thambert LG, 1994, *Kollektivtrafikens design i staden*, TFK-rapport 1994:7, Stockholm.

Levinson H S., 1983, *Analyzing Transit Travel Time Performance*, Transpor-tation Research Record 915, Transportation Research Board, Washington D.C.

Ljungberg C, 1987, *Cykeltrafik - en kunskapsöversikt*, Rapport R78:1987 Byggforskningsrådet, Stockholm.

Miljøhåndboken, 1996, *Miljøhåndboken - Trafikk og miljøtiltak i byer og tettsteder Del 1*, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Nielsen G, 1992, *Veg, buss eller bane?*, Nordisk vegteknisk Forbund 15:1992, Oslo.

PLANK, 1981, *Planeringshandbok för kollektivtrafik - Metodbilaga Tätort*, Transportforskningsdelegationen 1981:9, Stockholm.

Simpson B J., 1994, *Urban Public Transport Today*, E & FN Spon, London.

Stangeby I, Norheim B, 1995, *Fakta om kollektivtransport - Erfaringer og løsninger for byområder*, Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Statens Vegvesen, 1981, *Fartsdempende tiltak i boligområder*, Håndbok 072, Oslo.

Statens Vägverk, 1979, *Busshållplatser på landsbygd och vid högklassiga trafikleder*. TU 1979:3, Stockholm.

Sundberg J, Peterson B E, 1989a, *Kapacitet i kollektiva trafiksystem - Del 3: Uppehåll vid hållplats*, KTH Stockholm.

Trafiknämnden Göteborgs Stad, 1993, *Farthinder och busstrafik*, Göteborg.

Trafiksäkerhetsverket, 1985, *Effekter av olika fartdämpare på genomfartsgator*, Borlänge.

Weidmann U, 1994, *Der Fahrgastwechsel im öffentlichen Personenverkehr*, IVT nr.99, Zürich.

Wendle B, 1997, *Vad fördröjer bussen? - en studie av stadsbusstrafikens framkomlighet och förslag till framkomlighetsfrämjande åtgärder*, Thesis 92, Inst för Trafikteknik, Lund.

Förteckningar över KFBs olika publikationsserier, bl a

- Rapporter
 - Meddelanden
 - KFB-Information
 - Publikationer inom KFBs bio- och elprogram
- kan erhållas från KFB.

KFB, KommunikationsForskningsBeredningen är en statlig myndighet som planerar, initierar, samordnar och stödjer övergripande forskning, utveckling och demonstrationsverksamhet (FUD). KFBs verksamhet omfattar transporter, trafik, post- och telekommunikation samt kommunikationernas betydelse för miljö, trafiksäkerheten och den regionala utvecklingen.

KFB svarar också för information och dokumentation inom forskningsområdet.

Adress: Box 5706, 114 87 Stockholm (Linnégatan 2)

Telefon: 08-459 17 00, **Fax:** 08-662 66 09

Hemsida på Internet: www.kfb.se

E-post: kfb@kfb.se